

TEXTE

19/2011

Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3709 33 314
UBA-FB 001458

Aufkommen, Verbleib und Ressourcen- relevanz von Gewerbeabfällen

von

Iswing Dehne, Rüdiger Oetjen-Dehne

Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH, Berlin

Manfred Kanthak

Kanthak & Adam GbR, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4093.html> verfügbar. Hier finden Sie auch eine deutsche und eine englische Kurzfassung.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet III 1.5 Kommunale Abfallwirtschaft,
Gefährliche Abfälle, Anlaufstelle Basler Übereinkommen
Susann Krause

Dessau-Roßlau, April 2011

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 001458	2.	3.
4. Titel des Berichts Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dehne, Iswing Kanthak, Manfred Oetjen-Dehne, Rüdiger		8. Abschlussdatum September 2010
		9. Veröffentlichungsdatum April 2011
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH Levetzowstr. 10A 10555 Berlin Kanthak & Adam GbR Achenseeweg 11 12209 Berlin		10. UFOPLAN-Nr. 3709 33 314
		11. Seitenzahl 179
		12. Literaturangaben 81
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau		13. Tabellen und Diagramme 37
		14. Abbildungen 62
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Für die der Gewerbeabfallverordnung unterliegenden Gewerbeabfälle sind aktuelle abfallwirtschaftliche Informationen bislang nicht verfügbar. Zentrale Fragen der Studie sind deshalb das Aufkommen, der Verbleib, die Wertstoffausbeute und die Entwicklungspotentiale und Rahmenbedingungen für eine intensivere Nutzung der Gewerbeabfälle. Aufbauend auf statistischen Daten, ergänzt um Informationen aus Fragebögen und drei Expertenpanels, ergibt sich für 2007 ein Aufkommen von rund 6,4 Mio. Mg, von dem vor allem aus Gründen des Preiswettbewerbs zwischen Sortieranlagen und thermischen Verwertungsanlagen nur rund 0,46 Mio. Mg stofflich verwertet werden. Um angesichts eines maximal stofflich nutzbaren Potentials in Höhe von rund 1,9 Mio. Mg die Sekundärrohstoffnutzung zu intensivieren, werden nach einer Stärken und Schwächenanalyse der Gewerbeabfallverordnung Vorschläge und Empfehlungen zur Optimierung der Rahmenbedingungen dargestellt. Zentrales Element ist eine Kombination aus einer Vorbehandlungspflicht und einer stoffstromlenkenden, qualitativen Quotierung.		
17. Schlagwörter Gewerbeabfallverordnung, Gewerbeabfälle, Aufkommen, Zusammensetzung, Verwertungs- und Beseitigungswege, Sortierung, Sekundärrohstoffe, Ressourcenrelevanz, Weiterentwicklung der Gewerbeabfallverordnung, Stoffstromlenkung, Vorbehandlungspflicht, Qualitative Quotierung		
18. Preis	19:	20:

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 001458	2.	3.
4. Report Title Quantity, management and aspects of resource preservation of commercial solid waste		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Dehne, Iswing Kanthak, Manfred Oetjen-Dehne, Rüdiger		8. Report Date September 2010
		9. Publication Date April 2011
6. Performing Organisation (Name, Address) Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH Levetzowstr. 10A 10555 Berlin Kanthak & Adam GbR Achenseeweg 11 12209 Berlin		10.UFOPLAN- Ref. No. 3709 33 314
		11.No. of Pages 179
		12.No. of Reference 81
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau		13.No. of Tables, Diagrams 37
		14.No. of Figures 62
15. Supplementary Notes		
16. Abstract Up to now, effective waste management information about commercial wastes that are subject to the Commercial Wastes Ordinance does not exist. Therefore, the main objective of the study is to identify the quantity and management of commercial wastes, the yield of recyclable materials, potential for development and basic conditions for intensifying the utilisation of commercial wastes. The evaluation of statistical data, supplemented by information from questionnaires and three expert panels, shows an amount of 6.4 m tons of commercial wastes in year 2007. Due to the price competition between sorting plants and energy recovery plants only about 0.46 m tons were recovered by material recycling. The potential of recyclables is significantly higher and amounts about 1.9 m tons. To increase the recycling quota the study submits proposals to optimise the basic conditions as a result of a strength-weakness-analysis of the Commercial Wastes Ordinance. The central element of the concept involves a combination of a pre-treatment obligation and a rating in order to manage the waste material flow.		
17. Keywords Commercial Wastes Ordinance, Commercial Solid Waste, Quantity, Composition, Recovery and Disposal Techniques, Sorting, Waste Products, Resource-related Relevance, Advancement of the Commercial Wastes Ordinance, Guidance of Waste Material Flows, Pre-treatment Obligation, Recovery Quality Rating		
18. Price	19:	20:

Zusammenfassung

Das Projekt FKZ 3709 33 314 hat zum Ziel, das Aufkommen, den Verbleib und die Ressourcenrelevanz für die der Gewerbeabfallverordnung unterliegenden Gewerbeabfälle¹ zu ermitteln. Wesentliche Teilziele sind die Erhebung und Darstellung

- der Gewerbeabfallströme (Menge und Zusammensetzung),
- der Verwertungs- und Beseitigungswege,
- der aus Gewerbeabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe sowie
- das Aufzeigen von Problemfeldern und Optimierungspotenzialen zur effizienteren Nutzung der in Gewerbeabfällen enthaltenen Ressourcen.

Für die Untersuchung wurden insbesondere statistischen Daten sowie mit Hilfe eines Fragebogens erhobene Primärdaten ausgewertet. Zusätzlich wurden drei Expertenpanels und vertiefende Einzelgespräche durchgeführt.

Gegenstand der Untersuchung sind die in der Gewerbeabfallverordnung geregelten gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 200301), sog. hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, die getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt werden². Diese Abfälle werden entweder im Rahmen der öffentlichen Abfallentsorgung oder von privaten Unternehmen separat erfasst und entsorgt. Das Bezugsjahr für die Datenerhebung ist das Jahr 2007.

Im Jahr 2007 sind in 499 innerdeutschen Anlagen insgesamt 4,331 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle entsorgt worden, nur geringe Mengen stammen aus dem Ausland oder wurden dorthin exportiert. Knapp die Hälfte der Gesamtmenge wird den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern zur Beseitigung überlassen, die übrigen Mengen werden vor allem privatwirtschaftlich mit dem Ziel der Verwertung erfasst. Zusätzlich werden in Gewerbebetrieben rund 2,1 Mio. Mg gewerbliche Abfallgemische auch als Verpackungsgemische (AS 150106) eingestuft, die formal nicht der Gewerbeabfallverordnung unterliegen. Insgesamt sind somit ca. 6,4 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle im Jahr 2007 angefallen.

Daten zur Zusammensetzung von Gewerbeabfällen liegen bis auf wenige Ausnahmen nur für die 1980er und 1990er Jahren vor und sind veraltet. Neuere Ergebnisse liegen teilweise für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle, nicht aber für die gemischten Verpackungen vor.

¹ Abfälle, die in § 1 Nr. 1 und unter § 1 Nr. 3 der Gewerbeabfallverordnung genannt sind

Die verfahrenstechnischen Merkmale der Vorbehandlungsanlagen konnten für 42 Betriebe neu erfasst werden, von denen 74 % als Vorbehandlungsanlage mittlerer und höher Komplexität einzustufen sind. Festzustellen ist, dass der fortschreitende Stand der Aufbereitungstechnik oftmals erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung in die Praxis umgesetzt wird.

Der Großteil der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (ca. 60 Ma.-%) wird ohne eine Vorbehandlung direkt in thermischen Abfallbehandlungsanlagen entsorgt, in Sortieranlagen gelangen ca. 30 Ma.-%. Für die Verpackungsgemische zeigt sich ein anderes Bild; hier werden rund 70 Ma.-% in Sortieranlagen aufbereitet.

Aus den Behandlungspreisen der Müllverbrennungsanlagen kann ein Leitpreis für die Vorbehandlungsanlagen abgeleitet werden, dieser liegt derzeit zwischen 70 und 100 €/Mg, das mittlere Preisniveau der Vorbehandlungsanlagen liegt um ca. 30 €/Mg höher. Vorbehandlungsanlagen sind nur in Einzelfällen, z.B. bei bereits abgeschriebenen Anlagen, bei günstigen Entsorgungskosten oder sehr hohen Wertstofflösen, in der Lage, mit den Marktpreisen der Verbrennungsanlagen zu konkurrieren.

In den Vorbehandlungsanlagen werden aus den zugeführten Gemischen rund 16,5 Ma.-% Sekundärrohstoffe (Kunststoffe, PPK, Metalle, Holz) aussortiert, die verbleibenden Sortierreste werden energetisch verwertet.

Für das Jahr 2007 errechnet sich eine genutzte Sekundärrohstoffmenge von rund 0,46 Mio. Mg. Das nutzbare Potenzial liegt bedeutend höher; bezogen auf eine Abfallmenge von 6,4 Mio. Mg kann dieses auf 1,9 Mio. Mg abgeschätzt werden. Für eine stärkere Ressourcenschonung sollte das enthaltene stoffliche und energetische Potential der gemischten gewerblichen Abfälle intensiver als bisher genutzt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, können verschiedene Optimierungsansätze benannt werden:

- Alle entstehenden Gemische werden Vorbehandlungsanlagen mit einem Mindeststandard zugeführt.
- Die Wertstoffausbeute der Vorbehandlungsanlagen wird gesteigert.
- Die stoffliche Verwertung für (Misch-)Kunststoffe wird optimiert.
- Die Abtrennung von NE-Metallen wird optimiert.
- Es werden hochwertige und schadstoffarme Sekundärbrennstoffe erzeugt.
- Die verbleibenden Aufbereitungsreste werden energetisch verwertet.

² Der sogenannte Geschäftsmüll, also gewerbliche Abfälle, die gemeinsam mit Hausmüll ge-

Zur Umsetzung dieser Empfehlungen in die Praxis werden einige Elemente einer möglichen Neuausrichtung der Gewerbeabfallverordnung aufgezeigt:

- Es sollte den Gewerbebetrieben überlassen bleiben, ob sie anfallende Wertstoffe getrennt erfassen und ggf. mit Kostenvorteilen entsorgen oder ob sie die anfallenden Abfälle als Gemisch entsorgen wollen. Die in der Gewerbeabfallverordnung vorhandenen Vorgaben zur Zusammensetzung der Gemische könnten dann ersatzlos entfallen.
- Zur Stärkung der stofflichen Verwertung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle ist die unmittelbare Verbrennung dieser Gemische auszuschließen. Diese sind stattdessen Vorbehandlungsanlagen zuzuweisen, für die ein technischer Mindeststandard festzulegen ist.
- Das zur Stoffstromlenkung im Rahmen des Projektes in Ansätzen entwickelte Konzept besteht aus einer bewertenden Quotierung, die in erster Linie die stoffliche Verwertung fördert, die Erzeugung hochwertiger Ersatzbrennstoffe jedoch ebenfalls berücksichtigt. Stofflich verwertbare Abfälle, hochwertige Ersatzbrennstoffe für energetisch effiziente Verbrennungsanlagen (SBS) und Ersatzbrennstoffe für die energetische Verwertung (EBS) werden mit verschiedenen Bewertungsfaktoren belegt, während Sortierreste zur Beseitigung mit dem Bewertungsfaktor 0 versehen werden. Die zu erreichende Bewertungsquote ist so gewählt worden, dass sowohl ein Anreiz für die stoffliche Verwertung als auch eine SBS-Erzeugung induziert wird. Alternativ dazu kann ein Weg gewählt werden, bei dem auf die Unterscheidung der Stoffqualität der Ersatzbrennstoffe verzichtet wird und stattdessen zur Bewertung der Hochwertigkeit der energetischen Nutzung auf das Energieeffizienzkriterium der Abfallrahmenrichtlinie abgestellt wird.
- Bei einer möglichen Überarbeitung der Gewerbeabfallverordnung müsste verstärkt Wert darauf gelegt werden, ein bundeseinheitliches Berichtswesen unter Nutzung elektronischer Medien einzuführen und die Verbleibswege der stofflich und energetisch verwerteten Fraktionen bis zum Endabnehmer nachvollziehbar darzustellen. Dieses ist bereits in anderen Bereichen (z.B. Verpackungen) Standard.
- Die Vollzugsbehörden müssten bundesweit einheitliche und (nach-)vollziehbare Kriterien an die Hand bekommen, um Regelungen einer Gewerbeabfallverordnung überwachen zu können. Dieses können z.B. Checklisten sein, die den technischen Mindeststandard der mechanischen Vorbehandlungsanlagen definieren.

Summary

This research and development project (FKZ 3709 33 314) aims to assess the quantity, the management and aspects of resource preservation of commercial solid wastes³ that are subject to the German Commercial Wastes Ordinance. Sub-ordinate targets are the enquiry and presentation of

- commercial solid waste streams (quantity and composition),
- different recovery and disposal techniques,
- secondary raw materials derived from commercial wastes and
- identified problems and opportunities for improvement to use the potentials from commercial wastes more efficiently.

Within the study both statistical data and information from questionnaires were evaluated. In addition three expert panels and one-to-one interviews were conducted.

Objects of the investigation are mixed commercial wastes that are similar to municipal waste (European Waste List (EWL) 200301) but that are delivered or collected separately⁴. Those waste materials are either collected by public or private waste disposal contractors. The base year for the investigation is 2007.

In the year 2007 about 4.331 m tons of mixed commercial wastes were treated in 499 German waste treatment plants. Only a small fraction of the commercial waste was originate from foreign countries. Small amounts of commercial waste which are moved trans-boundary are not considered.

Nearly half of the commercial waste was managed by public waste disposal authorities, the other part was covered by the private sector with the objective of material recycling. In addition about 2.1 m tons of mixed commercial wastes were declared as “mixed packaging” (EWL 150106). This waste type is not liable to the Commercial Wastes Ordinance. All in all about 6.4 m tons of mixed commercial wastes accumulated in 2007.

Available data for the composition of commercial wastes are – with a few exceptions – out-of-date and were raised in the 1980s or 1990s. Effective data are available for municipal-waste-like commercial waste but not for mixed packaging wastes.

Furthermore, procedural characteristic data could be collected up-to-date for 42 recycling facilities, whereof 74 % are regarded as pre-treatment plants with middle or high complexity.

³ Waste materials mentioned in § 1 No. 1 and § 1 No. 3 of the Commercial Wastes Ordinance

It has to be stated that the advances in waste treatment technology are often realized with an extensive time delay.

The biggest amount of mixed commercial waste (app. 60 % by weight) is directly treated in waste incineration facilities without pre-treatment, only 30 % by weight are treated in sorting plants. In contrast approximately 70 % by weight of mixed packaging wastes are treated in sorting plants.

Considering the incineration costs it can be deduced that they in general range between 70 and 100 Euro/ton. By comparison, the average price level for pre-treatment is currently about 30 Euro/ton higher.

Only in single cases the prices of pre-treatment plants are competitive compared to those of incineration plants, for instance if the facility is already depreciated, if the treatment costs are very low or in case of high revenue for valuable materials.

About 16.5 % recyclable materials (plastics, paper and cardboard, metals, wood) are separated from the processed waste, the rest is utilized for energy recovery.

In the year 2007 the calculated amount of recyclable materials is about 0.46 m tons. The potential of recyclables is significantly higher. Referred to a total of 6.4 m tons of commercial waste the estimated amount can be around 1.9 m tons.

To support optimizing of recycling and resource preservation both the material and energetic potential of mixed commercial waste should be utilized more intensely than until now. To achieve this goal, different optimizing approaches can be listed:

- Mixed commercial waste in total shall be fed into pre-treatment plants with a technical minimum standard.
- The yield of recyclables has to be increased.
- The material recycling for mixed plastics has to be optimized.
- The separation of non-ferrous metals has to be optimized.
- High-grade and low-emission refuse-derived fuel has to be generated.
- The residues from waste treatment have to be utilized for energy recovery.

Concerning the realization of these suggestions some possible adjustments of the Commercial Wastes Ordinance are proposed:

- The choice whether generated recyclables are held separately and are disposed of with possible cost benefit or if the generated waste is disposed of as mixture should

⁴ Commercial waste from businesses that is collected together with household waste is not a

be left to the business enterprises. In this case the stimulation of the Commercial Wastes Ordinance concerning the composition of the mixed waste could be deleted without replacement

- To consolidate material recycling of mixed industrial and commercial municipal waste those mixtures have to be diverted from waste incineration and have to be allocated to pre-treatment facilities instead, and therefore technical minimum standards have to be defined.
- The concept developed within the project is a rating in order to manage the waste material flows that primarily support material recycling but also considers the production of high grade substitute fuels. Recyclable materials, high grade substitute fuels for incineration facilities with high combustion efficiency and substitute fuels for energy recovery are rated with different weighting factors, whereas waste sorting residues are rated with a zero weighting factor. The total rating quota that has to be achieved is set on a specific level to provide an incentive for material recycling and to effect the production of high grade substitute fuels as well. An alternative way renounces distinctive material qualities but uses the criteria for energy efficiency of the Framework Directive on Waste to determine the quality of the energy recovery.
- A possible revision of the Commercial Wastes Ordinance should emphasize the implementation of a federally uniform reporting system using electronic media and the traceable description of the management of fractions used for material recycling and energy recovery, as it is already standard for other materials such as packaging wastes.
- Federally uniform executable criteria may be handed to the enforcement authorities to control the Commercial Wastes Ordinance regulations such as check lists that define the technical minimum standards for mechanical pre-treatment facilities.

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel des Forschungsvorhabens	1
2	Methodik	2
3	Gegenstand der Untersuchung und rechtlicher Rahmen	4
4	Aufkommen der gewerblichen gemischten Siedlungsabfälle (AS 200301) im Jahr 2007	7
4.1	Mengenaufkommen in Deutschland.....	7
4.2	Mengenaufkommen der einzelnen Bundesländer.....	13
4.3	Den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle im 2007.....	15
4.4	Im- und Export gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle	18
5	Gewerbeabfallmengen nach Wirtschaftszweigen	19
6	Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle .	24
6.1	Ergebnisse der BWGU 1992.....	26
6.2	Untersuchungsergebnisse von Kern und darauf basierender Studien.....	29
6.3	Weitere Ergebnisse.....	33
6.4	Abschätzung der Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle.....	34
6.5	Empfehlungen für zukünftige Untersuchungen	36
7	Vorhandene Infrastruktur zur Verarbeitung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen	38
7.1	Sortieranlagen als Vorbehandlungsanlagen	38
7.2	Mechanisch-biologische Abfallvorbehandlungsanlagen	42
7.3	Müllverbrennungsanlagen.....	44
8	Verfahrenstechnische Merkmale der Vorbehandlungsanlagen.....	46
8.1	Ziel der Sortierung.....	46
8.2	„Einfachst“-Vorbehandlungsanlagen (Baggersortierung und Umschlag) ...	48
8.3	Einfache Vorbehandlungsanlagen ohne Klassierung	48
8.4	Vorbehandlungsanlagen mittlerer Komplexität	49
8.5	Vorbehandlungsanlagen hoher Komplexität	52
8.6	Anlagen zur Ersatzbrennstoffaufbereitung.....	54
8.7	Daten zur Bedeutung der Anlagengruppen.....	58

9	Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungswege.....	59
9.1	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	62
9.2	Gemischte Verpackungen.....	67
10	Sekundärrohstoffmengen aus der Sortierung gemischter Gewerbeabfälle.....	70
10.1	Aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen hergestellte Sekundärrohstoffe.....	70
10.2	Relevanz der aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe	78
10.3	Abschätzung der herstellbaren Sekundärrohstoffmengen aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen	85
10.4	Biogener Anteil der Gewerbeabfälle	87
10.5	Export von Sekundärrohstoffen.....	88
11	Entsorgungspreise und erzielbare Erlöse	91
11.1	Marktpreise der Beseitigung	91
11.2	Marktpreise der Abfallvorbehandlung	95
11.3	Kosten der Vorbehandlungsanlagen.....	98
11.3.1	Fixe und variable Aufbereitungskosten	99
11.3.2	Erlöse für Wertstoffe	99
11.3.3	Marktpreisentwicklung für die energetische Verwertung bzw. Entsorgung	103
11.3.4	Gesamtkostenbetrachtung	105
12	Empfehlungen für eine effizientere Nutzung der in gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen enthaltenen Ressourcen (Material und Energie)	108
12.1	Mechanische Vorbehandlung aller Gemische.....	108
12.2	Steigerung der Wertstoffausbeute in Vorbehandlungsanlagen.....	109
12.3	Optimierung der stofflichen Verwertung für (Misch-)Kunststoffe.....	111
12.4	Optimierung der Abtrennung von NE-Metallen	112
12.5	Erzeugung hochwertiger und schadstoffarmer Sekundärbrennstoffe	113
12.6	Energetische Verwertung der Aufbereitungsreste	114
12.7	Behandlung der Unterkornfraktionen aus Klassieraggregaten	114
12.8	Verbesserung der Stoffstromtransparenz	116
13	Stärken und Schwächen der Gewerbeabfallverordnung	117
13.1	Schwierige Kontrolle der abfallerzeugenden Betriebe	117
13.2	Unklare Zuordnung der Abfallarten zu den Gemischen	118

13.3	Praxisfremde Anforderung an die Kontrolle der Vorbehandlungsanlagen	118
13.4	Uneinheitliche Kontrolle der Vorbehandlungsanlagen durch die Vollzugsbehörden	119
13.5	Fehlende Lenkungsfunktion der vorgeschriebenen Verwertungsquote von 85%	120
13.6	Fehlende Transparenz der Stoffströme	120
13.7	Mangelnde Unterstützung freiwilliger Vereinbarungen	121
13.8	Pflichtrestmülltonne	121
13.9	Fazit	122
14	Ansatz zur Weiterentwicklung der Gewerbeabfallverordnung	123
14.1	Freiwillige getrennte Erfassung in den Gewerbebetrieben	123
14.2	Vorbehandlungspflicht für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	124
14.3	Qualitative Quotierung für die stoffliche und energetische Verwertung ...	125
14.4	Transparenz der Stoffströme	128
14.5	Praktikable Vorgaben an die Vollzugsbehörden	129
14.6	Fazit	129
15	Literatur.....	130
16	Anhang.....	136

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Umfang der Fragebogenerhebung und Beteiligung.....	3
Tabelle 4-1:	Aufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) im Jahr 2007 (berechnet).....	8
Tabelle 4-2:	Aufkommen von gewerblichen Verpackungsgemischen im Jahr 2007	10
Tabelle 5-1:	Erzeugte gemischte gewerbliche Siedlungsabfallmenge im Jahr 2006.....	20
Tabelle 5-2:	Nach Wirtschaftszweigen differenzierte erzeugte gemischte gewerbliche Siedlungsabfallmenge im Jahr 2006	22
Tabelle 6-1:	Hochrechnung der Gewerbeabfallmengen aus Arbeitsstätten für die Jahre 1991/1992 (alte Bundesländer).....	28
Tabelle 6-2:	Merkmale der seit 2000 veröffentlichten Untersuchungsergebnisse zur Gewerbeabfallzusammensetzung.....	30
Tabelle 6-3:	Zusammensetzung von Gewerbeabfällen von vier Untersuchungen aus den Jahren 1992, 2000, 2009 und 2010	31
Tabelle 6-4:	Zusammenstellung einiger wesentlicher abfallrechtlicher Ereignisse auf die Zusammensetzung von Gewerbeabfällen für den Zeitraum 1993 bis 2010	32
Tabelle 6-5:	Vergleich der abgeschätzten Wertstoffanteile der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle für die Jahre 2007/2008 mit den Anteilen von Sortierresten aus Vorbehandlungsanlagen.....	36
Tabelle 8-1:	Gliederung der Sortieranlagen in Subsysteme und wesentliche Prozessschritte	47
Tabelle 8-2:	Beispielhafte Input-Anforderungen der MVA-Betreiber.....	55
Tabelle 8-3:	Beispielhafte Input-Anforderungen von EBS-Kraftwerken'	56
Tabelle 8-4:	Zuordnung von Vorbehandlungsanlagen zu Anlagengruppen.....	58
Tabelle 9-1:	Herkunft und Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) (berechnet) und gemischter Verpackungen im Jahr 2007	60
Tabelle 10-1:	Abschätzung der im Jahr 2007 aus Gewerbeabfällen aussortierten Sekundärrohstoffmenge.....	78

Tabelle 10-2:	In 19.348 Betrieben getrennt erfasste Sekundärrohstoffe im Jahr 2006.....	79
Tabelle 10-3:	Abschätzung der in gemischten Gewerbeabfällen enthaltenen Sekundärrohstoffmengen.....	86
Tabelle 10-4:	Berechnung des Heizwertes und der Anteile an fossilem und biogenem Kohlenstoff auf der Basis der Zusammensetzung von Gewerbeabfällen für die Jahre 2007/2008.....	87
Tabelle 10-5:	Anfall und Export von Sekundärrohstoffen im Jahr 2007.....	89
Tabelle 10-6:	Grenzüberschreitende Verbringung der genehmigungspflichtigen Abfälle PPK, Kunststoffe, Metall und Holz im Jahr 2007	90
Tabelle 11-1:	Erlöse für verschiedene Outputfraktionen.....	103
Tabelle 11-2:	Durchschnittliche Kostensätze für den Input und Output von Vorbehandlungsanlagen (2010 geschätzt)	105
Tabelle 11-3:	Massenverteilung der mechanischen Vorbehandlung.....	106

Abbildungsverzeichnis

Bild 3-1:	Beispiele für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	4
Bild 3-2:	Entscheidungswege für den Gewerbebetrieb bei der Anwendung der Gewerbeabfallverordnung	6
Bild 4-1:	Erhebungsgrundlage der Abfallentsorgung und der Abfallbilanz für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle im Jahr 2007	9
Bild 4-2:	Entwicklung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) in den Jahren 2005 bis 2007	11
Bild 4-3:	Abhängigkeit des Gesamtaufkommens gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle von der Anzahl sozialversicherungspflichtiger Beschäftigter der Bundesländer.....	12
Bild 4-4:	Entkopplung des Gesamtabfallaufkommens von der Wirtschaftsleistung.....	13
Bild 4-5:	Entsorgung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den einzelnen Bundesländern im Jahr 2007.....	14
Bild 4-6:	Aufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Bundesländern im Jahr 2007	15
Bild 4-7:	Beseitigte gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in Berlin (AS 200301).....	17
Bild 4-8:	Abhängigkeit des Aufkommens gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Beseitigung vom Bruttoinlandsprodukt der Bundesländer.....	18
Bild 6-1:	Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle 1991/92, alte Bundesländer'	28
Bild 6-2:	Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Beseitigung	33
Bild 6-3:	Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Verwertung.....	34
Bild 6-4:	Abgeschätzte Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle für die Jahre 2007/2008	35
Bild 7-1:	Genehmigte Anlagenkapazitäten von Sortieranlagen in Nordrhein- Westfalen	39

Bild 7-2:	Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten Sortieranlagen	40
Bild 7-3:	Direkte und indirekte Verknüpfungen verschiedener Anlagen mit einer Sortieranlage	41
Bild 7-4:	Genehmigte Anlagenkapazität der MBA-Anlagen in Deutschland....	43
Bild 7-5:	Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten MBA- Anlagen.....	44
Bild 7-6:	Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten MVA- Anlagen.....	45
Bild 8-1:	Blockschema einer einfachen Sortieranlage ohne Klassierung.....	49
Bild 8-2 :	Wertstoffausbeute in Abhängigkeit vom spezifischen Durchsatz	51
Bild 8-3:	Blockschema einer Sortieranlage mittlerer Komplexität	52
Bild 8-4:	Blockschema einer Sortieranlage hoher Komplexität	53
Bild 8-5:	Blockschema einer Vorbehandlungsanlage zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen	54
Bild 8-6:	Inputkontrolle EBS-Kraftwerk, Beispiel	57
Bild 9-1:	Verteilung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) auf die Entsorgungsanlagen im Jahr 2007 (statistische Angaben)	61
Bild 9-2:	Verteilung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) auf die Entsorgungsanlagen im Jahr 2007 (Fragebogenerhebung)	62
Bild 9-3:	Abfallaufkommen hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) im Jahr 2007	63
Bild 9-4:	Entwicklung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Jahren 2004 bis 2007	64
Bild 9-5:	Anzahl der Entsorgungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in den Jahren 2004 bis 2007	65
Bild 9-6:	Verteilung der entsorgten Abfallmengen auf die Entsorgungsanlagen in den Jahren 2004 bis 2007	66

Bild 9-7:	Aufkommen und Verbleib der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in allen Bundesländern im Jahr 2007	67
Bild 9-8:	Anzahl der Entsorgungsanlagen für gemischte Verpackungen in den Jahren 2005 bis 2007	68
Bild 9-9:	Verteilung der gemischten, nicht differenzierbaren Verpackungen auf die Entsorgungsanlagen in den Jahren 2005 bis 2007	69
Bild 10-1:	In- und Outputmengen von Sortieranlagen in Berlin (2007) und Sachsen-Anhalt (2008)	71
Bild 10-2:	Verteilung des Outputs von Sortieranlagen im Jahr 2007 (Fragebogenerhebung)	74
Bild 10-3:	In- und Outputbilanzen verschiedener Sortieranlagen für das Jahr 2007	75
Bild 10-4:	Verteilung des Outputs von 10 Sortieranlagen	76
Bild 10-5:	Anteil der aus Gewerbeabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe....	77
Bild 10-6:	Aufkommen ausgewählter Sekundärrohstoffe und deren stoffliche Verwertungsquote.....	80
Bild 10-7:	Herkunft des Altpapiers.....	81
Bild 10-8:	Entwicklung der Verwertung von Post-Consumer-Kunststoffabfällen und Kunststoffabfällen aus Produktion und Verarbeitung sowie Verteilung der werkstofflichen und der energetischen Verwertung der Post-Consumer-Kunststoffabfälle auf die Branchen im Jahr 2007	83
Bild 11-1:	Überquellendes Zwischenlager einer Vorbehandlungsanlage, Mai 2005	92
Bild 11-2:	Preise und Gebühren für die Beseitigung in MVA und MBA-Anlagen.....	94
Bild 11-3:	Herkunft von Sortierresten des AS 191212 im Jahr 2008 am Beispiel des Landes Sachsen-Anhalt	96
Bild 11-4:	Angaben teilnehmender Betriebe zu Entsorgungspreisen.....	97
Bild 11-5:	Verwertungspreise für gemischte Gewerbeabfälle in Süddeutschland	98
Bild 11-6:	Indexreihe der Großhandelsverkaufspreise für verschiedene Altpapierqualitäten	100

Bild 11-7:	Preisentwicklung ausgewählter Altkunststoffe	101
Bild 11-8:	Marktpreisentwicklung und Trendeinschätzung für unterschiedliche energetische Verwertungswege und Brennstoffqualitäten.....	104
Bild 11-9:	Modellrechnung der Kosten und Erlöse für Vorbehandlungsanlagen bei einer Wertstoffausbeute von 16,5 Ma.-%.....	106
Bild 12-1:	Steigerung der Sekundärrohstoffausbeute durch generelle mechanische Vorbehandlung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (Mengenangaben für das Jahr 2007)	109
Bild 12-2:	Sekundärrohstoffausbeute durch generelle mechanische Vorbehandlung der anfallenden gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle kombiniert mit der Erhöhung der Wertstoffausbeute (Mengenangaben für das Jahr 2007)	111
Bild 12-3:	Beispiele für Siebunterläufe unterschiedlicher Korngrößen	115
Bild 13-1:	Beispiele für angelieferte gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	119
Bild 14-1:	Qualitative Rangfolge für eine hochwertige Vorbehandlung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle.....	125
Bild 14-2:	Bewertungsquote für eine hochwertige und schadlose Entsorgung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle	126
Bild 14-3:	Beispiele für die Berechnung der Bewertungsquote für eine hochwertige und schadlose Entsorgung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle	127

Anhangverzeichnis

Anhang 16-1:	Angeschriebene Unternehmen im Rahmen der Umfrage	136
Anhang 16-2:	Fragebogen	137
Anhang 16-3:	Abfallentsorgung 2007 und daraus resultierende Neuberechnung des AS 20030102.....	140
Anhang 16-4:	Neuberechnung der Anlagenanzahl 2007	142
Anhang 16-5:	Entsorgung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den einzelnen Bundesländern im Jahr 2007.....	143
Anhang 16-6:	Hausmüllaufkommen der Bundesländer im Jahr 2007	144
Anhang 16-7:	Aufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Bundesländern im Jahr 2007	145
Anhang 16-8:	Im Rahmen der Erhebung der Abfallerzeugung befragte Wirtschaftszweige mit Anzahl der Mindestbeschäftigten im Jahr 2006	146
Anhang 16-9:	Abfallbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik.....	147
Anhang 16-10:	Anlagensteckbriefe	148
Anhang 16-11:	Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) (berechnet) und gemischter Verpackungen im Jahr 2007 der Fragebogenerhebung	155
Anhang 16-12:	Aufkommen und Verbleib der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in allen Bundesländern im Jahr 2007	156
Anhang 16-13:	Modellrechnung der Kosten und Erlöse für Vorbehandlungsanlagen bei einer Wertstoffausbeute von 16,5 Ma.-%.....	158
Anhang 16-14:	Potentielle Zusammensetzungen des Anteils der aus Gewerbeabfällen herstellbaren Sekundärrohstoffe	158
Anhang 16-15:	Potentielle Ausbeute bei der Sortierung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen	159
Anhang 16-16:	Berechnung der Bewertungsquote für unterschiedliche Massenanteile im Output	159

Erläuterung der Abkürzungen, Maßeinheiten

a	Jahr
a.n.g.	anderweitig nicht genannt
AS	Abfallschlüssel
AS 15010600	gemischte Verpackungen nicht differenzierbar
AS 15010601	Leichtverpackungen (LVP)
AS 20030100	gemischte Siedlungsabfälle nicht differenzierbar
AS 20030101	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle <u>gemeinsam</u> über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt
AS 20030102	Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, <u>getrennt</u> vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt
AS 200399	Siedlungsabfälle a.n.g.
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
BDE	Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V.
BREF	Best Available Techniques Reference Documents
bvse	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V.
DKR	Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH
EBS	Ersatzbrennstoffe
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung
ITAD	Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen Deutschland e.V.
KMF	künstliche Mineralfaser
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
Ma.-%	Massenprozent = Gewichtsprozent
MBA	Mechanisch-biologische Aufbereitungsanlage
MBS	Mechanisch-biologische Stabilisierungsanlage
Mg	Megagramm (10 ⁶ g oder 1.000 kg, umgangssprachlich „Tonne“, t)
MPS	Mechanisch-physikalische Stabilisierungsanlage
MVA	Müllverbrennungsanlage
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
NIR	Nahinfrarotspektroskopie
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen

PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
SBS	Sekundärbrennstoffe
UStatG	Umweltstatistikgesetz
VKS	Verband kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung im VKU
VKU	Verband kommunaler Unternehmen e. V.

1 Ziel des Forschungsvorhabens

Während das bundesweite Aufkommen und der Verbleib für Siedlungsabfälle aus Haushalten und für die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle gut dokumentiert ist, fehlen für die der Gewerbeabfallverordnung unterliegenden Stoffströme⁵ verlässliche Informationen⁶. So wurde z.B. im UFO-Plan-Vorhaben „Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft“⁷ ausgeführt, dass „sich ...keine verlässlichen Mengenangaben aus den Statistiken ablesen (lassen). So lassen sich Zahlen und Schätzungen finden, die im Bereich 6 bis 15 Mio. Jahrestonnen liegen.“

Dieses Forschungsvorhaben nimmt sich dieses Problems an und hat zum Ziel, das Aufkommen, den Verbleib und die Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen (gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle) zu ermitteln.

Wesentliche Teilziele sind die Erhebung und Darstellung

- der Gewerbeabfallströme (Menge und Zusammensetzung),
- der Verwertungs- und Beseitigungswege,
- der aus Gewerbeabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe

sowie das Aufzeigen von

- Problemfeldern und Optimierungspotentialen zur effizienteren Nutzung der in Gewerbeabfällen enthaltenen Ressourcen.

⁵ Abfälle, die in § 1 Nr. 1 und unter § 1 Nr. 3 der Gewerbeabfallverordnung genannt sind

⁶ Kranert, M.: Gewerbeabfall- Das unbekanntes Wesen, Zeitschrift Müll und Abfall, 10/2006

⁷ ifeu: Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft, 2007, FKZ 206 31 303

2 Methodik

Für die Untersuchung wurden Informationen des statistischen Bundesamtes, der statistischen Landesämter sowie der Abfallbilanzen der Bundesländer ausgewertet. Sofern den veröffentlichten Quellen die erforderlichen Daten nicht oder nicht in ausreichender Tiefe entnommen werden konnten, wurden die Informationen direkt bei den zuständigen Institutionen nachgefragt.

Zur Erhebung ergänzender und vertiefender Primärdaten wurde eine Befragung bei Betreibern von Abfallsortieranlagen für gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle, Betreibern von mechanisch-biologischen (physikalischen) Aufbereitungsanlagen und Verbrennungsanlagen durchgeführt. Mit der Unterstützung von Verbänden der privaten und kommunalen Entsorgungswirtschaft (BDE, bvse, Entsorgungsgemeinschaften Nord und VKS im VKU) wurden insgesamt 610 Betreiber angeschrieben (Anhang 16-1). Neben allgemeinen Informationen zum teilnehmenden Unternehmen standen folgende Fragen im Mittelpunkt der Erhebung (Anhang 16-2):

- eingesetzte Verfahrenstechnik,
- Mengenaufkommen an gewerblichen gemischten Siedlungsabfällen,
- Veränderungen des Abfallaufkommens in den Jahren 2008 bis 2010 sowie deren Ursachen,
- Wertstoffanteil in dem Abfallgemisch,
- Preise.

Trotz der dankenswerten Unterstützung der Verbände und telefonischer Erinnerungsaktionen blieb die Rücklaufquote mit 19 % sehr gering. Von den insgesamt 114 beantworteten Fragebögen wurden 86 Rückläufe ausgewertet. Fragebögen wurden nicht ausgefüllt, weil z.B. die Anlage stillgelegt wurde (5 Adressaten), keine entsprechenden Abfälle angenommen worden sind (8 Adressaten) oder die Betreiber kein Interesse hatten (14 Adressaten).

Tabelle 2-1: Umfang der Fragebogenerhebung und Beteiligung

Anlagenart	verschickte Fragebögen	Rückmeldungen		ausgewertete Fragebögen
		Anzahl	%	Anzahl
Sortieranlagen	491	68	14%	46
MBA/MPS	46	17	37%	16
Verbrennungsanlagen	73	29	40%	24
Summe	610	114	19%	86

Von einigen Firmen wurden die Fragebögen unvollständig ausgefüllt; einige Betreiber haben gegenüber den Verbänden Ressentiments an einer Beteiligung geäußert. Beispielsweise wurde vermutet, dass der Projektbestandteil „Ressourcenrelevanz“ auf eine Abwertung der thermischen Verwertung zielt, so dass trotz der Verbands-Unterstützung teilweise auf eine Beteiligung verzichtet wurde. Verschiedentlich wurde eine Beteiligung mit der Begründung abgelehnt, es handele sich um einen Wettbewerbsmarkt, sodass über die eigene Marktstellung grundsätzlich keine Auskunft erteilt würde. Zusammenfassend ist mit Bedauern eine mangelnde Transparenz in diesem Teilmarkt der Abfallwirtschaft festzustellen.

Umso höher ist andererseits die Mitarbeit der teilnehmenden Unternehmen einzustufen. Die aggregierten Ergebnisse der Umfrage werden an entsprechender Stelle in die nachfolgenden Kapitel eingebunden.

Ein weiteres wesentliches Element der Untersuchung bildeten drei Expertenpanels und vertiefende Einzelgespräche, mit denen externes Fachwissen über die aktuelle Entsorgungssituation sowie zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten und Erfordernisse verfügbar gemacht wurde. Den teilnehmenden Institutionen und Firmen sei an dieser Stelle herzlich dafür gedankt:

- Verbandsvertreter der deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE, bvse, DKR, Entsorgungsgemeinschaft Nord, ITAD, VKS im VKU),
- Behördenvertreter der Länder und des Bundes,
- Entsorgungsunternehmen (ALBA Reststoff- Recycling GmbH & Co. KG, Brockmann Recycling GmbH, Buhck Umweltservices GmbH & Co. KG, Otto Dörner Entsorgung GmbH, Logex SYSTEM GmbH & Co. KG, Nehlsen AG, REMONDIS AG & Co. KG, Vattenfall Europe Generation AG, Zweckverband Abfallbehandlung Nuthe-Spree (ZAB)).

3 Gegenstand der Untersuchung und rechtlicher Rahmen

Gegenstand der Untersuchung sind ausschließlich gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle (AS 200301), sog. hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, die getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt werden. Diese Abfälle fallen u.a. in Gewerbebetrieben und Institutionen an und werden entweder im Rahmen der öffentlichen Abfallentsorgung oder von privaten Unternehmen separat erfasst und entsorgt. Weder sog. Geschäftsmüll, der zusammen mit dem Hausmüll als Teilfraktion erfasst wird, noch Abfälle aus Produktion bzw. Gewerbe (Abfälle aus anderen AVV-Kapiteln) werden in die Untersuchung einbezogen. Das Bezugsjahr für die generelle Datenerhebung ist das Jahr 2007.

Angaben zu anderen Abfallarten bzw. aus anderen Jahren werden im Einzelfall zur Ergänzung oder zum Vergleich des Datenmaterials herangezogen.

Bild 3-1: Beispiele für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle⁸



Die Entsorgung von Gewerbeabfällen wird in der Gewerbeabfallverordnung vom Juni 2002^{9, 10} geregelt. Die Verordnung stellt ordnungsrechtliche Anforderungen zum einen an die erzeugenden Gewerbebetriebe und zum anderen an die Betreiber von Vorbehandlungsanlagen.

Anlass zu dieser Verordnung war die in den 90er Jahren zunehmende Tendenz, gewerbliche Abfälle einer billigen „Scheinverwertung“ auf Deponien zuzuführen, anstatt das enthaltene Wertstoffpotential intensiv zu nutzen. In der Verordnung werden Anforderungen an die Getrennthaltung von Abfällen und an die Vorbehandlung von Gemischen einschließlich der Vorgabe einer dabei zu erreichenden Verwertungsquote geregelt. Somit soll sichergestellt werden, dass eine schadlose und möglichst hochwertige Verwertung nicht an mangelnder Stoffqualität der Abfälle infolge von Fehlwürfen, Schadstoffbelastungen oder unzulässigen Vermischungen mit anderen Abfällen scheitert.

