



Abfall als Ressource

Projektabschlussbericht

Statuserhebung und -bewertung sowie Maßnahmen- und
Handlungsempfehlungen



Baden-Württemberg

Umweltministerium



Name des Projekts:

Abfall als Ressource

Themenfeld:

Produzieren und Arbeiten

Vorsitzender:

Dr. Albrecht Rittmann

Umweltministerium Baden-Württemberg / Abteilung 2 - Umweltpolitik, Nachhaltigkeit, Abfallwirtschaft

Co-Vorsitzender:

Dr. Winfried Golla

Verband der Chemischen Industrie e. V., Landesverband Baden-Württemberg

Ansprechpartner:

Hans-Ludwig Lipfert

Umweltministerium Baden-Württemberg / Abteilung 2 - Umweltpolitik, Nachhaltigkeit, Abfallwirtschaft

Beginn: Juli 2007

Ende: Dezember 2008



Beteiligte Institutionen

Baden-Württembergischer Handwerkstag e. V.
Baden-Württembergischer Industrie- und Handelskammertag
BDE – Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V.
bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.
CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants e. V.
E.ON Energy from Waste AG, Müllheizkraftwerk Göppingen
Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft –
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
Gemeindetag Baden-Württemberg
GWE Holding GmbH
Handwerkskammer Freiburg – ZukunftsWerkstatt Handwerk e. V.
HIM GmbH Marketing und Vertrieb
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
Innenministerium Baden-Württemberg
ITAD – Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V.
KEA – Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
Landkreistag Baden-Württemberg
LNV – Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg e. V.
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LVI – Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e. V.
MVV Umwelt GmbH
Regierungspräsidium Stuttgart – Landesgesundheitsamt
Regierungspräsidium Tübingen
Städtetag Baden-Württemberg
Umweltministerium Baden-Württemberg
Universität Stuttgart – Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Verband der Chemischen Industrie (VCI), Landesverband Baden-Württemberg e. V.
VKS im VKU – Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e. V.
im Verband kommunaler Unternehmen e. V.
Wirtschaftsverband Papier Baden-Württemberg e. V. (WVP)
Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg



Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG UND ZIEL – VON DER ABFALLWIRTSCHAFT ZUM RESSOURCENMANAGEMENT	7
2	STATUS DER ABFALLWIRTSCHAFT IN BADEN-WÜRTTEMBERG	8
2.1	Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg	9
2.2	Abfallaufkommen der Industrie und des Gewerbes in Baden-Württemberg	10
2.3	Entwicklung des Bruttosozialprodukts und des Abfallaufkommens in Baden-Württemberg	11
2.4	Entsorgungswege der Abfälle in Baden-Württemberg	12
3	BEWERTUNG DER ABFALLWIRTSCHAFT IN BADEN-WÜRTTEMBERG IM HINBLICK AUF DIE RESSOURCENSCHONUNG	13
3.1	Bauabfälle	14
3.2	Restabfälle	15
3.3	Bio- und Grünabfälle	16
3.4	Wertstoffe	16
4	MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER RESSOURCENEFFIZIENZ DER ABFALLWIRTSCHAFT IN BADEN-WÜRTTEMBERG	17
4.1	Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verwertung von Bauabfällen	17
4.2	Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verbrennung von Abfällen	19
4.2.1	Thermische Restabfallbehandlungsanlagen	25
4.2.2	Ersatzbrennstoffe (EBS)	28
4.2.3	Altholzverbrennungsanlagen	31
4.3	Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verwertung von Bio- und Grünabfällen	33
4.3.1	Steigerung der Erfassungsquoten	33
4.3.2	Steigerung der Energieeffizienz	36
4.3.3	Erzeugung von hochwertigen Produkten	38
4.4	Optimierung des Energieaufwands bei der Entsorgung von Hausmüll durch Minimierung der Transportentfernungen	39



5	EMPFEHLUNGEN UND KONKRETE MAßNAHMENVORSCHLÄGE DER ARBEITSGRUPPE FÜR EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT IN BADEN-WÜRTTEMBERG	40
6	ANHANG	44
6.1	Quellenverzeichnis	44
6.2	Bedeutung der transportbedingten Kohlendioxidemissionen	47
6.3	Mitglieder der Arbeitsgruppe des Projekts „Abfall als Ressource“	49



1 Aufgabenstellung und Ziel – Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement

Im Mittelpunkt der klassischen Abfallwirtschaft stand die Beseitigung. Der Grundgedanke war, sich der Abfälle schnell und kostengünstig zu entledigen. Die Beseitigung von Abfällen erfolgte in der Regel durch die Ablagerung auf Deponien oder durch die Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen ohne Energienutzung.

Eine nachhaltige Abfallwirtschaft setzt in erster Priorität auf die Vermeidung von Abfällen. Können Abfälle nicht vermieden werden, sind sie zu verwerten. Erst an letzter Stelle kommt eine Ablagerung von vorbehandelten Abfällen auf Deponien in Betracht.

Man unterscheidet folgende Verwertungswege:

- Stoffliche (werk- und rohstoffliche) Verwertung (z. B. Recycling von Bauabfällen, Altglas, Altpapier; Kompostierung von Bioabfällen; Methanolgewinnung aus organischen Abfällen)
- Energetische Verwertung (z. B. Verbrennung von Abfällen unter Energienutzung in Form von Strom und Wärme)

Die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen ist nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern angesichts der weltweit steigenden Rohstoffpreise wird die Verwertung von Abfällen auch immer wirtschaftlicher.

Abfälle können natürliche Ressourcen ersetzen. Durch die weitere Verteuerung von Rohstoffen und fossilen Energieträgern auf den Weltmärkten wird die Bedeutung von Abfall als Rohstoffquelle und Energieträger auch weiterhin zunehmen. Die steigenden Preise für natürliche Energieträger und Rohstoffe werden zur Folge haben, dass es sich auch wirtschaftlich zunehmend lohnt, Abfälle aufzubereiten und als Sekundärrohstoffe bzw. –energieträger zu vermarkten.

Die Verwertung von Abfällen muss allerdings für die Umwelt und die öffentliche Gesundheit schadlos erfolgen. Das bedeutet vor allem, dass es im Stoffkreislauf zu keinen Anreicherungen und Transfers von Schadstoffen kommen darf.

Abfall ist daher eine immer wichtiger werdende Ressource mit wachsender Bedeutung auch für die Energiegewinnung und den Klimaschutz, da heizwertreiche Abfälle fossile Energieträger ersetzen können.



Der energetische Gehalt von Abfällen wird heute noch nicht vollständig genutzt. Vor diesem Hintergrund ist zu prüfen, wie die energetische Nutzung von Abfällen optimiert werden und eine optimale energetische Nutzung von Abfällen aussehen kann.

Die stoffliche Verwertung von Abfällen darf aber durch die zunehmende Nutzung von Abfällen zur Energieerzeugung nicht vernachlässigt werden. So ist die stoffliche Verwertung von Abfällen zum Beispiel bei der Papier- und Glasherstellung nicht nur unter ökologischen Gesichtspunkten durch Einsparung von Energie und natürlichen Rohstoffen vorteilhaft, sondern auch wirtschaftlich interessant.

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ bestand darin, zu prüfen, wie die Ressourcennutzung von Abfällen optimiert bzw. eine optimale energetische und stoffliche Nutzung von Abfällen in Baden-Württemberg erreicht werden kann. Hierzu hat die Arbeitsgruppe den aktuellen Stand der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg zusammengestellt und die noch möglichen Potenziale der Ressourcennutzung von Abfällen abgeschätzt. Darüber hinaus hat die Arbeitsgruppe Empfehlungen und konkrete Maßnahmenvorschläge für eine nachhaltige Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg erarbeitet. Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ führte im Zeitraum von Juli 2007 bis September 2008 insgesamt fünf Arbeitsgruppensitzungen sowie zwei Unterarbeitsgruppensitzungen zu den Themen Ersatzbrennstoffe und Erhöhung der Akzeptanz der Abfallverwertung in der Bevölkerung durch.

2 Status der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg

Das gesamte Abfallaufkommen in Baden-Württemberg betrug im Jahr 2007 rund 38,7 Mio. Tonnen, wobei der größte Anteil von 28,4 Mio. Tonnen aus Bauabfällen (Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch) bestand (siehe Tabelle 2.1). Der Anteil Baden-Württembergs am bundesweiten Abfallaufkommen lag im Jahr 2006 bei ca. 11 %.

Bauabfälle [1.000 t]	Siedlungs- und Produktionsabfälle [1.000 t]	Sonderabfälle [1.000 t]	Gesamtes Abfallaufkommen [1.000 t]
28.355	8.739	1.595	38.689

Tabelle 2.1: Abfallaufkommen in Baden-Württemberg im Jahr 2007 (vorläufige Werte, Berechnungsstand Juli 2008) [StaLA, 2008-2]



2.1 MENGENENTWICKLUNG DES KOMMUNALEN ABFALLAUFKOMMENS IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Für die Umweltpolitik und die Öffentlichkeit sind die Abfallmengen, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (öRE) zur Entsorgung überlassen werden (kommunales Abfallaufkommen), von besonderem Interesse. In Baden-Württemberg hat sich das kommunale Abfallaufkommen seit Anfang der 90er Jahre fast halbiert und betrug im Jahr 2007 nur noch 12,8 Mio. Tonnen. Den größten Anteil am kommunalen Abfallaufkommen haben nach wie vor die Bauabfälle, obwohl sie von 22,7 Mio. Tonnen im Jahr 1990 auf 7,4 Mio. Tonnen im Jahr 2007 zurückgegangen sind. Auch der Haus- und Sperrmüll hat seit 1990 von 2,6 Mio. Tonnen auf 1,54 Mio. Tonnen im Jahr 2007 abgenommen. Demgegenüber haben die Grün- und Bioabfälle sowie die Wertstoffe seit Anfang der 90er Jahre stetig zugenommen (siehe Abbildung 2.1.1).

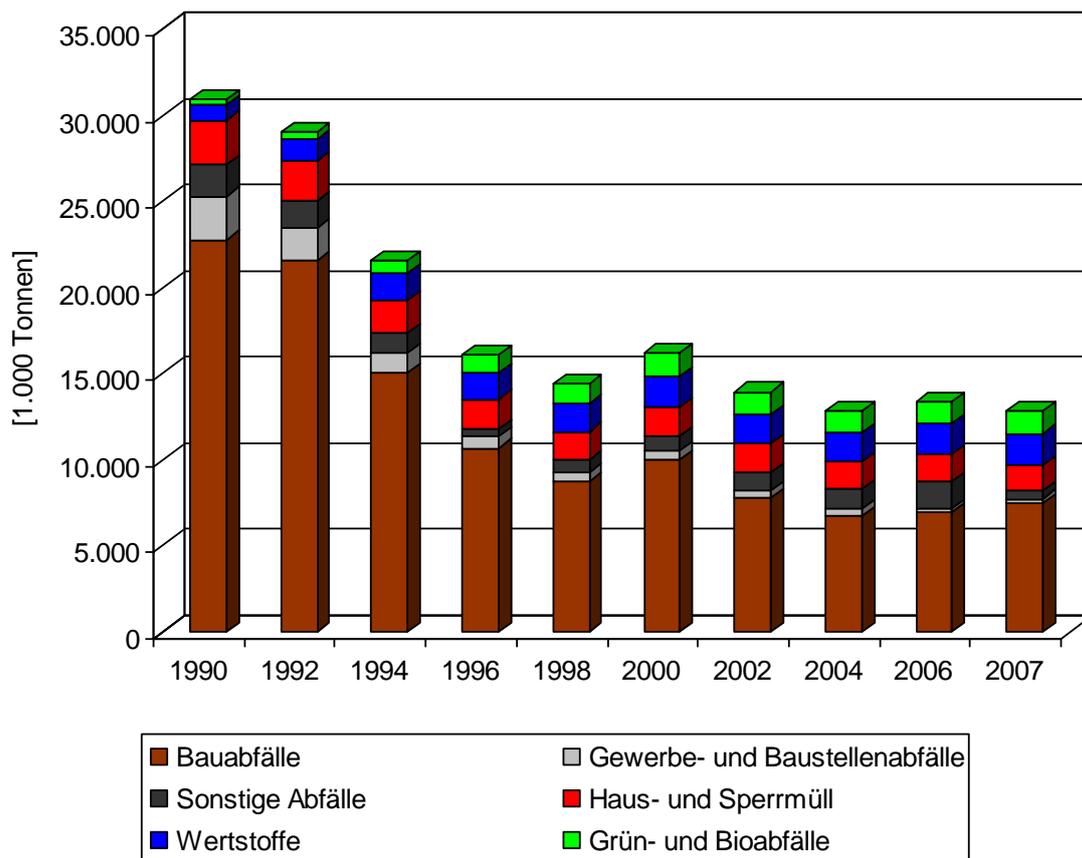


Abbildung 2.1.1: Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg von 1990 bis 2007 [StaLA, 2008-2; Abfallbilanz, 2008]



Anhand der Abfallbilanzen Baden-Württembergs lässt sich die Entwicklung des den öRE überlassenen Restabfallaufkommens darstellen. In Abbildung 2.1.2 wird der im Jahr 2007 erreichte Stand mit der Situation 1997 verglichen. Es zeigt sich, dass in der Mehrzahl der Stadt- und Landkreise die Abfallmenge abgenommen hat. Aus den Daten für 2007 lassen sich drei Gruppen von Kreisen ableiten. Bei 24 von 44 Kreisen liegt das Restabfallaufkommen bei ≤ 120 Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/Ea). Bei diesen 24 Kreisen ist zu erwarten, dass wirtschaftlich keine weiteren Stoffströme (≤ 90 kg/Ea) bzw. nur noch geringe Anteile (> 90 bis < 120 kg/Ea) zur stofflichen Verwertung abgeschöpft werden können. Bei 15 der 44 Stadt- und Landkreise (> 120 bis < 180 kg/Ea) bestehen noch gewisse Wertstoffpotenziale. Nur bei fünf Stadt- und Landkreisen (> 180 kg/Ea) ist noch ein deutliches Wertstoffpotenzial vorhanden. Bei den Unterschieden im eingesammelten Restabfallaufkommen spielt die Erfassung der Bioabfälle bzw. die Möglichkeit der Eigenkompostierung eine wesentliche, aber nicht die alleinige Rolle [iswa, 2008].

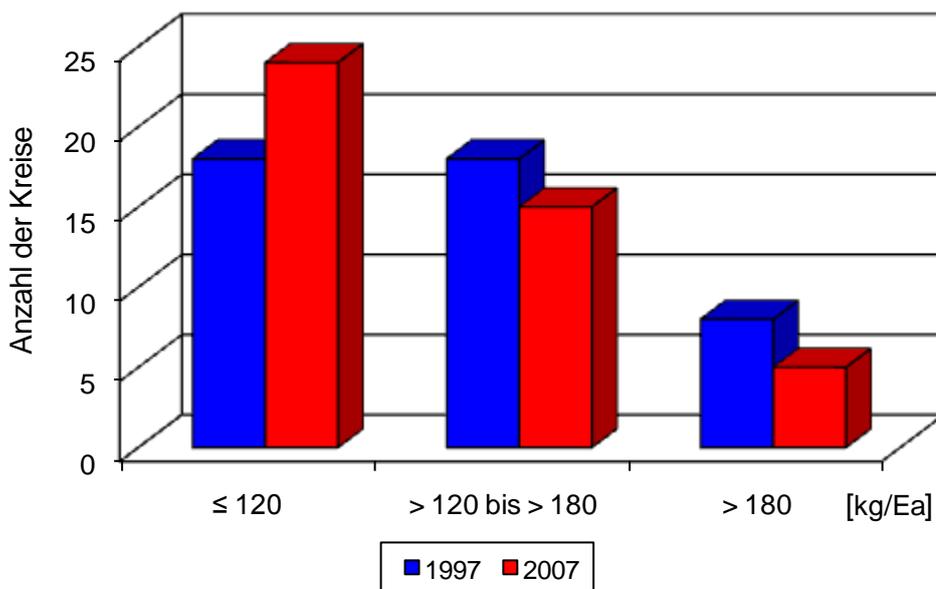


Abbildung 2.1.2: Histogramm des Hausmüllaufkommens in Baden-Württemberg 1997 und 2007 [iswa, 2008]

2.2 ABFALLAUFKOMMEN DER INDUSTRIE UND DES GEWERBES IN BADEN-WÜRTTEMBERG

In Baden-Württemberg wurde das Abfallaufkommen aus Industrie und Gewerbe zuletzt im Jahr 2006 vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg erhoben. Dabei wurden fast 3.500 Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes, der Energie- und Wasserversorgung sowie des Dienstleis-



tungsbereiches zur Erzeugung und zur Abgabe von Abfällen befragt. Von diesen Betrieben wurden im Jahr 2006 insgesamt knapp 8,4 Mio. Tonnen an Abfällen erzeugt. Den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (öRE) wurden im Jahr 2006 insgesamt rund 13,3 Mio. Tonnen Abfälle zur Entsorgung überlassen. Zieht man von dieser Gesamtmenge die Abfälle aus privaten Haushalten sowie die Bauabfälle ab, so verblieben im Jahr 2006 noch rund 5,2 Mio. Tonnen Abfälle auf der Entsorgungsseite. Der Vergleich von Erzeugung und Entsorgung der Abfälle macht deutlich, dass in Baden-Württemberg in erheblichem Umfang die gewerblichen Abfälle nicht der Entsorgungswirtschaft im Land überlassen werden, sondern direkt in den Produktionskreislauf zurückgeführt oder auch zur Verwertung außerhalb des Landes abgegeben werden [StaLa, 2008].