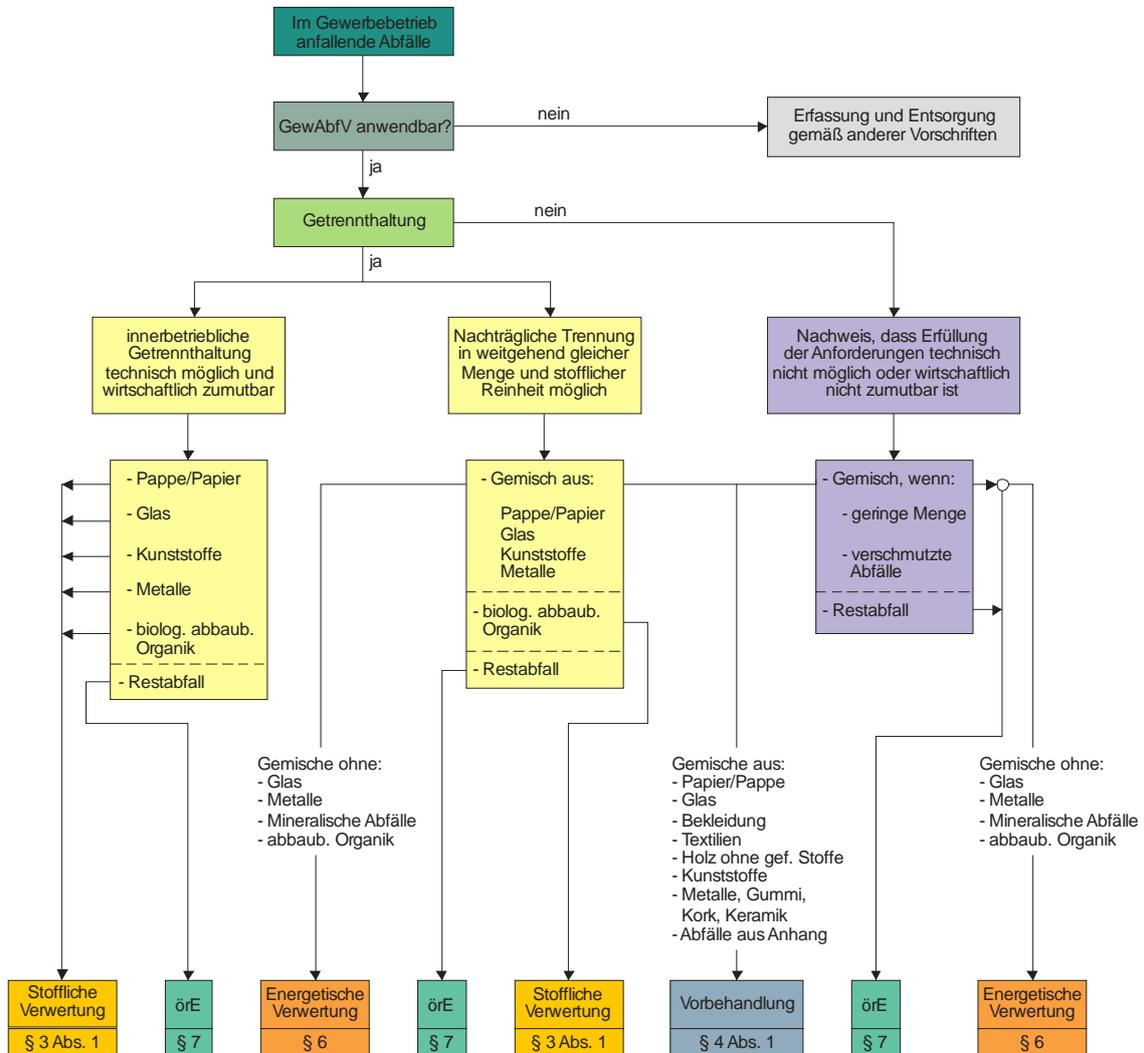
Die getrennte Erfassung von Gewerbeabfällen ist gemäß § 3 GewAbfV der Regelfall. Wertstoffe können entweder getrennt erfasst oder als Gemische einer Vorbehandlungsanlage zugeführt werden, wenn sie dort u.a. „in weitgehend gleicher Menge und stofflicher Reinheit“ aussortiert und einer stofflichen oder energetischen Verwertung zugeführt werden. Nach § 4 GewAbfV dürfen seit 2003 nur trockene Abfälle zur Verwertung gemeinsam erfasst werden. Nicht enthalten sein dürfen insbesondere nasse bzw. feuchte Abfälle wie z.B. Bioabfälle, die andere verwertbare Abfälle, wie z.B. PPK, verschmutzen können und damit die Verwertung dieser Abfälle unmöglich machen (vgl. auch § 5 Abs. 2 Satz 4 KrW-/AbfG zum Trennungsgebot für Abfälle zur Verwertung untereinander). Ebenso dürfen nach § 3 Abs. 8 GewAbfV in verwertbaren Abfallgemischen keine gefährlichen Abfälle enthalten sein. Sollen Abfälle sofort einer energetischen Verwertung zugeführt werden, ohne sie zuvor in einer Vorbehandlungsanlage zu behandeln, so müssen die Vorgaben an die Zusammensetzung des Gemisches gemäß § 6 GewAbfV durch den gewerblichen Abfallbesitzer/-erzeuger beachtet werden. Die Entscheidungsmöglichkeiten des Abfallerzeugers/-besitzers bei der Anwendung der Gewerbeabfallverordnung zeigt Bild 3-2.

⁸ Fotos: u.e.c. Berlin

⁹ Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung) vom 19. Juni 2002

¹⁰ Um den Vollzug der Verordnung zu erleichtern und um Fragen bezüglich der Hochwertigkeit zu klären, hat die LAGA im Jahr 2003 Hinweise zu dieser Verordnung erarbeitet - LAGA Vollzugshinweise zur GewAbfV, März 2003.

Bild 3-2: Entscheidungswege für den Gewerbebetrieb bei der Anwendung der Gewerbeabfallverordnung



4 Aufkommen der gewerblichen gemischten Siedlungsabfälle (AS 200301) im Jahr 2007

Gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle (AS 200301) sind Abfälle, die u.a. in Gewerbebetrieben und Institutionen anfallen und entweder im Rahmen der öffentlichen Abfallentsorgung oder von privaten Unternehmen separat erfasst und entsorgt werden. Die Entsorgung dieser Abfälle erfolgt überwiegend im Inland, ein Teil wird aber auch exportiert. Darüber hinaus werden geringe Abfallmengen aus dem Ausland in bundesdeutschen Abfallentsorgungsanlagen behandelt.

4.1 Mengenaufkommen in Deutschland

Im Rahmen einer statistischen Totalerhebung werden jährlich bundesweit die Daten zum Mengenaufkommen bei Abfallbehandlungsanlagen erhoben. Zu den Abfallbehandlungsanlagen zählen kommunale und private Anlagen, wie u.a. thermische Behandlungsanlagen, Feuerungsanlagen mit energetischer Verwertung von Abfällen, mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen, Sortieranlagen und sonstige Abfallbehandlungsanlagen. Gemischte Siedlungsabfälle werden hierbei unter vier Abfallschlüsseln erfasst:

- 20030100 gemischte Siedlungsabfälle nicht differenzierbar
- 20030101 Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle gemeinsam über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt
- 20030102 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt
- 200399 Siedlungsabfälle a.n.g..

Die Veröffentlichung der Abfallmengen je Abfallschlüssel erfolgt in der Veröffentlichung zur Abfallentsorgung 2007¹¹ des Statistischen Bundesamtes. Für die Berechnung des Mengenaufkommens für die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) werden die Mengen der undifferenzierten Abfallschlüssel 20030100 und 200399 summiert und in dem Verhältnis der AS 20030101 und 20030102 zueinander aufgeteilt. Die so erhaltene Abfallmenge wird der separat erfassten Abfallmenge AS 20030102 zugerechnet.

¹¹ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007 (Fachserie 19 Reihe 1) Wiesbaden 2009

Diese Neuberechnung kann jedoch nicht genutzt werden, um die Anzahl der Abfallentsorgungsanlagen, in denen im Jahr 2007 der Abfallschlüssel 200301XX verarbeitet wurde, zu benennen¹². Die Anlagenanzahl wird unter folgenden Prämissen angegeben:

- Der Anlagenbetreiber registriert gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle entweder als AS 20030100 oder als AS 20030101 bzw. AS 20030102. Zusätzlich wird Abfall als AS 200399 registriert.
- Es gibt somit drei Kategorien: Anlagen für AS 20030100, für AS 20030101/ 20030102 und für AS 200399.
- Bei der Anlagenanzahl für die AS 20030101 und AS 20030102 wird die höhere Anlagenanzahl ausgewählt.
- Für mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen und thermische Behandlungsanlagen wird die tatsächliche Anlagenzahl in Deutschland im Jahr 2007 gewählt.

Die ausführlichen Daten zur Neuberechnung der Abfallmenge und zur Anlagenanzahl sind dem Anhang 16-3 und Anhang 16-4 zu entnehmen.

Im Jahr 2007 sind in innerdeutschen Anlagen insgesamt 4,331 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle entsorgt worden, wovon 56.000 Mg aus dem Ausland importiert worden sind. Das Gesamtaufkommen der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle ist im Jahr 2007 damit weiter angestiegen und um rund 500.000 Mg höher als im Vorjahr. Die exportierte Abfallmenge betrug 38.000 Mg.

Tabelle 4-1: Aufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) im Jahr 2007 (berechnet)¹³

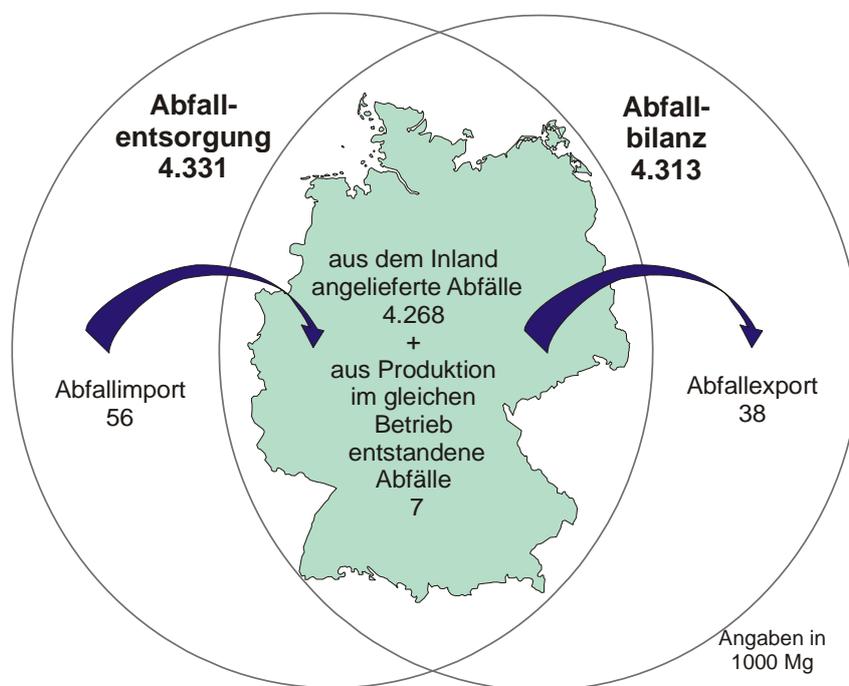
Abfallentsorgungsanlagen mit AS 200301XX im Input	499
Input in deutsche Abfallentsorgungsanlagen	4.331.000 Mg
aus Produktion im gleichen Betrieb entstandene Abfälle	7.000 Mg
angeliefert aus dem Inland	4.268.000 Mg
angeliefert aus dem Ausland	56.000 Mg
Export	38.000 Mg

¹² Ansonsten würden sich beispielsweise 79 mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen oder 134 thermische Behandlungsanlagen errechnen.

¹³ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007 (Fachserie 19 Reihe 1), Wiesbaden 2009

Während die Berechnung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle auf der Grundlage der Abfallentsorgung eine Gesamtmenge von 4,331 Mio. Mg ergibt, werden in der Abfallbilanz 4,313 Mio. Mg ausgewiesen. Grund dieser Abweichung ist die unterschiedliche Bewertung der Abfallimporte und -exporte. Während die Mengenangaben der Abfallentsorgung aus dem innerdeutschen Anlageninput incl. Abfallimport resultieren, betrachtet die Abfallbilanz den innerdeutschen Anlageninput incl. Abfallexport. Die Abfallimporte gehen in die Berechnungen der Abfallbilanz nicht ein. Das nachfolgende Bild verdeutlicht diese beiden verschiedenen Erhebungsgrundlagen.

Bild 4-1: Erhebungsgrundlage der Abfallentsorgung und der Abfallbilanz für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle im Jahr 2007



Eine Plausibilitätsprüfung der Datenneuberechnung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) einerseits und des Hausmülls andererseits mit den Daten der Landesabfallbilanzen zeigt, dass die so berechneten Mengen des AS 20030101 annähernd mit den Hausmüllmengen übereinstimmen. So weist die Abfallbilanz 2007 des statistischen Bundesamtes nach der beschriebenen Verrechnung eine Hausmüllmenge von rund 13,753 Mio. Mg¹⁴ aus. Die ausgewerteten Abfallbilanzen der einzelnen Bundesländer

¹⁴ Statistisches Bundesamt: Abfallbilanz 2007, Wiesbaden Juni 2009

für das Jahr 2007 ergeben in der Summe eine Hausmüllmenge von 13,809 Mio. Mg (Anhang 16-6).

Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle werden in der Praxis auch als Verpackungsgemische entsorgt und dadurch in der öffentlichen Statistik nicht unter dem Abfallschlüssel für gewerbliche Siedlungsabfälle (AS 200301), sondern als Verpackungsgemische AS 150106 erfasst. Das Statistische Bundesamt unterscheidet seit dem Jahr 2005 zwischen Abfälle aus Haushalten (AS 15010601 (Leichtverpackungen (LVP)) und Abfällen aus gewerblichen Anfallstellen (AS 15010600 (gemischte Verpackungen nicht differenzierbar)). Im Jahr 2007 sind rund 2,1 Mio. Mg gewerbliche Verpackungsgemische in bundesdeutschen Anlagen entsorgt worden.

Tabelle 4-2: Aufkommen von gewerblichen Verpackungsgemischen im Jahr 2007¹⁵

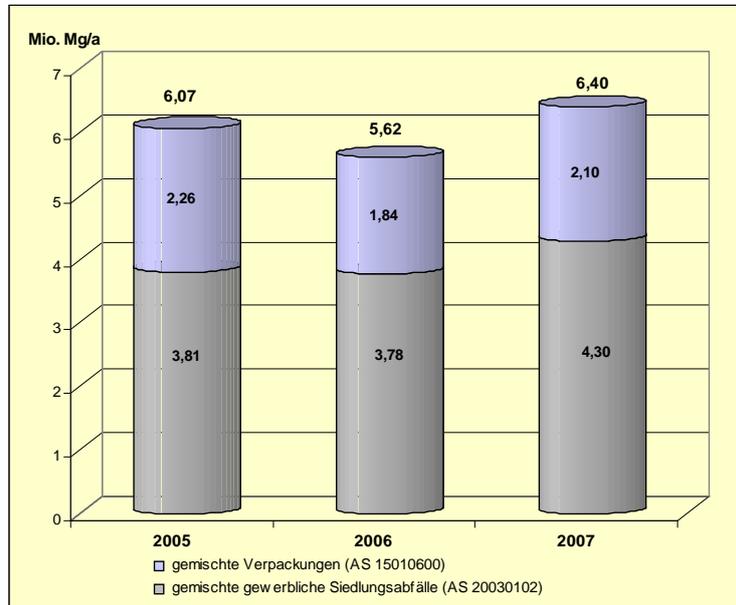
Abfallentsorgungsanlagen mit AS 15010600 im Input	462
Input in deutsche Abfallentsorgungsanlagen	2.079.000 Mg
aus Produktion im gleichen Betrieb entstandene Abfälle	7.000 Mg
angeliefert aus dem Inland	2.068.000 Mg
angeliefert aus dem Ausland	4.000 Mg
Export	k.A.

Somit sind im Jahr 2007 zusätzlich zu den rund 4,3 Mio. Mg gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen noch 2,1 Mio. Mg Verpackungsgemische angefallen und behandelt worden.

Sowohl das Aufkommen der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle als auch der Verpackungsgemische ist im Jahr 2007 weiter angestiegen, nachdem es im Jahr 2006 im Vergleich zum Vorjahr zurückgegangen war.

¹⁵ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007 (Fachserie 19 Reihe 1), Wiesbaden 2009

Bild 4-2: Entwicklung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) in den Jahren 2005 bis 2007¹⁶

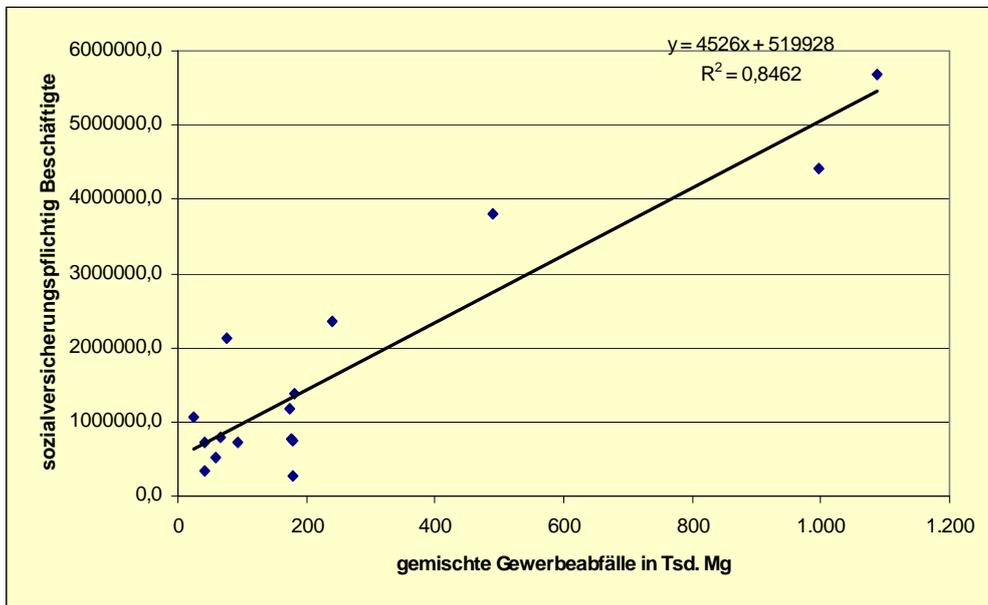


Das Mengenaufkommen und dessen zeitliche Entwicklung sind von diversen Faktoren abhängig und korreliert dadurch beispielsweise nicht einfach nur mit der Wirtschaftsentwicklung in Deutschland: das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt stieg von 2005 auf 2006 um 3 % an, während die Abfallmenge im selben Zeitraum sank. Faktoren wie die Preisentwicklung für Entsorgungsleistungen bzw. der Ausbau der getrennten Erfassung, die Betrachtung nur einer Teilmenge der insgesamt in Gewerbebetrieben erzeugten Abfälle und die Steigerung der Ressourceneffizienz beeinflussen das Aufkommen der betrachteten Abfallgemische ebenfalls und ggf. auch gegenläufig.

Auch andere einfache Korrelationen, so z .B. die nach Bundesländern differenzierte Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Abhängigkeit vom Aufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, liefert allenfalls eine grobe Grundlage zur Hochrechnung.

¹⁶ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2005 bis 2007, Wiesbaden

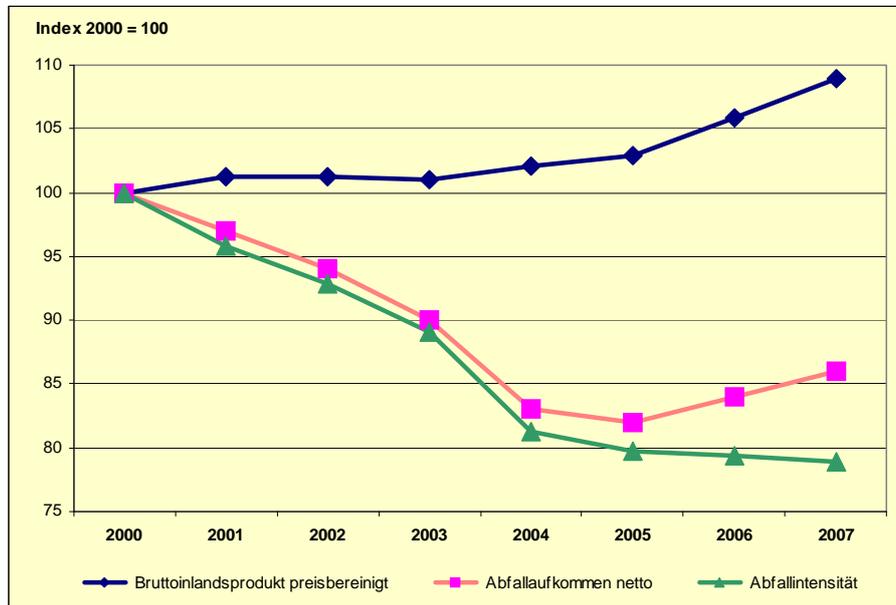
Bild 4-3: Abhängigkeit des Gesamtaufkommens gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle von der Anzahl sozialversicherungspflichtiger Beschäftigter der Bundesländer



In diesem Zusammenhang sei ergänzend erwähnt, dass das bundesweite Abfallaufkommen für alle Abfälle (incl. Bauabfälle) nach Erhebungen des Statistischen Bundesamtes von der Wirtschaftsleistung entkoppelt ist. Während sowohl das Bruttoinlandsprodukt als auch die Abfallmenge angestiegen ist, sank die Abfallintensität¹⁷ von 79,7 auf 78,9 %.

¹⁷ Abfallaufkommen dividiert durch das Bruttoinlandsprodukt.

Bild 4-4: Entkopplung des Gesamtabfallaufkommens von der Wirtschaftsleistung¹⁸



4.2 Mengenaufkommen der einzelnen Bundesländer

Da die statistische Datenerhebung bei den Abfallentsorgungsanlagen dezentral von den statistischen Landesämtern vorgenommen wird, kann auf länderspezifische Angaben zurückgegriffen werden. Allerdings werden aus Datenschutzgründen nicht alle Angaben für jedes Bundesland veröffentlicht; deshalb können von der Gesamtabfallmenge von 4,331 Mio. Mg gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle 3,8 % bzw. 163.000 Mg/a nicht den Bundesländern zugeordnet werden.

Die länderspezifische Auswertung zeigt, dass rund 60 Ma.-% der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Abfallentsorgungsanlagen der drei Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen entsorgt werden.

¹⁸ Statistisches Bundesamt 2009 - http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/dokumente/Abfallbilanzen_1999-2007_Grafiken.pdf

Mit über 80 Ma.-% wird der Großteil der bundesweit anfallenden Abfälle im jeweils eigenen Bundesland entsorgt¹⁹. Insgesamt werden nur 13 Ma.-% in andere Bundesländer transportiert; für das Bundesland Sachsen-Anhalt beträgt die aus anderen Bundesländern importierte Abfallmenge jedoch nahezu 50 %. Abfälle aus dem Ausland werden nur in Abfallbehandlungsanlagen der Bundesländer Bayern und Sachsen verarbeitet.

Bild 4-5: Entsorgung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den einzelnen Bundesländern im Jahr 2007²⁰



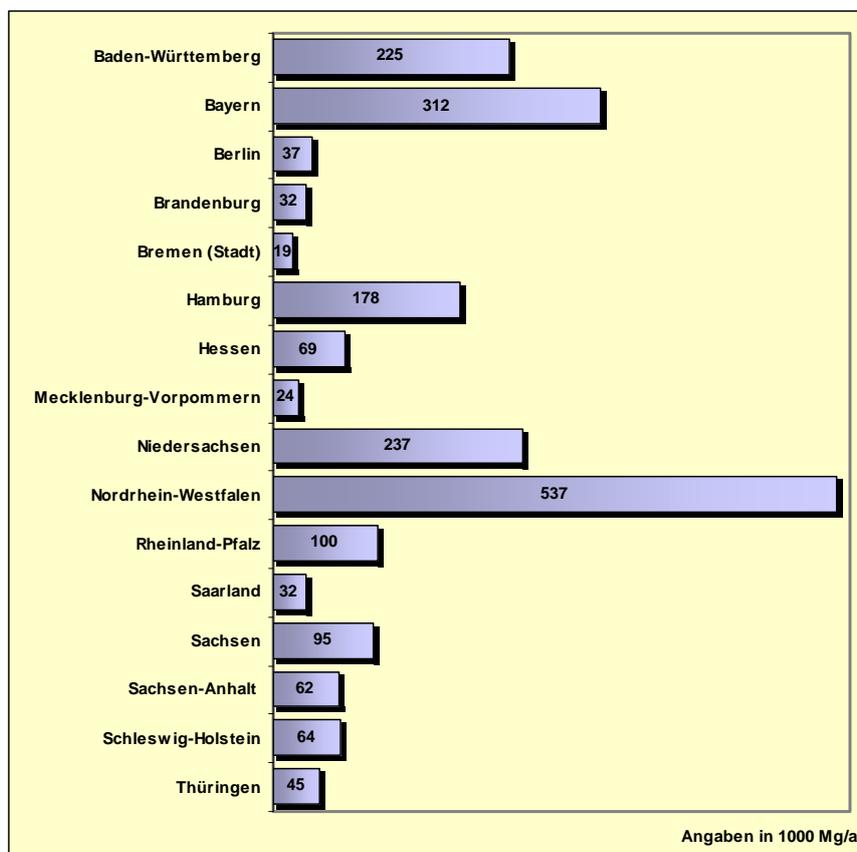
¹⁹ Der Ordnung halber sei daraufhin gewiesen, dass vor allem Sortieranlagen aus dem Input AS 20030102 Outputströme wie AS 191212 und/oder AS 191210 erzeugen, die dann in andere Bundesländer transportiert werden.

²⁰ Statistisches Bundesamt: Detailangaben zu den gemischten Siedlungsabfällen vom 05.02.2010

4.3 Den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle im 2007

Mit ca. 2,07 Mio. Mg gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle wird knapp die Hälfte der Gesamtmenge von 4,27 Mio. Mg den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen (Anhang 16-7).

Bild 4-6: Aufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Bundesländern im Jahr 2007²¹



Da für das Bundesland Sachsen nur eine mit anderen Abfallarten aggregierte Mengenangabe vorliegt, ist an dieser Stelle die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene Abfallmenge zu hoch berechnet. Für das Gesamtergebnis wirkt sich diese ungenaue Abgrenzung bei einem angesetzten Aufkommen von rund 95.000 Mg für das Bundesland Sachsen allerdings nur geringfügig aus. Diese Abgrenzungsproblematik besteht im Übrigen schon seit längerem. Nach wie vor ist die direkte Vergleichbarkeit von Daten

²¹ Abfallbilanzen der Bundesländer für das Jahr 2007

über gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle wie bereits Anfang der 90er Jahre eingeschränkt²².

Eine Literaturrecherche zeigt, dass das Aufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassene Gewerbeabfälle langfristig gesunken ist. Böllhof²³ gibt für 1995 noch ein Mengenaufkommen von ca. 6,2 Mio. Mg Gewerbeabfälle an, die bis 2004 auf ca. 3,2 Mio. Mg zurückgehen. Für das Jahr 2000 wurde eine Menge von ca. 4,9 Mio. Mg hochgerechnet^{24, 25}; darin nicht enthalten waren die damals noch in größerem Umfang „scheinverwerteten“ Abfälle.

Gewerbeabfälle wurden einer so genannten „Schein-Verwertung“ zugeführt, um sie nicht den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern zur Beseitigung überlassen zu müssen und damit kostengünstigere Wege nutzen zu können. Unter „Schein-Verwertung“ ist die Entsorgung von Gewerbeabfällen mit Hilfe einer Kombination aus Sortieranlage und Deponie zu verstehen. Meist waren die Sortieranlagen weder von der Kapazität noch von den technischen Möglichkeiten in der Lage, nennenswerte Anteile an Wertstoffen abzutrennen und einer Verwertung zuzuführen. Der überwiegende Teil des Inputs wurde vielmehr als Sortierrest auf einer Deponie günstig beseitigt.

Die vom Ende der Ablagerung unbehandelter Abfälle im Jahr 2005 ausgelösten Marktverwerfungen - Abstimmung bisher verwerteter gewerblicher Abfälle in die Beseitigungsschiene – wie sie beispielsweise in Baden-Württemberg^{26, 27} und Berlin analysiert wurden, sind mittlerweile überwunden. So sind die beseitigten Mengen in Berlin gegenüber 2004 (45.500 Mg) nur kurz wieder angestiegen, seit 2006 werden dem öffentlich-rechtlichen

²² Müller, Ute: Ergebnisse der bundesweiten Gewerbemüllanalyse, Müll und Abfall 27 (1995) Nr.6, S.371-387

²³ Böllhof, Ch.; Alwast, H.: Rechnung mit Unbekannten – Wie lange noch müssen Restabfälle und Ersatzbrennstoffe zwischengelagert werden?, in: Zeitschrift MüllMagazin, 3/2006

²⁴ Gallenkemper et. al: Rahmenstrukturen der Überlassung von haushaltsabfallähnlichen Gewerbeabfällen, Dezember 2001, Gutachten im Auftrag der Edelhoff Umweltservice GmbH & Co. KG

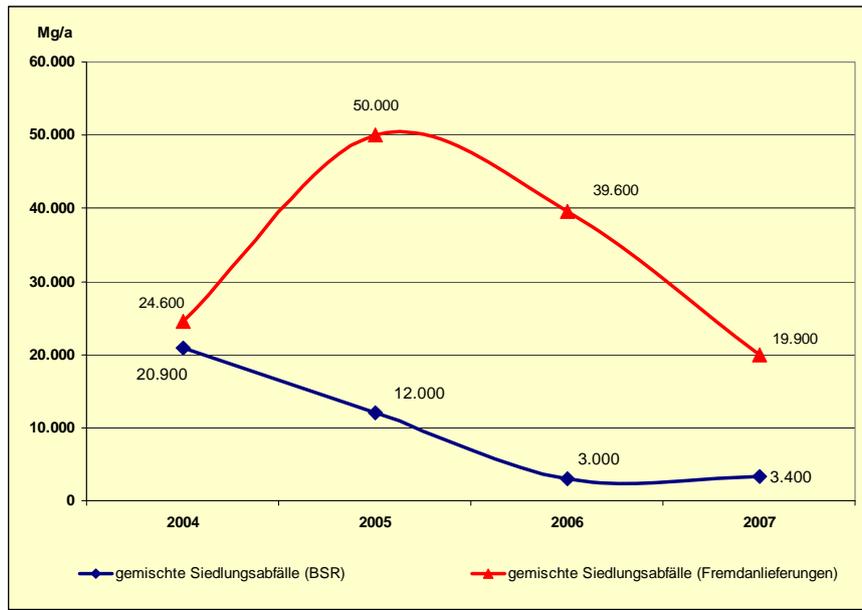
²⁵ Bericht der LAGA zur 60. Umweltministerkonferenz. Umsetzung der Abfallablagereungsverordnung. Entwurf Stand 05.05.03. Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (Hrsg.)

²⁶ Kranert, M.; Clauß, D.: Entwicklung der Gewerbeabfallströme und Kapazitäten, in: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser 2007, 40. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Aachen 2007

²⁷ Bagin, W.: Gewerbeabfallentsorgung im Landkreis Böblingen, in: Zeitschrift Müll und Abfall, 10/2006

Entsorgungsträger wieder weniger Abfälle überlassen. Der Rückgang setzt sich seitdem fort.

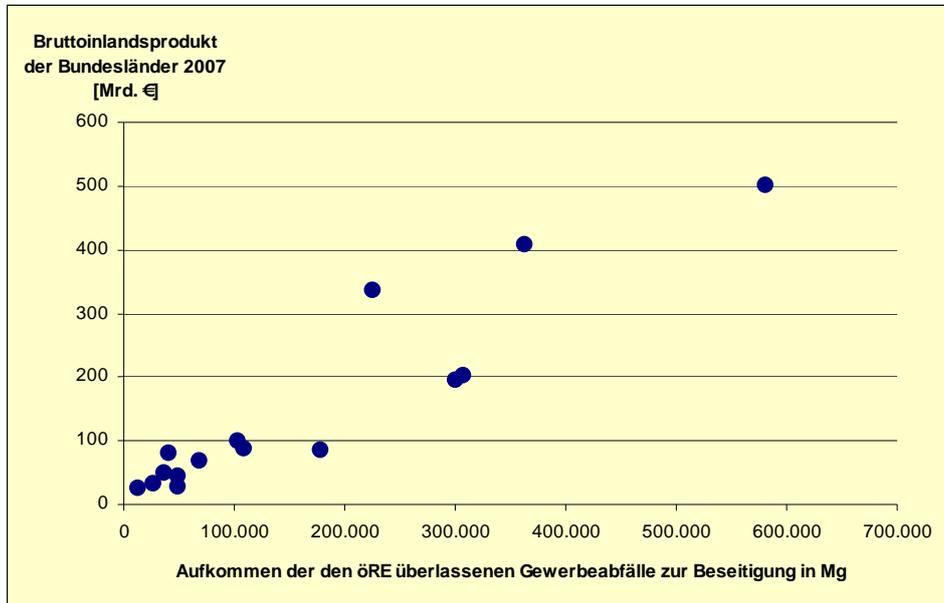
Bild 4-7: Beseitigte gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in Berlin (AS 200301)²⁸



Das Mengenaufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle zur Beseitigung ist von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig. Bild 4-8 zeigt exemplarisch, dass die sonst zur Abschätzung des Abfallmengenaufkommens eingesetzten Parameter wie z.B. das Bruttoinlandsprodukt nur begrenzt für die Aufkommensprognose anwendbar sind.

²⁸ Oetjen-Dehne et.al.: Stärker stofflich nutzen – am Beispiel von Berlin wurden Stand und Optimierungsmöglichkeiten der Gewerbeabfallverwertung untersucht, ReSOURCE 1/2010

Bild 4-8: Abhängigkeit des Aufkommens gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Beseitigung vom Bruttoinlandsprodukt der Bundesländer



4.4 Im- und Export gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle

In Deutschland, wie auch in allen anderen EU-Staaten, unterliegt ein Abfall bei grenzüberschreitender Abfallverbringung je nach vorgesehenem Entsorgungsverfahren, Bestimmungsstaat und Abfalleinstufung entweder Informationspflichten oder einem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung (Beantragung) und Zustimmung (Genehmigung). Im Jahr 2007 betrug die Einfuhr von notifizierungspflichtigen Abfällen rund 6,24 Mio. Mg, davon rund 2,6 Mio. Mg gefährliche Abfälle. Der Export dagegen lag bei 1,83 Mio. Mg, davon knapp 0,25 Mio. Mg gefährliche Abfälle. Im Vergleich dazu wurden rund 14,1 Mio. Mg nicht zustimmungspflichtige Abfälle im Jahr 2007 importiert, die Ausfuhren betragen im selben Jahr rund 19,4 Mio. Mg²⁹.

Auch die Verbringung von gemischten Siedlungsabfällen (AS 20030101), die in privaten Haushalten eingesammelt worden sind, zu ausländischen Verwertungs- oder Beseitigungsanlagen ist notifizierungspflichtig^{30 31}, auch wenn dabei Abfälle anderer Erzeuger mit

²⁹ Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt - Grenzüberschreitende Abfallverbringung 2007

³⁰ Artikel 3 Abs. 5 der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen

³¹ § 2 Abs. 2 des Gesetzes zur Ablösung des Abfallverbringungsgesetzes und zur Änderung weiterer Rechtsvorschriften Vom 19. Juli 2007

eingesammelt wurden. Für diese genehmigungspflichtigen Abfälle liegen genauere Angaben zur im- bzw. exportierten Abfallmenge, zum Ein- bzw. Ausführstaat und zum Bundesland, das die Abfälle im- bzw. exportiert hat, vor.

Die grenzüberschreitende Abfallverbringung spielt sich vorwiegend zwischen Nachbarstaaten ab (so z.B. zwischen Bayern und Österreich, zwischen Nordrhein-Westfalen und den Niederlanden oder zwischen Baden-Württemberg und der Schweiz) und dort wiederum ist vor allem bei der Ausfuhr der grenznahe Raum überproportional vertreten.

5 Gewerbeabfallmengen nach Wirtschaftszweigen

Für das Berichtsjahr 2006 wurden erstmals seit dem Jahr 1993 wieder Daten zur Abfallerzeugung in den Betrieben³² erhoben. Aufgrund der gesetzlichen Begrenzung auf max. 20.000 Betriebe³³ umfasste die Erhebung das produzierende Gewerbe, die Energie- und Wasserversorgung sowie Dienstleistungsbereiche. Die Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Baugewerbe sowie Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten wurden nicht in die Erhebung einbezogen. Zudem wurden zur Entlastung von Kleinbetrieben nur größere Unternehmen befragt, wobei die Grenze der Mitarbeitermindestanzahl je nach Wirtschaftszweig³⁴ zwischen 50 und 500 Beschäftigten variierte (Anhang 16-8). Letztendlich umfasste die Teilerhebung insgesamt 19.348 Betriebe, in denen rund 61,5 Mio. Mg Abfälle anfielen.

Von den 19.348 Betrieben haben 18.091 Betriebe im Jahr 2006 insgesamt 4,766 Mio. Mg Siedlungsabfälle (AVV-Kapitel 20) erzeugt. Von den Betrieben wurde angegeben, dass die gemischten Siedlungsabfälle u.a. mit dem Hausmüll gemeinsam über die öffentliche Müllabfuhr erfasst wurden. Hierbei handelt es sich somit um den so genannten Geschäftsmüll mit dem Kunst-Abfallschlüssel 20030101. Des Weiteren wurden die gemischten Siedlungsabfälle unter den AS 20030102, 20030100 und 200399 entsorgt.

³² Statistisches Bundesamt: Erhebung über die Abfallerzeugung 2006, Wiesbaden 2008

³³ § 3 Abs. 3 UStatG

³⁴ Die Zuordnung der Betriebe zu den Wirtschaftszweigen basiert auf der Klassifikation aus dem Jahr 2003 - Statistisches Bundesamt: Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003.

Tabelle 5-1: Erzeugte gemischte gewerbliche Siedlungsabfallmenge im Jahr 2006³⁵

Abfallart	Befragte Betriebe	Erzeugte Abfallmenge
	Anzahl	Mg/a
20 - Siedlungsabfälle	18.091	4.766.000
davon		
20030101 Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle gemeinsam über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt	6.538	630.600
20030102 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt	7.795	770.400
20030100 gemischte Siedlungsabfälle nicht differenzierbar	3.865	524.200
200399 Siedlungsabfälle a. n. g.	125	43.000
Zwischensumme 2003XX		1.968.200

Da aus den Erhebungsdaten nicht ersichtlich ist, welchen Anteil der Geschäftsmüll bei dem undifferenzierten Abfallschlüssel 20030100 einnimmt, werden nachfolgend zwei Fälle betrachtet. Zum einen wird eine Neuberechnung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle analog zur prinzipiellen Neuberechnung wie in Kapitel 4.1 (bzw. Anhang 16-3) vorgenommen (Variante 1), zum anderen wird die Abfallmenge des AS 20030100 vollständig als gewerblicher gemischter Siedlungsabfall eingestuft (Variante 2). Dadurch kann für die erzeugte Abfallmenge AS 20030102 eine Spannbreite angegeben werden.

In den befragten Betrieben der 16 Wirtschaftszweige wurden im Ergebnis der Berechnung zwischen 1,1 und 1,33 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle AS 20030102 erzeugt und getrennt vom Hausmüll angeliefert oder entsorgt (Tabelle 5-2).

³⁵ siehe Fußnote 32

Für einen Plausibilitätsvergleich mit den bei Entsorgungsanlagen angelieferten gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen in Höhe von 3,78 Mio. Mg im Jahr 2006³⁶ müssen die Daten der Teilerhebung auf die Grundgesamtheit hochgerechnet werden. Dieses ist anhand des vorliegenden Datenmaterials nur über die Kenngröße „spezifische Erzeugungsmenge je Beschäftigtem“ möglich. Die Hochrechnung dieser spezifischen Abfallmenge über die spezifischen Erzeugungsmengen pro Beschäftigter und die Gesamtanzahl der Beschäftigten in den untersuchten Wirtschaftszweigen ergibt eine Gesamtabfallmenge von 2,72 bis 3,52 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle (Tabelle 5-2). Wird berücksichtigt, dass nicht alle Wirtschaftszweige in die Untersuchung einbezogen wurden, kann von einer hinreichenden Genauigkeit gesprochen werden.

³⁶ Die Berechnung der bei Entsorgungsanlagen angelieferten gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen in Höhe von 3,78 Mio. Mg im Jahr 2006 erfolgt analog zu der Berechnung der Abfallmengen für das Jahr 2007 (Kapitel 4.1).

Tabelle 5-2: Nach Wirtschaftszweigen differenzierte erzeugte gemischte gewerbliche Siedlungsabfallmenge im Jahr 2006³⁷

Untersuchte Wirtschaftszweige ³⁸		Befragte Betriebe	gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle 1.000 Mg/a	Beschäftigte/befragter Betrieb	Beschäftigte in befragten Betrieben gesamt	spez. Abfallmenge Mg/ Beschäftigter	Gesamtbeschäftigte der Branche ³⁹ Anzahl	Abfallmenge für alle Beschäftigten des WZ 1.000 Mg/a
DA	Ernährung und Tabakverarbeitung	1.347	111 – 131	261	351.877	0,32 - 0,37	661.912	209 – 247
DB/ DC	Textil- und Bekleidung, Leder- gewerbe	738	19 - 22	155	114.186	0,17 - 0,19	155.130	26 – 30
DD	Holzgewerbe	383	14 – 19	146	56.033	0,25 - 0,34	136.235	34 – 47
DE	Papier-, Verlags- und Druck- gewerbe	1.711	53 – 58	180	308.501	0,17 - 0,19	449.281	77 – 84
DF	Kokerei etc.	52	3,7 – 4,0	370	19.259	0,19 - 0,21	29.140	5,6 - 6,1
DG/ DH	Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	2.718	143 – 157	253	688.797	0,21 - 0,23	825.423	171 – 188

³⁷ Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes vom 25.02.2010

³⁸ Die Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft (Abschnitt A), Fischerei und Fischzucht (Abschnitt B), Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (Abschnitt C), Baugewerbe (Abschnitt F) sowie Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten wurden nicht in die Erhebung einbezogen.

³⁹ Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort je Wirtschaftszweig zum Stichtag 31.12.2006 - Auswertungen aus der Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit

Untersuchte Wirtschaftszweige ³⁸		Befragte Betriebe	gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle 1.000 Mg/a	Beschäftigte/befragter Betrieb	Beschäftigte in befragten Betrieben gesamt	spez. Abfallmenge Mg/ Beschäftigter	Gesamtbeschäftigte der Branche ³⁹ Anzahl	Abfallmenge für alle Beschäftigten des WZ 1.000 Mg/a
DI	Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	938	97 – 144	158	147.969	0,66 - 0,97	202.085	132 – 197
DJ	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	1.748	73 – 79	307	536.655	0,14 - 0,15	1.060.593	144 - 157
DK/ DL/ DM	Maschinenbau, Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen, Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik, Fahrzeugbau	4.782	322 – 338	475	2.272.669	0,14 - 0,15	2.903.146	411 – 432
DN	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnisse	776	29 – 31	175	135.524	0,22 - 0,23	236.478	51 – 54
E	Energie- und Wasserversorgung	149	6 – 13	849	126.456	0,04 - 0,10	257.317	11 – 26
G-Q	Dienstleistungen	2.749	236 – 335	1.054	2.897.752	0,08 - 0,12	17.791.264	1.446 - 2.057
		18.091	1.106 – 1.331		7.655.680		24.708.004	2.718 - 3.524

Abweichungen bei der Summation aufgrund von Rundungen bzw. aus Datenschutzgründen möglich.

Die Verteilung der erzeugten Abfallmengen auf die einzelnen Branchen ist sehr unterschiedlich und liegt zwischen ca. 6.000 Mg/a für den Wirtschaftszweig DF (Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen) und 1,4 bis 2 Mio. Mg/a für die Dienstleistungsbranchen. Dass in den Dienstleistungsbranchen trotz der geringen spezifischen Abfallmenge von 80 bis 120 kg/Beschäftigter über 50 Ma.-% der Gesamtabfälle erzeugt werden, hängt ursächlich mit der hohen Beschäftigtenanzahl zusammen.

6 Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle

Im Zuge der Projektbearbeitung erfolgte eine Recherche zum verfügbaren Datenmaterial über die Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle. Das Ergebnis zeigt, dass die Datenlage zur Zusammensetzung von gemischten Gewerbeabfällen aus verschiedenen Gründen unbefriedigend ist:

- Die meisten Untersuchungen in den 90er Jahren wurden von öffentlichen Auftraggebern veranlasst, Untersuchungsgegenstand waren deshalb Abfälle zur Beseitigung im Zustand, wie sie an der jeweiligen Beseitigungsanlage angeliefert wurden. Es konnte lediglich eine aktuelle Untersuchung aus dem Jahr 2008 identifiziert werden, die überwiegende Zahl ist deutlich älter.
- Die Zusammensetzung von Gewerbeabfällen, die in Wechselbehältern gesammelt und zur Beseitigungsanlage transportiert werden, wird durch die visuelle Abschätzung der Volumenanteile und nachträgliche Umrechnung in Massenanteile ermittelt. Dies führt zu einer weniger differenzierten Aussage zur Zusammensetzung, als dies bei einer händischen Sortierung möglich ist, da nur Volumenanteile größer 5 % und lose Anteile verlässlich bestimmt werden können. Die Anteile von geschlossenen Gebinden (Eimer, Säcke, Kartons) werden Oberfraktionen wie Werkstattabfall, Renovierungsabfall oder hausmüllähnlichem Abfall zugeordnet.
- Auch die Umrechnung von Volumenanteilen in Massenanteile mit Hilfe von differenzierten Schüttdichten für die einzelnen Abfallbestandteile ist nicht trivial, wie bereits in der Bundesweiten Gewerbeabfalluntersuchung 1993 festgestellt wurde.
- Bei diesen Untersuchungen erfolgt in den wenigsten Fällen eine weitergehende Bewertung der im Gewerbeabfall enthaltenen Wertstoffe in Hinblick auf die Eignung als Se-

kundärrohstoff. Für eine solche Bewertung müssten u.a. die Korngröße und der Verschmutzungsgrad der einzelnen Abfallbestandteile ermittelt und hinsichtlich der Wertstoffgewinnung bewertet werden.

- Aussagen zu den tatsächlich bei einer Vorbehandlung in einer Sortieranlage gewinnbaren stofflich verwertbaren Anteilen können nur auf der Basis von Untersuchungen an konkreten Anlagen mit einer entsprechenden Bilanzierung der Outputströme getroffen werden. Derartige Analysen werden i.d.R. von den Anlagenbetreibern nicht publiziert.
- Für den Zeitraum nach dem Jahr 2000 konnten nur 5 Untersuchungen an Beseitigungsanlagen und 2 Untersuchungen an Anlagen zur Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen ausgewertet werden⁴⁰. Untersuchungen aus dem Jahr 2009 an 10 Vorbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt beziehen sich vor allem auf Sortierreste als Anlageninput und sind deshalb nicht unmittelbar mit (unsortierten) gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen vergleichbar⁴¹. Analysen zur Zusammensetzung der gemischten Verpackungsabfälle liegen gar nicht vor.

Insofern ist es nicht verwunderlich, dass selbst aktuelle Publikationen sich auf veraltetes Datenmaterial stützen. Wenn aber aus Daten zwischen 1990 und 2001 eine stoffliche Zusammensetzung modelliert und diese beispielsweise als Grundlage für die Ermittlung der regenerativen Anteile bei einer vollständigen thermischen Behandlung dieser Abfälle oder zur Abschätzung des Energiegehaltes genutzt wird, sind die darauf basierenden Einschätzungen zumindest mit großen Unsicherheiten behaftet.

Die im Rahmen der Bearbeitung ausgewerteten Untersuchungen werden im Folgenden hinsichtlich der wesentlichen Rahmenbedingungen, der Verwendbarkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse kurz beschrieben.

⁴⁰ Recherche Kanthak & Adam

⁴¹ u.e.c Berlin: Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen – Recherche und Untersuchungen an Abfallbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt und Abgrenzung der Abfallschlüssel 191209 und 191212, Studie für das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Mai 2010

6.1 Ergebnisse der BWGU 1992

Die letzte umfängliche Gewerbeabfalluntersuchung wurde im Jahr 1993 mit der Vorlage des Forschungsberichts Nr. 103 03 224 abgeschlossen⁴²; Schwerpunkt war u.a. die Ermittlung von Aufkommen und Zusammensetzung von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen. Veröffentlicht wurde eine Kurzfassung als UBA Text 68/94 und ein Beitrag im Müll-Handbuch (Kz. 1742).

Bei der Bewertung der dabei gewonnenen Erkenntnisse sind u.a. die folgenden Randbedingungen zu beachten:

- Die Untersuchung fand ausschließlich in den alten Bundesländern statt.
- Es wurden nur Abfälle betrachtet, die kommunalen Entsorgungsanlagen angedient wurden.
- Die Untersuchung der Abfallzusammensetzung wurde vor der Umsetzung der letzten Stufe der Verpackungsverordnung (Rücknahme- und Verwertungspflicht für Verkaufsverpackungen) durchgeführt.

Die Erhebung der für dieses Forschungsvorhaben benötigten Daten erfolgte durch umfangreiche Auswertung verschiedener Datenquellen, wie Arbeitsstättenzählungen, Angaben von Kommunen, Abfalltransporteuren und Entsorgungsanalysen zum Aufkommen und zum Abfallerzeuger, Auswertung einer speziellen Fragebogenaktion.

Die für die eigentlichen Untersuchungen (Sichtungen und Sortierungen) auszuwählenden Landkreise und Städte auf der Basis von Wirtschaftsbereichen, Arbeitsstätten und Beschäftigten erfolgte dann mit dem Ziel, eine möglichst hohe Ähnlichkeit mit dem Bundesdurchschnitt zu erreichen. Mit den Ergebnissen der Untersuchung sollte es ermöglicht werden, Gewerbeabfallmengen und -zusammensetzung für andere nicht untersuchte Kreise berechnen zu können.

Die wesentlichen Arbeitspakete des Forschungsvorhabens waren:

- Erhebung der Abfallmengen in den 15 ausgewählten Kreisen (Entsorgungsanlagen und Transporteure),

⁴² Umweltbundesamt: Bundesweite Gewerbeabfalluntersuchung – gekürzte Fassung -, Forschungsbericht 103 03 224 UBA-FB 94-111, UBA-Texte 68/94

- Sichtung der Abfälle aus den Wechselbehältern an den relevanten Entsorgungsanlagen (5.920 Sichtungen von 3.670 Arbeitsstätten),
- Sortierung der Geschäftsmüllbehälter (686 Behälter von 665 Arbeitsstätten) sowie
- Fragebogenaktion zu Betriebsgröße und Maßnahmen zur getrennten Erfassung von Abfällen (11.000 Arbeitsstätten).

Die sehr aufwendigen Recherchen mussten teilweise noch während der eigentlichen Datenerhebung an den Entsorgungsanlagen weitergeführt werden.

Die einzelnen Arbeitspakete lieferten eine Vielzahl von Daten, die durch ein im Rahmen des Forschungsvorhabens erst noch zu entwickelndes Auswertungsverfahren in eine nutzbare Form überführt werden mussten. Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens ermöglichten (unter Beachtung der beschriebenen Randbedingungen)

- die Benennung der Gewerbeabfallmengen je Arbeitsstätte, differenziert nach der Anzahl der Arbeitsstätten je Landkreis,
- die Angabe der spezifischen Abfallmengen pro Beschäftigten, differenziert nach Betriebsgröße und Behälterart und
- die Beschreibung der Abfallzusammensetzung, differenziert nach Umleer- und Wechselbehältern.

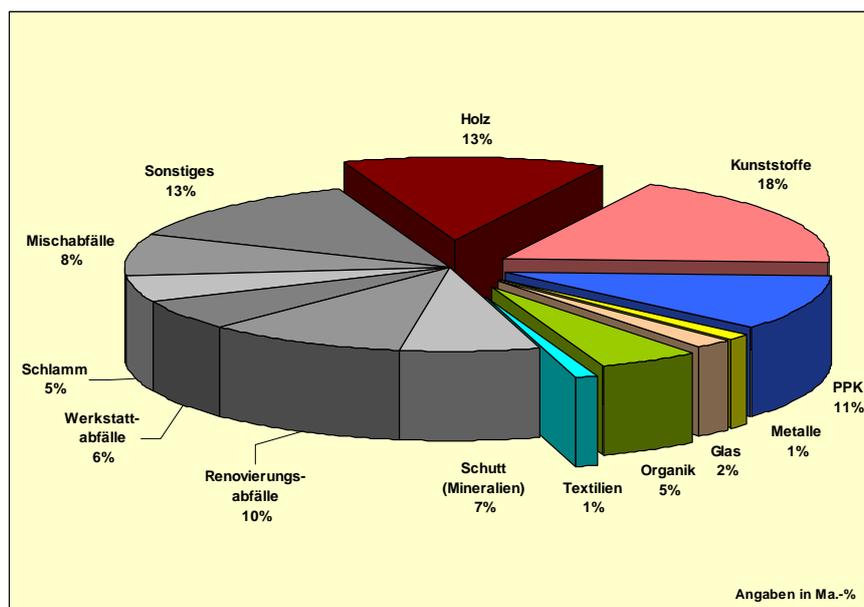
Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Abfallmengen pro Arbeitsstätte und pro Beschäftigten in den einzelnen Betriebsgrößeklassen sowie unterschiedliche Verteilung der zu einer Behälterart gehörenden Arbeitsstätten erfolgte die Auswertung der gewonnenen Daten getrennt nach den Behälterarten Wechselbehälter (hausmüllähnliche Gewerbeabfälle), Umleerbehälter > 500 l (Geschäftsmüll) und Umleerbehälter < 500 l (Geschäftsmüll). Die Untersuchung ergab, dass in den alten Bundesländern in den Jahren 1991/1992 zwischen 8,5 und 9,9 Mio. Mg/a hausmüllähnliche Gewerbeabfälle angefallen sind. Zwischen 19 und 22 Ma.-% der hochgerechneten Gesamtabfallmenge entfallen auf den Geschäftsmüll aus Umleerbehältern.

Tabelle 6-1: Hochrechnung der Gewerbeabfallmengen aus Arbeitsstätten für die Jahre 1991/1992 (alte Bundesländer)⁴³

	Abfallmenge von	Abfallmenge bis
hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	8,5 Mio. Mg/a	9,9 Mio. Mg/a
Geschäftsmüll	2,0 Mio. Mg/a	2,8 Mio. Mg/a
Summe	10,5 Mio. Mg/a	12,7 Mio. Mg/a

Die durchschnittliche Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle zeigt deutliche Wertstoffpotentiale (42 Ma.-%) für die Abfallfraktionen Holz, Kunststoffe und PPK auf.

Bild 6-1: Zusammensetzung der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle 1991/92, alte Bundesländer^{44, 45}



⁴³ siehe Fußnote 42

⁴⁴ siehe Fußnote 42

⁴⁵ Renovierungsabfälle: Tapeten, Mörtel, Abdeckfolien, Reste von Bodenbelegen etc.

6.2 Untersuchungsergebnisse von Kern und darauf basierender Studien

In einer im Jahr 2001 veröffentlichten Studie wird von Kern⁴⁶ eine mittlere Gewerbeabfallzusammensetzung für das Jahr 2000 zugrunde gelegt, die ihren Ursprung in Untersuchungen des Witzenhausen-Institutes aus den 90er Jahren hat. Diese Zusammensetzung wird von anderen Autoren fast unverändert auf die Jahre 2009 und 2010 übertragen.

Die von Seeger⁴⁷ vorgenommenen Veränderungen (die Darstellung in 2009 weist keinen Wert für Schlamm jedoch einen für Feinmüll aus) sind geringfügig, die Anteile für die Hauptwertstoffgruppen (Glas, Holz, Kunststoffe, Metalle, PPK) wurden unverändert aus der Untersuchung von Kern übernommen.

⁴⁶ Kern, M., Sprick W.: Abschätzung des Potentials an regenerativen Energieträgern im Restmüll, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH in Bio- und Restabfallbehandlung V. Wiemer/Kern (Hrsg.). Witzenhausen- Institut - Neues aus Forschung und Praxis. Witzenhausen 2001

⁴⁷ Seeger, H.: Bedeutung der Kunststofffraktion für die EBS-Verwertung in Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV. Wiemer/Kern (Hrsg.). Witzenhausen- Institut - Neues aus Forschung und Praxis. Witzenhausen 2009

Tabelle 6-2: Merkmale der seit 2000 veröffentlichten Untersuchungsergebnisse zur Gewerbeabfallzusammensetzung

	Kern 2000	Seeger 2009	ifeu/ Öko-Institut 2010
Genauer Titel	Abschätzung des Potentials an regenerativen Energieträgern im Restmüll	Bedeutung der Kunststofffraktion für die EBS-Verwertung	Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft - Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz
Bearbeiter	Kern, M., Sprick, W. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH	H. Seeger, umwelttechnik & ingenieure, Hannover	Öko-Institut e.V., IFEU
Zeitraum der Untersuchung	Daten zur Ermittlung der Zusammensetzung bis zum Jahr 2000	siehe Kern 2000 ergänzt 2009	siehe Kern 2000, ergänzt 2010
Ziele der Untersuchung	Ermittlung und Bewertung von regenerativen Energiepotentialen in Sekundärbrennstoffen im Auftrag der Trienekens AG	Bedeutung der Kunststofffraktion für die EBS-Verwertung	Bewertung der Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft im Auftrag des BDE und des UBA
Wesentliche Ergebnisse	Stoffliche Zusammensetzung der gemischten Gewerbeabfälle zur Beseitigung/Verwertung		
Übertragbarkeit der Ergebnisse	Die Ergebnisse sind mit Einschränkungen geeignet die Zusammensetzung der betrachteten Abfälle auch für die Folgejahre abzuschätzen.	keine Bewertung der Auswirkungen abfallrechtlicher Änderungen seit 2000, Daten zur Zusammensetzung nur eingeschränkt übertragbar	
Hinweise für die Verwendung der Daten	Keine Aussagen zum Potential an gewinnbaren Sekundärrohstoffen, ausschließlich Angaben zur stoffliche Zusammensetzung als Grundlage zur Ermittlung des regenerativen Anteils in Abfällen zur Beseitigung		

Auch die von ifeu/Öko-Institut e.V.⁴⁸ vorgenommenen Veränderungen (die Darstellung in 2010 weist keine Werte für Schlamm und Mineralien, jedoch einen für eine Feinfraktion < 8 mm aus) sind marginal, die Anteile für die Hauptwertstoffgruppen (Glas, Holz, Kunststoffe, Metalle, PPK) wurden ebenfalls unverändert aus der Untersuchung von Kern übernommen. Einzelheiten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 6-3: Zusammensetzung von Gewerbeabfällen von vier Untersuchungen aus den Jahren 1992, 2000, 2009 und 2010

Fraktion Anteile in Ma.-%	BWGU 1992 Ma.-%	Kern 2000 Ma.-%	Seeger 2009 Ma.-%	ifeu/ Öko-Institut 2010 Ma.-%
Glas	2,0	3,8	3,8	3,8
Holz	13,0	12,2	12,2	12,2
Kunststoff	18,0	11,7	11,7	11,7
Metalle	1,0	2,6	2,6	2,6
Mineralien	7,0	12,2	12,2	-
Organik	5,0	8,3	8,3	8,3
PPK	11,0	7,4	7,4	7,4
Schlamm	5,0	2,5	-	-
Sonstiges	37,0	25,0	23,5	25,0
Textil	1,0	1,8	1,8	1,8
Verbund	-	12,5	12,5	12,5
Feinmüll	-	-	4,0	-
Feinfraktion < 8 mm	-	-	-	14,7

Zu erwarten wäre, dass sich die Gewerbeabfallzusammensetzung in den letzten Jahren verändert hat. Nicht nur, dass sich im Zeitverlauf die Struktur der Gewerbeabfallbetriebe verändert hat und die Zusammensetzung von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen wesentlich von der Tätigkeit des Abfallerzeugers bestimmt wird. Es ist auch davon auszugehen, dass die im Zeitverlauf in Kraft getretenen abfallrechtlichen Regelungen einen Einfluss auf die Zusammensetzung ausüben. Einige davon sind beispielhaft und ohne den Anspruch auf Vollständigkeit in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

⁴⁸ Öko-Institut e.V., IFEU: Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft - Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz, Texte Nr. 06/2010, UBAFBNr 001347, Förderkennzeichen 3708 31 302, 2010

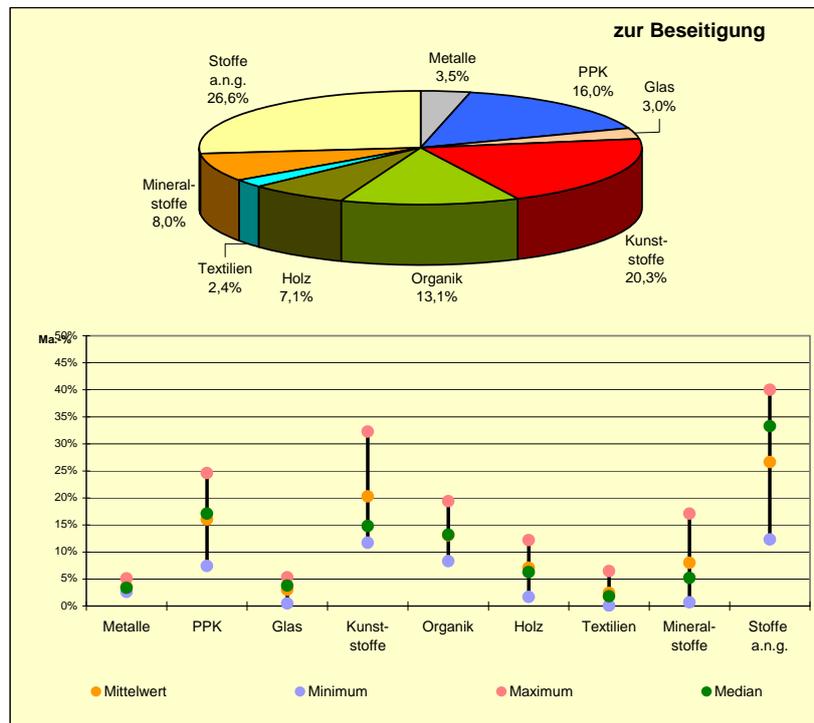
Tabelle 6-4: Zusammenstellung einiger wesentlicher abfallrechtlicher Ereignisse auf die Zusammensetzung von Gewerbeabfällen für den Zeitraum 1993 bis 2010

1992	1. Bundesweite Gewerbeabfalluntersuchung, ITU GmbH
1993	Umsetzung der letzten Stufe der Verpackungsverordnung, (Rücknahme und Verwertungspflicht von Verkaufsverpackungen)
1994	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
1999	1. Novelle der Verpackungsverordnung (Verwertungsquoten nur noch für die in Verkehr gebrachten Verpackungen)
2000	Abschätzung des Potentials an regenerativen Energieträgern im Restmüll, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH
2003	Pfandpflicht für ausgewählte Einweg-Getränkeverpackungen
	Gewerbeabfallverordnung
	Altholzverordnung
2005	2. Novelle der Verpackungsverordnung (Pfandpflicht für alle ökologisch unvorteilhaften Verpackungen)
	Ende der Übergangsfrist der Abfallablagerungsverordnung (keine unbehandelten Abfälle auf Deponien)
	Deponieverwertungsverordnung
2006	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
	Erweiterung der Pfandpflicht für Einwegverpackungen auf kohlendioxidfreie Erfrischungsgetränke und alkoholhaltige Mischgetränke
2009	Bedeutung der Kunststofffraktion für die EBS-Verwertung, Seeger, H.
2010	Klimaschutzpotentiale der Abfallwirtschaft, ifeu/Öko-Institut e.V. 2010

6.3 Weitere Ergebnisse

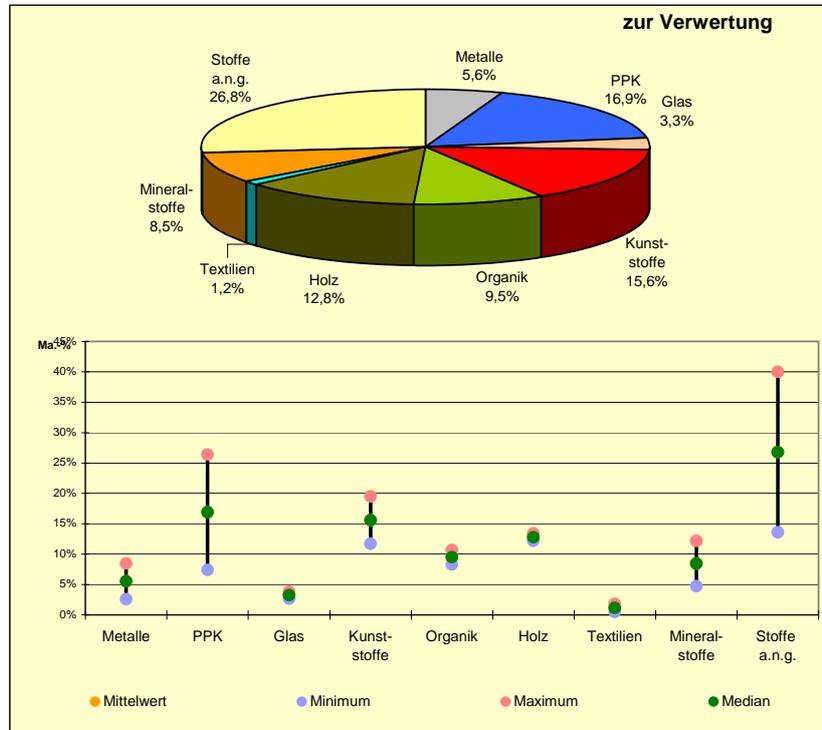
Um Angaben über die Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle nach dem Jahr 2000 zu erhalten, wurde vorwiegend bisher unveröffentlichtes Datenmaterial ausgewertet. Um die Anonymität zu wahren, werden daher die Ergebnisse nur zusammengefasst in grafischer Form dargestellt.

Bild 6-2: Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Beseitigung (n=5) (Angaben in Ma.-%)⁴⁹



⁴⁹ unveröffentlichte Werte

Bild 6-3: Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zur Verwertung (n=2) (Angaben in Ma.-%)⁵⁰



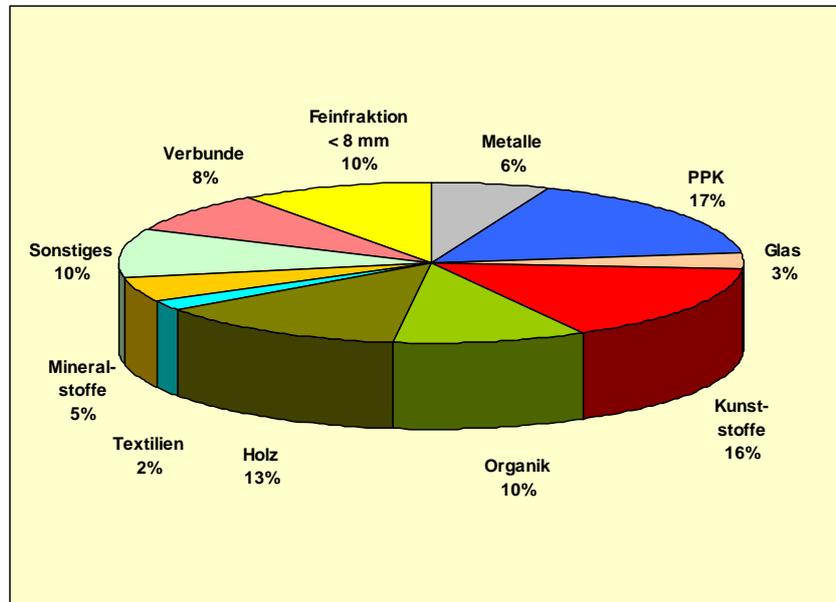
Tendenziell ist zumindest festzuhalten, dass sowohl die zur Beseitigung als auch die zur Verwertung gelangenden Gemische erhebliche Wertstoffanteile aufweisen. Dabei ist der Kunststoffanteil, z.B. verglichen mit Hausmüll, deutlich erhöht und der Organikanteil deutlich verringert. Auffällig ist auch der relativ geringe Unterschied der (wenigen) Analysenergebnisse zwischen den Abfällen zur Beseitigung und den Abfällen zur Verwertung.

6.4 Abschätzung der Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle

Auf der Basis der in den vorhergehenden Kapiteln zusammengestellten Daten zur Zusammensetzung von gemischten Gewerbeabfällen und unveröffentlichter Ergebnisse aus diversen Anlagenbilanzierungen lässt sich eine potenzielle Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen wie folgt abschätzen.

⁵⁰ unveröffentlichte Werte

Bild 6-4: Abgeschätzte Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle für die Jahre 2007/2008 (Angaben in Ma.-%)



Die Abfälle verfügen noch über ein hohes Wertstoffpotenzial, was darauf hindeutet, dass nicht alle Gewerbebetriebe die anfallenden Wertstofffraktionen separat erfassen und entsorgen, sondern diese auch nach wie vor als Gemisch einer Vorbehandlungsanlage zuführen. Zur Überprüfung der Plausibilität dieser Abschätzung, insbesondere hinsichtlich des Wertstoffpotenzials, können Sortierergebnisse von Sortierresten (AS 191212) aus der mechanischen Vorbehandlung herangezogen werden⁵¹. Diese Sortierreste entstanden nach der Abtrennung von Wertstofffraktionen und der Abtrennung einer Unterkornfraktion, die überwiegend aus mineralischen und nativ-organischen Bestandteilen besteht.

Trotz der nur eingeschränkt möglichen Vergleichbarkeit der Zusammensetzung von unbehandelten gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen mit einem Sortierrest aus der mechanischen Vorbehandlung von gemischten Gewerbeabfällen und weiteren Abfällen zeigt sich, dass auch die Sortierreste noch über ein erhebliches Wertstoffpotenzial verfügen. Obwohl saubere, großteilige Wertstoffe entnommen werden, verbleiben im Sortierrest hohe Anteile stoffgleicher verschmutzter und nur schwer zu verwertender Wertstofffraktionen, so dass sich die rein stoffliche Zusammensetzung gegenüber dem Input nur gering verändert.

Tabelle 6-5: Vergleich der abgeschätzten Wertstoffanteile der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle für die Jahre 2007/2008 mit den Anteilen von Sortierresten aus Vorbehandlungsanlagen⁵²

Fraktion	Abschätzung 2007/2008 Ma.-%	Sortierreste 2009 Ma.-%
Holz	13	8,1
Kunststoff	16	23,3
Metalle	6	5,9
PPK	17	15,0
Summe	52	52,3

6.5 Empfehlungen für zukünftige Untersuchungen

Zur Abschätzung der tatsächlich durch eine Vorbehandlung gewinnbaren stofflich verwertbaren Anteile wird empfohlen, bei den Abfalluntersuchungen zusätzliche Daten zu erheben, wie z.B.:

- Korngröße (Abfallbestandteile kleiner 60 mm lassen sich nicht händisch sortieren)
- Verschmutzungsgrad (stark verschmutzte potentielle Sekundärrohstoffe werden nicht aussortiert und gelangen in den Sortierest)
- Sortierfähigkeit (sehr feuchte Bestandteile werden nicht aussortiert, Konglomerate aus z.B. Seilen/Bändern und weiteren Bestandteilen können nicht ohne größeren Aufwand zerlegt werden, dunkle Kunststoffe werden von NIR-Geräten nicht erkannt).

Zur Ermittlung der tatsächlich durch Vorbehandlung gewinnbaren stofflich verwertbaren Anteile sind deshalb die In- und Outputströme an Sortieranlagen zu bilanzieren. Untersuchungen, die nur die Zusammensetzung der Abfälle im Anlieferzustand an die Behandlungs- oder Beseitigungsanlage beinhalten, können nur Ergebnisse zur stofflichen Zusammensetzung, also zum theoretischen Wertstoffpotential, liefern.

⁵¹ u.e.c. Berlin: Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen - Recherchen und Untersuchungen an Abfallbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt und Abgrenzung der Abfallschlüssel 191209 und 191212 (Kurzfassung) unter <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=42511>

⁵² siehe Fußnoten 50 und 51

Aussagen zu möglichen Wertstoffausbeuten und dem erwarteten Anteil an thermisch zu verwertenden Fraktionen können nur auf der Basis von im Rahmen von Anlagenbilanzierung ermittelten Sortierquoten für die einzelnen Abfallbestandteile getroffen werden.

7 Vorhandene Infrastruktur zur Verarbeitung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen

Im Folgenden wird auf die in der Bundesrepublik Deutschland vorhandene Infrastruktur zur Verarbeitung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen vor allem in Bezug auf die Anzahl von Anlagen, deren Kapazitäten und des Anteils gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle am Gesamtinput eingegangen.

7.1 Sortieranlagen als Vorbehandlungsanlagen

Die Gesamtzahl der in der Bundesrepublik betriebenen Vorbehandlungsanlagen ist vergleichsweise hoch. Das statistische Bundesamt weist für das Jahr 2007 bundesweit allein 958 „Sortieranlagen“⁵³ aus. Diese Gesamtzahl beinhaltet auch Anlagen zur Sortierung von „Monofraktionen“ wie PPK, LVP, Glas, Textilien etc., sodass im Folgenden eine genauere Abgrenzung vorgenommen wird.

Im Zusammenhang mit der Erhebung von Primärdaten bei Anlagenbetreibern (Fragebogenerhebung) konnten in Absprache mit Vertretern der Landesbehörden bundesweit 491 bundes-immissionsschutzgenehmigte Sortieranlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle identifiziert (Anhang 16-9) werden. Nordrhein-Westfalen besitzt mit einem Anteil von 30 % die meisten Anlagen, während im Bundesland Bremen z.Zt. keine mechanische Vorbehandlungsanlage für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle betrieben wird.

In den letzten zwei Jahren wurden aus wirtschaftlichen Gründen Sortieranlagen stillgelegt oder anders genutzt, Schätzungen gehen von 20 bis 30 Sortieranlagen aus⁵⁴. Insofern ist die Zahl der tatsächlich noch im Jahr 2010 genutzten Sortieranlagen geringer.

Die genehmigten Verarbeitungskapazitäten von mechanischen Vorbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle schwanken stark und können in Ausnahmefällen bis zu 550.000 Mg/a betragen. Die bundesweit zur Verfügung stehende Gesamtkapazität mechanischer Vorbehandlungsanlagen konnte allerdings nicht angegeben werden,

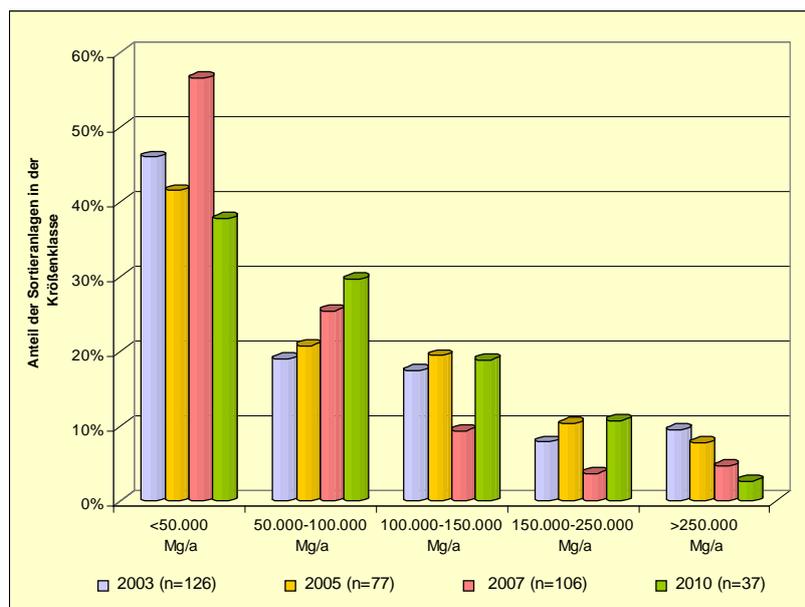
⁵³ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007, Wiesbaden

⁵⁴ Ergebnis der im Rahmen des Projektes durchgeführten Expertenpanels

da die genehmigten Anlagendurchsätze nur vereinzelt veröffentlicht werden und die Anzahl der Sortieranlagen Schwankungen unterliegt.

Einen Eindruck über die Größenklassen der genehmigten Verarbeitungskapazitäten von Sortieranlagen vermitteln Daten aus Nordrhein-Westfalen, da in diesem Bundesland die Entsorgungswirtschaft vergleichsweise transparent von den Behörden dargestellt wird. Demnach weist der überwiegende Teil der Aufbereitungsanlagen genehmigte Jahresdurchsätze von unter 100.000 Mg auf, während die Anzahl der Großanlagen (Durchsatz über 250.000 Mg/a) unter 10 % liegt. Diese generelle Tendenz zeigt auch die Auswertung der Fragebogenaktion für die mechanischen Aufbereitungsanlagen; auch hier liegt das Gros der Anlagenkapazitäten bei unter 100.000 Mg/a.

Bild 7-1: Genehmigte Anlagenkapazitäten von Sortieranlagen in Nordrhein-Westfalen^{55, 56, 57}



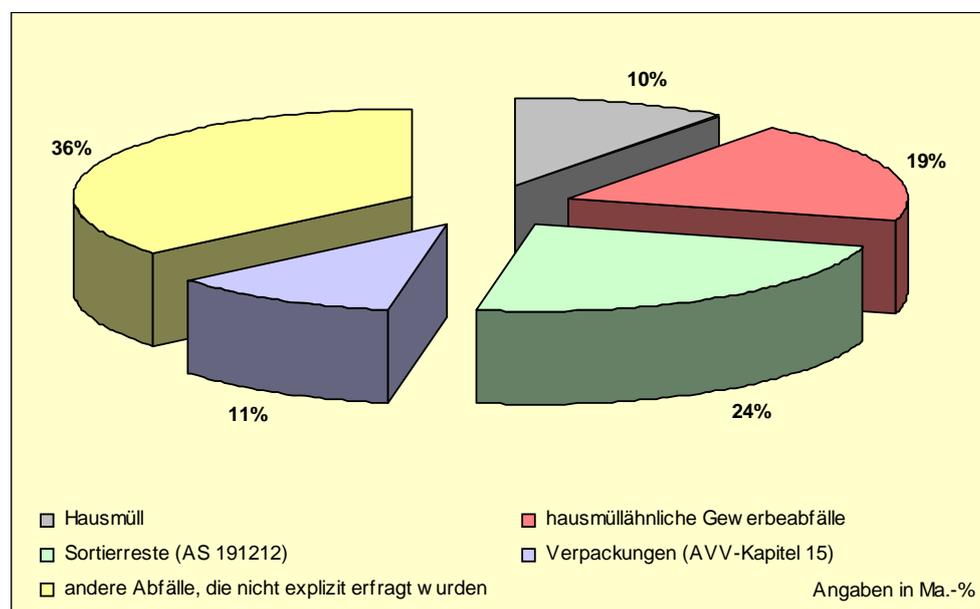
Da Sortieranlagen in der Regel allerdings für die Annahme einer Vielzahl von Abfallarten genehmigt sind, kann die genehmigte Kapazität nur bedingt mit der Kapazität zur Verarbeitung des Abfallschlüssels 200301 gleichgesetzt werden. Auch Angaben zur Auslastung der Anlagen sind bundesweit nicht verfügbar.

⁵⁵ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Gewerbeabfallentsorgung in NRW seit dem 1. Juni 2005, 2006

⁵⁶ Kapazitätsangaben für die im Rahmen der Umfrage ausgewählten Anlagen aus NRW

Die Vorbehandlungsanlagen, die sich an der Fragebogenaktion beteiligt haben, verfügen insgesamt über eine genehmigte Verarbeitungskapazität von 3,6 Mio. Mg pro Jahr. In den befragten Sortieranlagen wurden im Jahr 2007 insgesamt 1,66 Mio. Mg Abfälle verarbeitet, die Auslastung betrug rund 65 %. Von dieser Gesamtmenge entfielen rund 311.000 Mg/a auf gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle⁵⁸. Zusätzlich wurden rund 11 Ma.-% (ca. 187.000 Mg/a) gemischte Verpackungen angenommen und aufbereitet.

Bild 7-2: Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten Sortieranlagen (n=37)



Werden die Inputströme für alle 985 Sortieranlagen, also auch für Sortieranlagen für Monofractionen, betrachtet, zeigt sich zwangsläufig ein anderes Bild. In diesem Fall wird die Inputverteilung von anderen (Mono-)Fraktionen dominiert, der bundesweite Anteil der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle am Input aller Anlagen beträgt nur rund 5,3 Ma.-%.

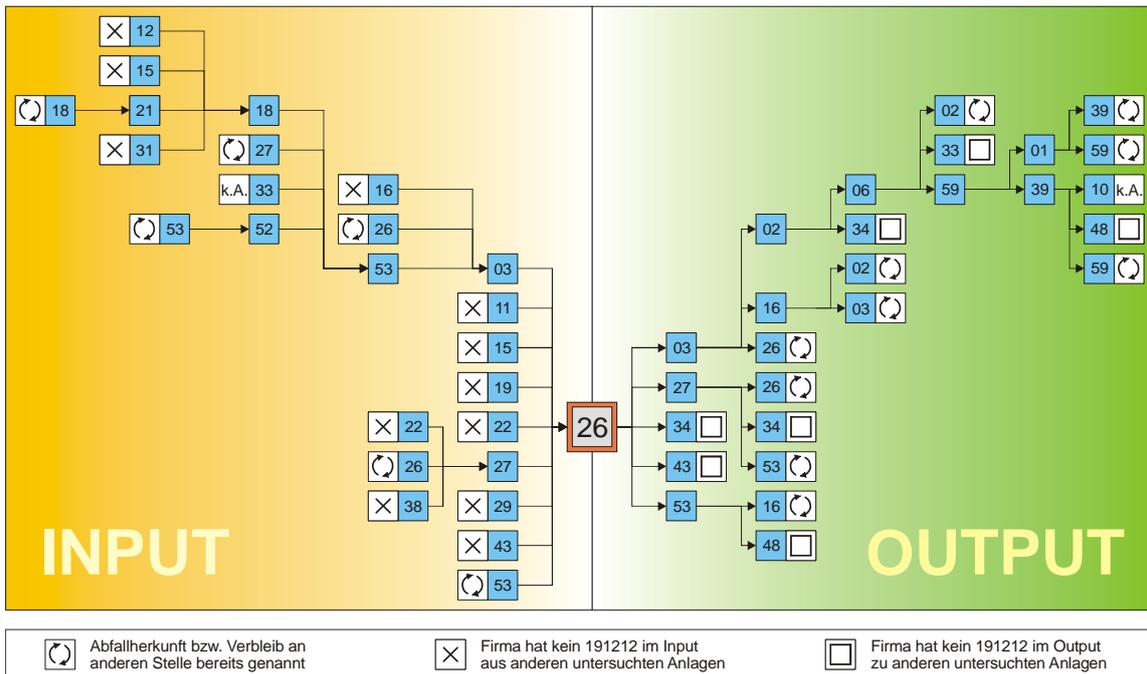
In diesem Zusammenhang sei noch kurz auf die besondere Rolle der Sortierreste (AS 191212) eingegangen. Diese Fraktion dominiert nicht nur den Output vieler Sortieran-

⁵⁷ Entsorgungsatlas Nordrhein-Westfalen 2007

⁵⁸ Da auch in den befragten Unternehmen im Input nicht immer eine klare Trennung zwischen Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen vorgenommen wird, wurden undifferenzierte Abfallmengen in Anlehnung an statistische Umrechnung (siehe Kapitel 4) aufgeteilt.

lagen, sondern findet sich auch bei vielen Anlagen als Input und kann deshalb bei statistischen Erhebungen mehrfach gezählt werden. Das folgende Bild zeigt die Problematik am Beispiel einer von insgesamt 60 untersuchten Anlagen eines Bundeslandes. Ausgehend von der Firma „26“ wurden für den Stoffstrom AS 191212 zunächst die primären Zulieferer und Abnehmer und dann deren Zulieferer bzw. Abnehmer dargestellt

Bild 7-3: Direkte und indirekte Verknüpfungen verschiedener Anlagen mit einer Sortieranlage⁵⁹



Anhand der Darstellung kann - theoretisch – der Ursprung der Abfälle 191212 sowie deren Verbleib in den untersuchten Anlagen aufgezeigt werden. So kann zum Beispiel in der Anlage Nr. 15 der Abfall 191212 erzeugt werden, der dann die Anlagen Nr. 18, 53 und 3 „durchläuft“, bevor er als Input zur Firma 26 gelangt. Diese transportiert den Abfall 191212 wiederum z.B. zur Anlage Nr. 3, von wo die Abfälle über die Anlage Nr. 2, 6, 59 und 39 zur Anlage Nr. 48 gelangen. Erst diese Anlage weist im Output keinen AS 191212 mehr auf.

Tatsächlich wird es diesen aufgezeigten Abfallweg nur in Ausnahmefällen geben, da sich die summarische Bezeichnung des AS 191212 bei einer Detailbetrachtung der Stoffcharakteristik wesentlich differenzierter darstellt (z.B. unterschiedliche Kornklassen). Eine

Mehrfachsartierung über mindestens 3 Anlagen ist jedoch häufig anzutreffen, wenn Abfälle über Ländergrenzen hinweg transportiert werden. Ein weiterer (möglicher) Grund für die „Mehrfachsartierung“ ist die Praxis, z.B. werden aussortierte chlor-angereicherte Outputfraktionen einer Anlage unter dem Abfallschlüssel AS 191212 mit den Stoffströmen anderer Anlagen wieder abgemischt, um diese Abfälle dann thermisch zu entsorgen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass zur Vorbehandlung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen eine Vielzahl von Anlagen existiert. Werden die Daten aus Nordrhein-Westfalen und der Fragebogenerhebung als Orientierungsmaßstab herangezogen, so kann davon ausgegangen werden, dass die installierten Anlagenkapazitäten bei weitem größer als das derzeitige Gesamtaufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle sind.

7.2 Mechanisch-biologische Abfallvorbehandlungsanlagen

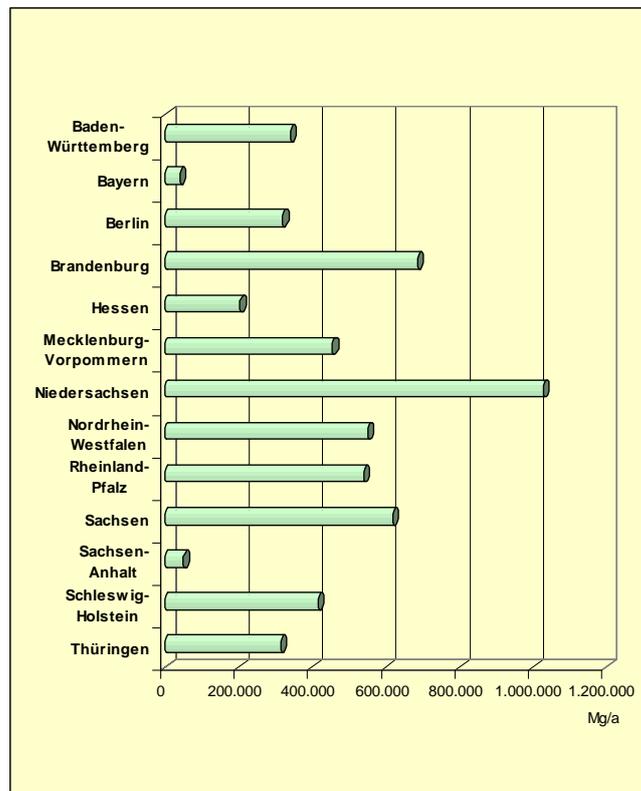
Die in Deutschland errichteten 46 mechanisch-biologischen Abfallvorbehandlungsanlagen (MBA-Anlagen)⁶⁰ weisen für das Jahr 2007 eine genehmigte Gesamtkapazität von rund 5,5 Mio. Mg/a⁶¹ auf. Während in Niedersachsen die meisten Anlagen mit rund 18 Ma.-% der Gesamtkapazität installiert wurden, gibt es in Bremen, Hamburg und Saarland keine MBA-Anlagen. Die genehmigten Verarbeitungskapazitäten pro Anlage liegen zwischen 28.000 und 300.000 Mg/a, bei 35 MBA-Anlagen liegt der Jahresdurchsatz zwischen 50.000 und 100.000 Mg/a.