2.3 ENTWICKLUNG DES BRUTTOSOZIALPRODUKTS UND DES ABFALLAUFGKOMMENS IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Das Ziel einer nachhaltigen Abfallwirtschaft muss sein, den Ressourcenverbrauch und das Abfallaufkommen vom Wirtschaftswachstum weitgehend zu entkoppeln. Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Abfallaufkommen ist in Baden-Württemberg bereits Realität. So stieg in Baden-Württemberg das Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, Basis 2000) seit 1991 um rund 26 % an, wohingegen die Abfallmengen aus Haushalten und die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle um knapp 22 % zurückgingen (siehe Abbildung 2.3.1).

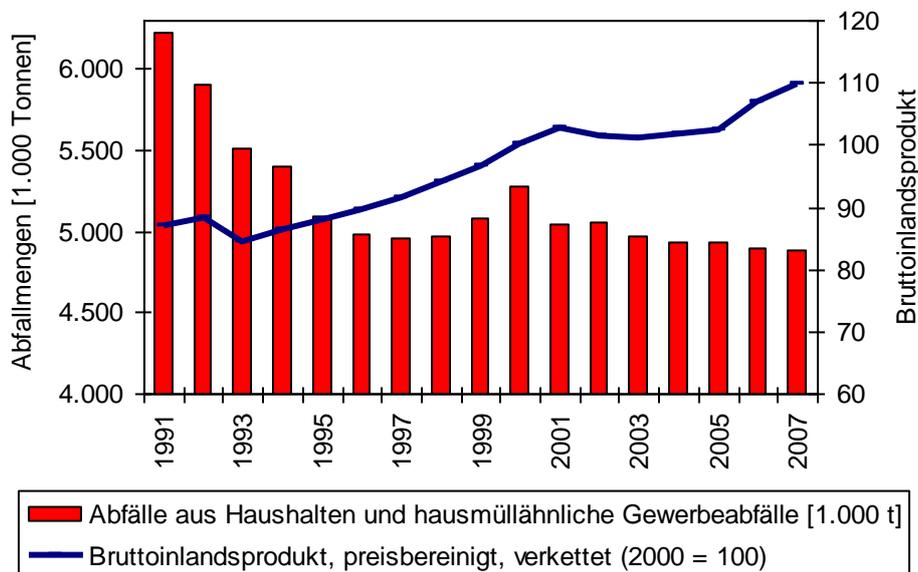


Abbildung 2.3.1: Entwicklung des Wirtschaftswachstums (Bruttoinlandsprodukt, preisbereinigt, verkettet, 2000 = 100) im Vergleich zur Mengenentwicklung von Abfällen aus Haushalten und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen (1.000 Tonnen) seit 1991 [Abfallbilanz, 2008; StaLA, 2008-1]



2.4 ENTSORGUNGSWEGE DER ABFÄLLE IN BADEN-WÜRTTEMBERG

Abfälle müssen vor der Verwertung oder Beseitigung in der Regel aufbereitet oder behandelt werden. Hierzu steht eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren zur Verfügung. Im Einzelnen sind zu nennen:

- Mechanische Aufarbeitung (z. B. Sortieren, Zerlegen, Sieben, Sichten, Zerkleinern)
- Biologische Behandlung (Rotten, Kompostieren und Vergären)
- Chemische und/oder physikalische Behandlung (z. B. Filtration, Destillation, Entwässerung, Fällung, Neutralisation)
- Thermische Verfahren (Abfallverbrennung, Pyrolyse, Vergasung, Mitverbrennung z. B. in Zementöfen und Kohlekraftwerken)

Nicht verwertbare und nicht thermisch oder mechanisch-biologisch behandelbare Abfälle müssen letztlich durch Ablagerung auf Deponien (oberirdische Deponie, Untertagedeponie) entsorgt werden.

Ein deutlicher Wandel in den Entsorgungswegen ist vor allem bei der Ablagerung von Abfällen auf Siedlungsabfalldeponien festzustellen. Zwischen 1990 und 2007 ist die abgelagerte Abfallmenge auf Siedlungsabfalldeponien von rund 5,8 Mio. Tonnen auf knapp 78.000 Tonnen zurückgegangen. Ein starker Rückgang der Ablagerung von Abfällen auf Siedlungsabfalldeponien ist vor allem seit 2005 zu beobachten, da seit 1. Juni 2005 aufgrund der Abfallablagerungsverordnung vom 20.02.2001 nur noch weitestgehend mineralisierte Abfälle auf Deponien abgelagert werden dürfen. Im Zeitraum von 1990 bis 2007 hat sich die stoffliche Verwertung von knapp 1,1 Mio. Tonnen auf über 1,9 Mio. Tonnen fast verdoppelt. Eine ähnliche Entwicklung ist bei der biologischen Behandlung zu beobachten. Die Menge der biologisch behandelten Abfälle (insbesondere zu Kompost) hat sich von rund 419 000 Tonnen im Jahr 1990 auf rund 1,2 Mio. Tonnen im Jahr 2007 fast verdreifacht. Die Menge der thermisch sowie der mechanisch-biologisch behandelten Abfälle nahm von 824 000 Tonnen im Jahr 1990 auf 1,86 Mio. Tonnen im Jahr 2007 zu. Dieser vor allem seit 2004 zu verzeichnende Anstieg ist ebenfalls auf das Ablagerungsverbot für nicht vorbehandelte Abfälle zurückzuführen.

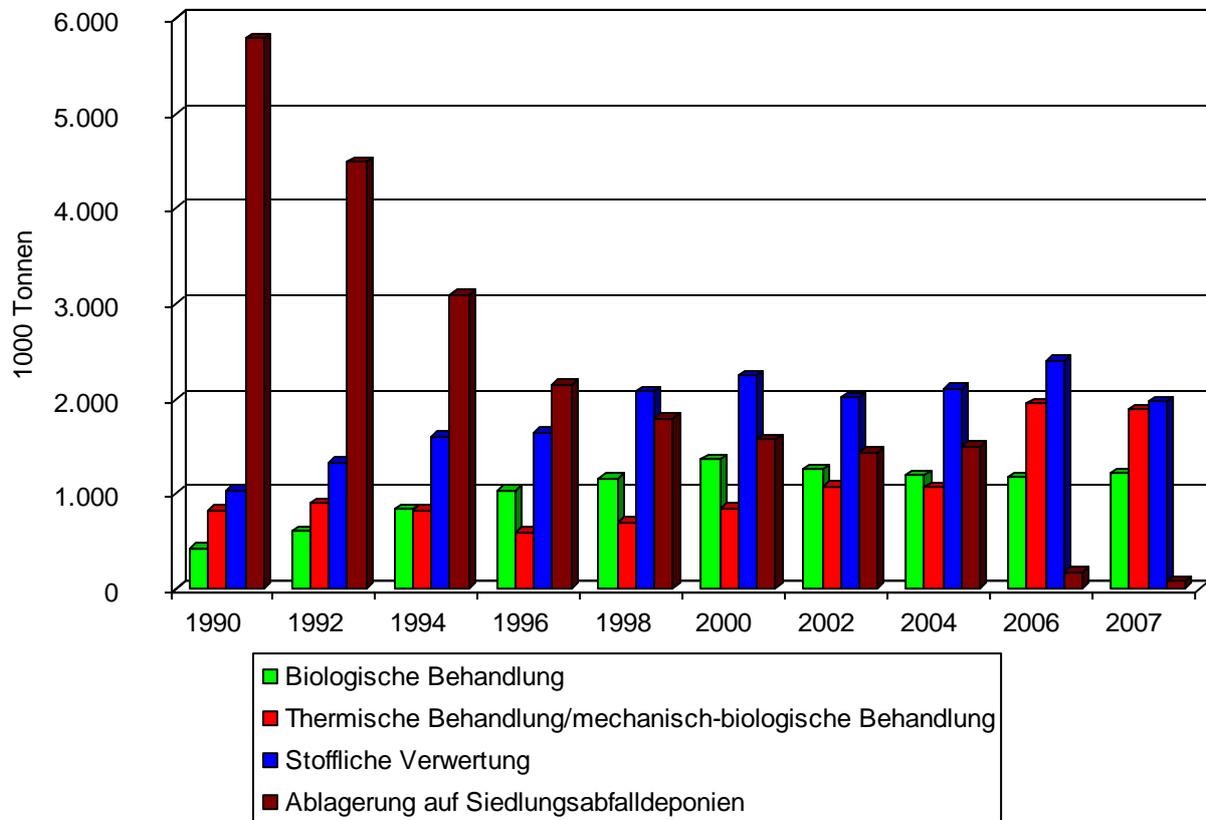


Abbildung 2.4.1: Mengenentwicklung des kommunalen Abfallaufkommens in Baden-Württemberg von 1990 bis 2007 nach Art der Entsorgung [StaLA, 2008-2; Abfallbilanz, 2008]

3 Bewertung der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg im Hinblick auf die Ressourcenschonung

Abfälle können stofflich oder energetisch verwertet werden. Somit ersetzen Abfälle natürliche Ressourcen wie fossile Energieträger oder natürliche Rohstoffvorkommen. Die Bedeutung der Abfälle als Rohstoffquelle und Energieträger ist mit der Verfügbarkeit und dem Weltmarktpreis von fossilen Energieträgern und Rohstoffen, wie zum Beispiel Metallen, eng verknüpft. Durch die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen können nicht nur natürliche Rohstoffe und fossile Energieträger eingespart, sondern es kann auch ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

In der Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ wurde Konsens darin erzielt, dass die stoffliche und die energetische Verwertung als grundsätzlich gleichwertige Optionen zu betrachten



sind. Im konkreten Fall ist der Verwertungsweg unter Beachtung von Nachhaltigkeitskriterien zu wählen.

Für die Bewertung der einzelnen Abfallarten im Hinblick auf die Ressourcenschonung ist vor allem von Interesse, in welcher Menge die einzelnen Abfallarten anfallen und welcher Anteil derzeit energetisch oder stofflich verwertet wird. Außerdem ist zu bewerten, ob die derzeitigen Verwertungswege bereits eine hohe Ressourceneffizienz aufweisen. Im Mittelpunkt der Bewertung stehen die Abfälle, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden (kommunales Abfallaufkommen). Wie bereits in Kapitel 2 ausgeführt, werden in Baden-Württemberg die Abfälle aus Industrie und Gewerbe bereits in erheblichem Umfang in den Produktionskreislauf zurückgeführt, so dass hier die Verwertungspotenziale schon weitgehend ausgeschöpft sind [StaLa, 2008]. Aus diesem Grund hat die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ in erster Linie die kommunalen Abfallströme hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz bewertet. Die Ergebnisse der Bewertung sind für die einzelnen Abfallarten nachstehend aufgeführt.

3.1 BAUABFÄLLE

Im Jahr 2007 fielen in Baden-Württemberg rund 28,4 Mio. Tonnen an Bauabfällen (Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch) an, was knapp drei Viertel am gesamten Abfallaufkommen ausmacht [StaLA, 2008-2]. Die Bauabfälle bestehen überwiegend aus nicht verunreinigtem Bodenaushub (18,1 Mio. Tonnen) sowie aus Bauschutt und Straßenaufbruch (10,3 Mio. Tonnen). Die Entwicklung des gesamten Abfallaufkommens wird daher in besonderem Maße von den Bauabfallmengen geprägt. Aus Gründen der Ressourcenschonung und des Erhalts wertvollen Deponieraumes muss daher die Verwertung von Bauabfällen im Mittelpunkt einer nachhaltigen Umweltpolitik stehen.

Ein Großteil der in Baden-Württemberg anfallenden Bauabfälle (Bauschutt und Straßenaufbruch) wird bereits verwertet. Die Verwertungsquote liegt derzeit bei über 70 %. Der überwiegende Teil des Bodenaushubs wird im Rahmen von Verfüllmaßnahmen Übertage eingesetzt (siehe Tabelle 3.1).

Verfüllmaßnahmen Übertage [1.000 t]	Verfüllmaßnahmen Untertage [1.000 t]	Sonstige Verwer- tung [1.000 t]	Ablagerung auf De- ponien [1.000 t]
11.592	6,75	2.083	4.449

Tabelle 3.1: Entsorgung von Bodenaushub in Baden-Württemberg im Jahr 2007 (vorläufige Werte, Berechnungsstand Juli 2008) [StaLA, 2008-2]



Die Verwertung von Abfällen muss für die Umwelt schadlos erfolgen. Das bedeutet vor allem, dass es im Stoffkreislauf nicht zur Anreicherung von Schadstoffen kommen darf. Beim Baustoffrecycling zum Beispiel kann dies durch die Einhaltung von Zuordnungswerten gewährleistet werden. Diese Zuordnungswerte sollen auch die Schutzgüter Boden und Grundwasser vor Verunreinigungen bewahren.

Das Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) hat daher strenge Werteanforderungen an das Recycling von Bauschutt erlassen [UM, 2004]. Auf der Grundlage dieser Anforderungen wurde vom Industrieverband Steine und Erden e.V. (ISTE) im Oktober 2004 ein Qualitätssicherungssystem für Recycling-Baustoffe (QRB) gegründet. QRB-geprüfte Recycling-Baustoffe können seitdem als echte Bauprodukte und nicht, wie bisher, nur als Abfall zur Verwertung eingestuft und vermarktet werden.

Vom Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) wurden außerdem im März 2007 auch für die Verwertung von Bodenmaterial im Rahmen einer Verwaltungsvorschrift strenge Anforderungen erlassen [UM, 2007].

Das Ziel der Umweltpolitik in Baden-Württemberg ist, die derzeitigen Verwertungsquoten beim Bauschutt noch weiter zu erhöhen. Dadurch sollen die natürlichen Rohstoffquellen geschont werden. Aus diesem Grund hat die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ beschlossen, mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verwertung von Bauabfällen eingehender zu prüfen (siehe Kapitel 4.1).

3.2 RESTABFÄLLE

Unter dem Begriff „Restabfall“ werden in Absprache mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern folgende Abfälle, die diesen überlassen werden, zusammengefasst:

- Haus- und Sperrmüll
- Gewerbe- und Baustellenabfälle
- Rückstände aus Sortieranlagen

Die Restabfallmenge betrug im Jahr 2007 in Baden-Württemberg rund 1,8 Mio. Tonnen [Abfallbilanz, 2008]. Die Restabfälle werden in Baden-Württemberg größtenteils über sechs thermische und eine mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlage entsorgt. Die sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg haben eine Kapazität von rund 1,65 Mio. Tonnen pro Jahr, die der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlage beträgt 0,1 Mio. Tonnen pro Jahr. Ein kleiner Teil der Restabfallmengen wird in thermischen Restabfallbehandlungsanlagen außerhalb Baden-Württembergs in benachbarten Ländern entsorgt. In den thermi-



schen Restabfallbehandlungsanlagen wird bereits heute durch die Verbrennung der Abfälle Strom und Wärme erzeugt.

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ war der Auffassung, dass die energetische Nutzung des Abfalls bei der Verbrennung in den thermischen Restabfallbehandlungsanlagen des Landes durch geeignete Maßnahmen weiter gesteigert werden kann. Aus diesem Grund wurde beschlossen, mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der thermischen Abfallbehandlung zu prüfen (siehe Kapitel 4.2).

3.3 BIO- UND GRÜNABFÄLLE

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2007 den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern rund 1,28 Mio. Tonnen Bio- und Grünabfälle überlassen. Die Entsorgung der Bio- und Grünabfälle erfolgt überwiegend in biologischen Behandlungsanlagen (Kompostierung, Vergärung) oder in Biomassekraftwerken, in denen vor allem holzige Grünabfälle aus Pflegemaßnahmen energetisch genutzt werden. Die Bioabfälle werden in 34 der 44 Stadt- und Landkreise getrennt gesammelt bzw. flächendeckend erfasst. Die pro Einwohner und Jahr erfasste Menge an Bio- und Grünabfällen [kg/Ea] unterscheidet sich in den einzelnen Stadt- und Landkreisen sehr stark. So betrug zum Beispiel im Jahr 2007 die Erfassungsquote in Baden-Baden 430 kg/Ea und im Rhein-Neckar-Kreis nur 14 kg/Ea [Abfallbilanz, 2008].

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ vermutete, dass die Ressourceneffizienz bei der Verwertung von Bio- und Grünabfällen durch geeignete Maßnahmen noch gesteigert werden kann. Aus diesem Grund wurde beschlossen, mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verwertung von Bio- und Grünabfällen zu prüfen (siehe Kapitel 4.3).

3.4 WERTSTOFFE

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2007 den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern rund 1,8 Mio. Tonnen Wertstoffe aus Haushalten überlassen. Die Wertstoffe aus Haushalten setzen sich vor allem aus folgenden Abfallfraktionen zusammen:

- Kunststoffe
- Metalle
- Papier
- Glas
- Holz



Die bei den Haushalten angefallenen und erfassten Wertstoffe stiegen in den letzten Jahren kontinuierlich an, so dass im Jahr 2007 eine Erfassungsmenge von 165 kg/Ea erzielt werden konnte [Abfallbilanz 2008]. Der Bundesdurchschnitt lag im Jahr 2006 bei 146 kg/Ea [DESTATIS, 2008]. Somit werden in Baden-Württemberg bei den Wertstoffen bereits hohe Erfassungsquoten erreicht.

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ ist der Auffassung, dass in Baden-Württemberg bereits hohe Erfassungsquoten bei den Wertstoffen erreicht wurden. Auch die stofflichen Verwertungswege für Papier und Glas sind gut etabliert sowie wirtschaftlich tragfähig. Kunststoffe und Metalle können bislang nur als Verpackungen über die dualen Systeme als Wertstoffe erfasst werden. Allerdings besteht nur ein Teil der Kunststoffe und Metalle im Abfall aus Verpackungen. Die Arbeitsgruppe hält daher eine Ausweitung der Erfassung auch auf Nicht-Verpackungen für sinnvoll. Mit Ausnahme einer möglichen Erfassung von Nicht-Verpackungen, sieht die Arbeitsgruppe derzeit keine Notwendigkeit, mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Verwertung der Wertstoffe näher zu prüfen.

4 Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg

4.1 MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER RESSOURCENEFFIZIENZ BEI DER VERWERTUNG VON BAUABFÄLLEN

Auch die Verfügbarkeit von abbauwürdigen Vorkommen an mineralischen Ressourcen ist endlich. Die Rohstoffsicherung muss sich daher an den Kriterien des nachhaltigen Wirtschaftens ausrichten. Dies bedeutet unter anderem auch eine Verminderung des Rohstoffverbrauchs durch Steigerung der Ressourcenproduktivität und –effizienz sowie eine Förderung des Recyclings von Bauabfällen und damit Substitution von primären mineralischen Rohstoffen. Die Lagerstätten einiger Rohstoffe gehen langsam zur Neige, die Gewinnung der Rohstoffe ist mit steigenden Anteilen an nicht verwertbaren Materialien verbunden [LGRB, 2006]. Aus Sicht der Nachhaltigkeit bedarf es einer Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft mit dem Ziel, möglichst große Anteile des Baustoffbedarfs über Recycling-Baustoffe abzudecken und die Beanspruchung primärer Ressourcen auf das notwendige Maß zu beschränken.

Die Gewinnung von primären Rohstoffen bedeutet zudem einen erheblichen Flächeneingriff. Die Erweiterung von Abbauflächen steht immer in Konkurrenz zu anderen Nutzungsansprüchen. So konkurriert der Natursteinabbau mit Siedlungen und ihrem Entwicklungsbedarf. Zudem gehen zumindest über einen längeren Zeitraum Flächen verloren, die bis dato der Produktion von landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Produkten dienen.



In Baden-Württemberg werden jährlich etwa 80 Mio. Tonnen (inkl. Abraum) mineralische Baustoffe abgebaut. Dies bedeutet bei einer durchschnittlichen Abbaumächtigkeit von 25 m für den Naturstein und 15 m für Kies [BGR, 2001] ein Flächeneingriff von 203 Hektar pro Jahr bzw. knapp 0,6 ha/Tag. Der Flächeneingriff durch Siedlungsentwicklung liegt in Baden-Württemberg bei etwa 9 ha/Tag. Die politische Zielsetzung der Landesregierung beinhaltet eine Reduzierung auf 25% und mittelfristig auf „Null“, begründet durch den mit dem Flächeneingriff verbundenen erheblichen Eingriff in Natur und Landschaft. Auch wenn die Art des Eingriffs für Siedlungsflächen und Natursteingewinnung nicht ganz vergleichbar ist, wird die relative Bedeutung des Rohstoffabbaus sichtbar. Der Rohstoffabbau benötigt etwas mehr als 5% der Fläche, die täglich für die Entwicklung der Siedlungsflächen verbraucht wird.

Für die zukünftige Entwicklung der Entsorgung von Bauabfällen ist die Verschiebung des Verhältnisses von Bedarf an mineralischen Baustoffen zum Aufkommen an mineralischen Bauabfällen wichtig. Durch das politisch gewollte zunehmende Bauen im Bestand ist jede Baustoffnachfrage zunächst verbunden mit der Notwendigkeit, die bei Räumung des Grundstücks oder Entkernung des Bauwerks anfallenden mineralischen Bauabfälle zu entsorgen.

In größeren Zeitabständen werden zur Erhaltung einer Straße umfassende Baumaßnahmen notwendig. Die dabei anfallenden Mengen an Schotter und Asphalt entsprechen in etwa der Masse, die danach wieder eingebaut werden muss. Die Materialnachfrage entspricht in diesem Falle in etwa dem Abfallaufkommen. Im Hochbau zeigt sich die Situation etwas anders. Das Flächenrecycling wird vor allem dort durchgeführt, wo eine entsprechende größere Nachfrage nach Baugrundstücken existiert und damit relativ hohe Grundstückspreise zu einer verdichteten Nachfolgenutzung führen. Die abzuräumenden Bauwerkskörper sind daher tendenziell kleiner als die neu errichteten. Die Baustoffnachfrage ist daher im Hochbau höher, als die anfallende Menge zu entsorgender mineralischer Bauabfälle.

Die bisherigen Verwertungsmöglichkeiten für mineralische Bauabfälle nehmen in Zukunft in ihrer Bedeutung ab. So muss bei einfachen Erhaltungsmaßnahmen von Straßen selten der Unterbau ausgetauscht werden, was die klassische Einsatzmöglichkeit für Recyclingbaustoffe (RC-Baustoffe) im Straßenbau darstellt. Da auch die Neuerschließung von Baugebieten rückläufig sein wird, entfällt auch hier der damit teilweise verbundene große Bedarf zur Auffüllung und Erhöhung des Geländeneiveaus, auch dies eine klassische Verwertungsmöglichkeit für RC-Material. Derzeit werden größere Mengen auf Deponien verwertet, die sich in der Stilllegung befinden oder dies in Kürze anstreben. Das Material wird hier zur Herstellung von Kubaturen und Rekultivierungsschichten benötigt. Eine weitere wichtige Senke für mineralische Bauabfälle ist die Verfüllung von Rohstoffabbauflächen. Durch bundeseinheitliche Regelungen werden sich wahrscheinlich die Vorgaben verschärfen und das Spektrum zu verwendender Materialien einschränken.



Der Markt für Baustoffe wird demnach tendenziell enger und die Konkurrenzsituation zur Natursteinindustrie größer. Zugleich werden die Möglichkeiten der Verwertung auf Deponien oder in Verfüllmaßnahmen rückläufig sein.

Diese Situation zeigt die Notwendigkeit, mineralische Bauabfälle in hochwertige Baustoffe mit definierten Eigenschaften zu verarbeiten und hierfür neue Absatzbereiche zu erschließen.

Mineralische Baurestmassen fallen jährlich in großen Mengen zur Entsorgung an. Derzeit erfolgt die Verwertung gerade der Baurestmassen aus dem Abbruch, dem Rückbau oder dem Umbau von Hochbauten aus Sicht der Ressourcenschonung nicht optimal. Zur Herstellung von Baustoffen für den Hochbau werden nahezu ausschließlich und in sehr großen Mengen primäre Ressourcen eingesetzt mit entsprechenden Auswirkungen auf den Natur- und Landschaftshaushalt. Der anfallende Bauschutt dagegen geht direkt oder nach Aufbereitung nahezu zu 100 % in verschiedene Verfüllmaßnahmen oder in den qualifizierten und untergeordneten Straßen- und Wegebau.

Diese Situation gilt auch für das ganze Bundesgebiet. Nach dem neuesten Monitoring-Bericht [KWTB, 2007] der Arbeitsgemeinschaft KWTB Kreislaufwirtschaftsträger Bau wurden von den jährlich anfallenden etwa 50 Millionen Tonnen Bauschutt im Jahre 2004 nur knapp über 60 % recycelt d.h. zu RC-Baustoff aufgearbeitet. Die Recyclingquote lag im Jahre 2000 noch bei etwa 75 % und geht seitdem stetig zurück. Dieser Trend dürfte sich auch nach dem Jahr 2004 fortgesetzt haben.

Über Anfall und Verbleib mineralischer Bauabfälle liegen nur vergleichsweise wenige und wenig belastbare Informationen vor. Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat daher eine Studie in Auftrag gegeben, die zunächst für eine ausgewählte Region einen möglichst guten und belastbaren, zudem problem- und lösungsorientierten Überblick über die Stoffströme mineralischer Bauabfälle liefern soll. Es wird eine handlungsorientierte Defizitanalyse durchgeführt, mit der diejenigen Akteursgruppen erkannt werden sollen, die eine Optimierung der Stoffströme mineralischer Bauabfälle aus Sicht der allgemeinen abfallwirtschaftlichen Zielsetzung und des Ressourcenschutzes ermöglichen können. Auf Basis dieser Erkenntnisse wäre für das Land dann möglich, bei erkannten Defiziten im Sinne eines lösungsorientierten Stoffstrommanagements ggf. unterstützend einzugreifen.

4.2 MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER RESSOURCENEFFIZIENZ BEI DER VERBRENNUNG VON ABFÄLLEN

Abfälle, die verbrannt werden, stammen überwiegend aus Haushalten (Restabfälle), aus dem Gewerbe oder aus Teilströmen einer Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA). Mit der Verbrennung von Abfällen besteht die Möglichkeit, den Energiegehalt des Abfalls zu nutzen. Eine der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen wurde jedoch zu einer Zeit errichtet, zu der

aufgrund der Diskussionen um die mit der Verbrennung verbundenen Emissionen ein siedlungsferner Standort bevorzugt wurde.

Die Energieerzeugung in thermischen Restabfallbehandlungsanlagen oder in Ersatzbrennstoffkraftwerken beruht primär in der Erzeugung von Dampf mit Hilfe von Dampfkesseln. Dieses Prinzip ist bei allen Anlagen in Deutschland so verwirklicht¹. Die Kesselwirkungsgrade bewegen sich dabei in einem Bereich von 70 bis etwas über 80 %. Erkennbar ist dabei ein deutlicher Zusammenhang mit dem Alter der Anlage.

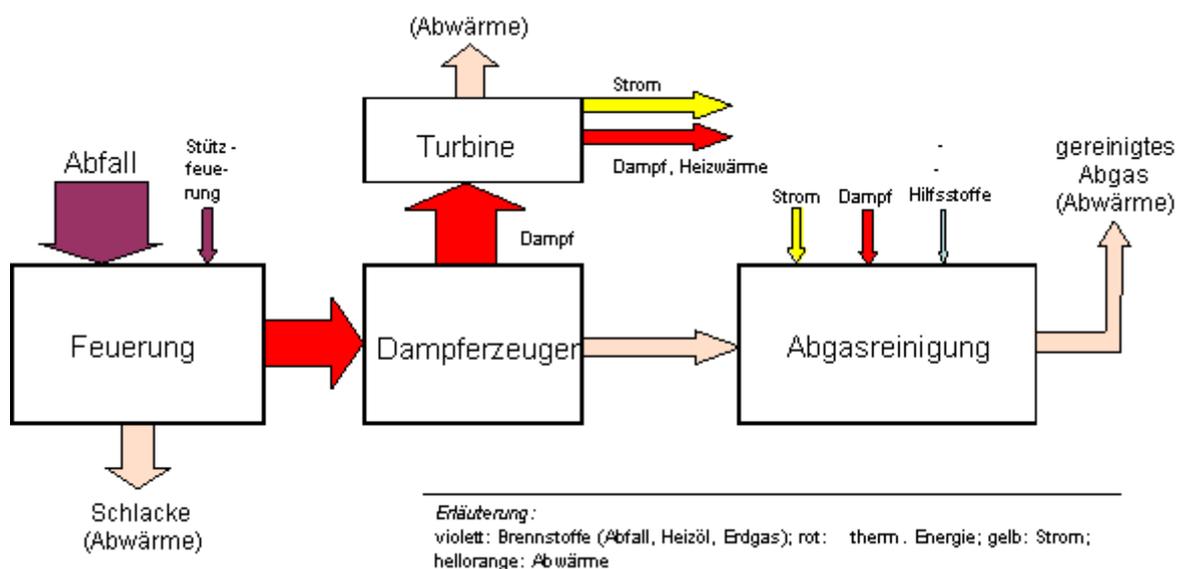


Abbildung 4.2.1: Stark vereinfachtes Schema des Energiestroms einer thermischen Restabfallbehandlungsanlage [IFEU, 2007]

Die Dampfparameter bewegen sich bei der Mehrzahl der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in einem Bereich um die 400°C und 40 bar. Dieser Dampf kann nun auf unterschiedliche Weise genutzt werden. Die Mehrzahl der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen verfügen über eine Dampfturbine, in welcher der Dampf teilweise oder vollständig in Strom umgewandelt wird. Eine vollständige Verstromung ist dann die umgesetzte Lösung, wenn am Standort Abnehmer von Prozessdampf oder Prozesswärme nicht vorhanden sind. Die Dampfparameter in der genannten Höhe lassen im Maximum einen elektrischen Brutto-Wirkungsgrad von 28 % zu. Dieser wäre nur steigerbar, wenn man die Dampfparameter deutlich erhöhen würde. Dem stehen jedoch bei Abfallverbrennungsanlagen massive Korrosionsprobleme im Kessel entgegen. Für die Erhöhung der

¹ Einzige kurzzeitige Ausnahme im Kontext thermischer Siedlungsabfallentsorgung stellte bisher die Thermoselect-Anlage in Karlsruhe dar.



Dampfparameter durch externe Überhitzung wäre der Einsatz von Regelbrennstoffen wie Kohle Heizöl oder Erdgas erforderlich [IFEU, 2007].