⁵⁹ Oetjen-Dehne, R. et al.: Erste Ergebnisse aus der Untersuchung von Stoffströmen der Abfallaufbereitungsanlagen in Sachsen-Anhalt, 14. TaSiMa, 2009

⁶⁰ Unter Begriff MBA-Anlagen werden in diesem Kapitel mechanisch – biologische Aufbereitungsanlagen, mechanisch – biologische Stabilisierungsanlagen und mechanisch – physikalische Aufbereitungsanlagen subsumiert.

⁶¹ Quelle <http://www.asa-ev.de/index.php?id=17>. Im Jahr 2010 beträgt die rechnerische max. Gesamtkapazität aller MBA-Anlagen 5.983.600 Mg.

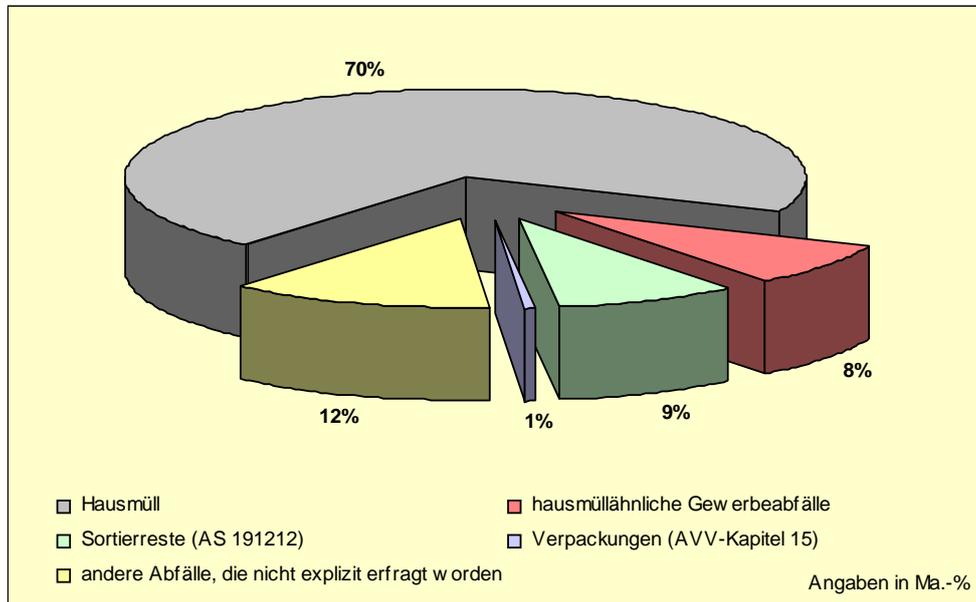
Bild 7-4: Genehmigte Anlagenkapazität der MBA-Anlagen in Deutschland



In den MBA-Anlagen wird in erster Linie Hausmüll verarbeitet, gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle spielen eine untergeordnete Rolle. So wurden in den befragten MBA-Anlagen im Jahr 2007 bei einer Auslastung von rund 84 % insgesamt 1,82 Mio. Mg Abfälle verarbeitet. Von dieser Gesamtmenge entfielen nur rund 8 Ma.-% bzw. knapp 140.000 Mg/a auf gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle⁶².

⁶² Da auch in den befragten Unternehmen im Input nicht immer eine klare Trennung zwischen Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen vorgenommen wird, wurden undifferenzierte Abfallmengen in Anlehnung an statistische Umrechnung (siehe Kapitel 4) aufgeteilt.

Bild 7-5: Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten MBA-Anlagen (n=16)



Bundesweit liegt der Anteil der (berechneten) gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle am Gesamtinput von MBA-Anlagen mit 9 Ma.-% in vergleichbarer Größenordnung⁶³.

7.3 Müllverbrennungsanlagen

Deutschland verfügt über eine installierte Verbrennungsleistung von rund 20 Mio. Mg/a⁶⁴, die genehmigten Verarbeitungskapazitäten pro Anlage liegen zwischen 25.000 und 725.000 Mg/a. Die meisten Müllverbrennungsanlagen (18 Anlagen) wurden in Nordrhein-Westfalen errichtet, gefolgt von Bayern mit 15 Anlagen. Das Gros der Anlagen hat eine jährliche Kapazität zwischen 250.000 und 500.000 Mg.

Insgesamt ist die Auslastung nach 2006/2007 gesunken, in 2009 betrug die Auslastung noch ca. 90 % der möglichen (installierten) Kapazität von ca. 20 Mio. Mg⁶⁵. Die befragten Betreiber der Müllverbrennungsanlagen spiegeln diese Angaben wider und gaben an, im Jahr 2007 bei einer Auslastung von rund 91 % insgesamt 6,91 Mio. Mg Abfälle verarbeitet

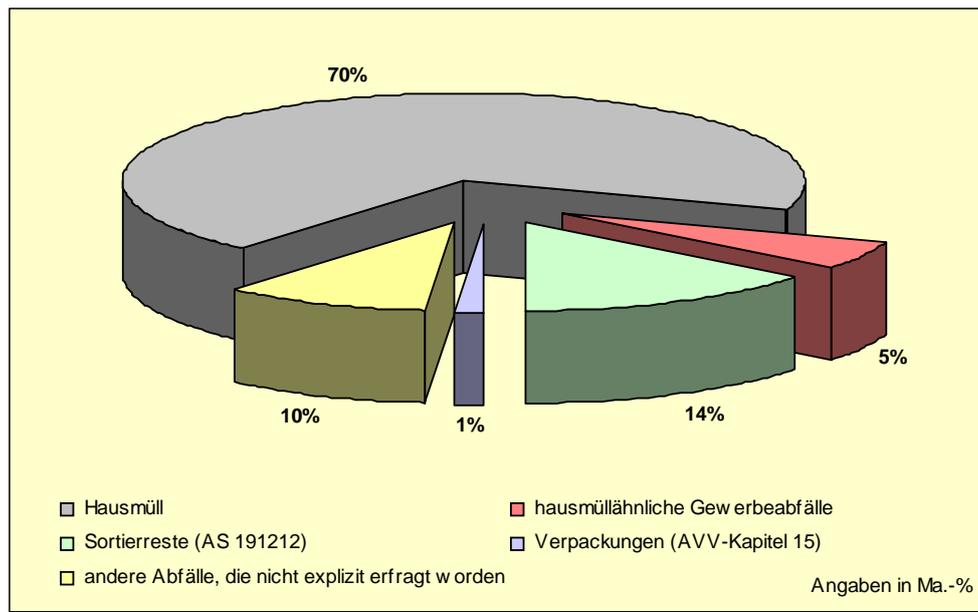
⁶³ siehe Fußnote 13

⁶⁴ Schwolow, R.: Entwicklung der thermischen Entsorgungskapazitäten in Deutschland und wichtigen Nachbarländern, Vortrag zum 3. Expertenpanel, Mai 2010

⁶⁵ Stellungnahme Herr Spohn (ITAD) am 12.04.2010 während des 2. Expertenpanels

zu haben. Von dieser Gesamtmenge entfielen knapp 360.000 Mg/a bzw. 5 Ma.-% auf gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle⁶⁶.

Bild 7-6: Anlageninput der an der Fragebogenerhebung beteiligten MVA-Anlagen (n=23)



Der Anteil an gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen, der bundesweit in Müllverbrennungsanlagen verarbeitet wird, liegt allerdings mit 12 Ma.-% mehr als doppelt so hoch wie bei den befragten Betrieben.

⁶⁶ Da auch in den befragten Unternehmen im Input nicht immer eine klare Trennung zwischen Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen vorgenommen wird, wurden undifferenzierte Abfallmengen in Anlehnung an statistische Umrechnung (siehe Kapitel 4) aufgeteilt.

8 Verfahrenstechnische Merkmale der Vorbehandlungsanlagen

Im Folgenden werden die verfahrenstechnischen Merkmale der Vorbehandlungsanlagen systematisiert, um den Stand der Technik abzubilden, Entwicklungstendenzen aufzuzeigen und die Bedeutung der maschinellen Sortierung von Gewerbeabfällen zu verifizieren⁶⁷.

8.1 Ziel der Sortierung

Das Ziel der Gewerbeabfallaufbereitung ist es, aus einer Vielzahl von Inputmaterialien mittels trocken-mechanischer Verfahrenstechnik vermarktungsfähige Produkte herzustellen, die definierten Qualitätskriterien entsprechen. Bei den stofflich verwertbaren Produkten handelt es sich vornehmlich um

- Papier, Pappe, Kartonagen, z.T. in unterschiedlichen Qualitäten,
- Fe- und NE-Metalle (NE-Metalle auch sortenrein)
- Kunststoffe (verschiedene Kunststoffprodukte, wie Folien, Hartkunststoffe, bzw. verschiedene Kunststoffarten, wie PE, PP, PET) sowie
- Holz.

Daneben entstehen in Abhängigkeit von der verfahrenstechnischen Komplexität der Sortieranlagen eine oder zwei stofflich nicht verwertbare Outputfraktionen:

- Sogenannte Feinsiebreste, also das ausgeschleuste Unterkorn von Klassierprozessen, stellen eine mit mineralischen Bestandteilen angereicherte Fraktion dar, die vielfach unter dem Abfallschlüssel AS 191209 eingestuft wird und dann z.B. auf Deponien oder im Tagebau verwertet wird. Untersuchungen solcher Unterkornfraktionen zeigen allerdings, dass der Anteil biologisch abbaubarer Komponenten durchaus relevant sein kann und die Verwertung als mineralische Fraktion in Frage zu stellen ist.

⁶⁷ Drucksache des deutschen Bundestages 16/4350: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Bärbel Höhn, Hans-Josef Fell, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen - Drucksache 16/4261: Die „maschinelle Sortierung, insbesondere für Gewerbeabfälle...,(spielt) im Konzept 2020 der Bundesregierung eine wichtige Rolle...“

- Sortierreste fallen bei jeder Aufbereitungsanlage an und werden entweder direkt der energetischen Verwertung zugeführt oder an Anlagen zur Ersatzbrennstoffaufbereitung abgegeben.

Vorbehandlungsanlagen sind für den Einzelfall konzipiert und werden, sofern wirtschaftlich darstellbar, im Laufe der Lebenszeit sich verändernden Rahmenbedingungen angepasst. Da die Aufbereitung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle vor dem Hintergrund unterschiedlicher Eingangsmaterialien sowie der Vielzahl von Produktabnehmern mit individuellen Qualitätsanforderungen vielfältig ist, wird nachfolgend zunächst der prinzipielle, in Subsysteme untergliederte Verfahrensaufbau dargestellt (Tabelle 8-1). Der Hauptprozess, also die eigentliche Materialtrennung, arbeitet mit Trennmerkmalen wie der Korngröße, der Dichte, der Form, der Magnetisierbarkeit und dem Spektralverhalten (Sensortechnik).

Tabelle 8-1: Gliederung der Sortieranlagen in Subsysteme und wesentliche Prozessschritte

Subsysteme		Prozessschritte
1	Annahme	- Wiegung - Datenaufnahme
2	Lagerung	- Flachbunker mit Radlader oder Greifbagger
3	Vorbehandlung	- Störstoffentnahme - Grobvorsortierung - ggf. Vorzerkleinerung
4	Materialtrennung	- Klassierung - manuelle Klaubung - automatische Klaubung - Magnetscheidung - Wirbelstromscheidung - Sichtung
5	Aufbereitung Sortierreste	- Nachzerkleinerung



Stoffliche und/oder energetische Produktverwertung

Nicht jede der in Betrieb befindlichen Anlagen nutzt alle 5 Subsysteme, vielmehr lassen sich verschiedene Anlagentypen differenzieren:

- „Einfachst“-Anlagen (Subsysteme 1 – 3) - Baggersortierung und Umschlag
- Anlagen einfacher Komplexität (Subsysteme 1 – 4) - manuelle Klaubung, ggf. Magnetscheidung
- Anlagen mittlerer Komplexität (Subsysteme 1 – 4) – Siebung, Magnetscheidung, manuelle Klaubung, ggf. Zerkleinerung (Subsystem 5)
- Anlagen hoher Komplexität (Subsysteme 1 – 5) – Zerkleinerung, Siebung, Magnetscheidung, Sensortechnik, manuelle Klaubung.

Ferner werden im Folgenden noch Anlagen zur Ersatzbrennstoffaufbereitung als Sonderfall dargestellt, obwohl die Grenzen zwischen Sortieranlagen und EBS-Anlagen fließend sind.

8.2 „Einfachst“-Vorbehandlungsanlagen (Baggersortierung und Umschlag)

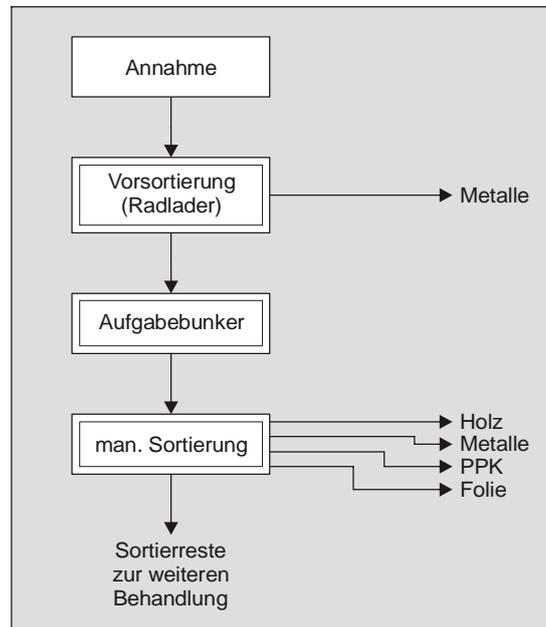
Bei den Einfachst-Anlagen wird der angelieferte Abfall lediglich entgegengenommen, großformatige Wertstoffe, wie Holz, Metalle, Kartonagen und große Folien werden per Greifbagger und/oder manuell entnommen und der verbleibende Abfall wird wieder zum Transport bereitgestellt (Subsysteme 1 – 3).

Mit diesen Vorbehandlungsanlagen lassen sich nur geringe Wertstoffausbeuten erzielen, die Größenordnung beträgt nach Erfahrungswerten unter 5 Ma.-%. Diese Vorbehandlungsanlagen haben deshalb entweder nur lokale Bedeutung als ortsnahe Annahmestelle/Containerdienst oder die Anlagen sind aus stillgelegten Sortieranlagen hervorgegangen und werden nun vor allem genutzt, um transportfähige Einheiten zusammenzustellen und die Logistikkosten zu verringern.

8.3 Einfache Vorbehandlungsanlagen ohne Klassierung

Einfache Sortieranlagen (Subsysteme 1 – 4) bestehen aus einer Aufgabeneinheit, einer Sortierkabine mit einer variierenden Anzahl von Sortierplätzen und ggf. einem Magnetscheider. Eine Klassierung vor der manuellen Sortierung ist nicht vorhanden.

Bild 8-1: Blockschema einer einfachen Sortieranlage ohne Klassierung



Der Personaleinsatz für die manuelle Sortierung richtet sich nach den Marktgegebenheiten, entsprechend variiert auch die Wertstoffausbeute. Während beispielsweise bis zum Sommer 2008 für die aussortierten Wertstoffe noch z.T. hohe Erlöse zu erzielen waren, waren Ende 2008 bis Anfang 2010 selbst Produkte mit einem hohen Reinheitsgrad kaum kostendeckend absetzbar. Entsprechend wurde Sortierpersonal abgebaut bzw. die manuelle Sortierung vollständig eingestellt.

Die Wertstoffausbeute der einfachen Sortieranlagen kann im Vergleich zur Baggersortierung (Einfachst-Anlagen) höher ausfallen. Verglichen mit Anlagen, die über eine Vorabsiebung verfügen, ist die Sortierleistung wiederum geringer, da durch die fehlende Klassierung das Sortierband vergleichsweise stark belegt ist. Dieser Umstand wirkt sich auf die mit diesen Anlagen erzielbaren Durchsätze, aber auch auf die letztlich geringe Wertstoffabschöpfung aus.

8.4 Vorbehandlungsanlagen mittlerer Komplexität

Vorbehandlungsanlagen mittlerer Komplexität verfügen über Aggregate zur maschinell unterstützten manuellen Sortierung (zusätzlicher Einsatz von Siebaggagaten) und zur Metallaushaltung, entsprechend ist das Subsystem 4 komplexer aufgebaut. Zudem werden

teilweise Nachzerkleinerer (Subsystem 5) eingesetzt. Diese Anlagen können gegenüber den ersten beiden Typen höhere Wertstoffausbeuten erreichen.

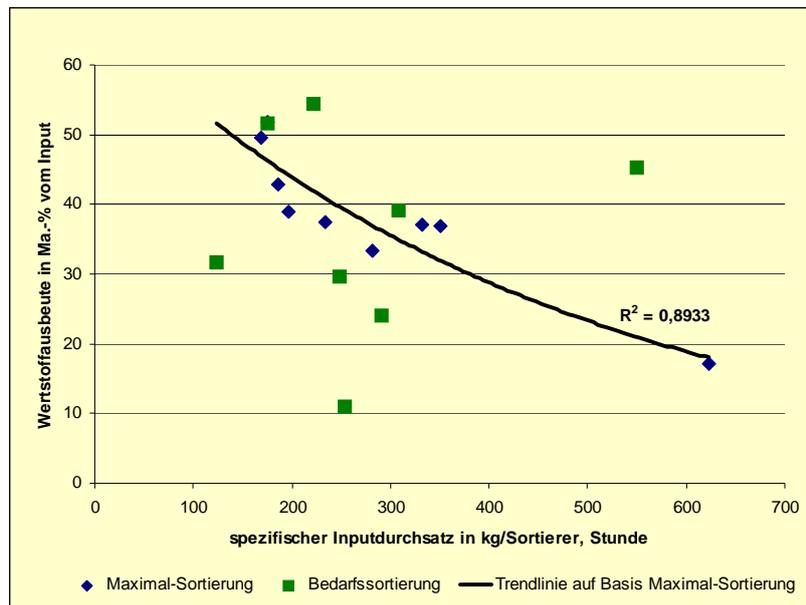
Das der manuellen Sortierung vorgeschaltete Sieb trennt zur Entlastung der Sortierkräfte das manuell nicht sortierfähige Klein-Material ab. Ziel der Klassierung ist, eine höhere Produktivität bei der manuellen Sortierung und eine höhere Wertstoffausbeute zu erreichen. Es gibt zahlreiche Vorbehandlungsanlagen dieses Typs, wobei sich jede Anlage in Details der Verfahrensführung von den anderen unterscheidet.

Neben Siebaggagaten werden in diesen Sortieranlagen auch andere Aufbereitungsaggregate wie Zerkleinerer, Fe-Metallabscheider, NE-Metallabscheider und Sichter eingesetzt, wodurch sowohl die stoffliche Zusammensetzung der Outputströme als auch deren physikalische und chemische Beschaffenheitsmerkmale unterschiedlich stark beeinflusst werden.

Die Wertstoffausbeute der manuellen Sortierung wird vom Wertstoffgehalt und der Wertstoffbeschaffenheit (Korngröße, Stückgewicht) des Inputgemisches und den Sortierparametern (Anzahl der Sortierkräfte, Durchsatzleistung) geprägt. Bei einem zur manuellen Sortierung gelangenden Korn von > 100 mm und praxisnahen mittleren Stückgewichten zwischen 20 g (z.B. PET) und 300 g (Karton) sowie Greifleistungen zwischen 1.200 und 2.400 Stück/h errechnen sich theoretisch erzielbare Stundenleistungen von 48 bis 450 kg/Sortierer und Stunde. In der Praxis werden diese Leistungen jedoch oftmals aus verschiedenen Gründen nicht erreicht. Versuchsfahrten⁶⁸ mit teilweise hoch wertstoffhaltigen gewerblichen Inputgemischen zeigten, dass die tatsächliche mittlere Leistung je Sortierer zwischen 27 und 250 kg/h schwanken kann. Hohe Werte sind nur erreichbar, wenn das Aufgabegut auch eine Vielzahl von Stoffen mit hohen Stückgewichten (z.B. Metalle, Holz, Mineralien) enthält. Als praxisnaher Durchschnittswert bei der Entnahme von Mischkunststoffen, Kunststofffolien, PPK, Holz und Metallen kann für die manuelle Wertstoffentnahme eine Spanne von 100 – 160 kg je Sortierer und Stunde angesetzt werden. Bild 8-2 zeigt anhand von Versuchsergebnissen aus der Sortierung von ca. 540 Mg Aufgabegut, dass mit steigendem spezifischen Inputdurchsatz die prozentuale Wertstoffausbeute tendenziell sinkt. Überlagert wird dieser Effekt aber stark von der Beschaffenheit des Aufgabegutes.

⁶⁸ u. e. c. Berlin, unveröffentlichte Daten aus Untersuchungen an verschiedenen Betriebsanlagen

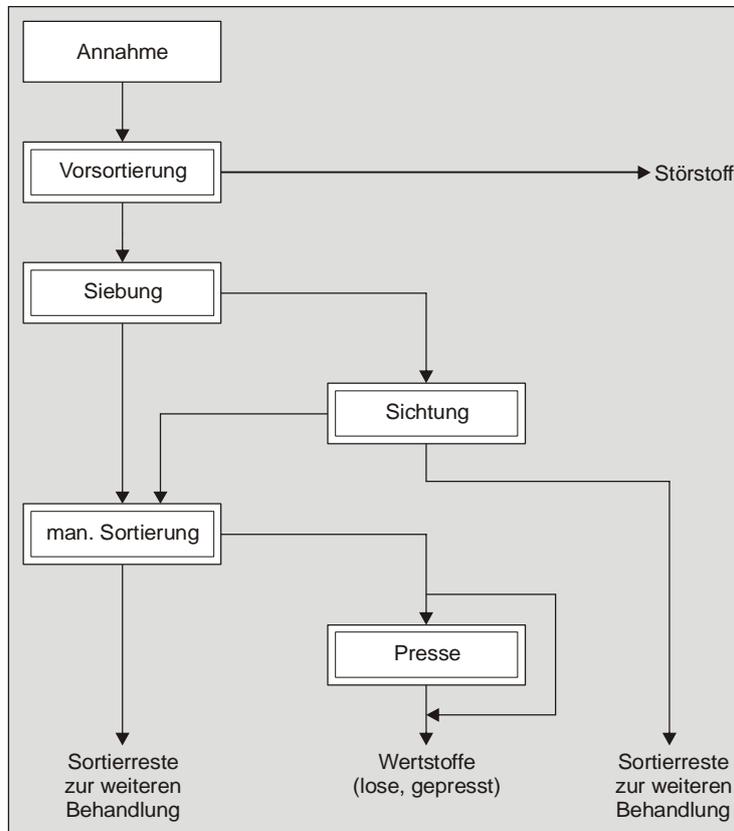
Bild 8-2 : Wertstoffausbeute in Abhängigkeit vom spezifischen Durchsatz⁶⁹



Infolge des Kostendrucks sind Betreiber bemüht, den Durchsatz möglichst zu erhöhen und nur wenig Sortierpersonal einzusetzen; üblich sind deshalb spezifische Inputdurchsätze im Bereich von 1.000 – 1.200 kg/h, Sortierer, entsprechend sinkt die Wertstoffausbeute auf deutlich unter 20 Ma.-%. Es ist davon auszugehen, dass je nach Aufgabegut und Marktbedingungen mit derartigen Vorbehandlungsanlagen zwischen 5 und 20 Ma.-% als Wertstofffraktionen abgetrennt werden. Dazu werden Metalle, verschiedene Kunststofffraktionen, Kartonagen und Holz, fallweise auch Bauschutt und andere Mineralstoffe, abgetrennt. Der danach verbleibende grobe Sortierrest ist oftmals visuell kaum vom Input zu unterscheiden. Durch die Entnahme von Metallen und Mineralien erfolgt i.d.R. jedoch eine Erhöhung des Heizwertes und des Glühverlust.

⁶⁹ R²: Bestimmtheitsmaß; je näher das Bestimmtheitsmaß an 1 liegt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit des linearen Zusammenhangs der Werte

Bild 8-3: Blockschema einer Sortieranlage mittlerer Komplexität



Auch bei diesem Anlagentyp entfällt der überwiegende Massenstrom auf Sortierreste, die aufgrund der Zusammensetzung (z.B. PPK, Restkunststoffe) einer weiteren Behandlung bedürfen.

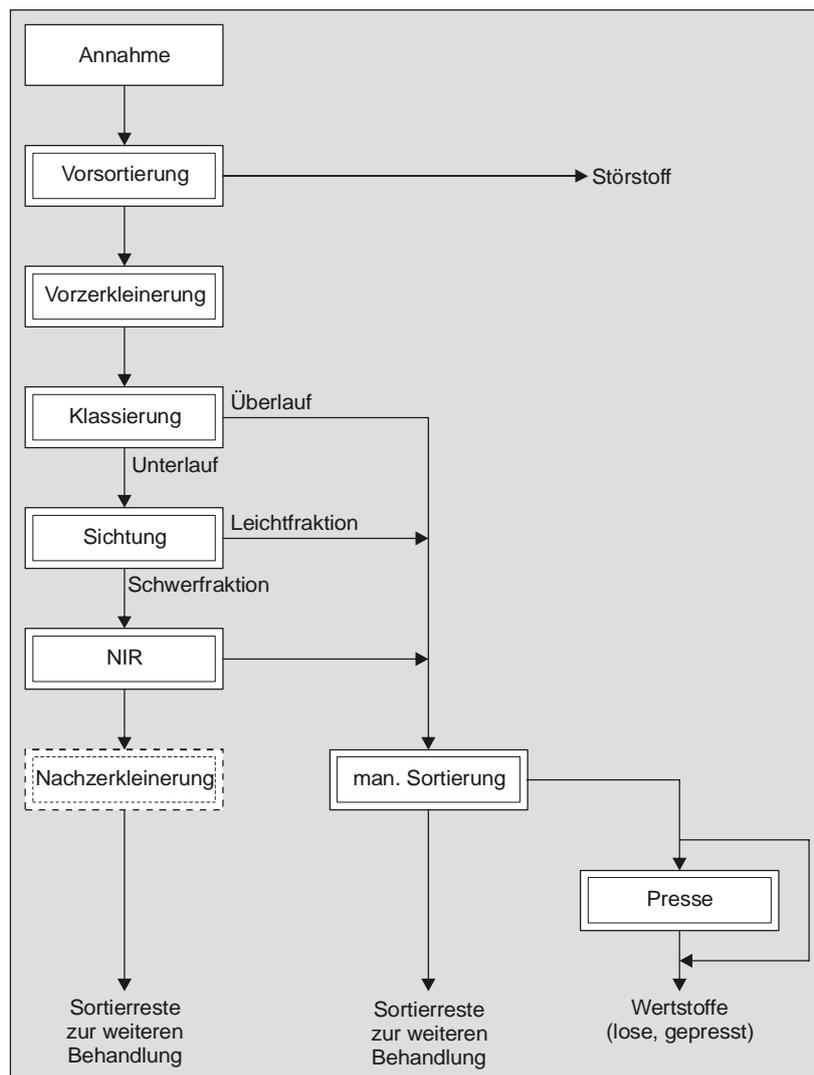
8.5 Vorbehandlungsanlagen hoher Komplexität

Anlagen hoher Komplexität trennen Wertstoffgemische zusätzlich mit automatischen Klaubungstechniken wie z.B. Nahinfrarot (NIR)-Geräte, Röntgensortiergeräten, Metallabscheider etc., nachdem das Abfallgemisch zuvor eine maschinelle Aufbereitung durchlaufen hat.

Bei diesem Anlagentyp übernehmen Sortierkräfte vor allem die Nachsortierung der Wertstofffraktionen. Die Verfahrenstechnik dieser Vorbehandlungsanlagen ist so konzipiert, dass flexibel auf wechselnde Marktanforderungen reagiert werden kann. Dieses geschieht vornehmlich durch die individuelle Einstellung der NIR-Geräte und die Anzahl der Sortier-

kräfte. Wertstoffausbeuten können, je nach Aufgabebetug und Marktbedingungen bis zu 40 Ma.-% betragen. Das nachfolgende Blockschema zeigt den prinzipiellen Verfahrensaufbau einer Vorbehandlungsanlage hoher Komplexität. Im Anhang 16-10 sind weitere detaillierte Anlagensteckbriefe für verschiedene Vorbehandlungsanlagen^{70, 71} hoher Komplexität wiedergegeben.

Bild 8-4: Blockschema einer Sortieranlage hoher Komplexität



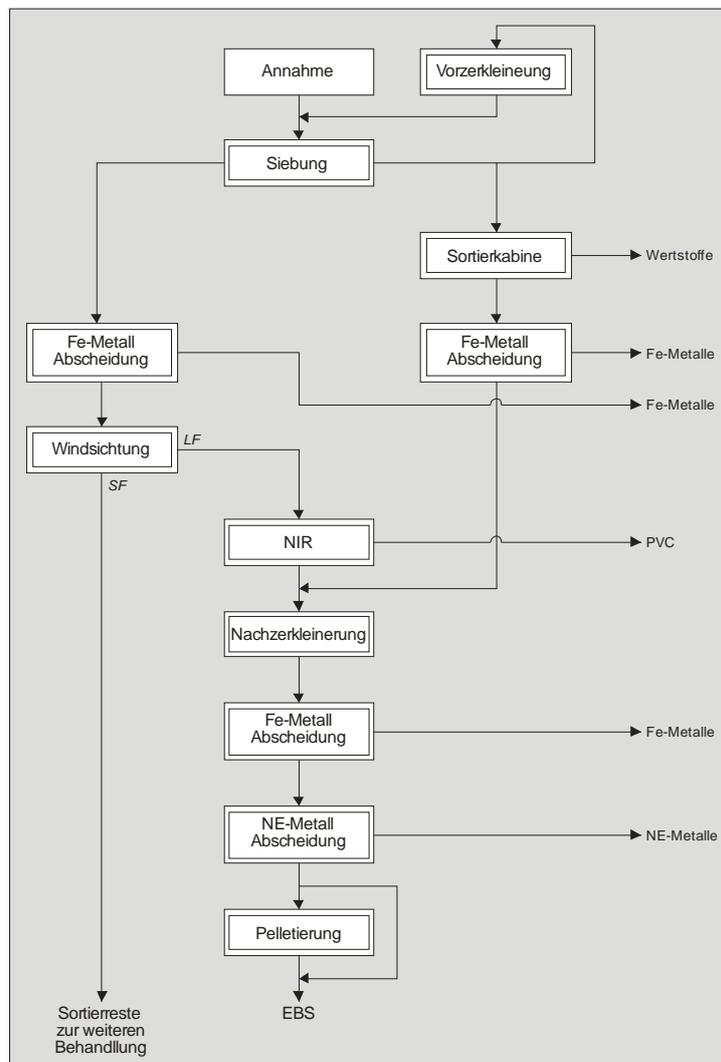
⁷⁰ Besichtigungen verschiedener Vorbehandlungsanlagen

⁷¹ BDE - Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (Projekträger): BREF-Dokumentation - Anlagen zur Behandlung von Gewerbeabfall, 2008

8.6 Anlagen zur Ersatzbrennstoffaufbereitung

Daneben werden Vorbehandlungsanlagen betrieben, die sich vorrangig mit der Konditionierung unterschiedlicher Inputmaterialien (Mono- oder Mischfraktionen) für den Einsatz in thermischen Verwertungsanlagen (Müllverbrennung; Mitverbrennung von EBS in Zement- und Braunkohlekraftwerken; Monoverbrennung in EBS-Kraftwerken) befassen. Diese Anlagen nehmen eine Sonderstellung ein, da in der Regel keine unvorbehandelten gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle, wohl aber gemischte Verpackungen angenommen und verarbeitet werden. Der Verfahrensaufbau der EBS-Anlagen ist insbesondere auf die Anforderungen nachgeschalteter thermischer Verwertungsanlagen zugeschnitten.

Bild 8-5: Blockscha einer Vorbehandlungsanlage zur Herstellung von Ersatzbrennstoffen



Neben den Ersatzbrennstoffen entstehen vor allem folgende Stoffströme:

- Fe- und NE-Metalle mit ca. 15 – 30 % Anhaftungen,
- Schwerfraktionen aus Sichtungsstufen, die in Müllverbrennungsanlagen oder, sofern eine Nachreinigung erfolgt, auch als Brennstoff (AS 191210) verwertet werden. Teilweise wird die Nachsortierung auch in Sortier- oder EBS-Anlagen Dritter vorgenommen.
- Feinkornfraktionen und
- PVC-angereicherte Fraktionen. Da für derartige Fraktionen keine bzw. keine kostengünstigen Verwertungswege existieren, werden diese oft mit anderen Sortierrestströmen wieder vermischt und dann z.B. in Müllverbrennungsanlagen mitverwertet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch einige Anforderungen von in Betrieb befindlichen Müllverbrennungsanlagen, von denen 2 u.a. den Parameter Chlor und eine Vielzahl von Schwermetallen begrenzt haben.

Tabelle 8-2: Beispielhafte Input-Anforderungen der MVA-Betreiber⁷²

Anlage	Anforderung
A	Gerollte, mehrlagige, gebündelte Abfallstoffe, wie beispielsweise Teppich- und Dachpappenrollen oder gebündeltes Papier sind von der Annahme ausgeschlossen Keine Monoanlieferungen von Kunststoffabfällen mit Flammschutzmitteln und/oder die FCKW-geschäumt sind; Anlieferungen von Kunststoffabfällen über 1 m ³ Volumen als Stück und von Kunststoffabfällen mit einer Kantenlänge > 100 cm, sind mit der Eingangskontrolle abzustimmen.
B	u.a.: Begrenzung physikalisch-chemischer Parameter (z.B. Heizwert 8 – 15 MJ/kg; Chlor < 0,8 Ma.-%, Quecksilber < 3 mg/kg)
C	u.a.: Begrenzung physikalisch-chemischer Parameter (z.B. Heizwert 7,5 – 14,6 MJ/kg; Chlor < 1,7 Ma.-%; Quecksilber < 10 mg/kg)

⁷² Betriebsordnungen der Müllverbrennungsanlagen

Ersatzbrennstoffkraftwerke stellen in Bezug auf die Stückigkeit, den Heizwert und den Schadstoffgehalt höhere Anforderungen an das Inputmaterial als Müllverbrennungsanlagen, auf die sich der Lieferant einstellen muss.

Tabelle 8-3: Beispielhafte Input-Anforderungen von EBS-Kraftwerken^{73, 74}

Parameter	Rostfeuerung 1	Rostfeuerung 2	Rostfeuerung 3	Wirbelschicht
Stückigkeit*	100 % < 500 mm, 90 % < 300 mm	100 % < 1.000 mm	100 % < 500 mm, 90 % < 300 mm	100 % < 140 mm
Heizwert	12,5 – 15,5 MJ/kg	11 – 18 MJ/kg	11 – 18 MJ/kg	
Feinanteil	< 10 %	90 % > 3 mm	< 1 mm max. 10%	
Chlor	< 1 %		< 1,2 %	< 1 %
Quecksilber	< 4 mg/kg	< 2 mg/kg	< 4 mg/kg	
Metallgehalt				< 1 Ma.-% Fe- Metalle < 0,3 Ma.-% NE- Metalle
* Summe der Kantenlängen				

Anlagen zur Mitverbrennung stellen sehr hohe Anforderungen an den Brennstoff. Je nach Einsatzzweck des Sekundärbrennstoffes ist der Heizwert, die Korngröße und die Schüttdichte entsprechend einzustellen. Grundsätzlich lassen sich dabei zwei Qualitäten unterscheiden:

- sehr heizwertreiche, aschearme und blasfähige Sekundärbrennstoffe für den Einsatz im Zementwerk, so genannte Hauptbrennerqualität mit Heizwerten von mindesten 18 MJ/kg
- heizwertreiche Sekundärbrennstoffe mit einer maximalen Korngröße von 30 mm, einer Schüttdichte von mindestens 300 kg/m³ und einem Heizwert von mindesten 11 MJ/kg für den Einsatz im Rahmen der Mitverbrennung im Grundlastkraftwerk oder in der einem Zementwerk vorgeschalteten Wirbelschicht,

Zusätzlich ist eine weitest gehende Abtrennung der metallischen Bestandteile zu gewährleisten und der Chlorgehalt ist auf < 1 Ma.-% zu begrenzen.

⁷³ u.e.c. Berlin: Marktrecherche EBS, unveröffentlicht, 2007

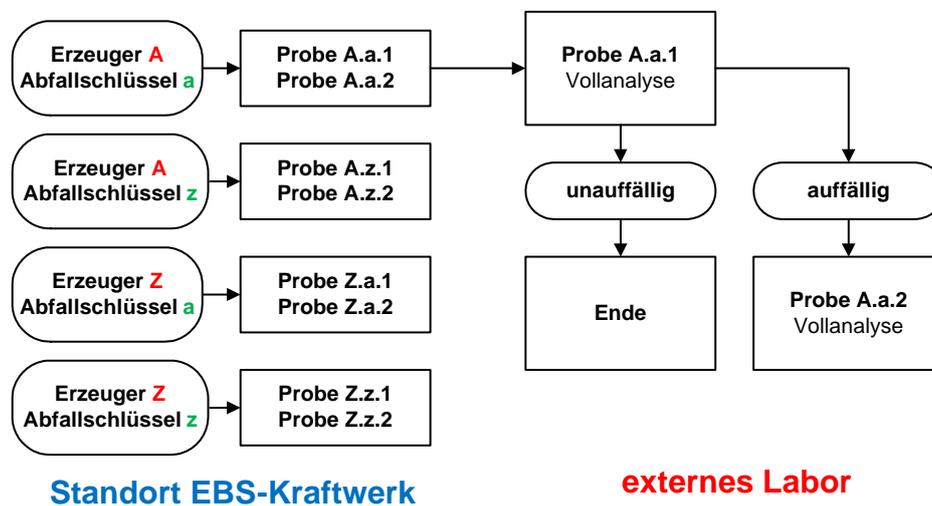
⁷⁴ Vattenfall Europe, Kurzbeschreibung des Genehmigungsantrages <http://www.projects-website.de/ikw/Kurzbeschreibung.pdf>

Um die Produktspezifikationen für EBS-Kraftwerke und Mitverbrennungsanlagen zu erfüllen, können 2 Strategien verfolgt werden:

- Es wird nur ausgewähltes (z.B. heizwertreiches und chlorarmes) Inputmaterial angenommen, so dass die Aufbereitung auf Zerkleinerungsprozesse und die Metallentfrachtung (evtl. ergänzt um eine Klassierung) beschränkt werden kann.
- Es wird eine breites Inputspektrum verarbeitet; dann müssen heizwertarme und chlorhaltige Bestandteile abgetrennt werden.

Zudem sind bei EBS-Kraftwerken umfangreiche Inputkontrollen üblich. So sind z.B. bei der Inputkontrolle für ein EBS-Kraftwerk für jeden Abfallerzeuger und Abfallschlüssel für die ersten drei Anlieferungen je zwei Proben zu entnehmen. Eine Probe ist auf alle relevanten Parameter zu analysieren, bei Auffälligkeiten muss zusätzlich die zweite Probe analysiert werden. Danach müssen jede Woche für jeden Abfallerzeuger und Abfallschlüssel je zwei Proben entnommen werden. Die Analysen erfolgen dann analog zu den ersten Anlieferungen. Zusätzlich sind durch den Abfallerzeuger in regelmäßigen Abständen aktuelle Deklarationsanalysen vorzulegen.

Bild 8-6: Inputkontrolle EBS-Kraftwerk, Beispiel⁷⁵



⁷⁵ Vorgaben aus dem Genehmigungsbescheid eines EBS-Kraftwerks

8.7 Daten zur Bedeutung der Anlagengruppen

Im Rahmen der Fragebogenerhebung wurden auch die verfahrenstechnischen Merkmale der Vorbehandlungsanlagen erfasst. Demnach ist der Großteil (74 %) der Anlagen als Vorbehandlungsanlage mittlerer und höher Komplexität einzustufen. Dass dieses Ergebnis nicht als repräsentativ für die in Deutschland betriebenen mechanischen Vorbehandlungsanlagen anzusehen ist, zeigt der Vergleich mit Daten aus Sachsen-Anhalt. So konnten bei einer Untersuchung von 60 Abfallaufbereitungsanlagen im Jahr 2009 nur 53 % als Sortieranlage für Wertstoffgemische mittlerer Komplexität bzw. als EBS-Anlage zugeordnet werden⁷⁶. Auch die für das Jahr 2004 veröffentlichten Daten der Vorbehandlungsanlagen in Nordrhein-Westfalen zeigten, dass nur 10 % der Vorbehandlungsanlagen über einen hohen technischen Standard⁷⁷ verfügten.

Tabelle 8-4: Zuordnung von Vorbehandlungsanlagen zu Anlagengruppen

Anlagentyp	Anzahl der befragten Vorbehandlungsanlagen (bundesweit)	Anzahl der Vorbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt ⁷⁸
Einfachst-Anlage bzw. Umschlaganlage	4	12
Einfache Anlage zur Sortierung von Wertstoffgemischen, ohne Klassierstufe	7	5
Sortieranlagen für Wertstoffgemische mittlerer Komplexität, mit Klassierung, ggf. Zerkleinerung	16	22
Sortieranlagen für Wertstoffgemische hoher Komplexität, mit Klassierung, Zerkleinerung, Sensortechnik bzw. EBS-Anlagen	15	10
	42	49

⁷⁶ Oetjen-Dehne, R. et al.: Erste Ergebnisse aus der Untersuchung von Stoffströmen der Abfallaufbereitungsanlagen in Sachsen-Anhalt, 14. Tagung Siedlungsabfallwirtschaft Magdeburg 2009

⁷⁷ Both, G. et al.: Status Quo der Gewerbe- und Baumischabfallaufbereitung in NRW, Müll und Abfall 12 2005

⁷⁸ Bei 11 Anlagen handelt es sich um Sortieranlagen für Wertstoffe aus Haushalten bzw. um Sonderanlagen.

Vorbehandlungsanlagen komplexer Art wurden vorrangig nach 2005 entweder neu errichtet oder sind durch den Umbau von Bestandsanlagen entstanden. Bedingt durch den Preisverfall beim In- und Output sind gerade Neuanlagen mit hohen Kapitalkostenbelastungen unter Druck geraten; verschiedene komplexe Anlagen sind zwischenzeitlich deshalb wieder außer Betrieb gegangen.

Trotz aller Unwägbarkeiten ist zusammenfassend davon auszugehen, dass immer noch ein größerer Anteil der in Betrieb befindlichen Anlagen auf einem geringen technischen Niveau arbeitet und der fortgeschrittene Stand der Technik erst verzögert in die Praxis umgesetzt wird.