Die Stromproduktion bewegt sich häufig in einem Bereich zwischen 7 % und 10 % bezogen auf die Feuerungswärme. Die Überschusswärme wird meist als Fernwärme genutzt, mit einem energetischen Wirkungsgrad von 15 % bis 35 %. Diese Wirkungsgrade könnten z.B. durch Nutzung von Fernkälte u.U. gesteigert werden [IFEU, 2007].

Eine weitere Möglichkeit der Energienutzung besteht in der vollständigen Abgabe des Frischdampfes an Dritte. Diese Option, für die der entsprechende Abnehmer vor Ort vorhanden sein muss, stellt aus folgenden Gründen eine weitgehende Optimierung dar:

- Ein industrieller Abnehmer kann den Dampf i.d.R. ganzjährig abnehmen. Fernwärme dagegen wird im Sommerhalbjahr deutlich weniger nachgefragt, weshalb die thermische Restabfallbehandlungsanlage in diesem Zeitraum verstärkt die weniger effiziente Stromerzeugung betreibt.
- Der Dampf der thermischen Restabfallbehandlungsanlage kann vollwertig in das Dampfsystem des Abnehmers eingespeist werden und ersetzt dort Dampf, der aus konventionellen fossilen Brennstoffen erzeugt worden wäre.

Die hohen betriebstechnischen und emissionsbegrenzenden Anforderungen an eine thermische Abfallbehandlungsanlage bedingen hohe Eigenverbrauchswerte. Unter diesem Eigenverbrauch ist die Stützfeuerung zu nennen, die auch bei Absinken des Heizwertes des Abfalls die gesetzlich vorgegebenen Feuerungsbedingungen noch sicherstellen muss, sowie der Stromverbrauch vor allem des Saugzugs, der das Abgas sicher über den Kamin abführt. An verschiedenen Stellen in der Rauchgasreinigung wird außerdem Dampf bzw. Wärme benötigt. In Summe liegt deshalb der Eigenbedarf zwischen 1 % und 6 % der Feuerungswärmeleistung. Die thermische Restabfallbehandlung erfolgt in Baden-Württemberg überwiegend in Anlagen, die sowohl Strom als auch Wärme an Dritte abgeben. Althölzer dagegen werden wegen der Förderung der Stromabgabe aufgrund des Erneuerbare-Energien-Gesetzes überwiegend in Anlagen genutzt, die ausschließlich der Stromerzeugung dienen. Aus diesem Grund wurden viele dieser Anlagen auf der „grünen Wiese“ gebaut ohne Bezug zu möglichen Wärmeabnehmern.

Neben der Energieeffizienz ist die Rückgewinnung der Metalle aus der Schlacke der wichtigste Faktor für eine ressourceneffiziente Verbrennung der Abfälle. Aus Sicht der Klimarelevanz, aber auch der anderen Emissionsparameter, ist die Frage der Verwertung der Verbrennungaschen selbst sowie der Stoffströme der Abgasreinigung (insbesondere REA-Gips oder technische Salzsäure) deutlich nachrangig. Relevant ist die Separierung und Verwertung der anfallenden Metalle.



Die Gewinnung der Metallfraktion aus der Schlacke ist heute Stand der Technik. Abgeschieden werden dabei traditionell die Eisen-Metalle, die sich über Magnetabscheider vergleichsweise einfach gewinnen lassen. Die Abtrennung von Nichteisen-Metallen (NE-Metalle) wie Kupfer, Aluminium und Messing ist deutlich aufwändiger. Wie die Situationsaufnahme in Deutschland zeigt, verfügten im Jahre 2006 etwa 10 % der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen nicht über eine Metallabscheidung aus der Schlacke, auch nicht extern durch mit der Aufbereitung der Schlacke Beauftragte Dritte. Nur 20 % der Anlagen hatten zudem eine NE-Rückgewinnung. Da die Preise für Metalle zwischenzeitlich deutlich gestiegen sind, ist davon auszugehen, dass sich die Rückgewinnungsquote mittlerweile deutlich erhöht hat. Die Metalle lassen sich als Schrotte hochwertig in die Produktionskette zurückführen und ersetzen somit Rohmetalle. Substituiert werden damit nicht unerhebliche Aufwendungen der Gewinnung der Metallerze, ihre Aufbereitung bis hin zur Verarbeitung zu Rohmetallen.

Grundvoraussetzung jeder Verbrennung von Abfällen ist ein hohes Schutzniveau und damit geringe Restschadstoffemissionen im Abgas. Die Schadstoffbelastung des Abgases hängt teilweise von der gewählten Abgasreinigungstechnik ab. So zeigt sich über alle Anlagen in Deutschland gesehen ein geringeres Emissionsniveau für Stickstoffe mit der SCR-Technik² gegenüber der SNCR-Technik³. Auch die verschiedenen Absorptionsverfahren zeigen deutlich unterschiedliche Ergebnisse. So weisen nasse Absorptionsverfahren hinsichtlich der Abscheidung von Schwefeldioxid (SO₂) deutlich größere Erfolge auf als trockene Verfahren. Hinsichtlich der Abscheidung von Quecksilber lassen sich tendenziell Vorteile für Festbettfilter gegenüber Flugstromabsorbieren erkennen. Die Endkonzentrationen liegen jedoch bei beiden Verfahren sehr niedrig [IFEU, 2007]. Die Mindestanforderungen nach der 17. BImSchV werden von allen Anlagentypen grundsätzlich sicher eingehalten.

In zwei Restabfallbehandlungskonzepten werden die Abfälle zunächst über eine MBA aufbereitet. Hier können verschiedene Brennstofffraktionen erzeugt werden. Wie am Beispiel des Stoffstroms Cadmium zu erkennen ist, gelingt es nur für einen sehr geringen Anteil, diesen auszuschleusen und direkt auf eine Deponie zu entsorgen. Der weit überwiegende Anteil des im Abfall befindlichen Cadmiums gelangt in die Brennstofffraktionen [IFEU, 2006]. Mit der Aufbereitung von Abfällen über eine MBA gelingt es daher nicht immer, Schadstoffe aus den Abfällen auszuschleusen. Die daraus erzeugten Brennstoffe können daher nur in Anlagen genutzt werden, welche die gleichen Emissionsstandards wie thermische Restabfallbehandlungsanlagen aufweisen.

² SCR steht für "Selektive katalytische Reduktion", d.h. der Katalysator holt bevorzugt Stickoxide aus dem Abgas.

³ SNCR steht für "Selektive nicht-katalytische Reduktion", d.h. Ammoniakwasser oder Harnstoff wird in das Abgas eingeblasen, die die Stickoxide reduzieren.



Nach Auffassung der Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ ist eine Optimierung der thermischen Behandlung von Abfällen durch stoffliche oder energetische Maßnahmen möglich. Unter stofflichem Aspekt muss auf eine verstärkte Abscheidung von Nichteisen-Metallen (NE-Metalle) geachtet werden. Die Frage der Energieeffizienz hat aber die größere Bedeutung. Sie ist mit der größten Einsparung von Ressourcen verbunden. Zur Steigerung der Ressourceneffizienz bzw. des energetischen Wirkungsgrades dieser Anlagen gibt es zwei Möglichkeiten, die auch in Kombination sinnvoll sein können. Die eine Möglichkeit besteht darin, die Anlagentechnik entsprechend zu optimieren. Die andere Möglichkeit besteht darin, die Abnahmesituation insbesondere von Wärme zu verbessern.

Für eine Optimierung der Anlagentechnik bietet die Feuerungstechnik nur wenige Ansatzpunkte, wie zum Beispiel eine Wasserkühlung der Roste. Dem Kesselwirkungsgrad werden gegenüber konventionellen Kesselanlagen von Kraftwerken durch die hoch korrosiven Abgase Grenzen gesetzt. In Deutschland hat sich bei Anlagen mit der Zielrichtung Stromerzeugung eine Kombination aus einbautenfreiem Strahlungsteil vor einem gegliederten Konvektionsteil (Economizer, Verdampfer, Überhitzer) durchgesetzt. Dabei werden in der Regel Dampfparameter von 400°C und 40 bar erzeugt. Als maximaler elektrischer Wirkungsgrad ist mit diesen Dampfparametern aus thermodynamischen Gründen ein Bruttowert von 0,28 nicht zu überschreiten. Eine Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades setzt höhere Dampfparameter voraus. Weil damit die Korrosionsgefahr deutlich ansteigt, sind mit höheren Temperaturen und Drücken auch aufwändigere Materialien für die Kessel notwendig. Die Einführung eines zusätzlichen Zwischen-Überhitzers, der in den Strahlungsteil des Kessels eingebaut wird, ist als eine weitere Möglichkeit zu sehen, den elektrischen Wirkungsgrad zu erhöhen. Diese für Kohlekraftwerke übliche Technik, wird u. a. in der MVA Amsterdam umgesetzt. Eine früher vereinzelt und inzwischen noch weniger genutzte Möglichkeit besteht darüber hinaus in der externen Dampfüberhitzung mit Regelbrennstoffen.

Ist die Anlage wärmegeführt, sind hohe Dampfparameter nicht erforderlich. Ein industrieller Abnehmer von Prozessdampf wird i.d.R. eine bestimmte Dampfqualität erwarten. Zur Fernwärmeversorgung dagegen lässt sich wiederum Kondensat (heißes Wasser) einsetzen. Die Erzeugung hochgespannten Dampfes wäre in diesem Fall unsinnig.

Wie aus der vergleichenden Gegenüberstellung verschiedener Konzepte (MVA 1 bis MVA 4) deutlich wird, ist vor allem die Nutzung von Wärme für die Ressourcenschonung und den Klimaschutz entscheidend (siehe Abbildung 4.2.3). Dies hat die Studie „Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz“, die im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellt wurde, gezeigt [IFEU, 2007].



Das Konzept MVA 1 repräsentiert ein stoffliches Optimum mit entsprechender Aufbereitung und Nutzung der Asche inklusive einer Abscheidung von Fe- und NE-Metall, eine zweistufige nasse Rauchgasreinigung mit Erzeugung von REA-Gips und Rektifikation von technischer Salzsäure. Auch die Energieerzeugung ist mit einer Netto-Energieabgabe von 5,5 % als Strom und 43,8 % als Prozessdampf deutlich effizienter.

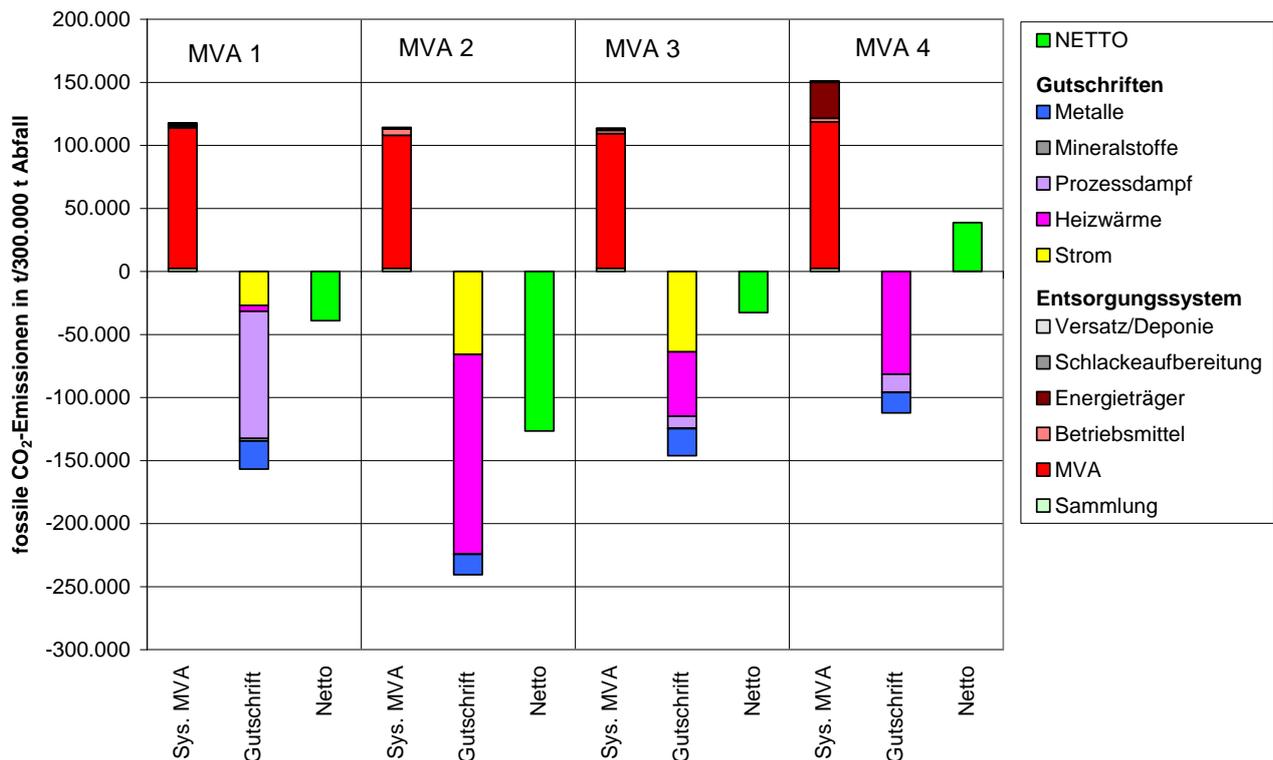


Abbildung 4.2.3: Analyse der CO₂-Gesamtbilanz von vier energetischen Konzepten;
Netto = Σ System MVA – Σ Gutschrift [IFEU, 2007]

Das Konzept MVA 2 soll das energetische Optimum repräsentieren. Einziger Massenstrom aus der Rauchgasreinigung ist Mischsalz. Die Asche inklusive der Metalle wird wie in Konzept MVA 1 genutzt. In der Energienutzung weist dieses Konzept eine weit über dem Bundesdurchschnitt liegende Effizienz auf. Bezogen auf die eingebrachte Brennstoffwärme werden jeweils nach Abzug des Eigenverbrauchs 13,5 % als Strom und 58 % als Fernwärme an Dritte abgegeben. Da die MVA dem abnehmenden Fernwärmenetz als Grundlastversorger dient, ist eine ganzjährige Abnahme gesichert.



Das Konzept MVA 3 verfolgt das Ziel möglichst geringer Emissionen und entspricht aus energetischer Sicht in etwa den durchschnittlichen Gegebenheiten in Deutschland. Die Anlage gibt netto 13 % als Strom ab und 16 % an Wärme.

Das Konzept MVA 4 zeigt aus energetischer Sicht eine reine Auskopplung von Fernwärme. Die zum Eigenbedarf benötigte elektrische Energie muss daher fremd bezogen werden. Aufgrund relativ ungünstiger Standortverhältnisse erfolgt eine Fernwärmeauskopplung unter 40 % der Feuerungswärme.

Unter Ressourcengesichtspunkten ist das MVA-Konzept 2 am effizientesten. Es verbindet eine effektive Stromerzeugung mit einer Nutzung der Überschusswärme in Grundlast bzw. mit im Jahresgang gleich bleibend hohen Absatzraten.

Wesentlich sind daher die Randbedingungen, die die Standortwahl setzt. Nur in Siedlungsnähe ist eine Auskopplung von Fernwärme denkbar. Nur hier wird es in der Regel auch industrielle Abnehmer von Prozesswärme geben (Dampf). Neue Anlagen sollten deshalb grundsätzlich nur an solchen Standorten errichtet werden.

Abfallbehandlungsanlagen in Siedlungsnähe bieten eine optimale energetische Einbindung. Allerdings wachsen an solchen Standorten die Bedeutung des Immissionsschutzes und damit auch der Widerstand der Bevölkerung gegen solche Anlagen. Von der Bevölkerung werden deutliche zusätzliche Umweltbelastungen befürchtet. Generell besteht ein Kommunikationsproblem. Energieerzeugungsanlagen auf Abfallbasis ersetzen in der Regel bestehende konventionelle Anlagen. Auch diese Anlagen sind beim Einsatz fossiler Energieträger mit Emissionen verbunden. Eine Energieerzeugung mit Abfällen statt mit fossilen Brennstoffen kann sogar zur Verbesserung einer bestehenden Belastungssituation vor Ort führen.

Insbesondere die neueren Anlagen zur thermischen Restabfallbehandlung sind zum Teil fernab von möglichen Wärmeverbrauchern errichtet worden. Will man die energetische Einbindung dieser Anlagen optimieren, bedarf es entsprechender Bemühungen in der Regional- und Flächennutzungsplanung. Zu untersuchen ist, inwieweit an bestehenden Anlagen – soweit regionalplanerisch möglich und sinnvoll – eine Ansiedlungspolitik gezielt für Industrieanlagen durchgeführt werden kann, die über einen hohen Bedarf an Wärme oder Prozessenergie verfügen.

4.2.1 THERMISCHE RESTABFALLBEHANDLUNGSANLAGEN

In Baden-Württemberg sind derzeit sechs thermische Restabfallbehandlungsanlagen in Betrieb, in denen im Jahr 2007 rund 1,6 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle (überwiegend Hausmüll) thermisch behandelt wurden. Die sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen gewährleisten nicht nur



die schadlose Entsorgung von Abfällen, sondern leisten auch noch einen Beitrag zur Energieerzeugung und somit auch zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz, da sie fossile Energieträger ersetzen. Die Energienutzung des Abfalls erfolgt sowohl in der Erzeugung von Strom als auch in Form von Fernwärme bzw. Prozessdampf. Der durchschnittliche Heizwert des Abfalls, der in den Anlagen im Jahr 2007 eingesetzt wurde, lag zwischen 9300 und 10.900 kJ/kg, was in etwa dem Heizwert von Braunkohle entspricht. Im Jahr 2007 wurden von den sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen 612.074 MWh Strom und rund 1,17 Mio. MWh Wärme an Dritte abgegeben (siehe Tabelle 4.2.1.1). Mit dieser Energiemenge könnten knapp 100.000 Haushalte für ein Jahr mit Strom, Heizung und Warmwasser versorgt werden.⁴

Anlage	Abfallmenge [t/Jahr]	Heizwert [kJ/kg]	Stromabgabe [MWh/Jahr]	Wärmeabgabe [MWh/Jahr]
Restmüllheizkraftwerk Böblingen	153.300	10.900	39.914	121.838
Thermische Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungsanlage Breisgau	171.800	10.230	125.718	-
Müllheizkraftwerk Göppingen	150.400	10.500	55.000	55.000
Müllverbrennungsanlage Mannheim	571.000	10.500	135.000	420.000
Restmüllheizkraftwerk Stuttgart- Münster	440.000	9.800	220.761	461.849
Müllheizkraftwerk Ulm-Donautal	133.400	9.304	35.681	115.784
Gesamt	1.619.900	-	612.074	1.174.471

Tabelle 4.2.1.1: Kenndaten der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg für das Jahr 2007 [Abfallbilanz 2007, ITAD]

Die zunehmende Nutzung der im Abfall gebundenen Energie wird immer mehr zum Leitmotiv der Müllverbrennung, so dass thermische Abfallbehandlungsanlagen heute auch als „waste-to-energy (W-t-E)-Anlagen“ bezeichnet werden. Die Nutzung der im Abfall gebundenen Energie stellt auch ein Beitrag zum Klimaschutz dar, da fossile Energieträger eingespart werden. Durch den Betrieb

⁴ Durchschnittlicher jährlicher Stromverbrauch eines Drei-Personenhaushaltes ca. 3.500 kWh bzw. 15.000 kWh für Heizung und Warmwasser



der sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg konnten infolge der Substitution fossiler Brennstoffe im Jahr 2007 rund 600.000 Tonnen Kohlendioxid vermieden werden [ITAD, 2008].

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht trotz der bereits durchgeführten Maßnahmen zur Nutzung der in Restabfällen enthaltenen Energie noch ein Steigerungspotenzial, vor allem im Bereich der Wärmeauskopplung. Nach Abschätzungen der Arbeitsgruppe könnten in Baden-Württemberg rund 600.000 MWh/Jahr Wärme zusätzlich ausgekoppelt werden. Dies entspricht einer beheizbaren Wohnfläche von über 3,5 Mio. Quadratmetern pro Jahr [ITAD, 2008-1].

Eine weitere Steigerung der Wärmenutzung ist allerdings nur möglich, wenn im Umfeld der bereits bestehenden Anlagen gezielt gewerbliche bzw. industrielle Abnehmer von Wärme bzw. Prozessdampf angesiedelt werden. Dies gilt vor allem für die Standorte, die noch an kein Fernwärmenetz angeschlossen sind bzw. wo sich kein Wärmeabnehmer im näheren Umfeld befindet, wie zum Beispiel bei der Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungsanlage Breisgau. In solchen Fällen könnte die gezielte Ansiedlung von Wärme- und Prozessdampfabnehmern über die Bauleitplanung der Gebietskörperschaften erreicht werden. An anderen Standorten, wie zum Beispiel beim Restmüllheizkraftwerk Böblingen ist zwar die Infrastruktur vorhanden, das bestehende Wärmeleitungsnetz könnte aber bei weiterer Wärmeauskoppelung an Grenzen stoßen, so dass Ausbaumaßnahmen erforderlich würden.

Die Arbeitsgruppe sieht bei den bestehenden thermischen Restabfallbehandlungsanlagen im Bereich der Stromerzeugung derzeit kein Steigerungspotenzial. Optimierungen in diesem Bereich sind mit hohen Investitionen und mit wirtschaftlichen Risiken (z. B. externe Dampfüberhitzung) verbunden. Nach Angaben der Anlagenbetreiber sind zudem alle wirtschaftlich vertretbaren Optimierungen in diesem Bereich schon projiziert bzw. abgeschlossen [ITAD, 2008-1].

Eine Steigerung der Ressourceneffizienz bei den sechs thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg lässt sich aber nicht nur über eine optimierte Energienutzung der Abfälle erreichen, sondern auch über die stoffliche Verwertung der Verbrennungsrückstände (z. B. Schlacke, Filterstäube) und der in den Abfällen enthaltenen Metalle. Die stoffliche Verwertung von Schlacke und Metallen bewegt sich derzeit bereits auf einem quantitativ hohen Niveau. Der Hauptmassenstrom Schlacke wird zu mindestens 85 % verwertet [UBA, 2008]. In Baden-Württemberg wird ein Großteil der Schlacke als Versatzmaterial im Bergbau verwertet oder als Bauersatzstoff im Straßenbau eingesetzt [LUBW, 2004].



Die Arbeitsgruppe sieht bei den bestehenden thermischen Restabfallbehandlungsanlagen im Bereich der stofflichen Verwertung der Verbrennungsrückstände derzeit kein Potenzial zur Optimierung der Ressourceneffizienz.

Anlage	Abfallmenge [t/Jahr]	Schlacke [t/Jahr]	Metalle[t/Jahr]
Restmüllheizkraftwerk Böblingen	153.300	31.274	1.573
Thermische Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungsanlage Breisgau	171.800	44.887	4.754
Müllheizkraftwerk Göppingen	150.400	39.415	42*
Müllverbrennungsanlage Mannheim	571.000	145.335	ca. 14.500
Restmüllheizkraftwerk Stuttgart-Münster	440.000	15.714	ca. 1.500
Müllheizkraftwerk Ulm-Donautal	133.400	29.202	3.504
Gesamt	1.619.900	305.827	25.873

Tabelle 4.2.1.2: Schlacke- und Metallaufkommen der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg für das Jahr 2007; *nur Schrottvorabscheidung

4.2.2 ERSATZBRENNSTOFFE (EBS)

Die für eine Nutzung als Ersatzbrennstoff (EBS) geeigneten Abfälle können zumeist nicht direkt einer energetischen Verwertung zugeführt, sondern müssen eigens dafür aufbereitet werden. Die Aufbereitung hat zum Ziel, die brennstofftechnischen Eigenschaften der Abfälle so zu verbessern, dass sie optimal verbrannt werden können. Insbesondere sind hierbei Anforderungen bezüglich des Heizwertes, der Homogenität, des Schadstoffgehaltes, des Aschegehaltes, der Transportfähigkeit und der Dosierfähigkeit zu nennen. Der Aufbereitungsprozess besteht in der Regel aus Zerkleinerungs-, Sieb- und Sichtstufen sowie aus Sortierlinien zur Separierung von Metallen und Störstoffen wie chlorhaltigen Kunststoffbestandteilen (PVC), die bei der Verbrennung insbesondere zu übermäßiger Kesselkorrosion führen. Am Ende der Aufbereitung werden üblicherweise folgende Stoffströme erhalten:

- Ersatzbrennstoff
- sortenreine Wertstoffe zur stofflichen Verwertung
- Feinfraktion und Sortierreste



Je nach den Anforderungen der anschließenden energetischen Nutzung wird die Fraktion Ersatzbrennstoff noch zusätzlich in einen hochkalorischen und einen mittelkalorischen Anteil aufgetrennt. In Abhängigkeit der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und des Aufbereitungsaufwandes lassen sich so zum Beispiel aus Gewerbemischabfällen üblicherweise etwa 40 Gewichtsprozent als Ersatzbrennstoff gewinnen. Bei Betrieben, die lediglich produktionsspezifische Gewerbeabfälle aufbereiten, ist die Ersatzbrennstoffausbeute wesentlich höher und die Schadstoffbelastung kann leichter auf niedrigem Niveau gehalten werden. In Baden-Württemberg werden derzeit in zwölf so genannten Stoffstromanlagen derartige Ersatzbrennstoffe hergestellt.

Das Ersatzbrennstoffaufkommen aus diesen Stoffstromanlagen betrug in Baden-Württemberg im Jahr 2006 rund 173.200 Tonnen, die im Wesentlichen aus rund 360.500 Tonnen Gewerbemischabfällen, Sperrmüll und Hausmüll hergestellt wurden. Zudem wurden im Jahr 2006 rund 2.800 Tonnen Ersatzbrennstoffe als Teilfraktion der einen mechanisch-biologischen Behandlungsanlage erzeugt. Die Aufbereitungskapazität der Ersatzbrennstoffhersteller Baden-Württembergs belief sich im Jahr 2006 auf etwa 620.000 Tonnen. Der durchschnittliche Heizwert der Ersatzbrennstoffe beträgt rund 25 MJ/kg und ist damit nur geringfügig geringer als der von Steinkohle (28 MJ/kg). Ersatzbrennstoffe können daher fossile Energieträger wie Steinkohle oder Heizöl ersetzen und dadurch zur Ressourcenschonung beitragen [Müll und Abfall, 2007].

Nicht alle Ersatzbrennstoffe müssen aufwändig aufbereitet werden, um sie in industriellen Feuerungsanlagen oder in eigens dafür errichteten EBS-Kraftwerken zur Energiegewinnung verbrennen zu können. Heizwertreiche Monofractionen wie Altreifen können ebenso fossile Brennstoffe ersetzen. Diese Monofractionen werden häufig zur Mitverbrennung in Zementwerken oder Dampfkraftwerken eingesetzt. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2005 in insgesamt 16 industriellen Feuerungsanlagen heizwertreiche Abfälle mit verbrannt. Hierbei handelte es sich um vier Kraftwerke, sechs Zementwerke, fünf Ziegelwerke und ein Kalkwerk. In den 16 Anlagen wurden im Jahr 2005 insgesamt, also einschließlich der Ersatzbrennstoffe aus den Stoffstromanlagen und der einen mechanisch-biologischen Behandlungsanlage, etwa 545.000 Tonnen Abfälle mit verbrannt. Gegenüber den Jahren 2000/2001 (letzte Erhebung der LUBW) hat sich die mit verbrannte Abfallmenge mehr als verdoppelt [LUBW, 2006].

Im Prinzip kommen alle Abfälle mit einem Heizwert von mehr als 6 MJ/kg zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen in Frage. Hausmüll wird stattdessen in den thermischen Restabfallbehandlungsanlagen des Landes energetisch genutzt. Für andere Abfallarten, wie zum Beispiel Papier, Pappe und Karton (PPK) ist die stoffliche Verwertung ökologisch und ökonomisch vorteilhafter, so dass diese Abfälle nicht zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen genutzt werden sollen. Heizwertreiche Monofractionen wie zum Beispiel Altreifen werden bereits im hohen Maße zur Mitverbrennung in industriellen Feuerungsanlagen eingesetzt.



Neben den heizwertreichen Monoabfällen kommen für die Herstellung von Ersatzbrennstoffen im Wesentlichen folgende Abfallfraktionen in Frage:

- Heizwertreiche Abfallgemische aus Industrie und Gewerbe, die nicht über die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) entsorgt werden.
- Produktionsspezifische Abfälle, wie zum Beispiel Papierschlämme aus der Papierindustrie oder Petrolkoks aus der Erdölraffination
- Klärschlämme
- Altholz (siehe Kapitel 4.2.3)

Ein großes Potenzial zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen stellen die Abfälle aus Industrie und Gewerbe dar mit insgesamt knapp 8,4 Mio. Tonnen im Jahr 2006 (siehe Kapitel 2.2). Nach einer Abschätzung der LUBW besteht etwa die Hälfte dieser Abfälle aus brennbaren Fraktionen, die zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen geeignet sind. Bei Annahme eines durchschnittlichen Heizwertes von 10 MJ/kg bestünde damit ein beachtliches Potenzial für die energetische Nutzung.

Ersatzbrennstoffe lassen sich am Markt derzeit noch nicht mit einem Erlös als Brennstoff absetzen. Dies ist als wesentlicher wirtschaftlicher Gesichtspunkt sowohl bei der EBS-Herstellung, als auch beim Betrieb von EBS-Kraftwerken zu berücksichtigen. Bei allen Vorhaben zur Errichtung von EBS-Kraftwerken ist es für potenzielle Anlagenbetreiber ratsam, eine wirtschaftliche Versorgung mit EBS-Materialien zumindest über den Abschreibungszeitraum sicherzustellen.

Derzeit gibt es in Baden-Württemberg einige Planungen zur Errichtung von Ersatzbrennstoffkraftwerken. Sie stoßen teilweise an den Standorten auf heftigen Widerstand, entweder aus den politischen Gemeinden und Kreisen heraus oder von Bürgerinitiativen und Umweltverbänden.

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht in der Mitverbrennung von heizwertreichen Abfallfraktionen in gewerblichen und industriellen Feuerungsanlagen einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung (Einsparung von fossilen Energieträgern) und zum Klimaschutz. In Baden-Württemberg wurden bisher noch keine EBS-Kraftwerke zur Energiegewinnung ausschließlich mit Ersatzbrennstoffen errichtet. Die Arbeitsgruppe ist der Auffassung, dass der Bau und Betrieb von EBS-Kraftwerken an dafür geeigneten Standorten sinnvoll ist, um die in verschiedenen Abfallfraktionen vorliegenden Energiepotenziale ausschöpfen zu können. Dabei ist unbedingt darauf zu achten, dass der Betrieb des EBS-Kraftwerkes nicht nur der Stromgewinnung dient, sondern aus Effizienz Gesichtspunkten auch eine Wärmenutzung am Standort möglich ist. Außerdem sind der Abfall-/EBS-Markt und die entsprechenden Behandlungskapazitäten auch außerhalb von Baden-Württemberg zu betrachten und zu berücksichtigen. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, einen begleitenden, extern unterstützten Arbeitskreis (Mediation) zur Versachlichung der Diskussion bei



der Verwirklichung einer entsprechenden Abfallbehandlungsanlage einzurichten. Hierbei müssen wesentliche Informationen, wie z.B., ob überhaupt Bedarf an der Anlage besteht oder eine hohe Effizienz überhaupt erreichbar ist, vorab bekannt sein. Außerdem empfiehlt die Arbeitsgruppe die Durchführung einer Imagekampagne, um die Akzeptanz der Abfallverwertung in der Bevölkerung zu erhöhen. Eine Finanzierungsmöglichkeit hierfür konnte jedoch im Rahmen des Projekts „Abfall als Ressource“ nicht gefunden werden.

4.2.3 ALTHOLZVERBRENNUNGSANLAGEN

In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2005 insgesamt 49 Anlagen zur Aufbereitung von Altholz betrieben. Die genehmigte Aufbereitungskapazität beträgt für diese Anlagen insgesamt 1.636.000 Tonnen Altholz. Die tatsächlich aufbereitete Altholzmenge lag 2005 bei 782.000 Tonnen. Rund 22 Gewichtsprozent der aufbereiteten Althölzer wurden stofflich und 78 Gewichtsprozent energetisch verwertet. Im Vergleich zum Jahr 2002 bedeutet dies eine Zunahme der energetischen Verwertung um 34 Gewichtsprozent. Somit ist ein eindeutiger Trend zur energetischen Verwertung beim Altholz feststellbar.