9 Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungswege

In Deutschland sind im Jahr 2007 rund 4,3 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und 2,1 Mio. Mg Verpackungsgemische angefallen und behandelt worden. Nach den Daten des statistischen Bundesamtes wird der Großteil der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (ca. 60 Ma.-%) in thermischen Abfallbehandlungsanlagen entsorgt, in Sortieranlagen gelangen ca. 30 Ma.-%. Für die Verpackungsgemische zeigt sich ein völlig anderes Bild; von diesen werden rund 70 Ma.-% in Sortieranlagen aufbereitet.

Tabelle 9-1: Herkunft und Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) (berechnet) und gemischter Verpackungen im Jahr 2007⁷⁹

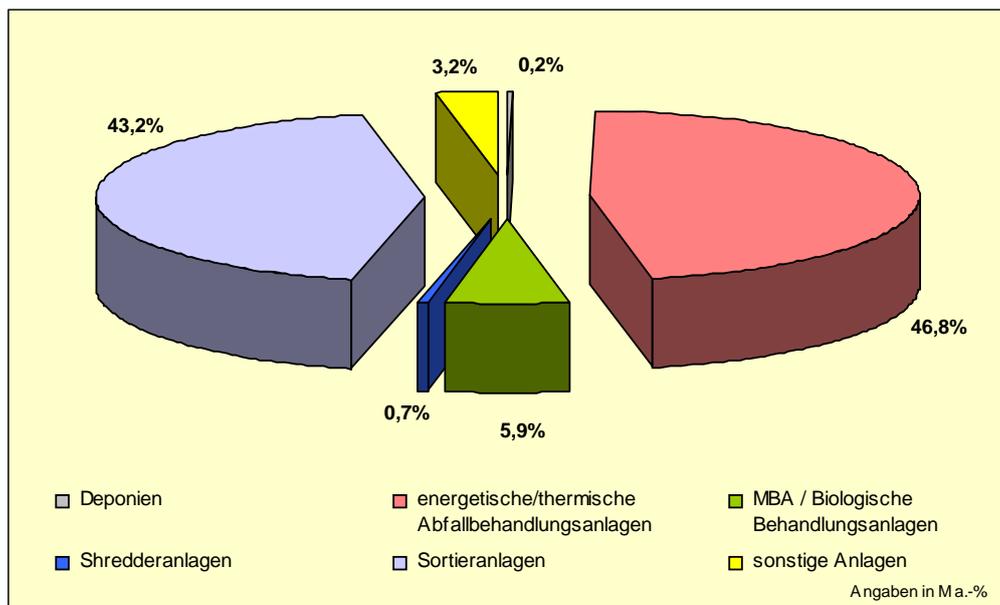
	Abfallentsorgungsanlagen *	Input in deutsche Abfallentsorgungsanlagen	aus Produktion im gleichen Betrieb entstandene Abfälle	angeliefert aus dem Inland	angeliefert aus dem Ausland
	Anzahl	1000 Mg	Ma.-%	Ma.-%	Ma.-%
gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle (AS 20030102)					
Deponien	22	9	11	89	
Thermische Abfallbehandlungsanlagen	69	2.555		99	1
Biologische Behandlungsanlagen	8	21		100	
MBA	46	334	1	89	10
Shredderanlagen	7	13	8	92	
Sortieranlagen	329	1.344		100	
sonstige Anlagen	15	54		100	
Bauschutttaufbereitungsanlagen	3	1		100	
insgesamt	499	4.331		99	1
gemischte Verpackungen (AS 15010600)					
Deponien	4	2		100	
Thermische Abfallbehandlungsanlagen	65	354	0,8	99,2%	0,8
Feuerungsanlagen mit energetischer Verwertung von Abfällen	5	93	2,2	97,8%	2,2
Chemisch/physikalische Behandlungsanlagen	3	0,2		100	
MBA	14	24		100	
Shredderanlagen	6	29		100	
Sortieranlagen	344	1.427	0,2	99,5	0,2
sonstige Anlagen	19	149		100	
insgesamt	462	2.079	0,3	99,5	0,2
Abweichungen bei der Summenbildung sind auf Rundungsungenauigkeiten zurückzuführen.					
* Die genaue Anzahl der Abfallentsorgungsanlagen für den AS 20030102 kann nicht benannt werden, da es im Rahmen der Neuberechnung zu Mehrfachzählungen einzelner Anlagen kommen kann.					

Vom Gesamtaufkommen der beiden Abfallgemische (im Jahr 2007 rund 6,4 Mio. Mg) wurden 2,77 Mio. Mg rund 43 Ma.-% einer mechanischen Vorbehandlung zugeführt, die Ver-

⁷⁹ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007 (Fachserie 19 Reihe 1), Wiesbaden 2009

teilung der Gesamtmenge auf alle in Frage kommenden Entsorgungsanlagen zeigt nachfolgendes Bild.

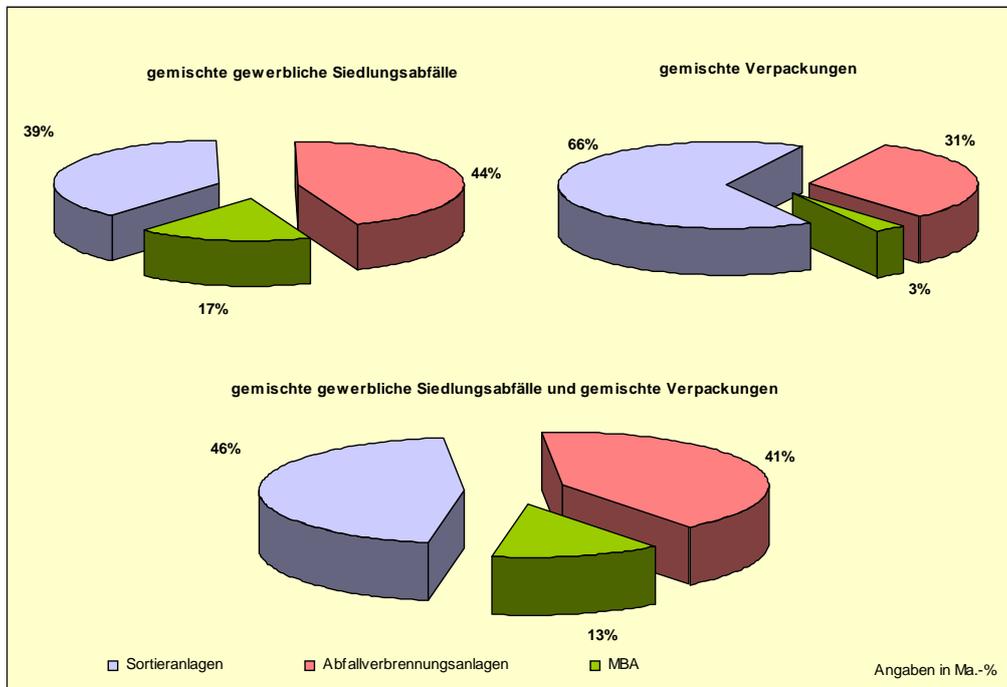
Bild 9-1: Verteilung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) auf die Entsorgungsanlagen im Jahr 2007⁸⁰ (statistische Angaben)



Im Rahmen der Fragebogenerhebung konnten mit 0,81 Mio. Mg/a rund 18,8 Ma.-% des Gesamtaufkommens an gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und mit 0,28 Mio. Mg/a rund 13,5 Ma.-% des Gesamtaufkommens der gemischten Verpackungen erfasst werden. Die Verteilung auf die unterschiedlichen Anlagen zeigt ein zu den statistischen Daten vergleichbares Verteilungsmuster: gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle werden vor allem der Abfallverbrennung und erst nachrangig den Sortieranlagen zugeführt, während die gemischten Verpackungsabfälle eher mechanisch vorbehandelt werden. Von den insgesamt erfassten 1,1 Mio. Mg gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Verpackungen werden ca. 46 Ma.-% in Sortieranlagen verarbeitet. Somit stellt sich bei der Fragebogenerhebung, bedingt durch die zufällige Stichprobe, das Verhältnis von Verbleib in Sortieranlagen zu Verbleib in den Verbrennungsanlagen anders als auf Basis der Totalerhebung bei allen Anlagen dar.

⁸⁰ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007, Wiesbaden sowie Neuberechnung des AS 20030102

Bild 9-2: Verteilung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (AS 20030102) und der gemischten Verpackungen (AS 15010600) auf die Entsorgungsanlagen im Jahr 2007 (Fragebogenerhebung)



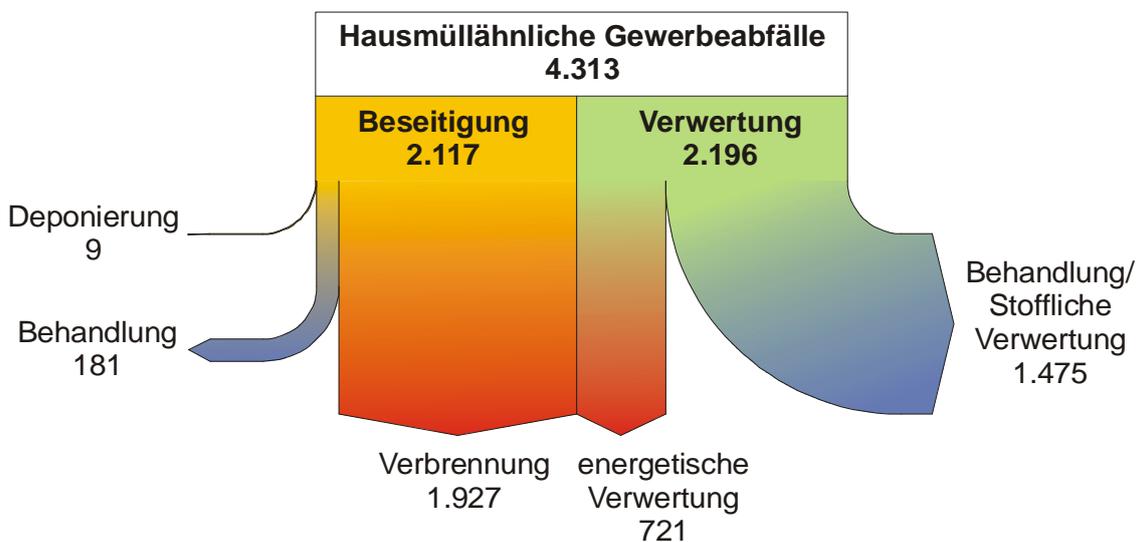
Nachfolgend werden die Verwertungs- und Beseitigungswege für die beiden Abfallgemische getrennt aufgezeigt.

9.1 Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle

Im Rahmen der statistischen Erhebung wird die Zuordnung der Entsorgungspfade (Verwertungs- und Beseitigungsverfahren (R 1 bis R 13 bzw. D 1 bis D 13)) entsprechend des Entsorgungsschwerpunktes der jeweiligen Abfallbehandlungsanlage erfasst, so dass in der Abfallbilanz 2007 für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle eine Zuordnung der Gesamtabfallmenge zu den Entsorgungswegen vorgenommen werden kann. Demnach werden von den insgesamt anfallenden ca. 4,3 Mio. Mg gewerblichen gemischten Siedlungsabfällen ca. 2,117 Mio. Mg der Beseitigung zugeführt. Die Differenz (rund 2,196 Mio. Mg) wird von den Anlagenbetreibern als verwertet angegeben. Rund 33 Ma.-% der verwerteten Abfallmenge wird wiederum direkt energetisch verwertet, die verbleibenden 67 Ma.-% werden zunächst Sortieranlagen zugeführt. Diese Sortieranlagen produzieren Sekundärrohstoffe, Ersatzbrennstoffe zur energetischen Verwertung, Abfälle zur Verwertung auf

Deponien und ggf. Abfälle zur Beseitigung. Der Statistik kann allerdings nicht entnommen werden, wie hoch beispielsweise der Outputanteil ist, der aus dem Input AS 20030102 stofflich verwertet wird. Ursache dafür ist der bereits angesprochene Umstand, dass sich die statistisch erhobenen Daten auf alle Inputstoffe und Anlagentypen (also auch auf Monofractionen (z.B. für PPK, LVP) bzw. auf Sortieranlagen für Monofractionen) beziehen und dadurch kein Rückschluss auf einzelne Inputfraktionen möglich ist.

Bild 9-3: Abfallaufkommen hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) im Jahr 2007⁸¹

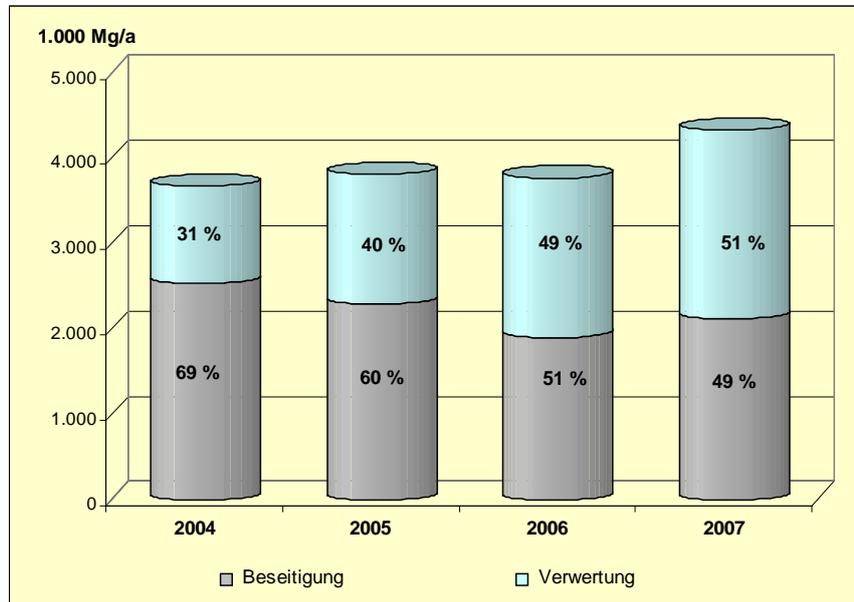


Abfallaufkommen in 1.000 Mg

Anhand der Bundesstatistik kann also nur zwischen den Mengenanteilen des Input, die direkt einer Beseitigungsanlage und solchen, die einer Verwertungsanlage (thermische Anlagen und Sortieranlagen) zugeführt werden, differenziert werden. Diese Betrachtung ergibt, dass im Jahr 2004 31 Ma.-% der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle energetischen und stofflichen Verwertungsanlagen zugeführt wurden; dieser Anteil stieg auf rund 50 Ma.-% im Jahr 2007 an. Dieser Anstieg ist in erster Linie auf den Wegfall der Deponierung und die zunehmende energetische Verwertung der Abfälle zurückzuführen.

⁸¹ Statistisches Bundesamt: Abfallbilanz 2007, Wiesbaden Juni 2009

Bild 9-4: Entwicklung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Jahren 2004 bis 2007⁸²

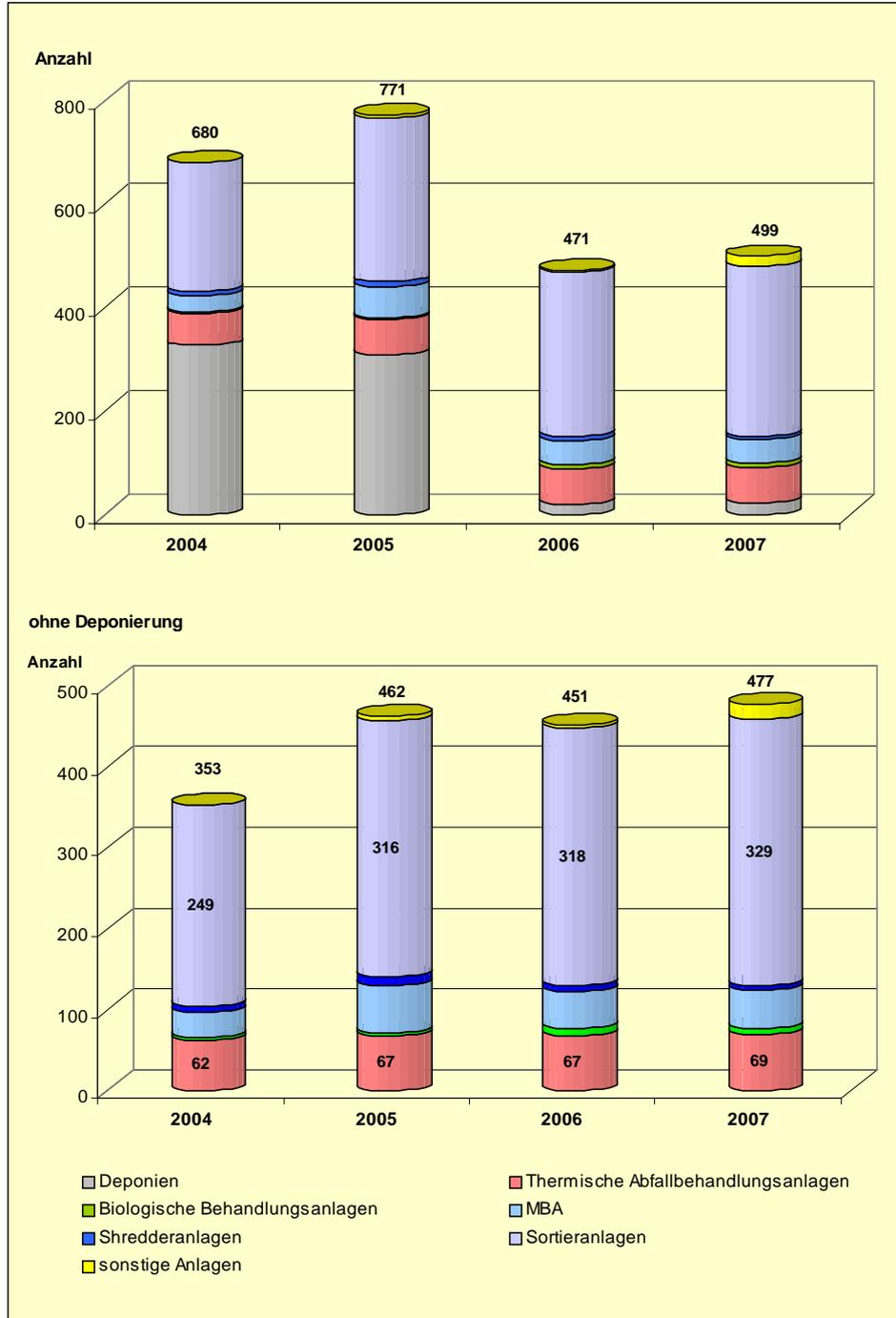


Das Ende der Deponierung unbehandelter Abfälle im Jahr 2005 hat auch zu einem Rückgang der Gesamtanzahl der Entsorgungsanlagen geführt. Wurden in den Jahren 2004/2005 gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle noch in 770 Entsorgungsanlagen⁸³ verbracht, waren es im Jahr 2007 nur noch 470 Anlagen. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Sortieranlagen (66 %), thermische Abfallbehandlungsanlagen (14 %) und mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen (9 %).

⁸² Statistisches Bundesamt: Abfallbilanzen der Jahre 2002 bis 2006, Wiesbaden

⁸³ Die Berechnung der Anzahl der Abfallentsorgungsanlagen für die Jahre 2004 bis 2006 erfolgte analog zur Berechnung für das Jahr 2007.

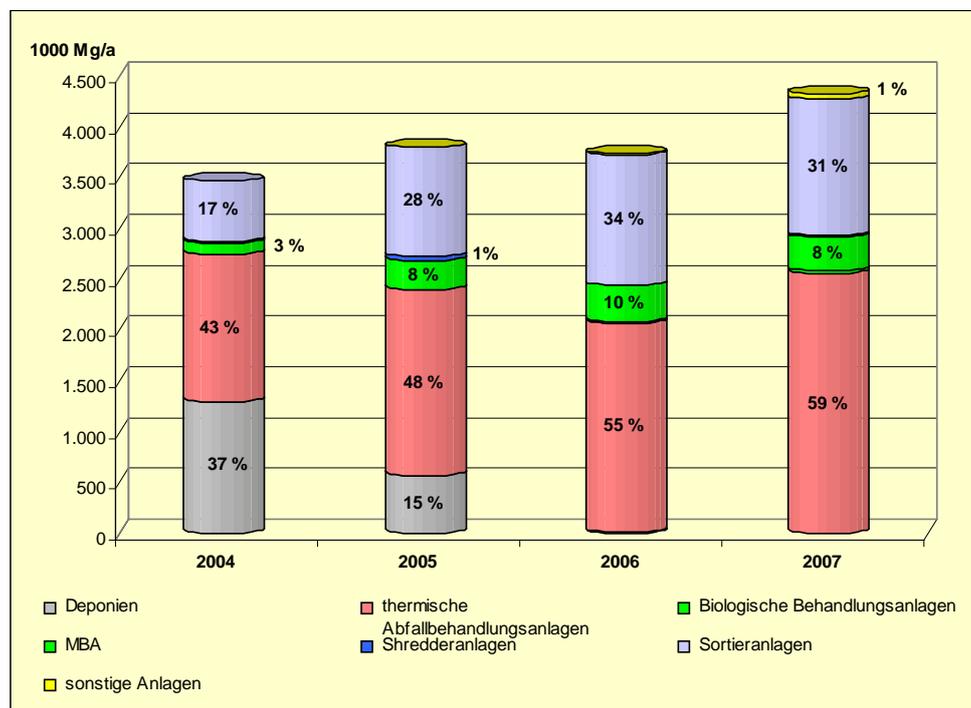
Bild 9-5: Anzahl der Entsorgungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in den Jahren 2004 bis 2007⁸⁴



⁸⁴ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2004 bis 2007, Wiesbaden

Der Input in Sortieranlagen hat sich seit dem Jahr 2004 mit knapp 600.000 Mg auf rund 1,3 Mio. Mg im Jahr 2007 mehr als verdoppelt. Relativ gesehen ist der Anteil der Abfälle, die Sortieranlagen zugeführt wurden, nach einem Anstieg in den Jahren von 2004 bis 2006 (von 17 Ma.-% (2004) über 28 Ma.-% (2005) auf 34 Ma.-% im Jahr 2006) im Jahr 2007 mit 31 Ma.-% wieder leicht rückläufig gewesen (Bild 9-6). Entsprechend nahm der Marktanteil der thermischen Abfallbehandlungsanlagen zu.

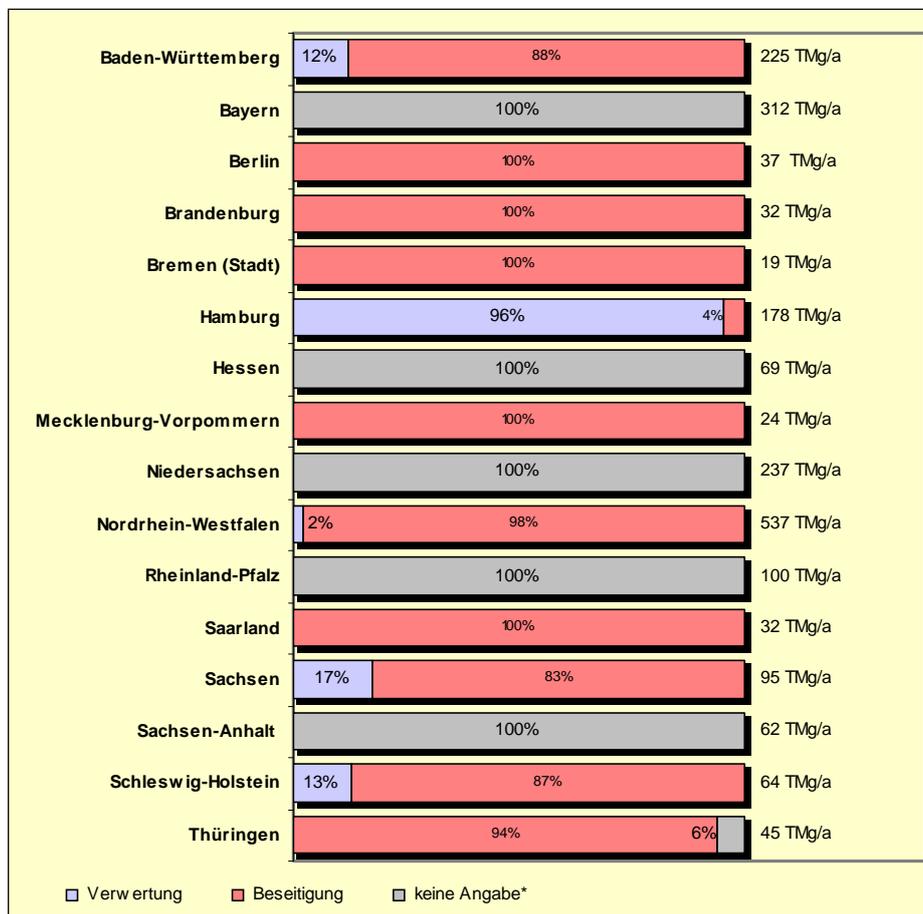
Bild 9-6: Verteilung der entsorgten Abfallmengen auf die Entsorgungsanlagen in den Jahren 2004 bis 2007⁸⁵



Die Auswertung der Abfallbilanzen der Länder zeigt ansatzweise den Verbleib der den öRE überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Bundesländern (Anhang 16-12). Für die Bundesländer Bayern, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt liegen keine Angaben zum Verbleib der insgesamt 0,78 Mio. Mg Abfälle im Jahr 2007 vor. Für die anderen Bundesländer überwiegt mit rund 1 Mio. Mg/a die Beseitigung der Abfälle.

⁸⁵ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2004 bis 2007, Wiesbaden

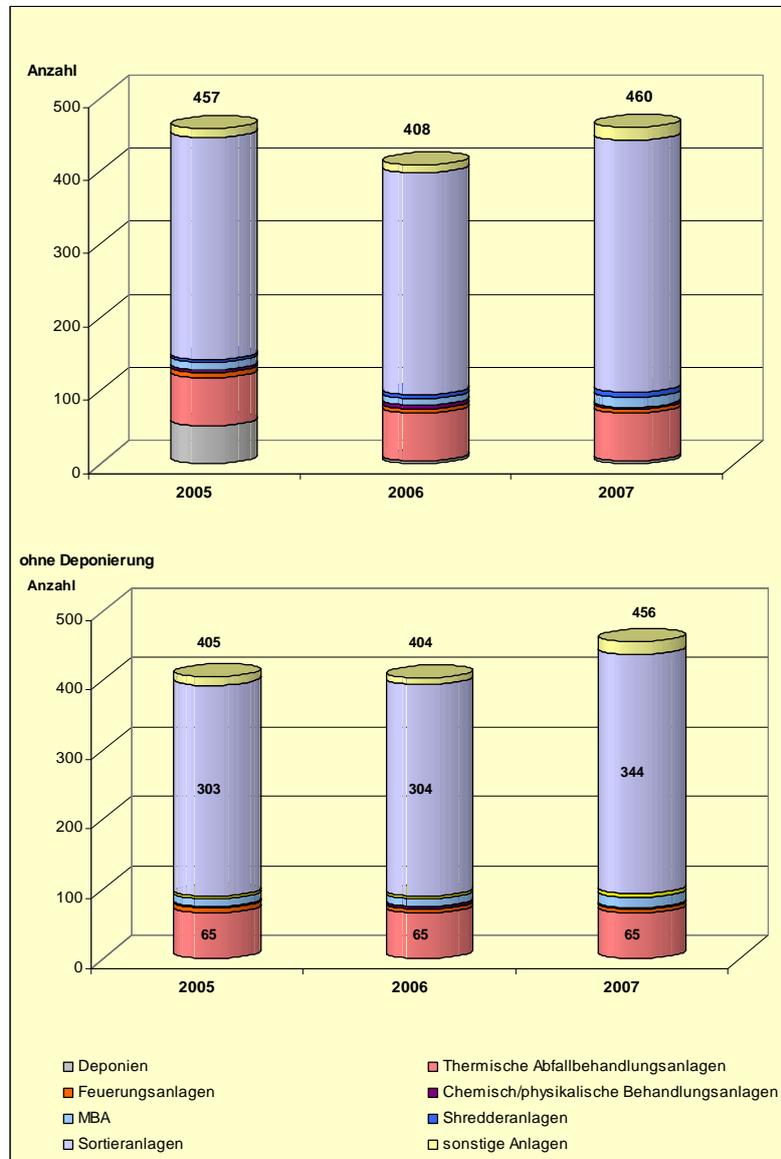
Bild 9-7: Aufkommen und Verbleib der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in allen Bundesländern im Jahr 2007



9.2 Gemischte Verpackungen

Die Gesamtanzahl der Entsorgungsanlagen für Verpackungsgemische ist in den Jahren 2005 bis 2007 weitgehend konstant geblieben; der Wegfall der Deponien wurde in erster Linie mit der Zunahme von Sortieranlagen kompensiert.

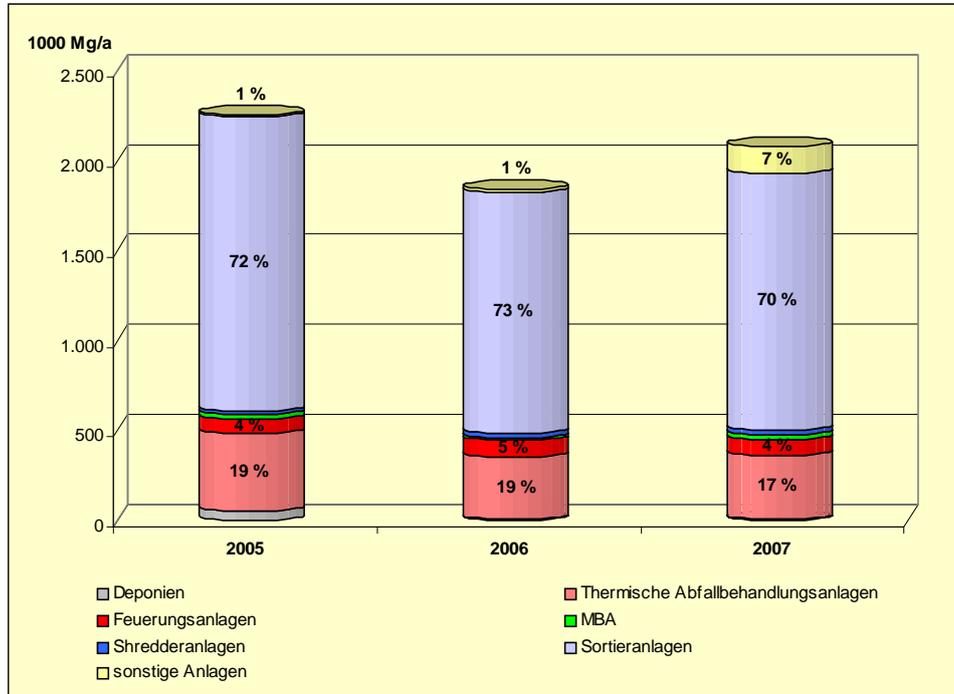
Bild 9-8: Anzahl der Entsorgungsanlagen für gemischte Verpackungen in den Jahren 2005 bis 2007⁸⁶



Rund 70 Ma.-% der anfallenden Verpackungsmische werden in Sortieranlagen entsorgt (Bild 9-9), wobei der Anteil, der direkt bzw. indirekt einer thermischen/energetischen Behandlung zugeführt wird, ansteigt. Zurückzuführen ist dieser Anstieg auf die zunehmende Behandlung der gemischten Verpackungen in sog. sonstigen Behandlungsanlagen, wozu auch Ersatzbrennstoffaufbereitungsanlagen zählen.

⁸⁶ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2005 bis 2007, Wiesbaden

Bild 9-9: Verteilung der gemischten, nicht differenzierbaren Verpackungen auf die Entsorgungsanlagen in den Jahren 2005 bis 2007⁸⁷



⁸⁷ Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2005 bis 2007, Wiesbaden

10 Sekundärrohstoffmengen aus der Sortierung gemischter Gewerbeabfälle

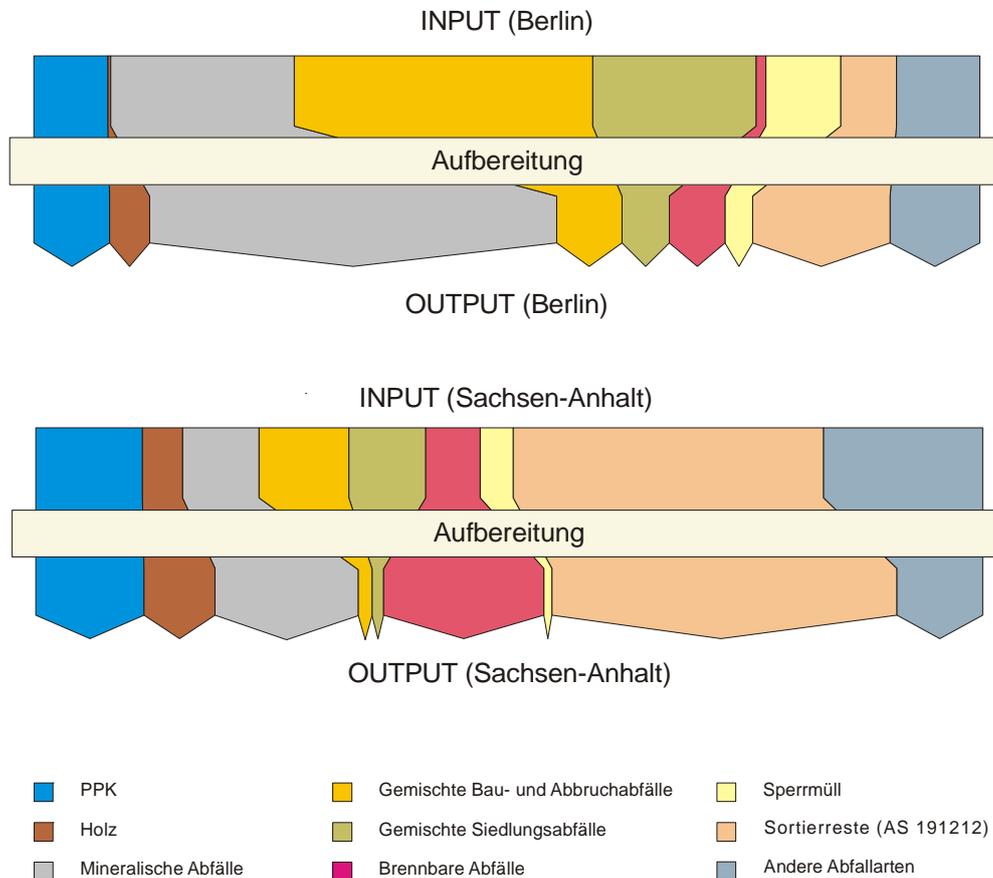
Der Beitrag der stofflichen Verwertung von Sekundärrohstoffen zum Ressourcen- und Klimaschutz ist unstrittig und bereits in zahlreichen Publikationen dargelegt und diskutiert worden, so dass sich an dieser Stelle eine erneute Erörterung erübrigt. Das Augenmerk soll vielmehr darauf gelenkt werden, welchen Beitrag mechanische Vorbehandlungsanlagen für gemischte Gewerbeabfälle am stofflichen Recycling bzw. an der herstellbaren Sekundärrohstoffmenge haben bzw. haben können.

10.1 Aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen hergestellte Sekundärrohstoffe

Nachdem sich die bundesweite Statistik nicht eignet, um den Anteil der zur stofflichen Verwertung aussortierten Materialfraktionen für gemischte Gewerbeabfälle zu bestimmen, werden im Folgenden andere Informationsquellen ausgewertet und zur Abschätzung einer stofflichen Verwertungsquote herangezogen.

Eine Auswertung der In- und Outputströme von insgesamt 74 unterschiedlichen Vorbehandlungsanlagen in den Bundesländern Berlin und Sachsen-Anhalt ist Bild 10-1 zu entnehmen. Wie zu erwarten, werden in den Vorbehandlungsanlagen überwiegend unterschiedliche Inputstoffe verarbeitet; so werden neben Gemischen (gemischte gewerblichen Siedlungsabfälle oder gemischte Bau- und Abbruchabfälle oder Sperrmüll) auch Wertstoffe wie z.B. PPK angenommen. Eine Getrennthaltung der der Gewerbeabfallverordnung unterliegenden Gemische erfolgt bei den Anlagen i.d.R. nicht, bereits im Bunker vermischen sich Abfälle unterschiedlicher Herkunft und Abfallschlüssel. Demzufolge führen die Betreiber auch keine nach Inputstoffen differenzierte Outputstatistik.

Bild 10-1: In- und Outputmengen von Sortieranlagen in Berlin (2007) und Sachsen-Anhalt (2008) ^{88, 89}



Trotz dieser einschränkenden Randbedingungen können den Bilanzen bei näherer Betrachtung erste Hinweise entnommen werden:

- Die PPK-Outputmengen sind gegenüber den PPK-Inputmengen (getrennt erfasstes, aber in den Anlagen sortiertes PPK) nur vergleichsweise geringfügig erhöht. Offenbar wurden aus den anderen Inputfraktionen nur geringe PPK-Anteile entnommen.
- Der Holzanteil im Output ist deutlich erhöht.
- Neben Stoffen, die einer stofflichen Verwertung zugeführt werden (z.B. PPK, Holz), treten im Output Gemische auf, die dann in weiteren Anlagen (Vorbehandlungsanlagen und Verbrennungsanlagen) entsorgt werden. Die Erzeugung brennbarer Abfälle und

⁸⁸ u.e.c. Berlin: Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen - Recherchen und Untersuchungen an Abfallbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt und Abgrenzung der Abfallschlüssel 191209 und 191212 (Kurzfassung) unter <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=42511>

⁸⁹ Oetjen-Dehne, R. et al.: Stärker stofflich nutzen; ReSource 1/2010

damit die energetische Verwertung spielt bei der Verwertung der Outputfraktionen aus Vorbehandlungsanlagen eine große Rolle.

Einer Umfrage bei nordrhein-westfälischen Vorbehandlungsanlagen ist zu entnehmen, dass im Jahr 2005 der Output von Sortieranlagen nur zu 43 Ma.-% einer energetischen Verwertung zugeführt wurde⁹⁰. Die Auswertung von Jahresberichten ergab für Nordrhein-Westfalen, dass mittlerweile Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sperrmüll im Anschluss an eine Vorbehandlung zu ca. 95 % thermisch behandelt werden⁹¹. Auch im Land Berlin dominieren Fraktionen den Anlagenoutput von Vorbehandlungsanlagen, die entweder direkt energetisch verwertet oder anderen Vorbehandlungsanlagen zur Brennstoffherzeugung oder Behandlungsanlagen zur energetischen Verwertung zugeführt werden⁹². Tendenziell weisen diese Daten daraufhin, dass der in Vorbehandlungsanlagen aussortierte Wertstoffanteil gering ausfällt.

Genauere Aussagen zum Anteil der aus Gewerbeabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe können Betreiberangaben entnommen werden. Die Umfragen bei nordrhein-westfälischen Betreibern von Aufbereitungs- und Sortieranlagen⁹³ ergaben, dass im Jahr 2003 der Anteil der Sekundärrohstoffe (PPK, Kunststoffe, Holz, Metalle) nur bei 11 Ma.-% lag. Für das Jahr 2005 (nach dem 1. Juni 2005) lag dieser Anteil bei 34 Ma.-%. Hervorzuheben ist der starke Anstieg bei Holz von 4 Ma.-% auf 15 Ma.-%.

Eine weitere Befragung bezüglich nicht besonders überwachungsbedürftiger Gewerbeabfälle⁹⁴ in Bayern für das Jahr 2006⁹⁵ kommt zum Ergebnis, dass aus diesen Stoffströmen

⁹⁰ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Gewerbeabfallentsorgung in NRW seit dem 1. Juni 2005, 2006

⁹¹ Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2007

⁹² Abfallwirtschaftskonzept Berlin Juli 2009

⁹³ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Gewerbeabfallentsorgung in NRW seit dem 1. Juni 2005, 2006

⁹⁴ Hierunter werden folgende Abfälle zusammengefasst: Gewerbeabfälle zur Beseitigung (Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (Restmüll), nichtmineralische gewerbliche Bau- und Abbruchabfälle, nicht verwertbare gewerbliche Sperrmüllmengen, sonstige produktionspezifische Abfälle, gewerbliche Sortierabfälle (ohne Sortierreste aus der Aufbereitung für Wertstoffe aus Haushaltungen) und Gewerbeabfälle zur Verwertung (Gewerbeabfälle zur Vorbehandlung (Wertstoffgemische zur Sortierung), Gewerbeabfälle zur energetischen Verwertung, Sortierabfälle zur Verwertung (auch aus dem Dualen System, Grüner Punkt))

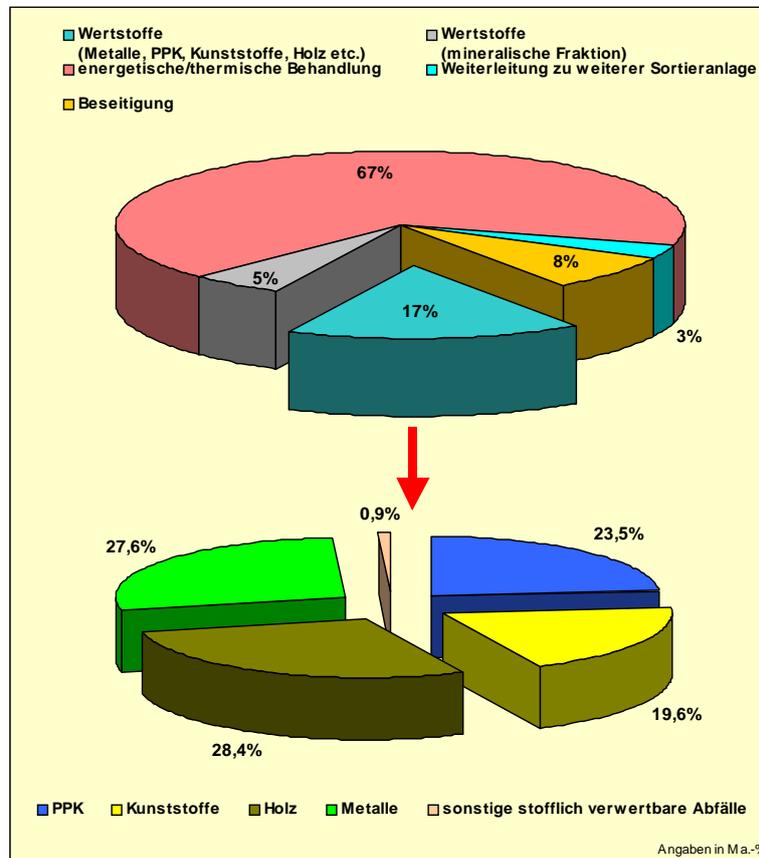
⁹⁵ Büchl Consult GmbH im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Verwertung und Beseitigung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen aus Bayern, 2006

zwischen 10 und 20 Ma.-% als Fraktionen für die stoffliche Verwertung (PPK, Kunststoffe, Holz, Metalle und Glas) aussortiert wurden.

Als weitere Datenquelle stehen die Angaben der Anlagenbetreiber aus der Fragebogenerhebung sowie unveröffentlichte Anlagenbilanzen einzelner Vorbehandlungsanlagen mit dem Hauptinput gemischter Gewerbeabfälle zur Verfügung. Da in diesen Anlagen teilweise neben gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen auch andere Inputstoffe (gemischte Bau- und Abbruchabfälle etc.) verarbeitet werden, können die nachfolgenden Daten zur Outputverteilung nicht in Gänze auf gemischte Gewerbeabfälle als Input zurückgeführt werden. Allerdings werden in den betrachteten Anlagen keine Monofraktionen sortiert, so dass diese Daten eine höhere Genauigkeit als andere Informationsquellen aufweisen.