Das aufbereitete und energetisch verwertete Altholz wird überwiegend in Biomassekraftwerken zur Gewinnung von Strom eingesetzt. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2004 rund 118 Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse mit einer Feuerungswärmeleistung von ≥ 1 MW betrieben [LUBW, 2006-2]. In diesen Biomassekraftwerken wird nicht nur Altholz energetisch verwertet, sondern auch nachwachsende Rohstoffe, die nicht dem Abfallregime unterliegen. So sind zum Beispiel die in der Holz verarbeitenden Industrie anfallenden Holzreste, insbesondere solche aus naturbelassenem Holz, in der Regel nicht Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz [KrW-/AbfG, 1994]. Auch Waldrest- und -schwachholz aus der Durchforstung sowie Schwarzen, Spreißel und Späne aus Sägewerken sind grundsätzlich keine Abfälle im Sinne des KrW-/AbfG sondern Nebenprodukte.

Bei der energetischen Verwertung von Biomasse in entsprechenden Kraftwerken muss aus Effizienzgründen analog der thermischen Behandlung von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen und in EBS-Kraftwerken unbedingt darauf geachtet werden, dass der Betrieb der Anlagen nicht nur der Stromgewinnung dient, sondern auch eine Wärmenutzung erfolgt. Dies ist zum Beispiel beim Biomassekraftwerk I der Fernwärme Ulm GmbH (FUG) der Fall. Das Biomassekraftwerk dient nicht nur der Stromerzeugung, sondern es wird auch Wärme in das bestehende Fernwärmenetz eingespeist. Außerdem wird Energie zu Kühlzwecken an die Universität Ulm und an den Science Park abgegeben (s. a. Tabelle 4.2.3.1). In das bestehende Wärmenetz der FUG wird auch die Abwärme von Biogasanlagen und einem Holzverarbeitenden Betrieb eingespeist (890 MWh in 2007). Derzeit wird der Zusammenschluss des Fernwärmenetzes mit dem Wärmenetz des Industriegebietes Do-



nautal realisiert, um die Versorgung von Betrieben mit Prozesswärme zu optimieren. Außerdem soll das Wärmenetz auf Heißwasser umgestellt und die Fernkälteerzeugung erhöht werden.

Feuerungswärmeleistung	max. 60 MW
Eingesetzte Biomasse (2007)	72.336 Frischholz 53.186 Altholz
Stromerzeugung	50.405 MWh
Wärmeerzeugung	332.188 MWh
Fernkälte	16.934 MWh

Tabelle 4.2.3.1: Kenndaten des Biomassekraftwerks I der Fernwärme Ulm GmbH (FUG) für das Jahr 2007

Ein weiteres Beispiel für die effiziente und nachhaltige Nutzung von Biomasse ist das im September 2008 in Betrieb genommene Biomasseheizkraftwerk in Böblingen. Das Biomasseheizkraftwerk wird jährlich aus rund 20.000 Tonnen Biomasse 7 GWh Strom (entspricht dem Verbrauch von 2.000 Haushalten) und 30 GWh Wärme (entspricht dem Verbrauch von 1500 Haushalten) produzieren und in bereits vorhandene Fernwärmenetze einspeisen.

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht in der energetischen Nutzung von Biomasse einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung (Einsparung von fossilen Energieträgern) und zum Klimaschutz. Allerdings ist nach Auffassung der Arbeitsgruppe eine ausreichend hohe Ressourceneffizienz bei der Verbrennung von Biomasse nur dann zu erreichen, wenn das Biomassekraftwerk nicht nur der Stromgewinnung dient, sondern auch eine Wärmenutzung erfolgt. Der Bau neuer Biomassekraftwerke ist daher nur an hierfür geeigneten Standorten mit ausreichenden Wärmenutzungsmöglichkeiten zu befürworten. An den bestehenden Standorten der Biomassekraftwerke in Baden-Württemberg sind mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Wärmenutzung zu prüfen. Hierbei kann das Biomassekraftwerk I der Fernwärme Ulm GmbH (FUG) als Beispiel dienen.



4.3 MAßNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER RESSOURCENEFFIZIENZ BEI DER VERWERTUNG VON BIO- UND GRÜNABFÄLLEN

Bei Bioabfällen aus Haushalten und kommunalen Grünabfällen handelt es sich um ein heterogenes Material, dessen Eigenschaften sich über das Jahr und in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen verändern.

In Haushalten sowie bei der Landschaftspflege fallen an unterschiedlichen Stellen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahr in unterschiedlichen Mengen und Qualitäten Biomassen an, die bislang nur unzureichend verwertet werden. In der Regel verbleibt die Biomasse als Mulchmaterial vor Ort, wobei eindeutig der Entsorgungsgedanke im Vordergrund steht und das Verwertungspotenzial weitgehend ungenutzt bleibt.

Verkehrswege (Straßen, Eisenbahntrassen, Schifffahrtswege, Trassen für Hochspannungsleitungen usw.) werden von Randflächen begleitet, die nicht landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich genutzt werden können. Laufen die Verkehrsstrassen durch Waldgebiete, müssen nicht zuletzt aus Gründen der Verkehrssicherheit die Bäume und Gehölze regelmäßig in breiten Streifen zurückgeschnitten werden. Ansonsten handelt es sich auch hier um Mähgut.

Innerhalb der Siedlungen befinden sich Straßenbäume sowie private und öffentliche Grünflächen, die als Hausgärten oder öffentliche Parkanlagen ebenfalls regelmäßig gepflegt werden müssen. Der Versiegelungsgrad, d. h. die tatsächlich überbaute Fläche, ist selbst in Städten nicht unbedingt > 50 %. Ein Teil der Siedlungsfläche besteht aus mehr oder weniger großen Grünparzellen. Wegen der Bedeutung für das Stadtklima finden sich hier vergleichsweise viele Bäume. Dazu kommen Friedhöfe, im Übergang zum Offenland teilweise Kleingartenkolonien, Sportplätze, Zoos und viele andere Einrichtungen, bei deren Pflege Biomasse zur Entsorgung anfällt. Eine große Bedeutung haben darüber hinaus auch die übrigen Bioabfälle aus den Haushalten (vor allem Küchenabfälle).

4.3.1 STEIGERUNG DER ERFASSUNGSQUOTEN

Das große Spektrum an Grünabfällen aus dem Siedlungsbereich oder der Landschaftspflege verbleibt teilweise ungenutzt vor Ort auf den Flächen. Obwohl die durch die Politik gesetzten Anreizsysteme insbesondere zur energetischen Nutzung von Biomassen derzeit sehr günstig sind, sind die Bergung dieser Biomassen und die Anlieferung an Verwertungsanlagen mit einem zu hohen Aufwand verbunden. Dies gilt insbesondere dann, wenn man jede einzelne Biomasse für sich allein betrachtet. Oft bieten sich jedoch Verbundlösungen an. Die Akteure sind nämlich über nahezu das gesamte Spektrum an Grünabfällen identisch.



So werden die Maßnahmen, bei denen Grünabfälle anfallen, nur von wenigen Auftraggebern veranlasst. „Abfallerzeuger“ ist meist die öffentliche Verwaltung. Die meisten Grünabfälle fallen bei der Pflege öffentlicher Flächen an. Dies gilt für die Flächen innerhalb der Ortschaften wie kommunale Grünanlagen, Parks, Zoos, Sport- und Spielplätze, Friedhöfe und Straßenbäume. Außerorts sind dies Straßenbegleitgrün, Oberleitungstrassen, Schifffahrtswege und Schienenstrecken. Durch die öffentliche Verwaltung werden auch Maßnahmen zur Pflege von Biotopen oder der Landschaft konzipiert und ausgestaltet. So werden Pflegemaßnahmen festgelegt und beauftragt. In allen diesen Fällen kann in Leistungsverzeichnissen der Umgang mit der anfallenden Biomasse festgelegt werden, zum Beispiel die Bergung und Anlieferung an Biomassenutzungsanlagen.

Mit der Ausgestaltung von Abfallsatzungen und Abfallsammlung hat die öffentliche Verwaltung außerdem die Möglichkeit, die Stoffströme an Grünabfall aus privater Herkunft zu steuern. So lassen sich über Gebühren und die Bereitstellung von Annahmestellen (Recyclinghöfe, Container-Standplätze) oder auch Abholung auf Abruf entsprechende Anreize schaffen.

Die Erfolge aus diesen Bemühungen zeigen sich auch in der Landesabfallbilanz. Hier lassen sich sowohl in ländlichen Regionen als auch in verdichteten Räumen bis hin zu Kernstädten Beispiele finden, in denen mit etwa 150 kg/(Ea) große Mengen Grünabfälle erfasst werden. In allen Siedlungsstrukturen gibt es aber Beispiele mit deutlich geringen Erfassungsmengen [Abfallbilanz, 2008]. Das Umweltministerium Baden-Württemberg hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg mit einer Studie beauftragt, mit der die Anreizsysteme und die Logistik der Gebietskörperschaften ermittelt und analysiert werden sollen, denen es gelingt, große Mengen an Bio- und Grünabfällen zu erfassen und einer Verwertung zuzuführen. Erste Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei der Erfassung von Bioabfällen aus Haushalten ist der Gebührenunterschied zwischen Bio- und Restabfall von entscheidender Bedeutung. Die für die Haushalte kostenlose bzw. -günstige Bereitstellung der Biotonne bei zugleich hohen Bereitstellungskosten für die Restabfalltonne liefert in der Regel höhere Erfassungsquoten beim Bioabfall, kann aber auch eine höhere Fehlwurfquote und damit ggf. Qualitätsverluste bei der weiteren Aufbereitung zur Folge haben.
- Bei den Grünabfällen ist der Komfort des Sammelsystems relevant. Eine hohe Dichte von Sammelplätzen und -containern im Sammelgebiet beim Bringsystem bzw. die Einrichtung eines Holsystems erzielen in der Regel hohe Erfassungsmengen.
- Eine umfassende und zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit kann vor allem bei der Grünabfallsammlung zu hohen Erfassungsquoten führen.
- Die Besiedlungsdichte und Struktur (ländlich bzw. städtisch) des Erfassungsgebietes ist für die Erfassungsmengen von Bio- und Grünabfällen eher von nachrangiger Bedeutung.
- Zur Vermeidung von Hygiene-Problemen sind die erforderlichen organisatorischen und technischen Maßnahmen zu treffen.



Wird eine Bioabfallerfassung über Biotonne etabliert oder optimiert, sollte demnach immer überprüft werden, in welcher Form und in welchem Umfang weitere biogene Abfallströme in die Logistik und Verwertung eingebunden werden können. Es gibt einige Biomassen (z. B. Landschaftspflegegut), für die bislang aus Sicht der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes keine befriedigende Verwertung etabliert werden konnte. Angesichts des meist geringen spezifischen Nutzens dieser Biomassen und ihrer nicht unproblematischen Verwertungseigenschaften können diese wahrscheinlich nur mobilisiert werden, wenn sie in ein umfassendes Verwertungssystem, das sich auf andere Abfallmassenströme stützt (Bioabfälle aus Haushalten), eingebunden werden.

In vielen Fällen wurde die Biotonne für Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten zu einem Zeitpunkt eingeführt, an dem sich die Frage der Ressourceneffizienz und des Klimaschutzes nicht in dem heutigen Maße stellte. Maßstab war in aller Regel die bis dato praktizierte Entsorgung über die Restabfalltonne. Die Ablagerung auf Hausmülldeponien stieß auf beschränkte Deponiekapazitäten und war mit negativen Umweltfolgen über das entstehende Deponiegas sowie die hohe Belastung der anfallenden Deponiesickerwässer verbunden.

Diese Situation hat sich spätestens mit dem Verbot der Ablagerung unbehandelter Abfälle auf Deponien und der Errichtung entsprechender Vorbehandlungskapazitäten (MBA oder thermische Restabfallbehandlung) grundlegend geändert. Die Restabfallentsorgung ist durch die Maßnahmen teurer geworden. Da sich die getrennte Erfassung nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch gegenüber der Restabfallentsorgung "rechnen" muss, sind im Bioabfallverwertungssystem jetzt größere ökonomische Spielräume gegenüber der bisherigen Konkurrenzsituation zu Hausmülldeponien vorhanden. Gleichzeitig hat sich die Restabfallentsorgung aus ökologischer Sicht deutlich verbessert. Im System Biotonne sind deshalb dringend Optimierungen nötig.

Eine getrennte Erfassung von Bioabfällen aus Haushalten ist gegenüber deren Verbleib in der Restabfalltonne nicht nur ökonomisch sondern auch ökologisch vorteilhaft, sofern die Verwertung mit einem entsprechenden Nutzen verbunden ist und Emissionsstandards eingehalten werden. Dies zeigen Untersuchungen für die großen Verdichtungsräume Berlin oder Wien [ICU, IFEU 2007]. Eine Bioabfallerfassung ist gegenüber dem Verbleib in der Restabfalltonne selbst dann ökologisch sinnvoll, wenn die Restabfallentsorgung in Müllverbrennungsanlagen energetisch effizient erfolgt.

Vorteilhaft ist hierbei, eine Bioabfallverwertung als Kaskadennutzung zu konzipieren: Das im Bioabfall enthaltene Energiepotential kann über eine Biogasanlage genutzt und der verbleibende Gärückstand nachkompostiert werden. Beim Einsatz des Kompostes in Blumenerden und Kultursubstraten kann Torf substituiert werden.



Selbiges gilt auch für nasse Grünabfälle. Bei Grünabfällen mit hohen Holzanteilen ist die CO₂-Bilanz von energetischer Verwertung in Biomasse-Kraftwerken und von Kompostierung mit Torfsubstitution gleichwertig [EdDE, 2008].

Um hohe CO₂-Einsparungen zu erzielen, sollten die Erfassungsquoten bei Grünabfällen gesteigert und die erfassten Mengen entsprechend verwertet werden. Das Einsparpotenzial beträgt bundesweit ca. 0,8 bis hin zu ca. 2,5 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr [EdDE, 2008].

4.3.2 STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

Bei der Verbrennung der Biomasse wird dann eine hohe Energieeffizienz erreicht, wenn die Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden und die spezifischen Randbedingungen am Standort eine möglichst ganzjährige Verwertung der Überschusswärme ermöglichen. In Kapitel 4.2.3 wird dies für Altholzverwertungsanlagen näher ausgeführt.

Das erzeugte Biogas wird in aller Regel mit Blockheizkraftwerken (BHKW) verstromt. Die anfallende Überschusswärme wird zumindest in dem Umfang genutzt, wie sie zur Beheizung der Fermenter benötigt wird. Eine weitergehende Nutzung scheitert in vielen Fällen an den Standortverhältnissen, d. h. an fehlenden Wärmenutzern.

In einer umfangreichen Studie für das Bundes-Umweltministerium (BMU) wurden verschiedene Möglichkeiten der Biogasnutzung analysiert und bewertet [IFEU, IE, Öko-Institut, 2007]. Wie aus Abbildung 4.3.2.1 ersichtlich, ist die Nutzung des Biogases in Wärme dominierter Kraft-Wärme-Kopplung unter Ressourcenschonungs- und Klimaschutzaspekten am vorteilhaftesten.

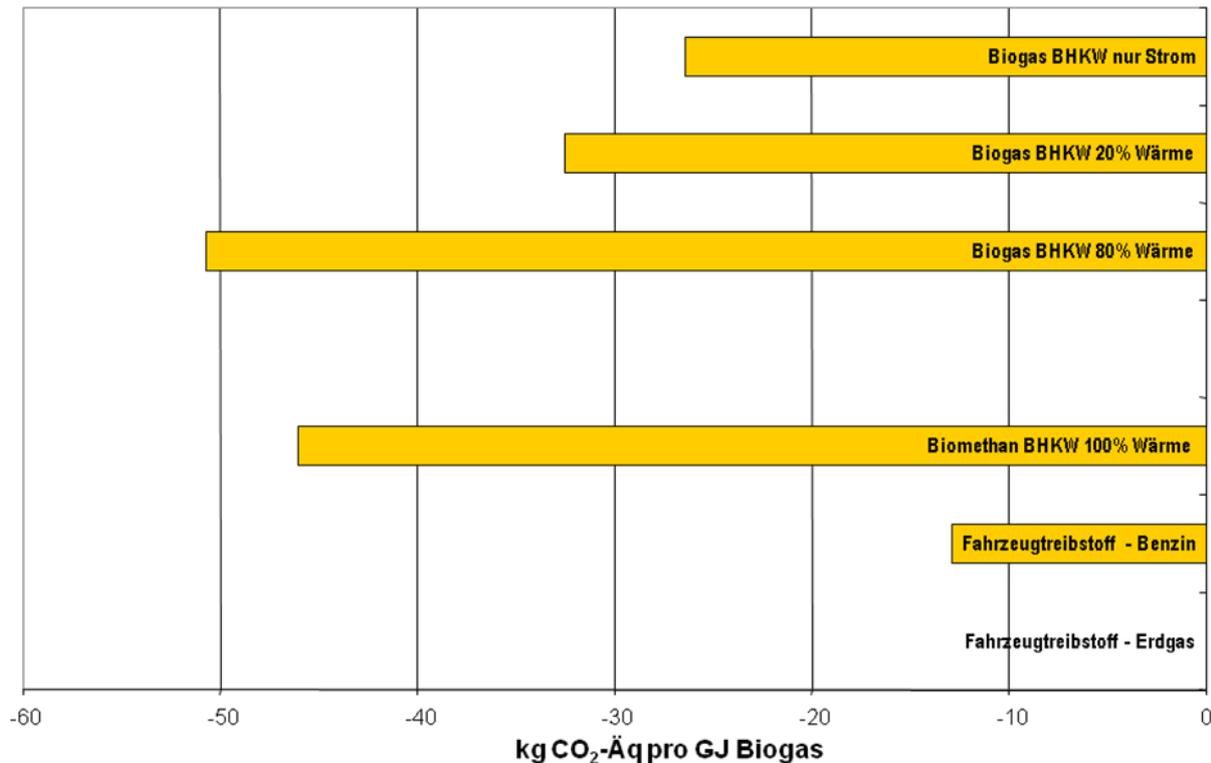


Abbildung 4.3.2.1: Bewertung verschiedener Optionen einer Biogasnutzung unter dem Klimaschutzaspekt im Vergleich zu Erdgas [IFEU, IE, Öko-Institut, 2007]

Die oberen drei Balken in der Abbildung 4.3.2.1 zeigen die Ergebnisse für Optionen, in denen das Biogas direkt genutzt wird. Die unteren drei Balken zeigen Ergebnisse für Optionen, die auf einer Aufbereitung des Biogases zu Biomethan beruhen. In der Abbildung werden die relativen Vorteile aller Optionen gegenüber einer Verwendung des Biomethans als Fahrzeugtreibstoff (Erdgas) dargestellt.

Die Motoren von Fahrzeugen nutzen die ihnen über den Treibstoff zugeführte Energie mit Wirkungsgraden, die keine 30 % erreichen und niedriger liegen als die Wirkungsgrade der Motoren, die in Blockheizkraftwerken zur Verstromung eingesetzt werden. Es werden monovalente Fahrzeuge angenommen, d. h. reine Erdgasfahrzeuge, die gegenüber den bivalenten eine deutlich höhere Effizienz aufweisen. Zudem werden mit dem Biomethan Erdgas oder Benzin substituiert, die im Vergleich zum hohen Klimabeitrag der Stromerzeugung mit Kohle geringere Auswirkungen haben. Dies gilt vor allem für Erdgas, so dass die Option der Verwendung von Biomethan als Fahrzeugtreibstoff mit den geringsten positiven Klimaeffekten verbunden ist, wenn mit Biomethan nur die Verwendung von Erdgas substituiert wird. Unterstellt man, dass mit der Bereitstellung von Biomethan mittelfristig der Anteil an Benzinfahrzeugen reduziert wird, sind die positiven Beiträge schon etwas höher.



Biogas oder das daraus erzeugte Biomethan in einem BHKW zu nutzen, ist bei einem hohen Wärmeanteil an der Kraft-Wärme-Kopplung günstiger. Da die Aufbereitung des Biogases zu Biomethan mit gewissem Aufwand sowie zusätzlichen Emissionen verbunden ist, die sich auch hinsichtlich des Treibhauseffekts zeigen, ist hier die Verwertung des Biogases in einem BHKW etwas ungünstiger. Wie bedeutend der Aspekt der Wärmenutzung ist, zeigt sich an den in Abbildung 4.3.2.1 aufgezeigten Ergebnissen. Eine reine Verstromung des Biogases oder eine nur geringe Wärmenutzung schneiden deutlich schlechter ab.

Aus ökologischer Sicht – und hier sind die aufgezeigten Ergebnisse für den Treibhauseffekt übertragbar auch auf andere Umweltwirkungskategorien – ist eine möglichst vollständige Nutzung des Energieinhalts des Biogases anzustreben. Dies ist dann möglich, wenn das Biogas an einem Standort verstromt wird, an dem auch die dabei anfallende Abwärme möglichst vollständig genutzt werden kann.

4.3.3 ERZEUGUNG VON HOCHWERTIGEN PRODUKTEN

Derzeit gelangt Kompost vor allem in die Landwirtschaft und in den Landschaftsbau. Die Gehalte an pflanzenverfügbaren Hauptnährstoffen sind vergleichsweise gering. Werden die landwirtschaftlichen Flächen nachhaltig bewirtschaftet, wird die mit dem Kompost zugeführte organische Masse in Baden-Württemberg nur in wenigen Fällen zur Sicherung der Humusreproduktion der Ackerböden benötigt. Aus Sicht der Schonung natürlicher Ressourcen und vor allem des Klimaschutzes ist eine Nutzung des Kompostes ökologisch besonders vorteilhaft, wenn dadurch der Einsatz von Torf substituiert wird.

Mit dem Torfabbau werden Moore zerstört, die eine Kohlenstoffsенke und einen wertvollen Lebensraum darstellen. Gemäß der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt hat die Bundesregierung im November 2007 beschlossen, bis 2010 die noch bestehenden Hochmoore zu sichern, die Regeneration der geschädigten Hoch- und Niedermoore einzuleiten und ein Moorentwicklungskonzept zu erarbeiten. Dieses soll bis 2020 umgesetzt sein.

Torfprodukte finden vor allem im Erwerbsgarten- und im Hobbygartenbau Verwendung. Um diesen Markt zu erschließen, kann es sinnvoll sein, Komposte an Erdenwerke zu vermarkten oder selbst zu Endprodukten wie zum Beispiel Blumenerde und anderen Substraten zu veredeln. Dass Komposte in weit größerem Umfang sinnvoll im Gartenbau eingesetzt werden können, zeigten entsprechende Untersuchungen des Zentralverbands Gartenbau [Brinkjans, 2002].

Durch Untersuchungen der Fachhochschule Weihenstephan wurde belegt, dass kompostierte Gärrückstände gegenüber aerob erzeugten Komposten als Substrat im Gartenbau nicht weniger ge-



eignet sein müssen [Fischer et al. 1997]. Im Gegenteil sind diese tendenziell salzärmer bzw. ärmer an Pflanzennährstoffen und damit für diese Art von Verwertung besser geeignet.

Es ist davon auszugehen, dass eine Torfersatzquote durch Grünabfallkomposte in Höhe von 25 bis 35 % realisierbar ist. Hierfür ist bundesweit die Produktion von 2 bis 3 Mio. Kubikmeter Grünabfallkompost mit strukturhaltigen Anteilen erforderlich. Dies ist auch unter Klimaschutzaspekten eine zu bevorzugende Maßnahme [EdDE, 2008].

4.4 OPTIMIERUNG DES ENERGIEAUFWANDS BEI DER ENTSORGUNG VON HAUSMÜLL DURCH MINIMIERUNG DER TRANSPORTENTFERNUNGEN

Der Energieaufwand bei der Entsorgung von Hausmüll wird im Wesentlichen durch die Transportentfernungen zu den Entsorgungsanlagen bestimmt. Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, zu ermitteln, ob und in welchem Umfang durch Optimierung der Transportentfernungen Energie eingespart werden kann. Für die Entsorgung des Hausmülls sind in Baden-Württemberg die 44 Stadt- und Landkreise (öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger - örE) zuständig. Die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger schließen in der Regel mit privaten Entsorgungsunternehmen Verträge über die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung des Hausmülls ab. Die örE sind daher vertraglich langfristig an ein bestimmtes Entsorgungsunternehmen und dessen Entsorgungsanlagen gebunden, so dass sich ein „Mülltausch“ zwischen den Stadt- und Landkreisen zur Minimierung der Transportentfernungen schwierig gestaltet. Unabhängig von dieser vertragsrechtlichen Problematik hat die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ abgeschätzt, wie hoch ein theoretisches Optimierungspotenzial im Bereich der Transportentfernungen im Vergleich zu den gesamten Kohlendioxidemissionen der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen ausfallen würde. Die Abschätzung ergab, dass das theoretische Optimierungspotenzial mit 0,2 % an den gesamten Kohlendioxidemissionen der thermischen Restabfallbehandlungsanlagen sehr gering ist. Die genauen Annahmen und die Berechnung dieser Abschätzung sind im Anhang detailliert aufgeführt [ITAD, 2008-2]. Wegen des eher unbedeutenden und zudem nur schwer bzw. mit großem Aufwand erschließbaren Optimierungspotenzials entscheidet die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“, dass eine Optimierung des Energieaufwands bei der Entsorgung von Hausmüll durch Minimierung der Transportentfernungen nicht weiter betrachtet werden soll.



5 Empfehlungen und konkrete Maßnahmenvorschläge der Arbeitsgruppe für eine nachhaltige Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ führte im Zeitraum von Juli 2007 bis September 2008 insgesamt fünf Arbeitsgruppensitzungen sowie zwei Unterarbeitsgruppensitzungen zu den Themen Ersatzbrennstoffe und Erhöhung der Akzeptanz der Abfallverwertung in der Bevölkerung durch. Im Rahmen dieser Arbeitsgruppensitzungen wurden mögliche Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg erörtert. Auf Grundlage der Diskussionen innerhalb der Arbeitsgruppe und auf Basis des aktuellen Status der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg wurden konkrete Handlungsempfehlungen und Maßnahmen zur Optimierung der Ressourceneffizienz der Abfallwirtschaft in Baden-Württemberg beschlossen. Die Ableitung dieser Handlungsempfehlungen und Maßnahmen erfolgte im Wesentlichen auf Grundlage der in diesem Ergebnisbericht aufgeführten fachtechnischen Ausführungen in den Kapiteln 2 bis 4. Diese im Konsens der Arbeitsgruppe beschlossenen Handlungsempfehlungen und Maßnahmen sind nachstehend im Einzelnen aufgeführt.

Bauabfälle

Nach Auffassung der Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ stellt das Recycling von Bauabfällen einen wesentlichen Beitrag zur Ressourcenschonung und zur Minderung des Flächenverbrauchs in Baden-Württemberg dar. Allerdings sieht die Arbeitsgruppe in folgenden Punkten noch Handlungsbedarf:

- Verbesserung der Informations- und Datenlage bei den Stoffströmen mineralischer Bauabfälle in Baden-Württemberg. Hierzu wurden durch das Umweltministerium Baden-Württemberg weitergehende Untersuchungen im Hinblick auf eine handlungsorientierte Defizitanalyse und ein Stoffstrommanagementkonzept veranlasst [IFEU, 2008].
- Ein Großteil der mineralischen Bauabfälle sollte als hochwertige Baustoffe in der Bauindustrie eingesetzt werden können. Mit dem vom Industrieverband Steine und Erden e.V. (ISTE) im Oktober 2004 gegründeten Qualitätssicherungssystem für Recycling-Baustoffe (QRB) wurde hierfür ein wichtiger Grundstein gelegt. Recyclingbaustoffe müssen daher zukünftig verstärkt als qualifizierte Baustoffe im Straßenbau und auch im Hochbau eingesetzt werden.

Thermische Restabfallbehandlungsanlagen

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht trotz der bereits durchgeführten Maßnahmen zur Nutzung der in Restabfällen enthaltenen Energie noch ein Optimierungspotenzial, vor



allem im Bereich der Wärmenutzung. Nach Abschätzungen der Arbeitsgruppe könnte von den thermischen Restabfallbehandlungsanlagen in Baden-Württemberg eine Wärmemenge von rund 600.000 MWh/Jahr an Wärmenutzer zusätzlich abgegeben werden. Damit könnte eine Wohnfläche von über 3,5 Mio. Quadratmetern jährlich beheizt werden.

Eine Steigerung der Wärmenutzung ist allerdings nur möglich, wenn im Umfeld der bereits bestehenden Anlagen – soweit regionalplanerisch möglich und sinnvoll – gezielt gewerbliche bzw. industrielle Abnehmer von Wärme bzw. Prozessdampf angesiedelt werden. Dies gilt vor allem für die Standorte, die noch nicht an ein Fernwärmenetz angeschlossen sind bzw. an denen sich kein Wärmeabnehmer im näheren Umfeld befindet, wie zum Beispiel bei der Thermischen Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungsanlage Breisgau. In diesem Fall könnte die gezielte Ansiedlung von Wärme- oder Prozessdampfabnehmern durch entsprechende Bauleitplanung der Gebietskörperschaft unterstützt werden. An anderen Standorten, wie zum Beispiel beim Restmüllheizkraftwerk Böblingen ist zwar die Infrastruktur vorhanden, das bestehende Wärmeleitungsnetz könnte aber bei weiterer Wärmeauskoppelung an Grenzen stoßen, so dass Ausbaumaßnahmen erforderlich würden.

Ersatzbrennstoffe

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht in der Mitverbrennung von heizwertreichen Abfallfraktionen in gewerblichen und industriellen Feuerungsanlagen einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung (Einsparung von fossilen Energieträgern) und zum Klimaschutz. In Baden-Württemberg wurde bisher noch kein reines EBS-Kraftwerk bzw. keine ausschließlich mit Ersatzbrennstoffen betriebene Energiegewinnungsanlage errichtet. Die Arbeitsgruppe ist der Auffassung, dass der Bau und Betrieb von EBS-Kraftwerken an dafür geeigneten Standorten sinnvoll ist, um die in verschiedenen Abfallfraktionen vorliegenden Energiepotenziale ausschöpfen zu können. Dabei ist darauf zu achten, dass nur Abfallfraktionen als Ersatzbrennstoffe zum Einsatz gelangen, die unter Beachtung von Nachhaltigkeitskriterien nicht besser stofflich verwertet werden können, und dass der Betrieb eines EBS-Kraftwerkes nicht allein der Stromgewinnung dient, sondern aus Effizienzgesichtspunkten auch eine optimale Wärmenutzung am Standort möglich ist. Außerdem sind der Abfall-/EBS-Markt und die entsprechenden Behandlungskapazitäten auch außerhalb von Baden-Württemberg zu betrachten und zu berücksichtigen. Die Arbeitsgruppe schlägt vor, einen begleitenden, extern unterstützten Arbeitskreis (Mediation) zur Versachlichung der Diskussion bei der Verwirklichung einer entsprechenden Abfallbehandlungsanlage einzurichten. Hierbei müssen wesentliche Informationen, wie z.B., ob überhaupt Bedarf an der Anlage besteht oder eine hohe Effizienz überhaupt erreichbar ist, vorab bekannt sein. Außerdem empfiehlt die Arbeitsgruppe die Durchführung einer Imagekampagne, um die Akzeptanz der Abfallverwertung in der Bevölkerung zu erhöhen. Eine Finanzierungsmöglichkeit hierfür konnte jedoch im Rahmen des Projekts „Abfall als Ressource“ nicht gefunden werden.