Die befragten Sortieranlagenbetreiber geben eine stoffliche Verwertungsquote von rund 22 Ma.-% für die separierten Wertstoffe PPK, Kunststoffe, Holz, Fe- und NE-Metalle und mineralische Abfälle an. Unter dem Begriff mineralische Abfälle sind Abfälle zu verstehen, die sowohl händisch aussortiert werden, überwiegend aber als Siebfraktionen bei der Aufbereitung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen entstehen. Auf die Wertstoffe Fe- und NE-Metalle, Holz, PPK und Kunststoffe entfallen rund 17 Ma.-% des Outputs. Zur thermischen Behandlung gelangen rund 42 Ma.-% Brennstoffe (AS 191210), 21 Ma.-% Sortierreste (AS 191212) und 4 Ma.-% umgeschlagene Abfälle. Nur ein geringer Teil wird als Sortierrest (AS 191212) an weitere Sortieranlagen abgegeben.

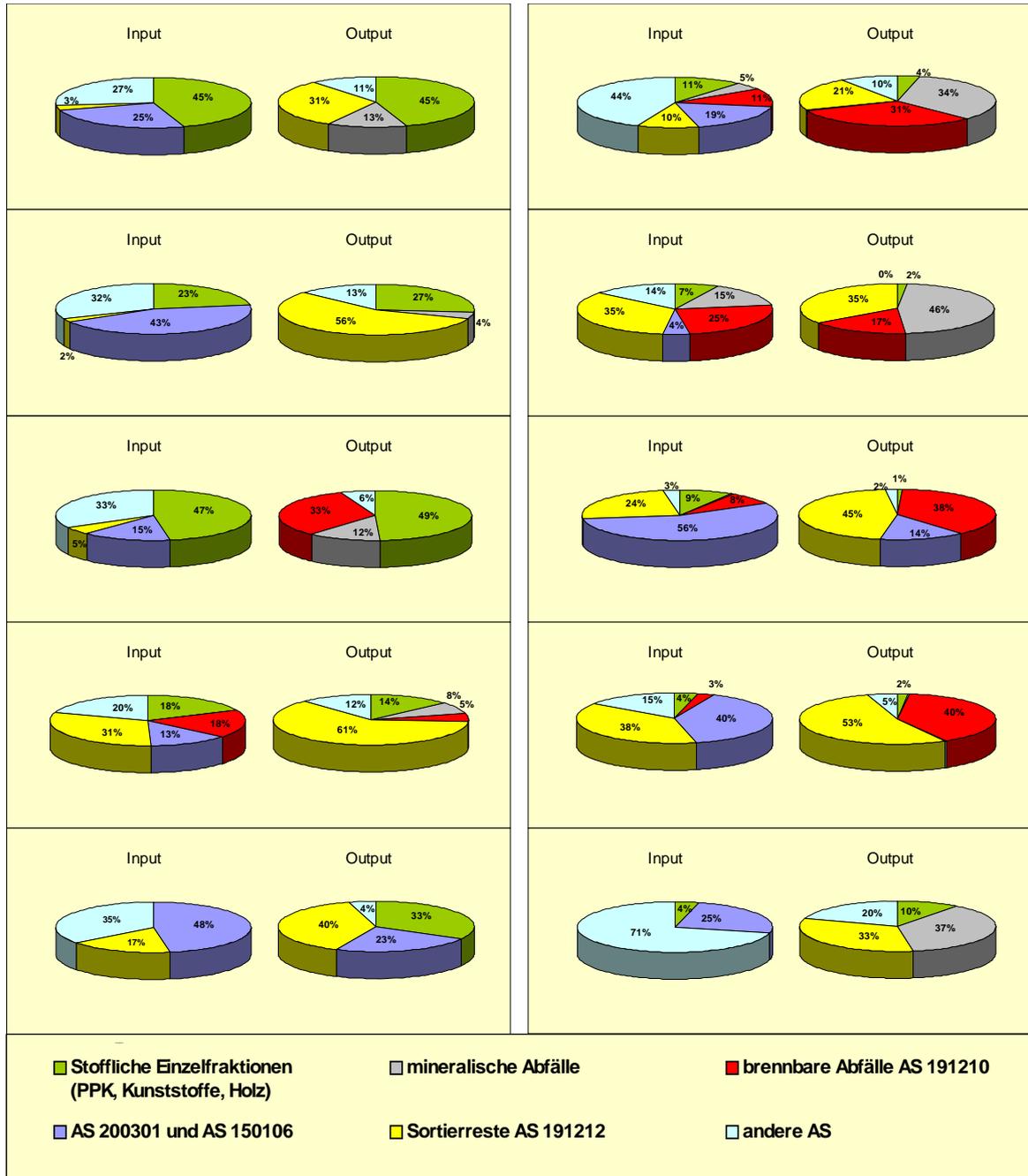
Bild 10-2: Verteilung des Outputs von Sortieranlagen im Jahr 2007 (Fragebogenerhebung)⁹⁶



Dass die Stoffstromverteilung von Vorbehandlungsanlagen sehr heterogen ist, zeigt die nachfolgende Darstellung der In- und Outputbilanzen von zehn exemplarischen Sortieranlagen in Bild 10-3. Das sehr unterschiedlich beschaffene Inputmaterial und die Vorgaben der abnehmenden Verwertungsunternehmen bestimmen die jeweils installierte Aufbereitungstechnik und damit auch die Stoffstromverteilung durch die Anlagen. Während in einigen Sortieranlagen Wertstofffraktionen, wie PPK, Kunststoffe oder Holz aussortiert werden, konzentrieren sich andere Anlagenbetreiber auf die Erzeugung brennbarer Abfälle (AS 191210) oder Sortierreste (AS 191212), die in Folgeanlagen weiter aufbereitet werden. Um heizwertreiche Fraktionen zu erzeugen, werden mitunter auch prinzipielle Wertstofffraktionen (beispielsweise Mischkunststoffe) den anderen Brennstofffraktionen „zugemischt“.

⁹⁶ Sonstige stofflich verwertbare Abfälle: u.a. Teppich, Matratzen.

Bild 10-3: In- und Outputbilanzen verschiedener Sortieranlagen für das Jahr 2007⁹⁷

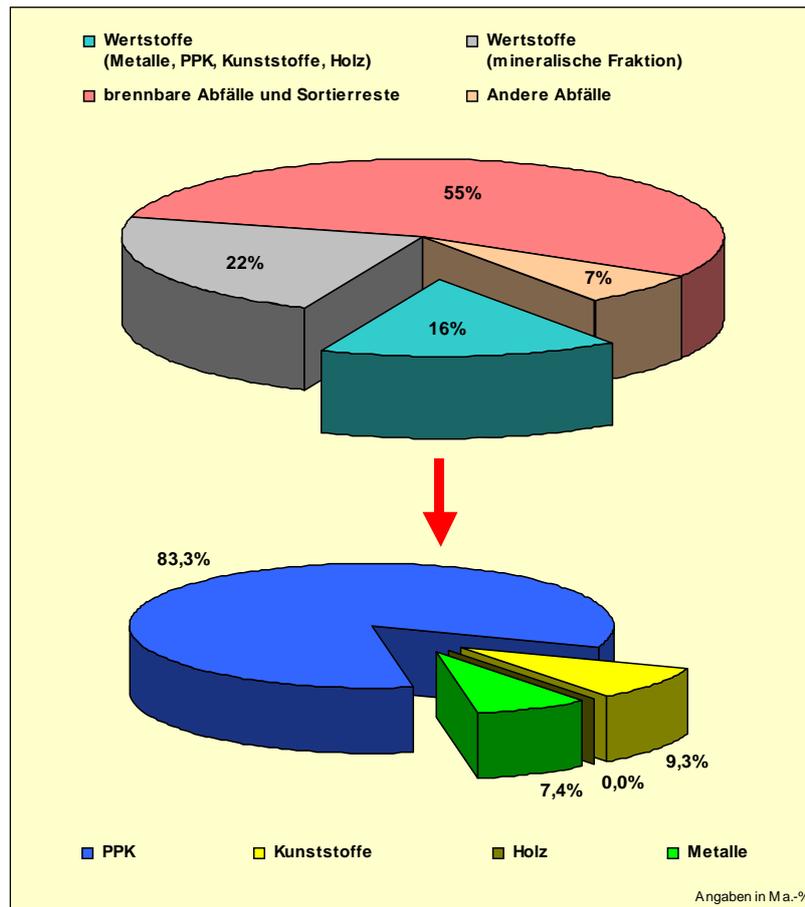


Über alle 10 Vorbehandlungsanlagen gemittelt wurden rund 16 Ma.-% des Input als Wertstoffe (PPK, Kunststoffe, Holz und Metalle) dem Aufgabegut entnommen, ein Anteil der mit den Daten aus der Fragebogenerhebung korrespondiert. Stark abweichend von den Daten

⁹⁷ unveröffentlichte Ergebnisse

der Fragebogenerhebung ist allerdings der höhere Anteil der mineralischen Abfälle mit 22 Ma.-%, der hohe Anteil der Fraktion PPK mit 83 Ma.-% und die fehlende Holzfraktion mit 0,02 Ma.-%.

Bild 10-4: Verteilung des Outputs von 10 Sortieranlagen⁹⁸

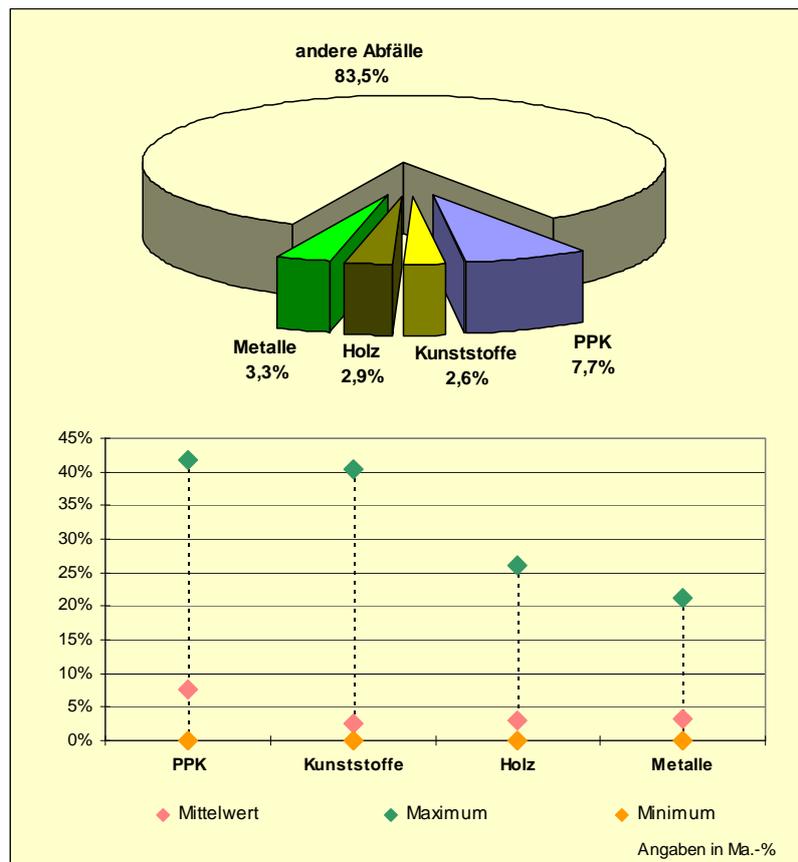


Die Ergebnisse zeigen die große Varianz des Anlagenoutputs bzw. die im Einzelfall stark unterschiedlichen Anteile der aus Gewerbeabfällen aussortierten Sekundärrohstoffe. Die Gründe dafür sind vielfältig. Neben variierenden Wertstoffanteilen beeinflussen auch die regional differenzierten Marktbedingungen die Wertstoffentnahme. Tendenziell zeigt sich, dass selbst in einem Jahr mit vergleichsweise hohen Wertstoff Erlösen der Anteil der den Sekundärrohstoffmärkten aus der Sortierung gemischter Gewerbeabfälle zur Verfügung gestellten Stoffströme vergleichsweise gering ist. Dafür dürften wirtschaftliche Gründe verantwortlich sein.

⁹⁸ siehe Fußnote 97

Um trotz aller im Rahmen dieser Studie nicht gänzlich aufzuklärenden Unwägbarkeiten den Anteil der von Vorbehandlungsanlagen aussortierten Wertstoffe zu quantifizieren, werden die Daten von insgesamt 43 Anlagen herangezogen (Detailinformationen Anhang 16-14).

Bild 10-5: Anteil der aus Gewerbeabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe (n=43)⁹⁹



Wird diese mittlere Massenverteilung für die Berechnung der bundesweit in 2007 aussortierten Sekundärrohstoffmenge angewendet und auf das Gesamtabfallaufkommen von 6,4 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und Verpackungsgemische im Jahr 2007 bezogen, lässt sich für die Fraktionen PPK, Kunststoffe, Holz und Metall eine theoretische Sekundärrohstoffmenge in Höhe von rund 1,1 Mio. Mg/a errechnen.

⁹⁹ Ergebnisse der Fragebogenerhebung sowie Fußnote 97

Da im Jahr 2007 aber nur 2,77 Mio. Mg (Tabelle 9-1) in Vorbehandlungsanlagen gelangten, ist die tatsächliche Sekundärrohstoffmenge mit ca. 0,46 Mio. Mg entsprechend geringer anzusetzen.

Tabelle 10-1: Abschätzung der im Jahr 2007 aus Gewerbeabfällen aussortierten Sekundärrohstoffmenge

Wertstoff	Anteil der hergestellten Sekundärrohstoffe (Bild 10-5) Ma.-%	Aufkommen AS 20030102 und AS 15010600 2007 Mio. Mg/a	herstellbare Sekundärrohstoffe 2007 Mg/a	Anlageninput AS 20030102 und AS 15010600 2007 Mio. Mg/a	hergestellte Sekundärrohstoffe 2007 Mg/a
PPK	7,7%	6,41	495.000	2,77	214.000
Kunststoffe	2,6%		167.000		72.000
Holz	2,9%		188.000		81.000
Metalle	3,3%		213.000		92.000
Summe	16,5%		1.063.000		459.000

10.2 Relevanz der aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen hergestellten Sekundärrohstoffe

Um die zuvor abgeschätzte Sekundärrohstoffmenge bezüglich der Relevanz für den Sekundärrohstoffmarkt einzuschätzen, können verschiedene Blickwinkel eingenommen werden.

So kann diese Menge zunächst in Relation zur insgesamt von Betrieben bereitgestellten Sekundärrohstoffmenge betrachtet werden. So ergab die statistische Untersuchung zur Abfallerzeugung im Jahr 2006, dass in den untersuchten Betrieben rund 19,5 Mio. Mg Abfälle getrennt erfasst und dem Produktionskreislauf wieder zugeführt wurden (Tabelle 10-2). Ein Teil der erzeugten Abfälle aus Produktion und Verarbeitung wird zudem nicht der Entsorgungswirtschaft zugeführt, sondern als Sekundärrohstoffe direkt in den Produktionskreislauf zurückgeführt. Gemessen an dieser (nicht auf alle Betriebe hochgerechneten) Menge ist die über die Sortierung von Gemischen bereitgestellte Wertstoffmenge mit ca. 0,46 Mio. Mg. vergleichsweise gering.

Tabelle 10-2: In 19.348 Betrieben getrennt erfasste Sekundärrohstoffe im Jahr 2006¹⁰⁰

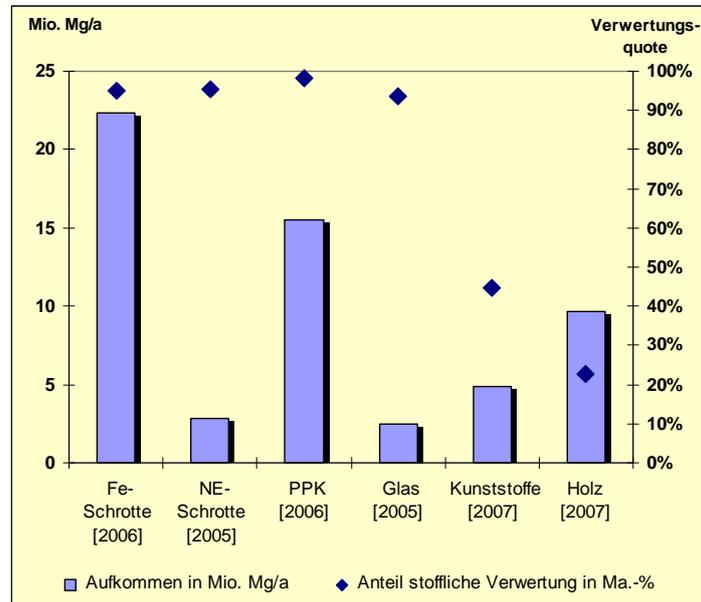
Sekundärrohstoffe	Abfallerzeugung 2006 Mio. Mg/a
Metalle	7,43
Holz	3,28
Papierreste	3,58
PPK	3,18
Kunststoffe	0,94
gemischte Verpackungen	0,75
Glas	0,31
Summe	19,47

Ein tendenziell ähnliches Bild ergibt sich, wenn auf die insgesamt in Deutschland anfallenden Sekundärrohstoffmengen abgestellt wird.

Die nachfolgende Grafik gibt zunächst einen summarischen Überblick über das Aufkommen ausgewählter Sekundärrohstoffe und deren stoffliche Verwertungsquote. Für die Sekundärrohstoffe Metall, PPK und Glas liegen die stofflichen Verwertungsquoten über 90 Ma.-%, während Kunststoffe zu ca. 45 Ma.-% stofflich verwertet werden. Bei Altholz lag die stoffliche Verwertungsquote unter 25 Ma.-%.

¹⁰⁰ siehe Fußnote 32

Bild 10-6: Aufkommen ausgewählter Sekundärrohstoffe und deren stoffliche Verwertungsquote¹⁰¹



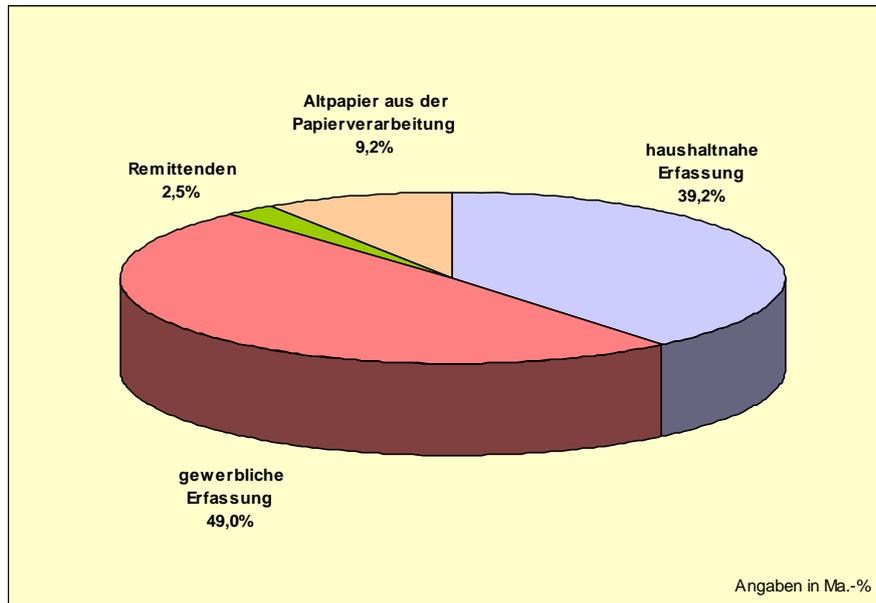
Im Folgenden werden die Sekundärrohstoffmengen aus der Vorbehandlung von gemischten Gewerbeabfällen zu den statistischen Daten für die in Deutschland verwerteten Sekundärrohstoffe in Beziehung gesetzt.

➤ **PPK**

Der Papierverbrauch in Deutschland belief sich im Jahr 2007 auf rund 21,1 Mio. Mg Papier, das hauptsächlich für Druck- und Pressepapier sowie für Verpackungspapiere eingesetzt wird. Knapp 73 % des Papiers bzw. rund 15,4 Mio. Mg wurden als Altpapier wieder erfasst, davon stammt ein Großteil aus dem Gewerbe.

¹⁰¹ Probst, T.: Die Zukunft der Sekundärrohstoffe – am Beispiel des Kunststoffrecyclings; in Thomé-Kozmiensky, K. J.: Recycling und Rohstoffe, 2010

Bild 10-7: Herkunft des Altpapiers¹⁰²



Von den 15,4 Mio. Mg Altpapier, die im Jahr 2007 getrennt erfasst wurden, stammen rund 214.000 Mg aus der Sortierung von gemischten Gewerbeabfällen (vgl. Tabelle 10-1.) Dieses entspricht einem Anteil von 1,4 Ma.-%.

➤ **Kunststoffabfälle**

Im Jahr 2007 wurden in Deutschland rund 12,5 Mio. Mg Kunststoffe verarbeitet und für verschiedenste Produkte in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt. Außerhalb des Verpackungsbereiches werden Kunststoffe oftmals für langlebige Produkte eingesetzt, während Verpackungskunststoffe bereits wenige Wochen nach ihrer Herstellung als Abfall anfallen.

Die Menge der Kunststoffabfälle ist seit 1994 kontinuierlich angestiegen und belief sich im Jahr 2007 auf rund 4,86 Mio. Mg¹⁰³. Diese Entwicklung ist vorwiegend auf den Anstieg im Post-Consumer-Bereich zurückzuführen, so entfielen auf Post-Consumer-

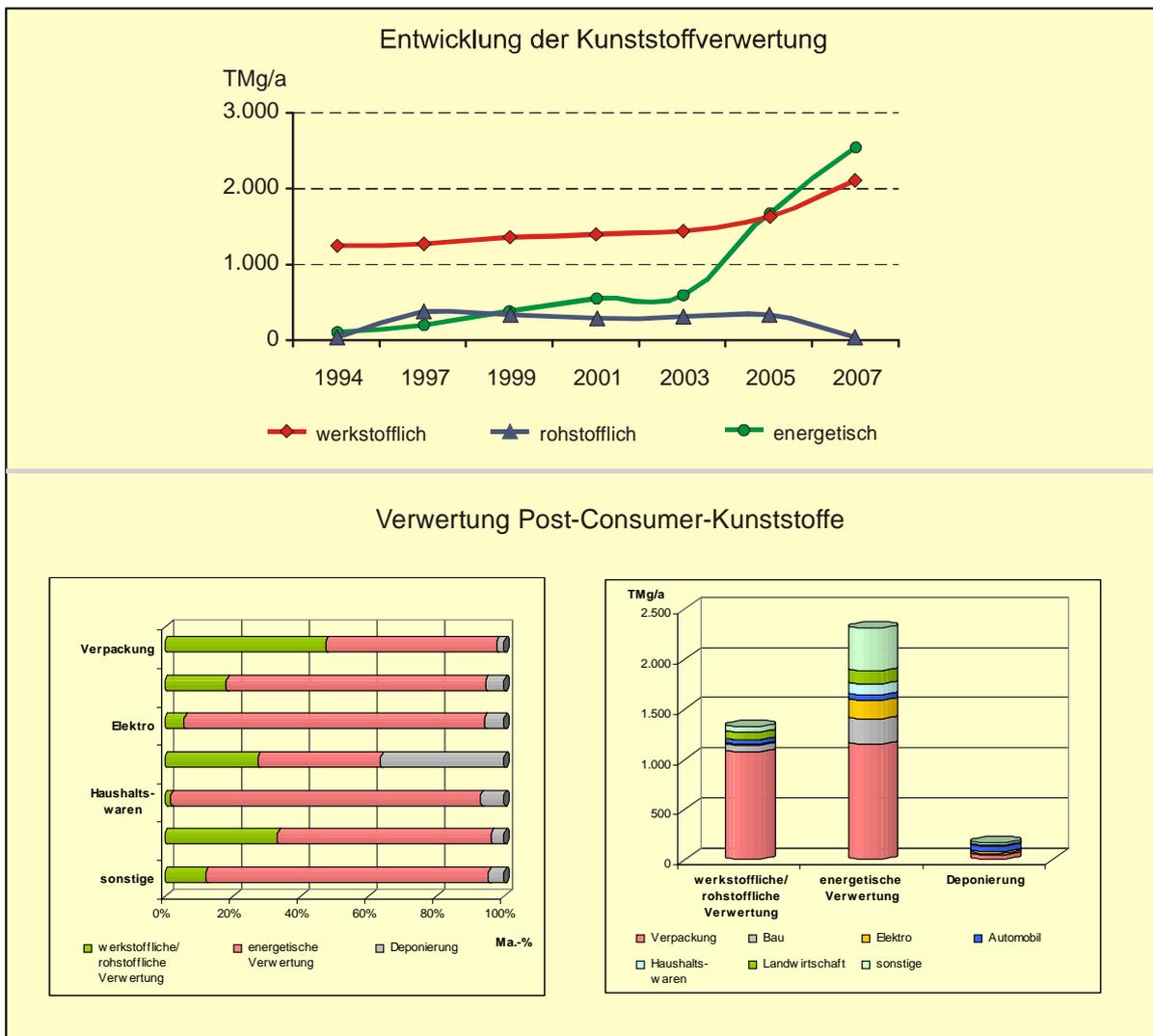
¹⁰² Euwid Recycling und Entsorgung; Papierindustrie verbraucht in 2009 weniger Altpapier, Nr. 20 vom 18.05.2010

¹⁰³ Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007, Kurzfassung, 2008

Kunststoffe¹⁰⁴ rund 3,8 Mio. Mg im Jahr 2007. Die Verwertung von Kunststoffabfällen ist im gleichen Zeitraum ebenfalls stetig gestiegen. Wurde bis zum 2003/2004 noch überwiegend werkstoffliches Recycling betrieben, überwiegt seit 2005 die energetische Verwertung. Das werkstoffliche Recycling wird von der Verwertung von gebrauchten Verpackungen geprägt, die anderen Branchen spielen eine eher untergeordnete Rolle.

¹⁰⁴ Post-Consumer-Kunststoffe: Kunststoffabfälle, die durch den privaten oder gewerblichen Endverbraucher entstehen. Abfälle aus Produktion und Verarbeitung zählen nicht zu Post-Consumer-Kunststoffen.

Bild 10-8: Entwicklung der Verwertung von Post-Consumer-Kunststoffabfällen und Kunststoffabfällen aus Produktion und Verarbeitung sowie Verteilung der werkstofflichen und der energetischen Verwertung der Post-Consumer-Kunststoffabfälle auf die Branchen im Jahr 2007¹⁰⁵



Kunststoffe in gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen oder in Verpackungsgemischen sind in erster Näherung dem Post-Consumer-Bereich zuzuordnen. Ausgehend von der o.g. Kunststoffabfallmenge in Höhe von 3,8 Mio. Mg im Jahr 2007 entspricht

¹⁰⁵ Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007, Kurzfassung, 2008

die zuvor ermittelte Sekundärrohstoffmenge für Kunststoffe aus den Sortieranlagen (72.000 Mg) (Tabelle 10-1) einem Massenanteil von 1,9 Ma.-%.

➤ **Holz**

In Deutschland fielen im Jahr 2005 ca. 8 Mio. Mg Holzabfälle aus der Holzbe- und Holzverarbeitenden Industrie und Gewerbe sowie aus den Bereichen Bau und Abbruch, Verpackungen sowie Sperrmüll an¹⁰⁶. Bezogen auf diese Gesamtholzmenge liegt der Beitrag des in den Sortieranlagen aussortierten Altholz bei ca. 1 Ma.-%.

➤ **Metalle**

Der inländische Stahlschrottversand belief sich im Jahr 2007 auf knapp 29,9 Mio. Mg¹⁰⁷. Neben der Verwertung in inländischen Stahlwerken und Gießereien wird ca. 28 Ma.-% exportiert. Bezogen auf diese Gesamtmenge beträgt der Anteil der von den Sortieranlagen bereitgestellten rund 92.000 Mg Metalle nur rund 0,3 Ma.-%.

Die bisherige Betrachtungsweise, also der Bezug der im Ergebnis der Abschätzung in 2007 von Sortieranlagen aussortierten Sekundärrohstoffmengen auf die gesamten Sekundärrohstoffmengen der Bundesrepublik, weist den Vorbehandlungsanlagen nur eine geringe prozentuale Relevanz zu.

Eine höhere Relevanz ergibt sich, wenn die Sekundärrohstoffmenge des Jahres 2007 einmal mit den Mengen verglichen wird, die bei der beabsichtigten Einführung einer Wertstofftonne bei Haushalten zur Erfassung stoffgleicher Nichtverpackungen zusätzlich getrennt erfasst werden können. Legt man die Ergebnisse aus Untersuchungen¹⁰⁸ in Leipzig, Berlin und Hamburg mit einer Steigerung um bis zu 7 kg/E,a sowie eine Einwohnerzahl von 81,8 Mio. Ende 2009 zugrunde, würden bei einer bundesweiten flächendeckenden Einführung der Wertstofftonne rund 0,57 Mio. Mg zusätzlich getrennt erfasst.

¹⁰⁶ <http://www.bvse.de/images/picturepool/1/2494.pdf>

¹⁰⁷ BDSV: Deutsche Stahlrecycling-Bilanz 1980 bis 2009 http://www.bdsv.org/downloads/stat_bilanz.pdf

¹⁰⁸ Oetjen-Dehne, R.: Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus in Leipzig und Berlin, in Urban A., Halm, G. (Hrsg.): Kasseler Modell - mehr als Abfallentsorgung, 2009

Eine solche zusätzliche Sekundärrohstoffmenge kann, wie im Folgenden noch dargelegt wird, auch durch eine Intensivierung der stofflichen Verwertung gemischter Gewerbeabfälle generiert werden.

10.3 Abschätzung der herstellbaren Sekundärrohstoffmengen aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen

Der Anteil der aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen und gemischten Verpackungen hergestellten Sekundärrohstoffe PPK, Kunststoffe, Holz und Metalle an den bundesdeutschen Gesamtsekundärrohstoffen (57 Mio. Mg im Jahr 2007¹⁰⁹) beträgt 0,8 Ma.-%. Der relative Anteil lässt sich vergrößern, wenn zum einen vermehrt gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle und gemischte Verpackungen den Sortieranlagen zugeführt werden und zum anderen, indem die Ausbeute der Sekundärrohstoffe erhöht wird.

Bei einem maximalen Wertstoffpotential von rund 50 Ma.-% (siehe Kapitel 6.4) kann die maximale Sekundärrohstoffmenge, bezogen auf die gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle und Verpackungsgemische, die im Jahr 2007 bundesweit den Sortieranlagen zugeführt wurden, auf ca. 1,4 Mio. Mg/a gesteigert werden (Tabelle 10-3). Würden ferner alle gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle und Verpackungsgemische zunächst in Vorbehandlungsanlagen sortiert, könnte die Sekundärrohstoffmenge auf maximal bis zu 3,2 Mio. Mg/a ansteigen.

Die tatsächlich aus gemischten Gewerbeabfällen aussortierbaren und vermarktbareren Sekundärrohstoffmengen werden sich zwischen den genannten Extremwerten einordnen, wenn technische Aspekte und die für eine Vermarktung notwendige Qualität berücksichtigt werden. Es wird immer den Zielkonflikt zwischen Qualität und Quantität – je höher die Reinheit bzw. die Qualität, desto geringer die Ausbeute – geben. Die in Tabelle 10-3 berechneten Sekundärrohstoffmengen liefern aber Anhaltspunkte zur Einschätzung der Relevanz und zu den möglichen Zielen einer Strategie zur Intensivierung der stofflichen Verwertung.

¹⁰⁹ Bezugsjahr für das Altholzaufkommen ist das Jahr 2005.

Tabelle 10-3: Abschätzung der in gemischten Gewerbeabfällen enthaltenen Sekundärrohstoffmengen

	Einheit	PPK	Kunststoffe	Holz	Metalle	Summe
hergestellte Sekundärrohstoffe 2007 (Tabelle 10-1)	Ma.-%	7,7%	2,6%	2,9%	3,3%	16,5%
	Mg/a	214.000	72.000	81.000	92.000	459.000
Gesamtsekundärrohstoffaufkommen in Deutschland 2007 (für Altholz: 2005)	Mg/a	15.362.000	3.809.000	8.000.000	29.884.000	57.055.000
Anteil an Gesamtsekundärrohstoffen 2007	Ma.-%	1,4%	1,9%	1,0%	0,3%	0,8%
Maximales Wertstoffpotential gemäß Abfallzusammensetzung (Bild 6-4)	Ma.-%	17%	16%	13%	6%	52%
Maximales Wertstoffpotential bezogen auf Input Sortieranlagen 2007 (2,77 Mio. Mg/a)	Mg/a	468.000	432.000	355.000	154.000	1.409.000
Anteil an Gesamtsekundärrohstoffen 2007	Ma.-%	3,0%	11,3%	3,7%	0,5%	2,4%
maximales Wertstoffpotential bezogen auf Aufkommen AS 20030102 und AS 15010600 im Jahr 2007 (6,4 Mio. Mg/a)	Mg/a	1.083.000	1.000.000	821.000	356.000	3.260.000
Anteil an Gesamtsekundärrohstoffen 2007	Ma.-%	7,0%	26,3%	10,3%	1,2%	5,7%

10.4 Biogener Anteil der Gewerbeabfälle

Ein wichtiger Aspekt für die Klimarelevanz bei der energetischen Verwertung von gemischten Gewerbeabfällen sind neben dem Heizwert die enthaltenen Anteile an fossilem und biogenem Kohlenstoff.

Auf Basis der in Kapitel 6.4 dargestellten Zusammensetzung der Abfälle und den relevanten Eigenschaften der jeweiligen Fraktionen können sowohl der Heizwert als auch die enthaltenen Anteile an fossilem und biogenem Kohlenstoff wie in der folgenden Tabelle gezeigt berechnet werden.

Tabelle 10-4: Berechnung des Heizwertes und der Anteile an fossilem und biogenem Kohlenstoff auf der Basis der Zusammensetzung von Gewerbeabfällen für die Jahre 2007/2008

Fraktion	Anteile Ma.-%	fossiles C g/kg ¹¹⁰	biogenes C g/kg	Heizwert MJ/kg
Glas , Mineralien, Metalle	14,0	0	0	-
Holz	13,0	0	380	13,3
Kunststoff	16,0	680	0	30,5
Organik	10,0	0	160	4,6
PPK	17,0	0	370	13,0
Sonstiges	10,0	99	111	7,8
Textil	2,0	172	218	15,0
Verbund	8,0	219	211	18,0
Feinfraktion < 8 mm	10,0	46	85	5,1

Somit ergeben sich folgende Eigenschaften für den betrachteten Gewerbeabfall:

- Heizwert, roh in MJ/kg: 12,3
- fossiles C in g/kg: 144
- biogenes C in g/kg: 169

Bei einer energetischen Verwertung dieses unaufbereiteten Gewerbeabfalls würden unter Berücksichtigung von Emissionsfaktoren¹¹¹ somit je MJ 43 g an fossilem CO₂ freigesetzt.

¹¹⁰ spezifische Kennwerte siehe Öko-Institut e.V., IFEU: Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft - Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz, Texte Nr. 06/2010, Förderkennzeichen 3708 31 302, 2010

¹¹¹ Verordnung über die Zuteilung von Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012

Bei der Verbrennung von Braunkohle entstehen je MJ 111 bis 119 g und bei der Verbrennung von Steinkohle 91 bis 93 g fossiles CO₂ je MJ^{112, 113}. Somit kann eine hochwertige energetische Verwertung zu einer deutlichen Reduzierung der fossilen CO₂-Emissionen aus der Energieerzeugung beitragen.

Durch eine Vorbehandlung des Gewerbeabfalls können die brennbaren Anteile weiter erhöht werden, zusätzlich kann der Gehalt an fossilem Kohlenstoff durch die Entnahme von Kunststoffen reduziert werden. Durch eine solche Vorbehandlung können Werte von 30 g an fossilen CO₂-Emissionen je MJ erreicht werden.

Einschränkend ist zu beachten, dass die tatsächliche Reduzierung der fossilen CO₂-Emissionen bezogen auf eine definierte Menge an nutzbarer Energie von einer Vielzahl von anlagenspezifischen Faktoren abhängt, wie z. B.:

- dem für die Brennstoffgewinnung betriebenen Vorbehandlungsaufwand,
- der tatsächlichen Energienutzung (nur elektrische Energie, temporäre oder ganzjährige Wärmenutzung) oder
- dem zu ersetzenden Primärenergieträger (Gas, Öl, Stein- oder Braunkohle).

Zudem bewirkt die stoffliche Verwertung einen höheren Entlastungseffekt als die unmittelbare energetische Verwertung.

10.5 Export von Sekundärrohstoffen

Sekundärrohstoffe werden sowohl innerhalb von Deutschland verwertet als auch exportiert. Eine Quantifizierung der aus gemischten Gewerbeabfällen aussortierten und in den Export gelangenden Sekundärrohstoffe ist anhand der statistischen Informationen aus den bereits genannten Gründen (Kapitel 4.4) nicht möglich. Für den Export liegen zudem bestenfalls Informationen zu den Abfallschlüsseln, nicht aber zum Ursprung vor. Bei den nicht genehmigungspflichtigen Abfällen handelt es sich im Übrigen nicht nur um Abfälle aus Vorbehandlungsanlagen, sondern auch um produktionsspezifische Abfälle.

¹¹² Angabe von Vattenfall Europe Generation AG

¹¹³ Albers, H. et al.: Ökonomische Vorteile bei der energetischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen aus Restabfällen unter Berücksichtigung des EU-Richtlinienvorschlages zum Emissionshandel, Müll und Abfall 12/02

Insofern ist zwar davon auszugehen, dass der zur stofflichen Verwertung anstehende Output aus grenz- bzw. hafennahen Vorbehandlungsanlagen teilweise in den Export geht. Genau quantifizieren lassen sich aber nur die Gesamtexportmengen.

Tabelle 10-5: Anfall und Export von Sekundärrohstoffen im Jahr 2007

Abfallart	Export genehmigungspflichtiger Abfälle 2007 ¹¹⁴	Export nicht genehmigungspflichtiger Abfälle 2007 ¹¹⁵
PPK	1.000	2,7 Mio.
Kunststoffe	16.300	0,96 Mio.
Metalle	7.200	9,2 Mio.
Holz	93.200	1,4 Mio.

Detaillierte Informationen über den länderbezogenen Verbleib exportierter Abfälle liegen für die kleine Teilmenge der genehmigungspflichtigen Abfälle vor. Diese Abfälle verblieben sowohl in als auch außerhalb von Europa. So werden insgesamt rund 93.200 Mg Holz exportiert, von denen rund 92.300 Mg Holz nach Italien gelangen. Der größte Exporteur ist Baden-Württemberg u.a. mit rund 60.600 Mg Holz. Weitere Details zu den insgesamt in 2007 exportierten 117.700 Mg genehmigungspflichtigen Abfällen ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

¹¹⁴ Grenzüberschreitende Abfallverbringung – Datenerhebung nach dem Umweltstatistikgesetz nach Bundesländern 2007 - Export

¹¹⁵ Umweltbundesamt: Export von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Abfallarten 2002 - 2007

Tabelle 10-6: Grenzüberschreitende Verbringung der genehmigungspflichtigen Abfälle PPK, Kunststoffe, Metall und Holz im Jahr 2007 ¹¹⁶

Abfallart	Exporteur	Importeur	Menge
PPK (AS 191201)	Niedersachsen	Slowakei	1.003
Kunststoffe (AS 191204)	Baden-Württemberg	Belgien	725
	Baden-Württemberg	Indien	363
	Bayern	Polen	147
	Berlin	Polen	698
	Brandenburg	Philippinen	208
	Nordrhein-Westfalen	Polen	14.198
Metalle (AS 191203)	Baden-Württemberg	China	6.853
	Baden-Württemberg	Polen	321
Holz (AS 191207)	Baden-Württemberg	Italien	60.595
	Bayern	Italien	10.221
	Hessen	Italien	21.517
	Nordrhein-Westfalen	Belgien	855

¹¹⁶ siehe Fußnote 114

11 Entsorgungspreise und erzielbare Erlöse

Innerhalb des gesetzlichen Rahmens¹¹⁷ entscheidet vereinfachend das Verhältnis von Angebot und Nachfrage und der dieses Verhältnis abbildende Preis über den Abfallweg. Können durch die getrennte Erfassung von Wertstoffen in den Betrieben oder durch die Vorbehandlung von gemischten Abfällen keine Preisvorteile gegenüber der direkten energetischen Verwertung generiert werden, gelangt der Gewerbeabfall direkt in die Verbrennung. Ob die Preissituation eine verstärkte Verbrennung induziert, ist Gegenstand der nachfolgenden Ausarbeitung, die sich auf Literaturdaten, die Ergebnisse der Fragebogenerhebung sowie die Ergebnisse der Expertenpanels und Anlagenbesichtigungen stützt.

11.1 Marktpreise der Beseitigung

Die für die Entsorgung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zu erzielenden Annahmeerlöse unterliegen (ebenso wie die Preise für die Outputströme von Vorbehandlungsanlagen) den schwankenden Marktbedingungen. Wie die nachfolgende Analyse zeigt, wurde die Preisentwicklung im Zeitraum zwischen 2003 und 2010 von der verfügbaren Kapazität der konkurrierenden Entsorgungsanlagen und der Beendigung der Ablagerung unbehandelter Siedlungsabfälle geprägt.

Trotz Inkrafttreten der Gewerbeabfallverordnung beeinflussten bis zum 01.06.2005 die kostengünstigen Deponierungsmöglichkeiten das Preisgeschehen, begünstigt noch durch die vor allem in den neuen Bundesländern installierten Vorbehandlungsanlagen vor Deponien. In der ersten Jahreshälfte 2005 wurden teilweise sogar die Entsorgungsgebühren kommunaler Entsorgungsunternehmen nochmals deutlich gesenkt, um eigene bestehende Entsorgungskapazitäten auszulasten bzw. um vor dem Ablauf der Übergangsfrist der Abfallablagerungsverordnung Deponien noch möglichst weitgehend zu verfüllen¹¹⁸. Annah-

¹¹⁷ Illegale Ablagerungen haben ebenfalls auf das Aufkommen und die Preise eingewirkt, werden aber verstärkt seit Juli 2007 unterbunden.

¹¹⁸ Beispiel Berlin: Hier wurde die Abfallgebühr für direkt angelieferte gemischte Gewerbeabfälle zur Beseitigung von 63,7 Euro/Mg in 2004 auf 34 Euro/Mg im ersten Halbjahr 2005 gesenkt.

mepreise bis zu 34 Euro/Mg¹¹⁹ und überlastete Zwischenlager von Vorbehandlungsanlagen waren im Frühjahr 2005 keine Seltenheit.

Bild 11-1: Überquellendes Zwischenlager einer Vorbehandlungsanlage, Mai 2005¹²⁰



In der zweiten Jahreshälfte 2005 veränderte sich die Situation ins Gegenteil. Da Deponien als Abnehmer für Sortierreste aus Vorbehandlungsanlagen nunmehr ausfielen und zugleich Engpässe bei der energetischen Verwertung oder der Beseitigung von gemischten Gewerbeabfällen in MVA und MBA-Anlagen auftraten, stiegen die Preise für diese Fraktionen – vor allem in den neuen Bundesländern- drastisch, in Einzelfällen um bis zu 350 %, an. Im Vergleich dazu stiegen die Preise für die thermische Behandlung von Hausmüll im Zeitraum zwischen 2003 und 2006 bundesweit nur moderat bzw. in den neuen Bundesländern nur um ca. 30 % an¹²¹. Trotz der zu verzeichnenden hohen „Abwehrpreise“ für Gewerbeabfälle und kurzfristig errichteten zusätzlichen Zwischenlagerkapazitäten¹²² konn-

¹¹⁹ u.e.c. Berlin/Kanthak & Adam erstellt für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: Recherche über den Verbleib von gewerblichen Abfällen zur Verwertung aus dem Land Berlin, 2005

¹²⁰ Foto: u.e.c. Berlin

¹²¹ Alwast, H.: Ersatzbrennstoffmarkt – Entwicklung in Deutschland – Mengen, Preise, Markttendenzen, Vortrag auf dem 19. Kassler Abfallforum, Kassel 2007

¹²² Landtag Baden-Württemberg: Entsorgungssituation bei Gewerbeabfällen in Baden-Württemberg - Drucksache 14 / 197 - „Nach einer Erhebung des Umweltministeriums wurden

te ein Anstieg der thermisch beseitigten Mengen gemischter Siedlungsabfälle festgestellt werden.

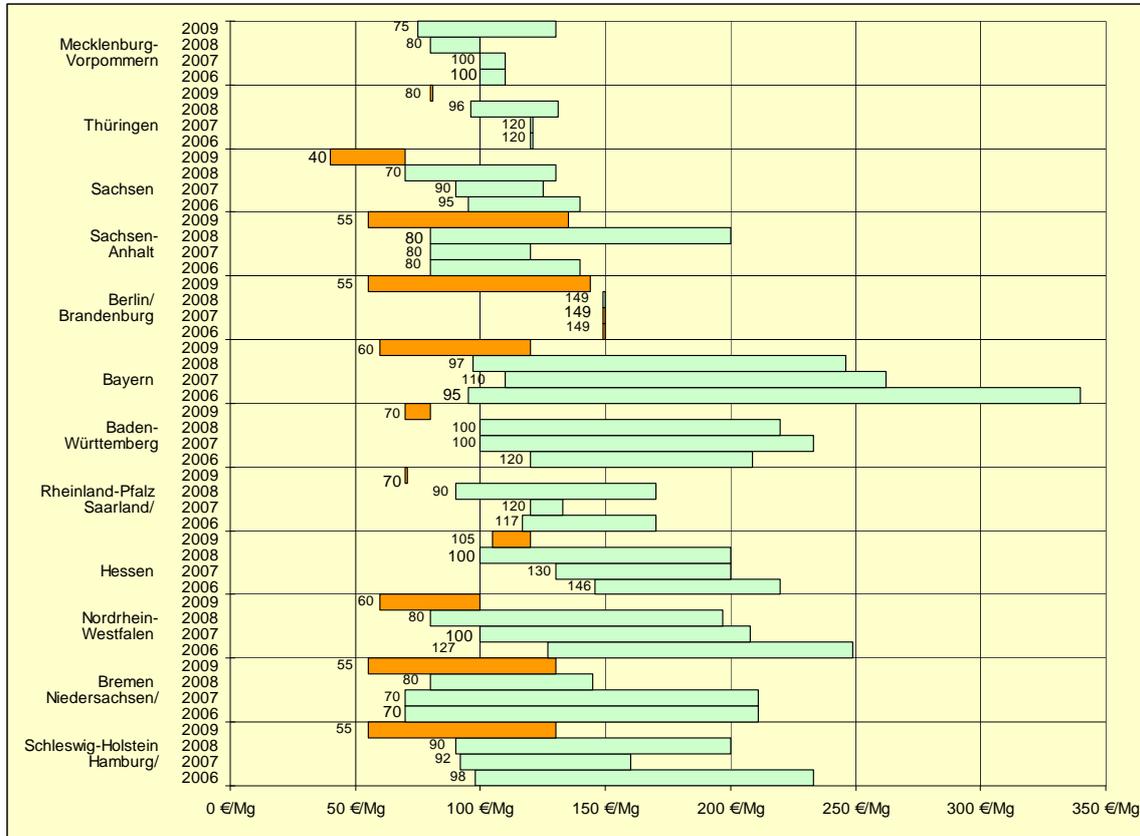
Die in der Folgezeit zunehmenden thermischen Behandlungs- und Verwertungskapazitäten haben die durchschnittlichen Preise für gewerbliche Abfälle seit Anfang 2007 wieder sinken lassen. Trotz dieses Preisrückgangs ist die Auslastung der installierten Abfallverbrennungsanlagen nach 2006/2007 gesunken. Spohn geht davon aus, dass die Auslastung in 2009 noch ca. 90 % der möglichen (installierten) Kapazität von ca. 20 Mio. Mg beträgt. In einigen Fällen wurde der Mengenrückgang durch (zeitlich begrenzte) Stilllegung einzelner Linien in den Müllverbrennungsanlagen¹²³ kompensiert.

Zu beachten ist ferner, dass das Preisniveau regional stark schwankt. Es ist sowohl ein Nord-Süd-Gefälle als auch ein Gefälle zwischen den „alten“ und „neuen“ Bundesländern festzustellen, wie die nachfolgende Übersicht zeigt.

Mitte März 2006 in Baden-Württemberg an 10 Standorten insgesamt 42.000 Tonnen Siedlungsabfälle aufgrund von Entsorgungsempässen seit dem 1. Juni 2005 zwischengelagert. Bei dieser Lagermenge handelt es sich um Gewerbeabfall, Hausmüll und Sortierreste aus der Sammlung der Leichtverpackungs-Fraktion. Davon waren etwa 23.000 Tonnen unbehandelt. Da Zwischenlager mit Lagermengen unter 500 Tonnen nicht erhoben wurden, dürften die tatsächlichen Zahlen damals etwas höher gelegen haben.“

¹²³ Spohn. C.: Vortrag zum 2. Expertenpanel, April 2010.

Bild 11-2: Preise und Gebühren für die Beseitigung in MVA und MBA-Anlagen (orange: Spotmengenpreise)¹²⁴



Weitere Einflussfaktoren erschweren Aussagen zur Preissituation. So weisen Schwolow und Spohn daraufhin, dass der saisonale und wöchentlich schwankenden Bedarf an Abfällen in Abhängigkeit von der angeschlossenen Wärmenutzung (höherer Bedarf im Winter und vor Feiertagen), den Spotmarktpreis beeinflusst und hier kurzfristig für bestimmte Mengen ein sehr niedriger Spotmengenpreis erreicht werden kann. Zudem akquirieren Abfallmakler mit langfristigen Kontingenten Abfälle zu geringen Preisen, um ihren potentiellen wirtschaftlichen Schaden aus Bring-or-Pay-Verträgen zu reduzieren. In grenznahen Bereichen beeinflussen zudem Auslandsmärkte das Preisgeschehen. So wurden beispielsweise über Preise von 35 – 38 Euro/Mg für thermische Abfallbehandlungsanlagen in den Niederlanden berichtet.

Einschätzungen von Alwast et al^{125, 126}, der als Durchschnittswert für 2008 immerhin noch MVA-Preise im Bereich von 130 Euro/Mg prognostizierte, haben sich nach anderen Quel-

¹²⁴ Euwid - Markterhebungen

len nicht bestätigt. So geht Schwolow¹²⁷ im Ergebnis einer Situationsanalyse vielmehr davon aus, dass der den Gewerbeabfallmarkt bestimmende durchschnittliche MVA-Preis für gewerbliche Abfälle von ca. 180 Euro/Mg in 2006 über 90 Euro/Mg in 2008 auf nunmehr 70 Euro/Mg zurückgegangen ist und hier eine untere Grenze erreicht wird. Dieses aktuelle mittlere Preisniveau wird auch von anderen Marktteilnehmern als realistisch eingestuft.

11.2 Marktpreise der Abfallvorbehandlung

Zunächst ist festzustellen, dass sich die Preise der Vorbehandlung für gemischte Gewerbeabfälle zwischen 2003 und 2007 parallel zu den Preisen der Beseitigung entwickelt haben. Die absoluten Preise für die Vorbehandlung der Abfälle lagen nach Angaben von Marktteilnehmern durchschnittlich rund 20 % unter denen der Beseitigungsanlagen. Das bereits erwähnte starke Preisgefälle zwischen einzelnen Bundesländern und günstige Logistikkosten haben mit dazu beigetragen, dass vor allem Sortierreste aus Vorbehandlungsanlagen u.a. zu Vorbehandlungsanlagen in den neuen Bundesländern transportiert werden, wie nachfolgendes Beispiel für das Jahr 2008 zeigt.

¹²⁵ siehe Fußnote 121

¹²⁶ Kranert et.al.: Studie im Auftrag des BMWI, "Ökonomische und ökologische Bewertung der getrennten Sammlung von verwertbaren Abfällen aus privaten Haushalten sowie vergleichbaren Anfallstellen", Oktober 2009. Hier wird eine Preisspanne für Müllheizkraftwerke von 90 – 180 Euro/Mg benannt und ein mittlerer Ansatz von 130 Euro/Mg angegeben.

¹²⁷ Schwolow, R.: Entwicklung der thermischen Entsorgungskapazitäten in Deutschland und wichtigen Nachbarländern, Vortrag zum 3. Expertenpanel, Mai 2010

Bild 11-3: Herkunft von Sortierresten des AS 191212 im Jahr 2008 am Beispiel des Landes Sachsen-Anhalt¹²⁸



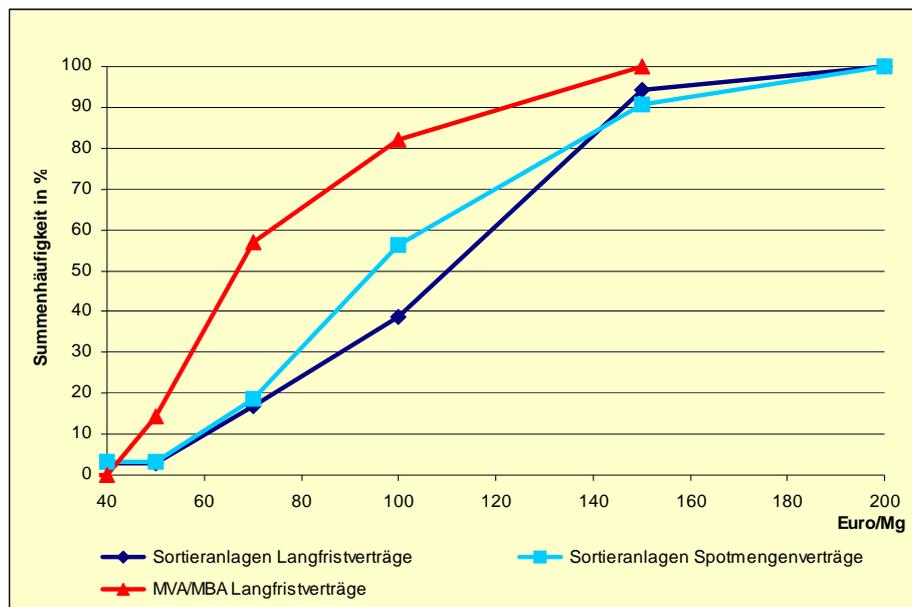
Die Betreiber von Vorbehandlungsanlagen konnten den Preisdruck – wenn überhaupt – nur dann wirtschaftlich verkraften, wenn, wie bis zum Sommer 2008, die Wertstofflöse anstiegen oder vor allem günstige „Einstiegspreise“ von neu hinzukommenden energetischen Verwertungsanlagen genutzt werden konnten. Rückblickend ist aber auch festzustellen, dass bei der Preisreduzierung der extrem günstigen „Verwertung“ der Sortierpro-

¹²⁸ Oetjen-Dehne, R.; Döhle, G.; Behr, G.-R.: Erste Ergebnisse aus der Untersuchung von Stoffströmen der Abfallaufbereitungsanlagen in Sachsen-Anhalt, Vortragsband TASIMA 14, Mag-

dukte im Output von Vorbehandlungsanlagen verschiedene Faktoren während der Vorbehandlung und Vermarktung eine Rolle spielten, wie z. B. die Umdeklaration von Abfallschlüsseln (z.B. statt AS 191212 dann AS 191209 mit nachfolgender Verwertung der „inerten“ Abfälle; Zuführung von Siebfraktionen zur Kompostierung unter falschen Schlüsselnummern), durch die Beimischung von Ersatzbrennstoffen zu Altholz (Verwertung als Biomasse) oder durch die Verwertung von Ersatzbrennstoffen im Ausland.

Im Rahmen der Fragebogenerhebung gaben rund 80 % der teilnehmenden Betreiber von Beseitigungsanlagen (MVA/MBA-Anlagen) aktuelle Preise für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle bis 100 Euro/Mg, in über 50 % der Fälle Preise bis 70 Euro/Mg an. Im Vergleich dazu liegt das mittlere Preisniveau von Betreibern von Sortieranlagen derzeit rund 30 Euro/Mg höher.

Bild 11-4: Angaben teilnehmender Betriebe zu Entsorgungspreisen (n=64), Stand 2010



Dies bestätigen auch die Angaben aus den Expertenpanels, wonach die Preise für die direkte Beseitigung aktuell niedriger als die der Vorbehandlung sind und deshalb bereits eine Vielzahl von Vorbehandlungsanlagen, selbst in Bundesländern wie Bayern und Baden-Württemberg mit einem eigentlich überdurchschnittlich hohen Preisniveau für die thermi-

sche Behandlung, den Betrieb einstellen mussten. So zeigt Mayer¹²⁹ die im folgenden Bild dargestellte Preisentwicklung, nach der seit Ende 2008 die Sortierung von gemischten Gewerbeabfällen für das Unternehmen nicht mehr wirtschaftlich darstellbar ist. Der Preisunterschied zur direkten energetischen Verwertung ist zu gering, um die Kosten der Vorbehandlung noch decken zu können. Momentan werden in Süddeutschland für die energetische Verwertung gemischter Gewerbeabfälle Behandlungspreise von 60 – 80 Euro/Mg benannt, gegenüber der Preishochphase in den Jahren 2006 und 2007 entspricht dies ungefähr einer Halbierung.

Bild 11-5: Verwertungspreise für gemischte Gewerbeabfälle in Süddeutschland (AeV: Abfall zur direkten energetischen Verwertung; AzS: Abfall zur Sortierung)¹³⁰



11.3 Kosten der Vorbehandlung

Vor dem Hintergrund der gesunkenen Annahmeerlöse stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen eine Vorbehandlungsanlage wirtschaftlich arbeiten kann bzw. ob und wann eine stärkere Rückgewinnung von Wertstoffen für die stoffliche Verwertung auch einen ökonomischen Vorteil gegenüber der energetischen Verwertung hat. Dazu werden im Folgenden die einzelnen Kosten- und Erlösträger der Vorbehandlung näher betrachtet.

¹²⁹ Mayer, S.: Kurzvorstellung der LOGEX, 3. Expertenpanel, Mai 2010

¹³⁰ siehe Fußnote 129

11.3.1 Fixe und variable Aufbereitungskosten

Die Kosten der Vorbehandlungsanlagen können zunächst in fixe und variable Bestandteile und letztere wiederum in Betriebskosten und Kosten der Verwertung bzw. Beseitigung differenziert werden.

Die fixen Kostenbestandteile sind insbesondere Kapitalkosten (Zins- und Tilgungskosten). Handelt es sich um einfache bis mittlere Anlagen, können die Fixkosten je nach Stand der Tilgung mit bis zu 10 Euro je Mg Input abgeschätzt werden. Komplexere, stärker automatisierte Anlagen, die zwischen 2004 und 2008 mit spezifischen Investkosten zwischen 100 und 150 Euro/Mg installierter Jahresleistung errichtet wurden, lassen bei Vollausslastung Fixkosten zwischen 12 und 20 Euro/Mg erwarten.

Unter Einbeziehung der variablen Anlagenbetriebskosten (Energie, Reparatur/Wartung/Unterhalt, Kosten der eingesetzten Mobilgeräte, Personal) kann je nach Sortierintensität bzw. Personaleinsatz ein mittlerer spezifischer Kapital- und Betriebskostensatz zwischen 42 und 51 Euro/Mg (Stand 2007) angesetzt werden.

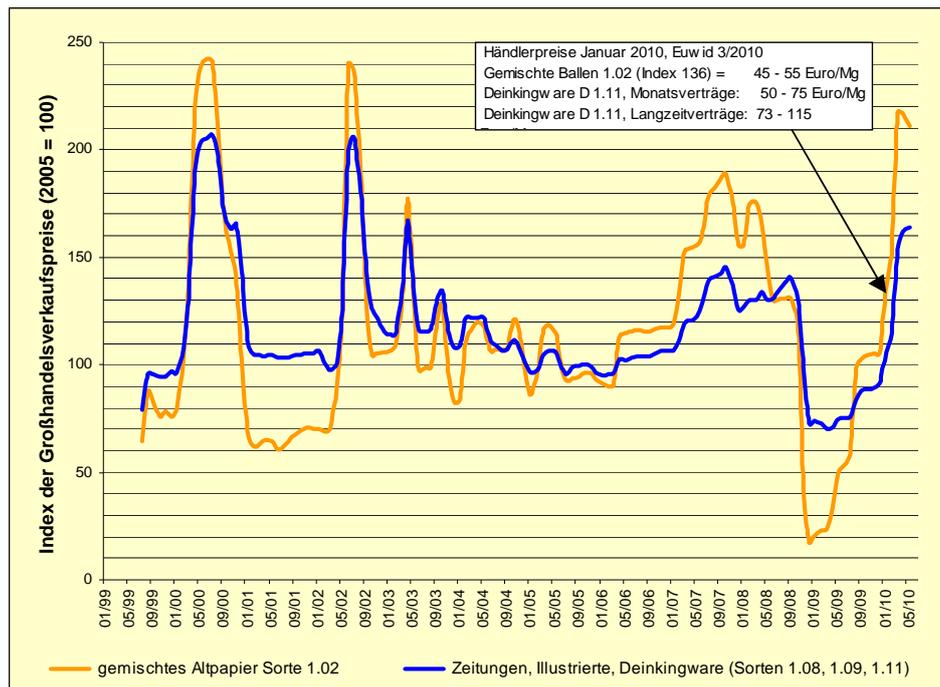
Ergänzend sei noch erwähnt, dass die Wertstoff Erlöse nur selten die Personalkosten für das Sortierpersonal abdecken. Bei einem angesetzten Mindestlohn von 8,02 Euro/h zzgl. Lohnnebenkosten führt die in Kapitel 8 benannte materialspezifische Sortierleistung zu überschlägigen Personalkosten für die Gewinnung von Kunststoffen im Bereich von ca. 200 – 350 Euro/Mg Kunststoff, bei PPK liegen die Personalkosten im Bereich von 30 – 36 Euro/Mg. Werden lediglich die Personalkosten mit den aktuellen Wertstoff Erlösen verglichen, ist derzeit nur die PPK-Entnahme wirtschaftlich darstellbar, die manuelle Sortierung von Kunststoffen allenfalls dann, wenn Sondersituationen vorliegen (beispielsweise kurze Transportwege zu Exporthäfen, Nachfrage aus Fernost).

11.3.2 Erlöse für Wertstoffe

Bei der Wertstoffsartierung werden Mischpapier und Kartonagen, diverse Kunststofffraktionen, Holz und Metalle den zu behandelnden Abfällen entnommen und vermarktet.

Während sich die Erlöse für das in Biomassekraftwerken verwertete Holz weitgehend noch auf regionalen bzw. nationalen Märkten bilden¹³¹, unterliegen die übrigen Wertstoffe auch internationalen Marktmechanismen, deren Volatilität auch auf die Erlöse in Deutschland durchschlägt, wie das folgende Bild für die Wertstoff Erlöse von Altpapier zeigt.

Bild 11-6: Indexreihe der Großhandelsverkaufspreise für verschiedene Altpapierqualitäten, Durchschnitt 2005 = 100¹³²



Nachdem die Altpapierpreise zwischen 2004 und Ende 2006 nur gering um den Index = 100 schwankten, war 2007 nahezu von einer Verdoppelung der Erlöse gekennzeichnet. Im Zuge der Wirtschaftskrise sind die Preise in kurzer Zeit stark gesunken, erst im laufenden Jahr 2010 kann von einer - bislang deutlichen- Erholung ausgegangen werden.

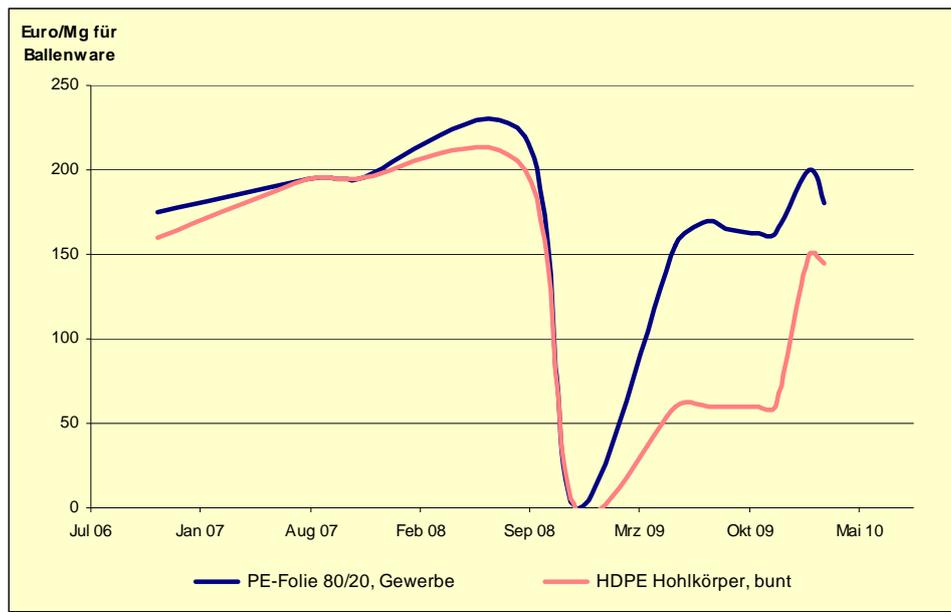
Vergleichbar verlief die Entwicklung bei Altmetallen und Altkunststoffen, in Bild 11-7 dargestellt am Beispiel von zwei unterschiedlichen Altkunststofffraktionen, die typischerweise in Vorbehandlungsanlagen aussortiert werden. Zeitweilig brach hier Ende 2008 der Markt

¹³¹ Die Erlöse für vorgebrochenes Altholz (AII-AIV) belaufen sich je nach Region derzeit auf ca. 5 bis 35 Euro/Mg, frei Verwerter.

¹³² Der Index der Großhandelsverkaufspreise, veröffentlicht vom Statistischen Bundesamt in der Fachserie 17, Reihe 6, misst die Entwicklung der Preise für die von Großhändlern im Inland abgesetzten Waren, soweit diese Verkäufe der Großhandelsfunktion zuzurechnen sind

sogar kurzzeitig vollständig zusammen, da insbesondere der Markt für Gewerbeabfälle stark exportabhängig (Fernost) ist.

Bild 11-7: Preisentwicklung ausgewählter Altkunststoffe (Durchschnittspreise)¹³³



Je höher die Qualität und Reinheit der Altkunststoffware ist, umso höhere Erlöse werden erzielt. Im Post-User-Segment konnten beispielsweise für klare Folie hoher Qualität und Reinheit im Mai 2010 ca. 320-360 Euro/Mg erzielt werden¹³⁴. Allerdings ist die Qualität und damit auch der Erlös für Kunststoffe aus der Sortierung gemischter Gewerbeabfälle geringer anzusetzen. Abgesehen davon schwanken die Erlöse um den Durchschnittswert auch regional um mindestens +/- 10 %.

Die Erlösentwicklung kann für die Stahlschrottsorten 1, 2, 3, 4, 5 und 8 (gemäß Sortenliste des bvse¹³⁵) nachvollzogen werden, allerdings werden für das Gros der in Vorbehandlungsanlagen separierten Fe-Schrotte aufgrund der geringen Qualität vielfach nur geringere Erlöse erzielt. Differenziert nach dem Grad von Anhaftungen betragen die Erlöse in der Markthochphase Mitte 2008 zwischen 260 und 320 Euro/Mg bei einem Massenanteil der Anhaftungen < 5 Ma.-%. Für die üblicherweise mit ca. 20 Ma.-% verunreinigten Schrotte

¹³³ siehe Fußnote 124

¹³⁴ EUWID-Preisspiegel für Altkunststoffe 27/2010

wurden nur 225 – 260 Euro/Mg gezahlt. Gegenüber der Stahlschrottsorte 2 (Stahlneuschrott, mindestens 3 mm, sauber und chargierfähig) ist dies ein Abschlag von ca. 40 %. Nach dem Rückgang der Schrottnachfrage und damit der Erlöse ab Herbst 2008 hat sich erst 2010 das Preisniveau wieder leicht erholt und liegt derzeit bei ca. 80 – 100 Euro/Mg.

NE-Metalle werden in Vorbehandlungsanlagen entweder manuell oder maschinell mit Wirbelstromscheider entnommen. Im letzteren Fall entsteht ein (verunreinigtes) NE-Metallkonzentrat, das vor allem aus Aluminium, Kupfer und Messing besteht. Dies Gemisch wird bislang nur in Ausnahmefällen¹³⁶ in seine Hauptbestandteile aufgetrennt. Ein Grund dafür ist, dass nach Pretz¹³⁷ die durchschnittlichen Partikelgewichte in NE-Metall-Konzentraten je nach Material zwischen 12 und 87 g/Stück betragen und deshalb für die manuelle Sortierung einer Tonne Konzentrat 14 Personen benötigt würden, überschlägig wären dies ca. 145 Euro/Mg. Sinnvoll ist eine nach Sorten differenzierende manuelle Entnahme von NE-Metallen nur bei anderen Ausgangsstoffen wie Sperrmüll und Bauabfall; in diesen Fällen können auch Preisindizes für reine NE-Metalle genutzt werden.

Diese zeigen, dass sich auch die NE-Metallpreise zwischenzeitlich wieder erholt haben. Für saubere NE-Schrottgemische werden vereinzelt Preise zwischen 800 und 1.300 Euro/Mg ab Anlage (Export nach Fernost) gezahlt, während stark mit Anhaftungen verunreinigte Gemische kaum bzw. nur zu geringen Erlösen absetzbar sind. Darauf hinzuweisen ist im Übrigen, dass in Zeiten hoher Sekundärrohstoffpreise die gemischten Gewerbeabfälle kaum noch größere NE-Metalle oder andere, leicht sortierbare Sekundärrohstoffe enthalten.

Zusammenfassend kann unter Einbeziehung von Literaturdaten für den Betrachtungszeitraum 2007 und 2010 das in der folgenden Tabelle 11-1 zusammengestellte mittlere Erlös-niveau angegeben werden.

¹³⁵ Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. Stahlschrottsortenliste, Stand 2010

¹³⁶ Lingk, H.: Vortrag zum 3. Expertenpanel, Mai 2010

¹³⁷ Pretz, T.: Vortrag zum 1. SATURN-Workshop, März 2010, http://www.saturn.rwth-aachen.de/dissemination_activities.php

Tabelle 11-1: Erlöse für verschiedene Outputfraktionen (Stand 2007 nach ¹³⁸ geändert; 2010 geschätzt)

Abfallfraktion	2007 Euro/Mg, netto	2010 Euro/Mg, netto
Mischpreis Kunststoffe	140,00	120,00
PPK	40,00	40,00
Holz	15,00	20,00
Metalle	150,00	90,00

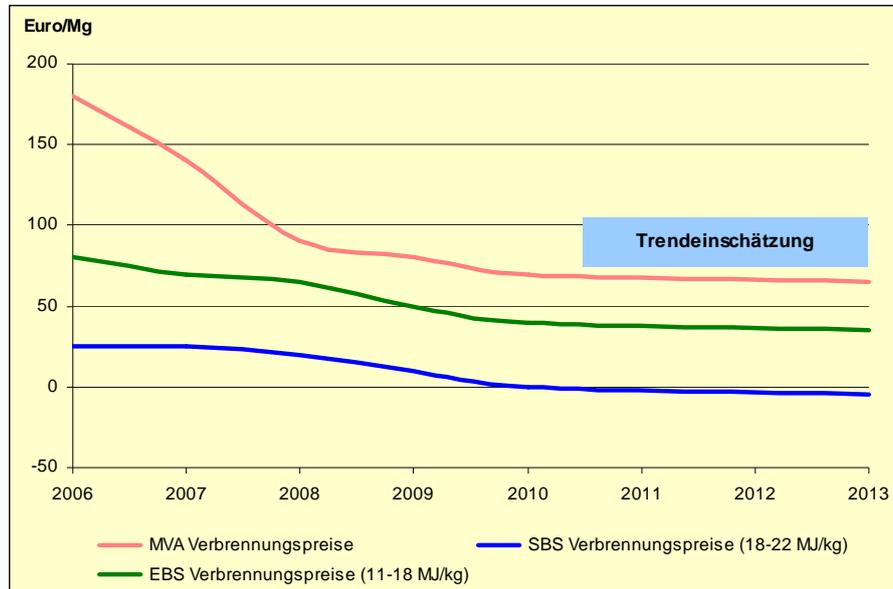
11.3.3 Marktpreientwicklung für die energetische Verwertung bzw. Entsorgung

Eine Einschätzung zur Preisentwicklung für die energetische Verwertung von Outputfraktionen kann dem folgenden Bild entnommen werden. Regional kann es hier je nach Angebot und Nachfragesituation Abweichungen nach oben oder unten geben, so kostete die energetische Verwertung in Süddeutschland nach den Angaben von Mayer zwischen 60 – 80 Euro/Mg, während in den neuen Bundesländern Spannen von 25 – 45 Euro/Mg benannt werden ¹³⁹.

¹³⁸ Walter, G. et al: Gewerbeabfallaufbereitung – ein lohnendes Geschäft? Müll und Abfall 11/2007

¹³⁹ Adermann, H.: Erfahrungen mit der Aufbereitung und Vermarktung von gemischten Gewerbeabfällen, 3. Expertenpanel, Mai 2010

Bild 11-8: Marktpreisentwicklung und Trendeinschätzung für unterschiedliche energetische Verwertungswege und Brennstoffqualitäten¹⁴⁰ (Durchschnittspreise frei Verwertungsanlage, netto)



Da die Herstellung von mittel- oder hochkalorischen Ersatzbrennstoffen aus gemischten Gewerbeabfällen nur konkurrenzfähig ist, wenn die Summe der Aufbereitungs- und Verwertungskosten unter den Preisen für die direkte Nutzung in Müllverbrennungsanlagen ist, sind die Zuzahlungspreise für die energetische Verwertung in EBS-Kraftwerken und Mitverbrennungsanlagen bzw. Zementwerken immer geringer als die der MVA-Anlagen. Da insbesondere Zementwerke hohe Anforderungen an die Qualität der ofenfertigen Brennstoffe stellen und entsprechende kostenintensive Aufbereitungsschritte erfordern, sind die Zuzahlungspreise geringer als beispielsweise bei Rostfeuerungsanlagen.

Die künftige Preisentwicklung für Primärenergieträger, für Strom, Wärme und Dampf sowie die steigenden Kosten bei Mitverbrennungsanlagen aus dem CO₂-Emissionshandel kann in den kommenden Jahren noch eine geringfügig weiter sinkende Zuzahlung, im Falle der Zementwerke bzw. Mitverbrennungsanlagen möglicherweise auch einen Erlös, bewirken.

¹⁴⁰ Schwolow, R.: Entwicklung der thermischen Entsorgungskapazitäten in Deutschland und wichtigen Nachbarländern, Vortrag zum 3. Expertenpanel, Mai 2010, ergänzt um Angaben im Rahmen der Expertenpanels

Die im Rahmen von Klassierprozessen ausgeschleuste Feinsiebfraktion wurde in der Vergangenheit aus Kostengründen vielfach auf Deponien oder bei anderen Verfüllmaßnahmen zu Kosten von 5 – 10 Euro/Mg „verwertet“, obwohl das Material einschlägige Grenzwerte – auch die für die direkte Beseitigung auf Deponien – oft nicht einhält^{141, 142}. Gelingt es nicht, diese Fraktion z.B. mechanisch nachzubehandeln, wären diese Fraktionen teurer als bislang zu beseitigen.

Zusammenfassend werden für die weiteren Überlegungen die in folgender Tabelle zusammengestellten Ansätze benutzt.

Tabelle 11-2: Durchschnittliche Kostensätze für den Input und Output von Vorbehandlungsanlagen (2010 geschätzt) (Angaben in €/Mg)

Abfallfraktion			2007	2010
Gemischte Gewerbeabfälle ¹⁴³	Erlös	Input	112,00	60,00
SBS für Zementwerke	Kosten	Output	25,00	0,00
EBS für Kraftwerke	Kosten	Output	70,00	40,00
Feinsiebreste	Kosten	Output	6,00 ¹⁴⁴	70,00
Sortierreste MVA/MBA	Kosten	Output	140,00	70,00

11.3.4 Gesamtkostenbetrachtung

Um eine Einschätzung zu den Gesamtkosten der Vorbehandlung vorzunehmen, werden zwei unterschiedliche Szenarien bezüglich der Massenströme untersucht.

Zum einen wird eine wertstofforientierte Aufbereitung angenommen, bei der in Summe 16,5 Ma.-% Sekundärrohstoffe (Kunststoffe, PPK, Holz und Metalle) aussortiert werden (Bild 10-5). Zum anderen wird unterstellt, dass nur Holz und Metalle aus dem Gemisch sortiert werden, während Kunststoffe und PPK mit den übrigen brennbaren Stoffströmen

¹⁴¹ Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen – Recherche und Untersuchungen an Abfallbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt und Abgrenzung der Abfallschlüssel 191209 und 191212“, <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=42511>, Mai 2010

¹⁴² Abfallsteckbrief Baden-Württemberg „Feinmaterial aus der Sortierung von Gewerbe- und Baustellenmischabfällen; 09/2007

¹⁴³ Angesetzt wurden nicht die Preise aus der Fragebogenerhebung, sondern ein am Markt realisierbarer Preis, der 20 % unter dem der Alternativen (MVA, MBA) liegt.

¹⁴⁴ Praxiswert 2007 für den Fall einer Verfüllung. Für 2010 wurde der Preis für Sortierreste angesetzt.

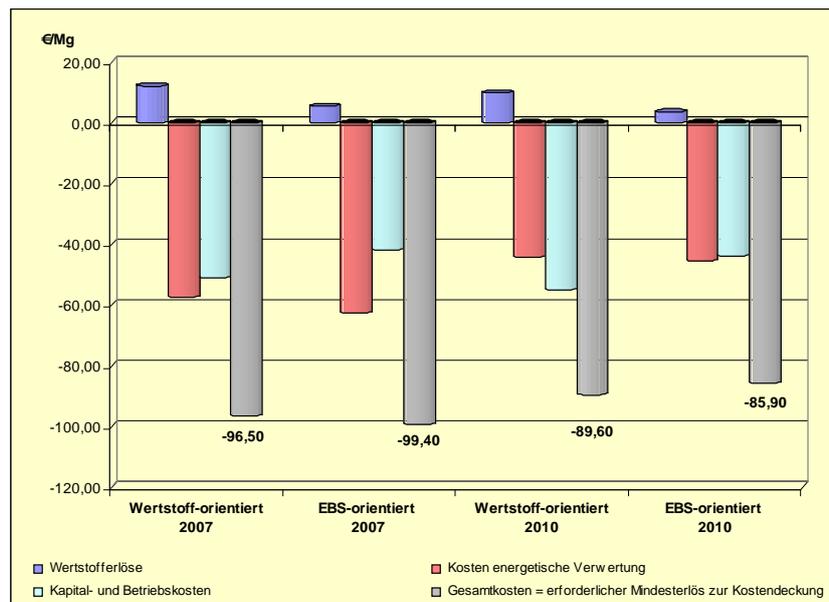
energetisch verwertet werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die angenommene Massenverteilung dieser beiden Aufbereitungsalternativen.

Tabelle 11-3: Massenverteilung der mechanischen Vorbehandlung

Abfallfraktion	Wertstoff-orientiert Ma.-%	EBS-orientiert Ma.-%
Kunststoffe	2,6%	
PPK	7,7%	
Holz	2,9%	2,9%
Metalle	3,3%	3,3%
Ersatzbrennstoffe	65,5%	78,8%
Sortierreste	10,0%	10,0%
Feinsiebfraktionen	8,0%	5,0%

Werden die zuvor erläuterten Preis-Ansätze mit der durchschnittlichen Stoffstromverteilung der Vorbehandlungsanlagen verknüpft, kann ein über Annahmeerlöse zu deckender Mindestpreis für den Input ermittelt werden (vgl. Anhang 16-13), der im Jahr 2010 zwischen rund 86 und 89 Euro/Mg beträgt.

Bild 11-9: Modellrechnung der Kosten und Erlöse für Vorbehandlungsanlagen bei einer Wertstoffausbeute von 16,5 Ma.-% (Angaben in €/Mg Input)



Die Kosten der unterschiedlichen Handlungsalternativen zur Verarbeitung von gemischten Gewerbeabfällen werden von einer Vielzahl von Imponderabilien beeinflusst, was die Übertragbarkeit genereller Aussagen auf den (regionalen) Einzelfall erschwert. Dies vorausgeschickt, können unter Einbeziehung weiterer Informationen folgende Trendaussagen abgeleitet werden:

- In 2007 erfolgte eine wertstofforientierte Ausrichtung der Vorbehandlungsanlagen wegen der vergleichsweise hohen Kosten für die energetische Verwertung und der guten Nachfrage für Wertstoffe. Durch die stark gesunkenen Kosten für die EBS-Verwertung ist eine Wertstoffsartierung in 2010 nur noch in Ausnahmefällen wirtschaftlich.
- Die Betreiber von Vorbehandlungsanlagen reagieren kurzfristig auf die volatilen Wertstoffmärkte. Ende 2008 und im Jahr 2009 ist deshalb in vielen Anlagen die mittlere Wertstoffausbeute deutlich geringer als 2007 ausgefallen.
- Das Wertstoffpotential der angelieferten Gemische sinkt, wenn auch zeitversetzt, mit zunehmenden Wertstofflößen, da dann auch die getrennte Erfassung über Preisanreize intensiver betrieben wird.

Die Einschätzung des BDE und bvse¹⁴⁵, dass die Kosten für eine hochwertige Aufbereitung als Kombination aus Wertstoffgewinnung und Herstellung von Ersatzbrennstoffen im Bereich von 80 bis 100 €/Mg betragen, ist mit den nun vorliegenden Ergebnissen nachvollziehbar.

Vorbehandlungsanlagen sind seit 2009 nur in Einzelfällen, z.B. bei bereits abgeschriebenen Anlagen, bei günstigen Entsorgungskosten oder sehr hohen Wertstofflößen und Inputqualitäten, in der Lage, mit den Marktpreisen der Verbrennung (< 70 €/Mg) zu konkurrieren. Das Gros der Anlagen kann gegenwärtig im Gegensatz zum Jahr 2007 mit den Anlagen zur energetischen Verwertung nicht mehr konkurrieren.

Die Aufbereitung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen finanziert sich wie gezeigt nicht über die Erlöse der aussortierten Wertstoffe, sondern in erster Linie über die im Wettbewerb mit Verbrennungsanlagen stehenden Entsorgungsentgelte. Die Generierung von Wertstoffen aus gemischten Gewerbeabfällen stößt deshalb an wirtschaftliche Grenzen.

¹⁴⁵ Aussagen im Rahmen der Expertenpanel

12 Empfehlungen für eine effizientere Nutzung der in gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen enthaltenen Ressourcen (Material und Energie)

Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle werden auch zukünftig in Gewerbebetrieben anfallen, wenn

- die Wertstoffmenge für eine getrennte Erfassung zu gering ist,
- verunreinigte Abfälle anfallen, die für eine getrennte Wertstoffeffassung ungeeignet sind,
- die Logistikkosten für eine getrennte Erfassung zu hoch sind oder
- beengte Platzverhältnisse die mögliche Behälteranzahl einschränken.

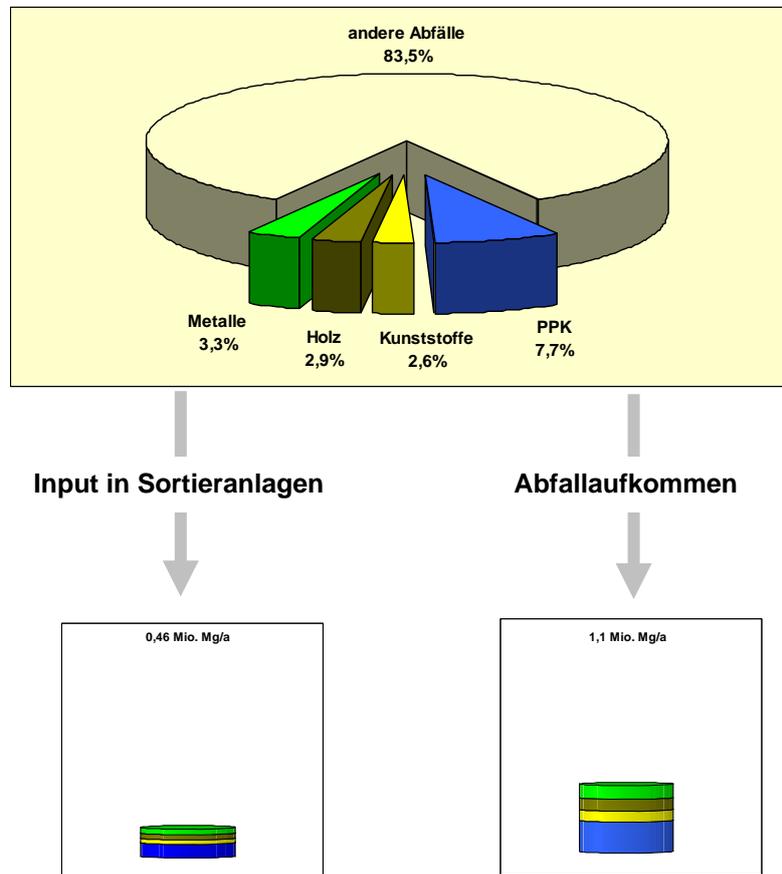
Das in den gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen enthaltene stoffliche und energetische Potential ist deshalb verstärkt zu nutzen. Dadurch können Rohstoffe und Primärenergie aus fossilen Brennstoffen eingespart und ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Dies zeigen auch Ansätze für die Weiterentwicklung der traditionellen Abfallwirtschaft in eine effektive Stoffstrom- und Kreislaufwirtschaft, bei der zunehmend Sekundärrohstoffe schadlos verwertet und Ressourcen geschont werden sollen. Vor dem Hintergrund derzeitiger Entsorgungspreise ist die Umsetzung dieser Zielsetzung für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle allerdings schwierig.

Aufbauend auf den zuvor erarbeiteten Ergebnissen werden nachfolgend Ansatzpunkte zur nachhaltigen ressourceneffizienten Optimierung der Verwertung gemischter Gewerbeabfälle aufgezeigt.

12.1 Mechanische Vorbehandlung aller Gemische

Wie in Kapitel 9 aufgezeigt, wird das rohstoffliche Potential nur unzureichend genutzt, da im Jahr 2007 nur rund 43 Ma.-% (Bild 9-1) der in Deutschland anfallenden gemischten Siedlungsabfälle in Sortieranlagen gelangten. Werden, abweichend von der Gewerbeabfallverordnung, die anfallende Gesamtmenge der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (im Jahr 2007 rund 6,4 Mio. Mg) prinzipiell mechanischen Vorbehandlungsanlagen (Sortieranlagen) zugeführt, ließe sich die Sekundärrohstoffmenge (PPK, Kunststoff, Holz, Metalle) um 0,64 Mio. Mg von 0,46 Mio. Mg auf 1,1 Mio. Mg steigern.