Energetische Nutzung von Altholz

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ sieht in der energetischen Nutzung von Biomasse einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung (Einsparung von fossilen Energieträgern) und zum Klimaschutz. Allerdings ist nach Auffassung der Arbeitsgruppe eine ausreichend hohe Ressourceneffizienz bei der Verbrennung von Biomasse nur dann zu erreichen, wenn ein Biomassekraftwerk nicht nur der Stromgewinnung dient, sondern auch eine Wärmenutzung erfolgt. Der Bau neuer Biomassekraftwerke ist daher nur an hierfür geeigneten Standorten mit ausreichenden Wärmenutzungsmöglichkeiten zu befürworten. An den bestehenden Standorten der Biomassekraftwerke in Baden-Württemberg ist eine mögliche Wärmenutzung zu prüfen. Hierbei kann das Biomassekraftwerk I der Fernwärme Ulm GmbH (FUG) sowie das Biomasseheizkraftwerk Böblingen als Beispiel dienen.

Bio- und Grünabfälle

Die Arbeitsgruppe zum Projekt „Abfall als Ressource“ unterstützt grundsätzlich die Ausweitung der getrennten Erfassung von Bioabfall. Bei den bestehenden Bioabfallverwertungssystemen ist eine umfassende Analyse der derzeitigen Verwertung vor dem Hintergrund der spezifischen Erfordernisse und Möglichkeiten des regionalen Marktes erforderlich. Insbesondere sind folgende Möglichkeiten zu prüfen:

- Hochwertige Verwertung der Komposte im Rahmen des regionalen Marktes (Landwirtschaft bzw. Garten- und Landschaftsbau) zur Vermarktung als „lose Ware Kompost“ oder veredelt über Erdenwerke zu Erden und Substraten
- Kooperationen mit Händlern oder Erdenwerken bzw. Veredelung und Etablierung von Absatzstrukturen in Eigenregie
- Ausrichtung der Sammlung (Zielrichtung: Küchen- und Gartenabfälle) und des Verwertungsprozesses (Frisch- oder Fertigungskompost; Kombination mit thermischen Energieerzeugungsanlagen usw.) auf die spezifische Produktqualität
- Kompostierung in Verbindung mit einem vorgeschalteten Vergärungsmodul und möglichst effiziente Nutzung des erzeugten Biogases entweder konventionell über BHKW vor Ort mit optimaler Wärmenutzung oder nach Aufbereitung zu Erdgasqualität mit Einspeisung in Erdgasnetze
- Optimierung der Steuer- und Regelungstechnik bei bestehenden Vergärungsanlagen

Bei bislang fehlender Biotonne sollten die Möglichkeiten der Einführung des Systems Biotonne analog den oben genannten Kriterien analysiert und bewertet werden. Im Gegensatz zu einem bestehenden System kann diese Analyse ungebundener und umfassender erfolgen. So bietet es sich immer an, die bestehende Entsorgungsstruktur für weitere Biomassen zu öffnen.



Darüber hinaus wird das Umweltministerium Baden-Württemberg prüfen, ob die Erfassung von Bioabfällen unterstützt werden kann durch Änderung oder Aufhebung der Verordnung über die Beseitigung pflanzlicher Abfälle außerhalb von Abfallbeseitigungsanlagen (PflAbfVO) vom 30.04.1974, nach der das Verbrennen von Grünabfällen im Freien immer noch zugelassen ist.



6 Anhang

6.1 QUELLENVERZEICHNIS

- [Abfallbilanz, 2007]:** Abfallbilanz 2006, Umweltministerium Baden-Württemberg 2007
- [Abfallbilanz, 2008]:** Abfallbilanz 2007, Umweltministerium Baden-Württemberg 2008
- [BGR, 2001]:** Dr. Werner Gwosdz, Dr. Simone Röhling, Flächenbedarf für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen (Steine und Erden, Braunkohle und Torf) im Jahr 2001, in BGR (Hg): commodity top news No. 19
- [BiomasseV, 2001]:** Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – BiomasseV) vom 21. Juni 2001
- [Brinkjans, 2002]:** H.-J. Brinkjans, Probleme und Möglichkeiten des Einsatzes von Komposten aus Sicht des Gartenbaus, Vortrag im Rahmen der Tagung „Umweltverträgliche Verwertung von Bioabfällen im Gespräch, 27.11.2002 in Osnabrück.
- [DESTATIS, 2008]:** Erhebung über Haushaltsabfälle 2006, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2008
- [EdDE, 2008]:** EdDE-Dokumentation 11: Kranert, Gottschall et al: Grünabfälle – besser kompostieren oder energetisch verwerten? – Vergleich unter den Aspekten der CO₂-Bilanz und der Torfsubstitution, Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., 2008
- [Fischer, 1997]:** Fischer, P.; H.-J. Schmitz, M. Jauch, Verwertung fester Rückstände aus der Vergärung von Bioabfällen, Schlussbericht zum Forschungsvorhaben des Instituts für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Staatliche Versuchsanstalt für Gartenbau der FH Weihenstephan, 1997
- [ICU Berlin, IFEU, 2007]:** Szenarien zur Optimierung der Bioabfallsammlung in Berlin, IFEU-Institut Heidelberg, Studie im Auftrag der Berliner Stadtreinigungsbetriebe BSR, 2007
- [IFEU, 2006]:** Behandlungsalternativen für klimarelevante Stoffströme, im Auftrag des Umweltbundesamtes, IFEU-Institut Heidelberg, September 2006
- [IFEU, 2007]:** Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz, im Auftrag des Umweltbundesamtes, IFEU-Institut Heidelberg, Oktober 2007
- [IFEU, 2008]:** Optimierung der Verwertung mineralischer Bauabfälle in Baden-Württemberg, IFEU-Institut Heidelberg, im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg, in Bearbeitung
- [IFEU, IE, 2007]:** Optimierung für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und –nutzung in Deutschland, Öko-Institut Freiburg, Peters Umweltplanung Berlin, Fachhochschule für Wirtschaft Berlin, im Auftrag des Umweltbundesamtes FKZ 0327544, 2007
- [iswa, 2008]:** M. Kranert, D. Clauß, Ausarbeitung für das Projekt „Abfall als Ressource“, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart
- [ITAD, 2008]:** C. Spohn, M. Treder, Energieerzeugung, Energieeffizienz und Klimarelevanz der Wt-E Anlagen in Baden-Württemberg, Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V
- [ITAD]:** Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V. (www.itad.de)



[ITAD, 2008-1]: C. Spohn, Steigerung der Energieeffizienz von WtE-Anlagen in Baden-Württemberg durch Optimierung der Wärmeauskoppelung, Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V

[ITAD, 2008-2]: C. Spohn, Bedeutung der transportbedingten Kohlendioxidemissionen, Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V

[Knappe, 2007]: Florian Knappe, Akzeptanz und Einsatz mineralischer Sekundärrohstoffe im Spannungsfeld von Umwelt und Wirtschaft, Vortrag auf dem Bundeskongress Baustoffrecycling Heidelberg 2007

[KrW-/AbfG, 1994]: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994

[KWTB, 2007]: KWTB, Monitoring-Bericht Bauabfälle, Nr. 5. Erhebung 2004, Berlin 2007

[LGRB 2006]: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006. Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen, Freiburg November 2006

[LUBW, 2004]: Doris Meßmann, Dr. Carsten Schäfer, Schlacken aus Hausmüllverbrennungsanlagen in Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2004

[LUBW, 2006]: Dieter Schlag, Doris Meßmann, Mitverbrennung von Abfällen in industriellen Feuerungsanlagen Baden-Württembergs, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2006

[LUBW, 2006-1]: Anlagen zur Aufbereitung von Altholz in Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2006

[LUBW, 2006-2]: Doris Meßmann, Dr. Carsten Schäfer, Anlagen zur energetischen Nutzung, von Biomasse, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2006

[Müll und Abfall, 2007]: Dieter Schlag, Nutzung von Ersatzbrennstoffen in Baden-Württemberg, Müll und Abfall 11, 2007.

[Rohstoffbericht, 2006]: Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006, Gewinnung, Verbrauch und Sicherung von mineralischen Rohstoffen, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, November 2006

[StaLA, 2008]: M. Bannholzer, Dr. H. Bühringer, Aufkommen an Abfällen in Industrie und Gewerbe in Baden-Württemberg, Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 5/2008

[StaLA, 2008-1]: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Statistische Berichte Baden-Württemberg, Artikel-Nr. 4151 07001, 2008

[StaLA, 2008-2]: A. Schilling, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Referat 33 - Umweltbeobachtung, Ökologie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Statistische Auswertungen des Abfallaufkommens in Baden-Württemberg für die LUBW, 2008

[UBA, 2008]: Effiziente Siedlungsabfallverwertung in Abfallverbrennungsanlagen, IFEU-Institut Heidelberg, Bericht des Umweltbundesamtes Nr. UBA-FB 001092



[UM, 2004]: Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial, Erlass des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 13. April 2004

[UM, 2007]: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007

[UM, 2008]: H.-L. Lipfert, Ausarbeitung für das Projekt „Abfall als Ressource“, Umweltministerium Baden-Württemberg

[17. BImSchV]: Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen, Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 14. August 2003



6.2 BEDEUTUNG DER TRANSPORTBEDINGTEN KOHLENDIOXID-EMISSIONEN

Die Kohlendioxid-Emissionen (CO₂-Emissionen) der WtE-Anlagen in Baden-Württemberg ergeben sich aus der behandelten Menge Abfall in Kombination mit den spezifischen Kohlendioxid-Emissionsfaktoren pro Tonne Abfall (Bezugsjahr 2006):

Emissionen WtE-Anlagen

Behandelte Abfallmenge in WtE-Anlagen	1.260.000 [Mg]
spez. CO ₂ -Emission _{gesamt} pro Mg Abfall ¹⁾	987 [kg _{CO2} /Mg _{Abfall}]
spez. CO ₂ -Emission _{klimarelevant} pro Mg Abfall ¹⁾	356 [kg _{CO2} /Mg _{Abfall}]
CO ₂ -Emission _{gesamt} WtE-Anlagen	1.243.620 [Mg _{CO2}]
CO ₂ -Emission _{klimarelevant} WtE-Anlagen	448.560 [Mg _{CO2}]

Die CO₂-Emissionen der Einsammlung und des Transportes zu nahegelegenen WtE-Anlagen bzw. Umladeanlagen können ebenfalls mit einem entsprechenden CO₂-Emissionsfaktor (pauschal, d.h. entfernungsunabhängig, da Nahdistanz) berechnet werden:

Emissionen Sammlung und Nahtransport

Abfallmenge	1.260.000 [Mg]
spez. CO ₂ -Emission _{gesamt} ¹⁾	2,8 [kg _{CO2} /Mg _{Abfall}]
CO ₂ -Emission _{gesamt} Sammlung	3.528 [Mg _{CO2}]

Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen durch Streckentransporte wurden nach Rücksprache mit den baden-württembergischen WtE-Anlagenbetreibern folgende Annahmen getroffen: Es besteht für ca. 150.000 Mg Abfall ein theoretisches Optimierungspotenzial. Die durchschnittliche Entfernung der Streckentransporte wird mit ca. 200 km angesetzt. Mit dem spezifischen CO₂-Emissionsfaktor für Streckentransporte pro Kilometer und Mg Abfall ergeben sich folgende CO₂Emissionen bzw. deren Anteil an den Gesamtemissionen:



Emissionen Streckentransport (ohne Sammlung)

betroffene Abfallmenge	150.000 [Mg]
durchschnittliche Entfernung	200 [km]
spez. CO ₂ -Emission ²⁾ _{gesamt}	0,03 [kg _{CO2} /kmMg _{Abfall}]
CO ₂ -Emission _{gesamt} Streckentransport	900 [Mg _{CO2}]
Gesamtemission _{gesamt} WtE, Sammlung, Streckentransport	1.248.048 [Mg _{CO2}]
Gesamtemission _{klimarelevant} WtE, Sammlung, Streckentransport	452.988 [Mg _{CO2}]
Anteil Emission Streckentransporte an Gesamtemission _{gesamt}	0,07 %
Anteil Emission Streckentransporte an Gesamtemission _{klimarelevant}	0,2 %

Es zeigt sich, dass die transportbedingten CO₂-Emissionen im Verhältnis zu den Gesamt-CO₂-Emissionen der WtE-Anlagen sehr gering sind. Eine weitere Betrachtung dieses theoretisch vorhandenen, aber nur mit großem Aufwand erschließbaren Optimierungspotenzials ist daher nicht empfehlenswert.

Quellen:

- 1) Öko-Institut Darmstadt, Der Beitrag der thermischen Abfallbehandlung, Luftreinhaltung und Ressourcenschonung, 2002
- 2) LKW-CO₂-Emission pro km: 600 g/km, durchschnittliches Transportgewicht: 20 t/LKW



6.3 MITGLIEDER DER ARBEITSGRUPPE DES PROJEKTS „ABFALL ALS RESSOURCE“

Wolfgang Althaus, E.ON Energy from Waste AG Müllheizkraftwerk Göppingen

Wilfried Baumann, Baden-Württembergischer Industrie- und Handelskammertag, IHK Südlicher Oberrhein

Uwe Bechinka, Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e.V.

Dr. Hans-Peter Berger, Wirtschaftsverband Papier Baden-Württemberg - WVP - e.V.

Peter Blank, Vorsitzender des VKS im VKU Landesgruppe BW

Helmut Böhnisch, Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH

Rainer Bräutigam, Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Dr. Gerhard Bronner, Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg e.V.

Albert Buchwald, Landesverband der Baden-Württembergischen Industrie e.V.

Wolf Eisenmann, Erster Landesbeamter des Landkreis Böblingen, Vertreter des Landkreis-, Städte- und Gemeindetages

Simone Fritsch, E.ON Energy from Waste AG Müllheizkraftwerk Göppingen

Dr. Winfried Golla, Verband der Chemischen Industrie e.V., Landesverband Baden-Württemberg

Dr. Johannes Günther, MVV Umwelt GmbH

Manfred Volker Haberzettel, EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Dr. Hans-Werner Jaroni, Regierungspräsidium Stuttgart

Dr. Otto Hertäg, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

Stefan Kluge, Regierungspräsidium Stuttgart

Florian Knappe, IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Alexis von Komorowski, Umweltministerium Baden-Württemberg



Prof. Dr. Martin Kranert, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Universität Stuttgart

Thomas Kühnel, HIM GmbH Marketing & Vertrieb

Jörg Lacher, bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.

Johannes-Georg Lindenmeyer, Umweltministerium Baden-Württemberg

Hans-Ludwig Lipfert, Umweltministerium Baden-Württemberg

Karin Müller, Baden-Württembergischer Handwerkstag e.V.

Jürgen Obri, Innenministerium Baden-Württemberg

Konrad Raab, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

Eric Rehbock, bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.

Mathias Reith, MVV Umwelt GmbH

Christine Sabbah, Baden-Württembergischer Handwerkstag e.V.

Walter Schach, Regierungspräsidium Tübingen

Roland Schestag, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg

Karl-Ekkehard Sester, GWE Holding GmbH

Carsten Spohn, ITAD - Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V

Jürgen Quaas, BDE – Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V.

Georg Voswinckel, Handwerkskammer Freiburg Zukunftswerkstatt Handwerk e.V.

Dr. Wilfried Weiß, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Martin Wiedmaier, Umweltministerium Baden-Württemberg

Rolf Wizgall, Umweltministerium Baden-Württemberg



Baden-Württemberg
Umweltministerium





VORSITZ

Ministerialdirigent Dr. Albrecht Rittmann
Umweltministerium Baden-Württemberg

CO-VORSITZ

Dr. Winfried Golla
Verband der Chemischen Industrie (VCI)
Landesverband Baden-Württemberg e. V.

**INFORMATIONEN ZUR NACHHALTIGKEITS-
STRATEGIE BADEN-WÜRTTEMBERG**

Geschäftsstelle Nachhaltigkeitsstrategie
Umweltministerium Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Telefon 0711 126 - 2663 und - 2941
Telefax 0711 126 - 2881
E-Mail nachhaltigkeitsstrategie@um.bwl.de

INFORMATIONEN ZUM PROJEKT

Hans-Ludwig Lipfert
Umweltministerium Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Telefon 0711 126 - 2692
Telefax 0711 126 - 2881
E-Mail hans-ludwig.lipfert@um.bwl.de