Bild 12-1: Steigerung der Sekundärrohstoffausbeute durch generelle mechanische Vorbehandlung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle (Mengenangaben für das Jahr 2007)



Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle (z.B. organik-angereicherte nasse Abfälle) sind ebenfalls in einem ersten Schritt Sortieranlagen zuzuführen. Die Entscheidung, ob ein Gemisch als sortierfähig eingestuft werden kann, sollte nicht dem Gewerbebetrieb überlassen werden, sondern der Fachkenntnis des Sortieranlagenbetreibers. Sollte ein Gemisch nicht nur für die Aussortierung von Wertstoffen, sondern auch für die Erzeugung von Ersatzbrennstoffen völlig ungeeignet sein, bietet sich immer noch die Möglichkeit des Abfallumschlages zu einer Müllverbrennungsanlage an.

12.2 Steigerung der Wertstoffausbeute in Vorbehandlungsanlagen

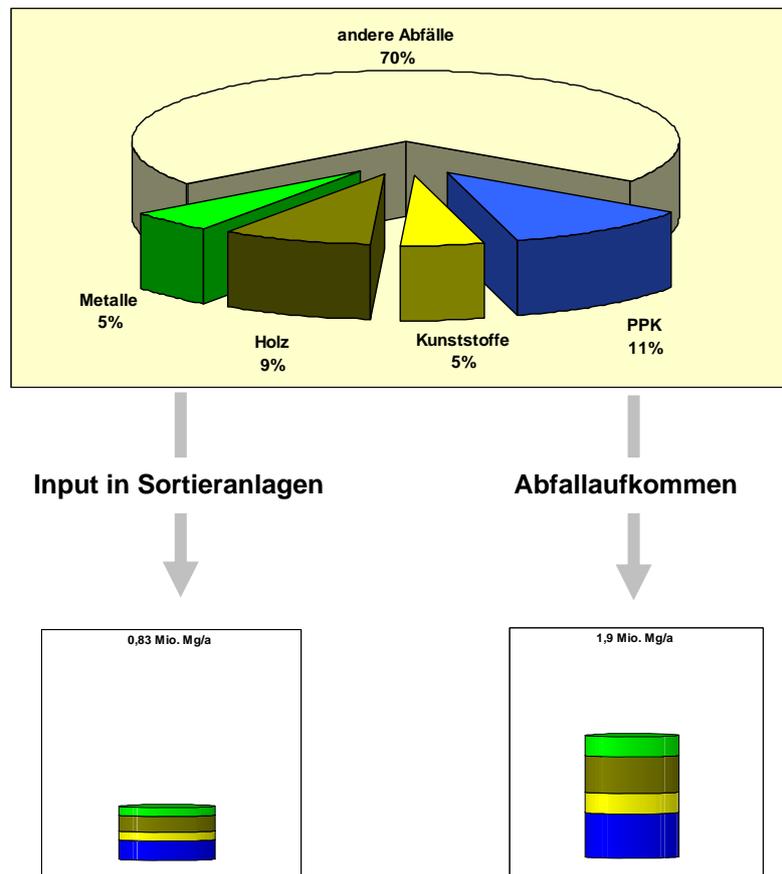
Die Zusammensetzung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle zeigt, dass das Wertstoffpotential für die Wertstoffe PPK, Kunststoffe, Holz und Metalle bei rund 52 Ma.-% liegt (Bild 6-4). Die Wertstoffgewinnung aus den in Vorbehandlungsanlagen angelieferten

gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen ist durch die Zusammensetzung und die Stoffcharakteristik technisch begrenzt, weil Feinkornanteile, auch bei sensorgestützten Verfahren, einer Sortierung bislang nicht zugänglich sind.

Untersuchungen unter optimalen Bedingungen (keine Überfrachtung der Sortierbänder, ausreichend Sortierpersonal) aus dem 2002/2003 zeigen, dass die Ausbeuten für Kunststoffe bei 30 bis 40 Ma. % und für PPK zwischen 50 und 70 Ma.-% liegen können. Nur für Metalle können aufgrund der weitgehend maschinellen Ausbringung Ausbeuten bis zu 95 Ma.-% erreicht werden¹⁴⁶. Vor dem Hintergrund des Wertstoffpotentials sind somit durchaus Steigerungen der Wertstoffgewinnung von 16,5 Ma.-% auf 30 Ma.-% möglich (Anhang 16-15). Würden zudem alle Gemische prinzipiell einer mechanischen Vorbehandlung zugeführt, wäre unter technischen Gesichtspunkten die Steigerung der Sekundärrohstoffmenge auf rund 1,9 Mio. Mg/a darstellbar.

¹⁴⁶ Oetjen-Dehne, R.: Gewerbeabfallverordnung: ein Glücksfall für Betreiber von Sortieranlagen?. Fachtagung des VKS Ost, 05.02.2003

Bild 12-2: Sekundärrohstoffausbeute durch generelle mechanische Vorbehandlung der anfallenden gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle kombiniert mit der Erhöhung der Wertstoffausbeute (Mengenangaben für das Jahr 2007)



12.3 Optimierung der stofflichen Verwertung für (Misch-)Kunststoffe

Durch eine Steigerung der Wertstoffausbeute würden in zunehmendem Umfang Mischkunststoffe anfallen, die seit einigen Jahren zumindest in Deutschland nicht mehr rohstofflich verwertet werden und deshalb für andere Einsatzzwecke nachfolgend aufbereitet werden müssen. Aus der Aufbereitung von Leichtverpackungen sind spektrometrische Sortier-techniken hinlänglich bekannt und stellen den Stand der Technik dar. Ggf. sind diese Aufbereitungs- und Recyclingverfahren zu modifizieren, um eine werkstoffliche Verwertung der Mischkunststoffe auch aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen zu ermöglichen.

Dass nicht nur das etablierte Recycling ausgewählter Kunststoffe, wie z.B. Folien, einen Beitrag zur Ressourcenschonung und zur Verringerung klimarelevanter Emissionen leistet, sondern auch die Aufbereitung von Mischkunststoffen, zeigen Untersuchungen am Beispiel von Kunststoffverpackungsabfällen aus der Getrenntsammlung dualer Systeme¹⁴⁷. Demnach ist selbst die nachträgliche Aufbereitung von Mischkunststoffen hinsichtlich des Treibhauseffektes und des kumulierten Energieaufwandes (KEA fossil) günstiger als die energetische Verwertung der Mischkunststoffe in einem Zementwerk.

Wird also die Kunststoffausbeute gesteigert, müssen dringend neue Verwertungswege außerhalb der energetischen Nutzung entwickelt und zur Anwendungsreife gebracht werden.

12.4 Optimierung der Abtrennung von NE-Metallen

Die Ausbringung von Fe-Metallen gehört zu den am stärksten verbreiteten Aufbereitungstechniken bei der mechanischen Abfallvorbehandlung, NE-Metallabscheider hingegen werden u.a. aufgrund der Kosten in weit geringem Maße eingesetzt. Somit verbleibt oftmals ein nicht unerhebliches Metallpotential in den Gemischen, die als EBS der energetischen Verwertung zugeführt werden¹⁴⁸. Enthalten die bei der EBS-Verwertung hergestellten Ersatzbrennstoffe Metalle, werden diese als Störfaktoren angesehen (siehe Tabelle 8-3). Hinzu kommt, dass sich durch die getrennte Erfassung bzw. die Sortierung von Gemischen in Vorbehandlungsanlagen höhere Abschöpfungsraten als bei der Aufbereitung der Schlacke erzielen lassen¹⁴⁹.

Für die Abtrennung von NE-Metallen kommen oftmals Wirbelstromscheider zum Einsatz oder die NE-Metalle werden händisch aussortiert. Die händische Sortierung hat den Vorteil, dass erfahrene Sortierkräfte einzelne NE-Metall-Fractionen separieren, während die maschinelle NE-Metall-Ausbringung ein Gemisch verschiedener NE-Metalle (vorwiegend Aluminium, aber auch Kupfer, Zink etc.) erzeugt. Nachdem die weitere Separierung dieses

¹⁴⁷ Heyde, M. et al.: Werkstoffliche Verwertung von Verpackungskunststoffen aus der Getrenntsammlung Dualer System, Müll und Abfall 1/10

¹⁴⁸ So enthält z.B. Schlacke aus der Hausmüllverbrennung rund 7,5 Ma.-% Fe-Metalle und 0,9 Ma.-% NE-Metalle. (in: Maerz, P. et al: Wertvolle Buntmetalle in ReSource 1/2010)

¹⁴⁹ Fricke, K. et al: Stoffliche oder energetische Verwertung – die Wahl der Verwertungsart als Schlüssel zur Energieeffizienz, http://www.ggsc-seminare.de/pdf/2010_06_infoseminar/12_Fricke.pdf

NE-Metall-Gemisches in einzelne NE-Metalle in der Vergangenheit vornehmlich durch Sortierkräfte erfolgte, wurden in letzten Jahren zunehmend maschinelle Trenntechniken entwickelt, die z.B. mit Röntgenstrahlen oder Induktion arbeiten^{150, 151, 152}. Diese weisen zudem den Vorteil auf, neben freiliegenden NE-Metallen auch NE-Metall-Verbunde erkennen und separieren zu können. Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen einerseits und hoher Energieeinsparungen andererseits ist die Abtrennung insbesondere von NE-Metallen aus den Gemischen zu intensivieren. Die hohen Erlöse für NE-Metalle ermöglichen den Einsatz kostenintensiver Trenntechniken.

12.5 Erzeugung hochwertiger und schadstoffarmer Sekundärbrennstoffe

Durch die Erzeugung hochwertiger und schadstoffarmer Sekundärbrennstoffe können fossile Energieträger ersetzt werden. So deckte die deutsche Zementindustrie im Jahr 2009 rund 58,4 Prozent ihres gesamten thermischen Energiebedarfs durch Sekundärbrennstoffe, insbesondere durch aufbereitete Gewerbe- und Siedlungsabfälle¹⁵³. Wichtigster Einzelabnehmer im Bereich der Grundlastkraftwerke ist das Vattenfall Kraftwerk Jänschwalde mit einem täglichen Braunkohlebedarf von bis zu 80.000 Mg¹⁵⁴, dort werden jährlich ca. 500.000 Mg¹⁵⁵ Sekundärbrennstoffe eingesetzt (das entspricht ca. 2 % der über die Braunkohle eingetragenen Energiemenge).

Voraussetzung für den Einsatz der Sekundärbrennstoffe ist eine gleichbleibende Beschaffenheit, die sich u.a. durch höhere Heizwerte (je nach Einsatzzweck 11 bis 26 MJ/kg), niedrige Schad- und Störstoffgehalte und geringe Korngröße (< 30 mm) auszeichnet. Die vertraglich vereinbarten Qualitätsanforderungen des Abnehmers lassen sich nur durch komplexe Aufbereitungstechnik (siehe auch Kapitel 8.5) in den Vorbehandlungsanlagen realisieren, eine Zerkleinerung der Abfälle und die Ausbringung von Metallen ist nicht ausreichend. Den mit der komplexen Aufbereitung verbundenen höheren Betriebs- und Kapi-

¹⁵⁰ Pretz, T.: Sensor-sorting automated technology for advanced recovery of non-ferrous metals from waste; 1st SATURN workshop, März 2010

¹⁵¹ Pretz, T.: Entwicklungen zur Aufbereitung und Qualitätssicherung von Ersatzbrennstoffen; in: Wiemer, K. (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung V, Kassel 2010

¹⁵² z.B. Sensorgestützte Sortierung mit Metallsensor für induktive Sortierung, mit Nahinfrarotsensor und mit Röntgensortiersystem der Fa. IMRO Maschinenbau (vorgestellt auf der IFAT 2010)

¹⁵³ <http://www.bdzement.de/629.html>

¹⁵⁴ http://www.vattenfall.de/de/file/standortflyer-co-nojawa_13593150.pdf

¹⁵⁵ Herr Kappa (Vattenfall Europe Generation AG) im Rahmen des 2. Expertenpanels

talkosten wird durch die geringen Verwertungskosten (teilweise auch durch geringe Erlöse) Rechnung getragen.

Je nach Qualitätsanforderungen können mindestens 30 Ma.-% der nach der Wertstoffausbringung verbleibenden Menge als Sekundärbrennstoff bzw. bezogen auf die Jahresmenge von 6,4 Mio. Mg gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle knapp 2 Mio. Mg. Sekundärbrennstoffe erzeugt werden. Ohne eine vorherige Wertstoffeffassung können bis zu 56 Ma.-% des Input als hochkalorischer EBS gewonnen werden¹⁵⁶. Dieser Anteil sinkt rechnerisch durch eine optimierte Wertstoffentnahme auf rund 38 Ma.-%. Der mit 30 Ma.-% angesetzte hochkalorische EBS-Anteil berücksichtigt, dass durch die Wertstoffentnahme insbesondere heizwertreiche Anteile entnommen werden.

12.6 Energetische Verwertung der Aufbereitungsreste

Durch die Aufbereitungsprozesse in einer mechanischen Vorbehandlungsanlage kann wie gezeigt keine 100%ige Ausbeute erfolgen, so dass die Sortierreste auch nach der Wertstoffausbringung und der Erzeugung von hochwertigen Sekundärbrennstoffen über heizwertreiche Bestandteile (z.B. Kunststoff, PPK) verfügen. Diese mittelkalorischen Sortierreste, über 2 Mio. Mg/a sind für eine energetische Verwertung z.B. in EBS-Rostfeuerungsanlagen oder in Müllverbrennungsanlagen geeignet. Derzeit werden in vielen Vorbehandlungsanlagen die brennbaren Sortierreste nicht in hochkalorische und mittelkalorische Brennstoffe aufgetrennt, da hierzu zusätzliche Investitionen erforderlich sind. Die Nutzung hochkalorischer, schadstoffarmer Brennstofffraktionen in der Mitverbrennung weist aber unter Klimaschutzaspekten einen Vorteil auf, da hier höhere Wirkungsgrade erzielt oder direkt Kohle substituiert wird. Durch die vorgeschlagene Auftrennung der brennbaren Sortierreste in einen hochkalorischen, schadstoffarmen Anteil und einen mittelkalorischen Anteil kann es gelingen, den Nutzen aus der energetischen Verwertung zu optimieren.

12.7 Behandlung der Unterkornfraktionen aus Klassieraggregaten

Bei Abfallgemischen wie gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen kann durch eine Siebklassierung keine mineralische Fraktion entstehen, Fremdmaterialien wie PPK,

¹⁵⁶ siehe Fußnote 139

Kunststoffe, Holz, werden immer mit abgetrennt und führen letztendlich zu erhöhten Konzentrationen der organischen Substanz (Glühverlust, TOC etc.).

Bild 12-3: Beispiele für Siebunterläufe unterschiedlicher Korngrößen ¹⁵⁷



Anstatt diese Siebfraktionen also aus Kostengründen bei Verfüllmaßnahmen zu verwerten, sind derartige Gemische künftig entweder gezielt nachzubehandeln¹⁵⁸ oder unmittelbar gemeinsam mit den Sortierresten energetisch zu verwerten. Die hieraus resultierende Kostensteigerung ist vertretbar, wenn eine Vorbehandlungspflicht eingeführt wird.

¹⁵⁷ Fotos: u.e.c. Berlin

¹⁵⁸ Erste orientierende Laborversuche zeigen, dass eine Abtrennung der brennbaren Bestandteile aus Siebunterläufen durch Aufbereitungsschritte möglich ist. siehe Krause, P.: Feinfraktionen aus der mechanischen Aufbereitung – Charakterisierung und weiterführende Verwertungsansätze, Diplomarbeit 2010

12.8 Verbesserung der Stoffstromtransparenz

Die illegale Entsorgung von Sortierresten und die bei entsprechenden Untersuchungen festgestellten umweltrelevanten Abfalleigenschaften haben in der Folge zu verstärkten Überwachungsmaßnahmen, auch bei Vorbehandlungsanlagen, geführt. Die Praxis zeigt beispielsweise, dass es für die Überwachungsbehörden auf Basis bestehender Regularien schwierig bis unmöglich ist, den Verbleib von Stoffströmen über die Grenzen des eigenen Zuständigkeitsbereiches hinweg zeitnah zu kontrollieren.

Wenn die aus rechtlicher Sicht kritisch zu bewertende teilweise praktizierte Nutzung preisgünstiger Senken für Sortierreste (z.B. Verbringung in Kompostierungs- oder Vergärungsanlagen, gezielte Beimischung als „Verunreinigung“ zu Biomasse (Holz) oder Beimischung umweltkritischer Stoffe (Shredderfaktion) zu Sortierresten) unterbunden werden soll, müssten die Stoffströme der Vorbehandlungsanlagen transparenter erfasst und eine länderübergreifende Kontrolle verbessert werden.

13 Stärken und Schwächen der Gewerbeabfallverordnung

Die Gewerbeabfallverordnung hat u.a. zum Ziel, mit den Mitteln eines ordnungsrechtlichen Instrumentes die im Geltungsbereich benannten Stoffströme der betroffenen Betriebe in eine schadlose und hochwertige Verwertung zu lenken. Hierzu werden auf verschiedenen Ebenen Gebote ausgesprochen und für den Fall der Nichteinhaltung Sanktionen festgelegt (§ 11 GewAbfV¹⁵⁹). Offene Rechtsfragen, ein großzügiger Interpretationsspielraum und ein enormes Maß an Komplexität haben von Beginn an viele Beteiligte verunsichert und eine mangelhafte Umsetzung in die Praxis befürchten lassen¹⁶⁰. Die Verordnung sei ein "typisch deutsches bürokratisches Monster", der Vollzug sei durch die existierenden Mängel vor große Probleme gestellt, so die Einen – „Die Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung bringt mehr Gebührengerechtigkeit“, so andere Stimmen. Acht Jahre nach Erlass können auf der Grundlage von Interviews, Diskussionen in den Expertenpanels sowie im Rahmen von Recherchen folgende wesentliche Einschätzungen zur Gewerbeabfallverordnung zusammenfassend dargestellt werden.

13.1 Schwierige Kontrolle der abfallerzeugenden Betriebe

Die Getrennthaltung der gewerblichen Siedlungsabfallfraktionen obliegt dem Gewerbebetrieb. Die erzeugenden Betriebe können aber bezüglich der diversen Getrennthaltungspflichten nicht wirksam kontrolliert werden. Die Anforderungen, die sich an die erzeugenden Betriebe richten, sind aus Sicht der vollziehenden Behörden mit zu großem Aufwand verbunden und können wegen der großen und schwankenden Anzahl von Betrieben und wegen fehlenden Personals nicht umgesetzt werden. So wären allein im Land Berlin knapp 160.000 Betriebe und bundesweit rund 3,8 Mio. Betriebe zu kontrollieren¹⁶¹.

¹⁵⁹ Verstöße werden als Ordnungswidrigkeit eingestuft, die im Einzelfall mit einer Geldbuße bis zu Euro 50.000 geahndet werden (So z.B. bei Verstößen gegen das Merkblatt „Abfallentsorgung in Gewerbebetrieben“ des Landkreises Augsburg).

¹⁶⁰ 14. Treffens des Netzwerks innovativer Kreislauftechnologien NiK zum Thema "Die Gewerbeabfallverordnung - Intention und Praxis" am 25. und 26. März 2003 am Fraunhofer IML in Dortmund.

¹⁶¹ Statistische Ämter des Bundes und der Länder; http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_enterprise.asp

13.2 Unklare Zuordnung der Abfallarten zu den Gemischen

Durch den Abfallerzeuger wird keine klare Zuordnung der anfallenden Gemische zu den Abfallschlüsseln gemäß Abfallverzeichnisverordnung vorgenommen. Dieses führt in der Praxis dazu, dass gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle (AS 200301) beispielsweise auch als Verpackungsgemische (AS 150106) entsorgt werden. Diese unterliegen wiederum nicht der Gewerbeabfallverordnung. Hier wurde versäumt, den Gemischen gemäß § 4 Abs. 1 GewAbfV oder gemäß § 6 GewAbfV unmissverständliche Bezeichnungen zu zuordnen.

13.3 Praxisfremde Anforderung an die Kontrolle der Vorbehandlungsanlagen

Die Betreiber der Vorbehandlungsanlagen haben gemäß Gewerbeabfallverordnung (§ 9 GewAbfV) bei jeder Anlieferung festzustellen, ob der angelieferte Abfall:

- ein Gemisch aus Papier/Pappe, Glas, Bekleidung, Textilien, Holz ohne gefährliche Stoffe, Kunststoffe, Metalle, Gummi, Kork, Keramik bzw. aus Abfällen aus dem Anhang der GewAbfV (§ 4 Abs. 1 GewAbfV) oder
- ein Gemisch aus Papier/Pappe, Glas, Kunststoffe, Metalle (§ 3 Abs. 2 Satz 1 GewAbfV) oder
- ein anderer Abfall ist. Hierbei ist zudem zu beachten, dass Gemische, insbesondere mit dem Abfallschlüssel 191212, die aus einer anderen Vorbehandlungsanlage stammen und dort durch die Vorbehandlung von Gemischen nach § 4 Abs. 1 GewAbfV erzeugt wurden, bei der Abfallanlieferung als Gemische nach § 4 Abs. 1 GewAbfV und nicht als „anderer Abfall“ einzustufen sind¹⁶².

Diese drei Gemische sind bei der Anlieferung getrennt zu halten, getrennt vorzubehandeln und getrennt zu bilanzieren (§ 5 GewAbfV).

In der Praxis unterscheidet der abfallerzeugende Gewerbebetrieb nicht zwischen den Gemischen nach § 4 und § 3 GewAbfV, d.h. der Gewerbebetrieb produziert der Einfachheit halber ein Gemisch gemäß § 4 GewAbfV. Dass dieses Gemisch dennoch weitere Abfallbestandteile aufweist, wie z.B. organische Bestandteile, ist z.B. aufgrund der vielfachen Anlieferung in Abfallsäcken weder bei einer Sichtkontrolle durch den Beförderer noch beim Abladevorgang in der Vorbehandlungsanlage erkennbar (Bild 13-1).

¹⁶² Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 34: Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung, 2008)

Bild 13-1: Beispiele für angelieferte gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle¹⁶³



13.4 Uneinheitliche Kontrolle der Vorbehandlungsanlagen durch die Vollzugsbehörden

Betreiber von Vorbehandlungsanlagen haben die Einhaltung der Anforderungen gemäß § 5 und § 9 GewAbfV mit Hilfe eines Betriebstagebuches nachzuweisen. Die Kontrolle der Vorbehandlungsanlagen bzw. der Betriebstagebücher durch die Vollzugsbehörden erfolgt in den einzelnen Bundesländern jedoch nicht nach einheitlichen Standards. Selbst innerhalb eines Bundeslandes werden von den Überwachungsbehörden unterschiedliche Erfassungsbogen mit einer differierenden Informationstiefe benutzt. Eine Kontrolle der Verbleibswege bis zum Ende der Verwertungskette ist die Ausnahme, oft werden Betreiberangaben nur auf rechnerische Plausibilität, aber nicht auf ihre inhaltliche Richtigkeit, geprüft.

Eine EDV-gestützte Erfassung von Daten zur Verwertungsquote, die Doppelarbeit vermeiden würde, ist lediglich in Nordrhein-Westfalen¹⁶⁴ möglich – allerdings nutzen nur wenige Anlagenbetreiber dieses freiwillige System. Informationen darüber, welche Anlage welche Verwertungsquote aufweist, wurden nur einmalig vom Land Brandenburg veröffentlicht. Der im Internet veröffentlichten Liste ist zu entnehmen, welche Vorbehandlungsanlagen im

¹⁶³ Fotos: u.e.c. Berlin

¹⁶⁴ <http://www.lanuv.nrw.de/abfall/abfstroeme/gewerbe.htm>

Land Brandenburg im Jahr 2003 die Verwertungsquote von 65% im Jahresmittel eingehalten haben¹⁶⁵. Eine Aktualisierung erfolgte nicht mehr.

13.5 Fehlende Lenkungsfunktion der vorgeschriebenen Verwertungsquote von 85%

Anlagenbetreiber haben für die Gemische nach § 4 Abs. 1 GewAbfV eine Verwertungsquote von mindestens 85 Masseprozent im Jahresmittel zu erfüllen. In die Berechnung geht u.a. die Abfallmenge ein, die einer Verwertung zugeführt wird.

Auf Grundlage von § 4 Abs. 1 KrW-/AbfG kann die Verwertung sowohl stofflich als auch energetisch erfolgen. Für den Nachweis werden betreiberseitig nur Gesamtbilanzen zugrunde gelegt. Dabei wird z.B. der Abfallschlüssel 191212 in voller Höhe als „verwertet“ deklariert, selbst wenn dieser Stoffstrom nur anderen Sortieranlagen zugeführt wird („Kaskadenprinzip“¹⁶⁶). Die Erfüllung der Quote sagt somit nichts über die korrekte (schadlose und hochwertige) Entsorgung aus. Diese fehlende Differenzierung führt dazu, dass anlagenbezogene Verwertungsquoten von 100 % keine Seltenheit sind.

Eine Lenkungsfunktion dieser massenbezogenen Quotierung hin zur stofflichen Verwertung übt die derzeitige Regelung nicht aus.

13.6 Fehlende Transparenz der Stoffströme

Die praktizierte Nutzung preisgünstiger Senken für Sortierreste, z.B. durch Verbringung in Kompostierungs- oder Vergärungsanlagen oder die Beimischung zu Biomasse (Holz), aber auch die Beimischung umweltkritischer Stoffe zu Sortierresten (Shredderfraktion), ist zu unterbinden. Dieses ist nur möglich, wenn die Transparenz der Stoffströme für Vorbehandlungsanlagen bundesländerübergreifend verbessert wird.

Generell ist es zweckmäßig, die stoffstrombezogenen Daten der Vorbehandlungsanlagen im Rahmen der Registerpflicht gemäß Nachweisverordnung¹⁶⁷ künftig von den Anlagenbe-

¹⁶⁵ http://www.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2322.de/abf_list.pdf

¹⁶⁶ Das „Kaskadenprinzip“, also die Mehrfachsortierung von Sortierresten in verschiedenen Anlagen, wurde frühzeitig kritisiert, so z.B. von Meyer, W., 12.11.2002, EUWID

¹⁶⁷ Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV) vom 20. Oktober 2006

treibern nach einem einheitlichen System in elektronischer Form, mittelfristig auch webbasiert, vorlegen zu lassen. Dadurch kann die manuelle Eingabe der in Papierform vorliegenden Betreiberdaten entfallen. Im weiteren können dann die zuständigen Abfallbehörden die Stoffströme der Vorbehandlungsanlagen im Falle nicht ordnungsgemäßer Entsorgung auch bundesländerübergreifend und weitgehend automatisiert auswerten und nachprüfen.

13.7 Mangelnde Unterstützung freiwilliger Vereinbarungen

Mittlerweile gibt es in nahezu jedem Bundesland freiwillige Selbstverpflichtungen bzw. Vereinbarungen zwischen den jeweiligen Landesregierungen und der Wirtschaft. Das Spektrum der Vereinbarungen reicht von branchenspezifischen Einzellösungen (z.B. Freiwillige Kennzeichnung von Kunststoffprodukten, Selbstverpflichtung der Verbände der graphischen Papierkette für eine Rücknahme und Verwertung gebrauchter graphischer Papiere) bis zu branchenübergreifenden Vereinbarungen z.B. im Bereich des Klimaschutzes.

So hat das Ministerium für Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen in Zusammenhang mit dem Inkrafttreten der Gewerbeabfallverordnung mit Vertretern der Verbände der kommunalen und privaten Entsorgungswirtschaft (BDE, BVSE, VKS im VKU) eine "Freiwillige Vereinbarung zur Abgabe von Selbstverpflichtungserklärungen zur Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung" erarbeitet, die über die unmittelbaren Berichtspflichten der GewAbfV hinausgeht. Die Vereinbarung sieht vor, dass beteiligte Unternehmen den zuständigen Behörden Datenmaterial auf der Basis von Excel-Dateien über die Abfallströme in den Vorbehandlungsanlagen jährlich zur Verfügung zu stellen. Die Beteiligung der Anlagenbetreiber ist jedoch gering; so wurden im Jahre 2004 nur für 51 Gewerbeabfallaufbereitungsanlagen Abfallbilanzen im Sinne dieser freiwilligen Vereinbarung erstellt¹⁶⁸.

13.8 Pflichtrestmülltonne

Nach all dem hat die Gewerbeabfallverordnung offenbar nur ein Ziel erreicht: die satzungsrechtlich korrekte Einführung einer Pflichtrestmülltonne.

¹⁶⁸ Entsorgungsatlas Nordrhein-Westfalen (Stand: 01.04.2007)

Gewerbebetriebe haben die gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle, die keiner Verwertung zugeführt werden, dem zuständigen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu überlassen (§ 7 GewAbfV). Aufgrund der Satzungshoheit der jeweiligen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger variiert die Größe der Pflichtrestmülltonne. So werden z.B. bei einigen Entsorgungsträgern branchenspezifische Einwohnerequivalente (oder Vergleichbares) für die Berechnung der Behältergröße zugrunde gelegt, während bei anderen Entsorgungsträgern eine pauschale Behältergrößenberechnung (z.B. 5 l pro Mitarbeiter und Woche oder 120 l pro Woche je angefangene 50 Mitarbeiter¹⁶⁹) erfolgt.

In welchem Umfang öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger von der Durchsetzung der Pflichtrestmülltonne tatsächlich Gebrauch machen, ist statistisch nicht belegt. Zumindest ist festzustellen, dass diese Möglichkeit nicht flächendeckend genutzt wird.

13.9 Fazit

Die bereits im Jahr 2004 formulierte Einschätzung des Sachverständigenrat für Umwelt¹⁷⁰, die Gewerbeabfallverordnung insgesamt sei ein „vollzugsaufwendiges und die Abfallwirtschaftsverwaltungen überforderndes Instrumentarium“, wird von allen Teilnehmern der drei durchgeführten Expertenpanels geteilt. Wesentliche Elemente der Gewerbeabfallverordnung werden in der Praxis nicht oder nicht in der vorgesehenen Tiefe vollzogen. Abgesehen von leicht behebbaren Ungenauigkeiten sind mit den zur Verfügung stehenden personellen und finanziellen Ressourcen verschiedene Kontrollelemente, so auf der Ebene der Gewerbebetriebe, auch künftig nicht vollziehbar.

Dass die Scheinverwertung auf Deponien beendet werden konnte, ist im Wesentlichen auf die Umsetzung des Deponierungsverbotes für unvorbehandelte Siedlungsabfälle zurückzuführen und weniger auf die Gewerbeabfallverordnung.

Für eine effizientere Nutzung der in gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen enthaltenen Wertstoffe (stofflich und energetisch) wäre es erforderlich, die Anforderungen der bestehenden Gewerbeabfallverordnung neu auszurichten und dabei die vorliegenden Praxiserfahrungen zu berücksichtigen.

¹⁶⁹ Landratsamt Miltenberg: Merkblatt zur Einführung der Gewerbepflichttonne

¹⁷⁰ Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Drucksache 15/3600

14 Ansatz zur Weiterentwicklung der Gewerbeabfallverordnung

Da gemäß Abfallrahmenrichtlinie und folgerichtig auch im Entwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes der stofflichen Verwertung Vorrang vor der energetischen Verwertung eingeräumt wird, bedarf es auch einer Umsetzung der fünfstufigen Abfallhierarchie für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in der Gewerbeabfallverordnung. Es stellt sich die Frage, ob aus diesem Anlass die Verordnung neu ausgerichtet und gleichzeitig bezüglich der Umsetzung vereinfacht werden kann. Jung¹⁷¹ führt in diesem Zusammenhang aus: „Diese Verordnung erscheint ... angesichts ihrer geringen praktischen Relevanz entbehrlich. ... Es würde genügen, dem Gewerbe und der Industrie im Gesetz die Getrenntsammlung mindestens der Stoffe aufzugeben, die auch in privaten Haushalten getrennt gesammelt werden. Es sollte aber zugelassen werden, dass anstelle der Getrenntsammlung die Zuführung einer gemischten recyclingfähigen Fraktion zu einer Sortieranlage möglich ist, nicht jedoch die unmittelbare Zuführung von Gewerbeabfällen ohne ein innerbetriebliches Getrenntsammlungssystem zu einem Abfallheizkraftwerk. Die praktische Bedeutung einer ... Pflichtrestmülltonne sinkt ohnedies in dem Maße, in dem künftig Abfallheizkraftwerke einen Verwerterstatus erhalten.“

Ein Lenkungsinstrument für stofflich verwertbare Abfälle, z.B. durch eine Vorbehandlungspflicht, erachten auch einige Verbände und Betreiber von Vorbehandlungsanlagen für notwendig, um die Innovationskraft der mittelständisch geprägten Branche und ihren Beitrag zur Rohstoffversorgung zu stärken und auszubauen. Diese Ideen aufgreifend, werden im Folgenden einige Elemente einer möglichen Neuausrichtung der Gewerbeabfallverordnung aufgezeigt.

14.1 Freiwillige getrennte Erfassung in den Gewerbebetrieben

Ob ein Gewerbebetrieb die Wertstoffe PPK, Kunststoffe, Metalle etc. getrennt erfasst oder Gemische in Vorbehandlungsanlagen oder Gemische direkt für die energetische Verwertung abgibt, kann und wird vor dem Hintergrund der Vielzahl der Betriebe und des fehlenden Personals der zuständigen Behörden nicht wirksam kontrolliert werden. Es kann auch weder an den mechanischen Vorbehandlungsanlagen noch an den Anlagen zur energetischen Verwertung wirksam kontrolliert werden, ob

¹⁷¹ Jung, G.: Von der Abfallwirtschaft zur Rohstoffwirtschaft – Erwartungen an den Gesetzgeber aus Landessicht, in: Recycling und Rohstoffe, Band 3, 2010, TK-Verlag

- das angelieferte Gemisch keine anderen Abfälle als Papier/Pappe, Glas, Kunststoffe oder Metalle enthält (Gemisch gemäß § 3 Abs. 2 Satz 1 GewAbfV),
- das angelieferte Gemisch keine Fremdbestandteile wie z.B. biologisch abbaubare Organik enthält (Gemisch gemäß § 4 Abs. 1 GewAbfV) oder
- das angelieferte Gemisch noch Glas, Metalle oder biologisch abbaubare Organik enthält (Gemisch gemäß § 6 GewAbfV).

Es sollte daher den Gewerbebetrieben überlassen bleiben, ob sie anfallende Wertstoffe getrennt erfassen und ggf. mit Kostenvorteilen entsorgen oder ob sie die anfallenden Abfälle als Gemisch entsorgen wollen. Die in der Gewerbeabfallverordnung vorhandenen Vorgaben zur Zusammensetzung der Gemische könnten dann ersatzlos entfallen. Es kann vielmehr, wie bisher auch, der Entsorgungswirtschaft überlassen werden, die wirtschaftlichen Anreize aus den Rohstoffmärkten zu nutzen und gemeinsam mit ihren Kunden umzusetzen. Schon heute werden vereinzelt finanzielle Anreize genutzt, um die Qualität der Gemische durch Aushaltung von Organik zu verbessern.

14.2 Vorbehandlungspflicht für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle

Verbunden mit dem Wegfall der Getrennthaltungspflicht in den Gewerbebetrieben ist, vergleichbar mit dem Ansatz des Deponierungsverbotes unbehandelter Abfälle, zur Stärkung der stofflichen Verwertung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle die unmittelbare Verbrennung dieser Gemische auszuschließen. Diese sind stattdessen Vorbehandlungsanlagen zuzuweisen, für die ein gewisser technischer Mindeststandard festgelegt wird. Damit wird der ungleiche Preiskampf zwischen Vorbehandlungsanlagen und Verbrennungsanlagen genau so unterbunden wie der frühere zwischen Deponien und Verbrennungsanlagen.

Wie in Kapitel 8 erläutert, gibt es in Deutschland „Einfachst-Anlagen“, in denen der angelieferte Abfall lediglich entgegengenommen, Wertstoffe per Greifbagger und/oder manuell entnommen und der verbleibende Abfall wieder zum Transport bereitgestellt wird. Der Output dieser Anlagen muss ebenfalls der Vorbehandlungspflicht unterworfen werden und darf im Sinne der Konzeptziele nicht direkt einer Verbrennung zugeführt werden.

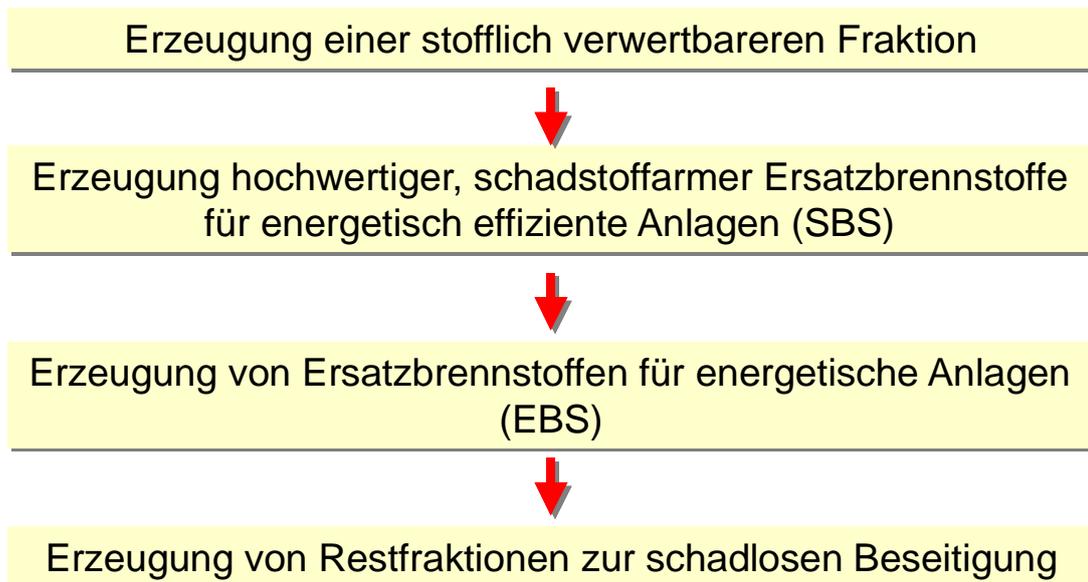
14.3 Qualitative Quotierung für die stoffliche und energetische Verwertung

Bislang enthält die Gewerbeabfallverordnung nur eine massenbezogene Quotierung, die nicht nach der stofflichen oder energetischen Verwertung unterscheidet. Welcher Verwertungsweg im Einzelfall sinnvoll und zu präferieren ist, kann, wie von Faulstich¹⁷² auf der Basis von Ökobilanzen festgelegt werden. Dies würde u.a. den Weg eröffnen, letztlich auch die Erzeugungswege zu bewerten und so Lenkungsimpulse früher als heute am (Abfall-)Ende der Prozesskette ansetzen zu lassen.

Wesentlich kürzer, dafür aber zunächst schneller und praktikabler umsetzbar, greift ein im Rahmen dieses Projektes in Ansätzen entwickeltes Konzept zur Stoffstromlenkung, das im Rahmen des Fachgespräches diskutiert wurde.

Dieses Konzept greift die Ziele der Abfallrahmenrichtlinie sowie den Entwurf des KrWG auf und überträgt diese auf die Outputströme der mechanischen Vorbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle. Danach ergibt sich zunächst die nachfolgend dargestellte qualitative Rangfolge für eine hochwertige und schadlose Entsorgung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle.

Bild 14-1: Qualitative Rangfolge für eine hochwertige Vorbehandlung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle



¹⁷² Faulstich, M.: Öffnet die gelbe Tonne – Diskussionsbeitrag im ForumZ, www.forumz.de/default.asp?Menue=49&Blog=198

Um diese Rangfolge zu operationalisieren, wird eine bewertende Quotierung vorgeschlagen, die in erster Linie die stoffliche Verwertung fördert, die Erzeugung hochwertiger Ersatzbrennstoffe aber nicht unberücksichtigt lässt. Diese Quote müsste den mechanischen Vorbehandlungsanlagen einen Spielraum geben, um auf die heterogene Zusammensetzung der Inputstoffe reagieren zu können. Vorgeschlagen wird deshalb, die bisher ausschließlich massenbezogene Gesamtquote für die stoffliche und energetische Verwertung in die folgende kombinierte qualitative und quantitative Quote abzuändern.

Bild 14-2: Bewertungsquote für eine hochwertige und schadlose Entsorgung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle

$$\text{Bewertungsquote} = \frac{m_{\text{stoffliche Verwertung}} \cdot \text{Bf}_{\text{stoffliche Verwertung}} + m_{\text{SBS}} \cdot \text{Bf}_{\text{SBS}} + m_{\text{EBS}} \cdot \text{Bf}_{\text{EBS}}}{m_{\text{Anlagenoutput}}}$$

Bewertungsquote ≥ 30

mit:

m = Masse, Bf = Bewertungsfaktor,

Bewertungsfaktor_{stoffliche Verwertung} = 100,

Bewertungsfaktor_{SBS} = 20,

Bewertungsfaktor_{EBS} = 10

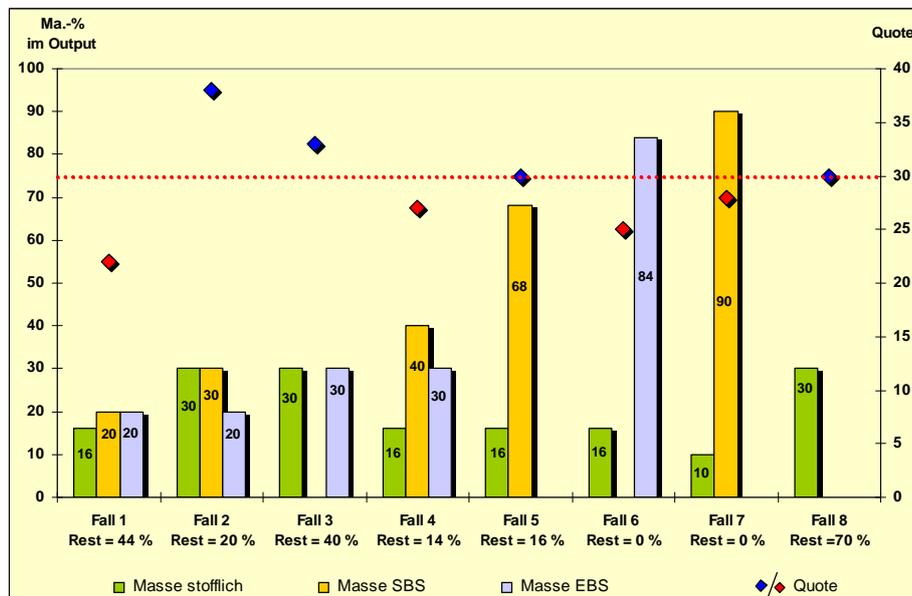
Stofflich verwertbare Abfälle, hochwertige schadstoffarme Ersatzbrennstoffe für energetisch effiziente Verbrennungsanlagen (SBS) und Ersatzbrennstoffe für die energetische Verwertung (EBS) würden mit verschiedenen Bewertungsfaktoren (Bf) von $\text{Bf} = 100$ bis $\text{Bf} = 10$ belegt, während Sortierreste (AS 191212) und mineralikangereicherte Unterkornfraktionen mit dem Bewertungsfaktor 0 versehen werden und somit bei der Ermittlung der Bewertungsquote keine Rolle spielen würden. Entsprechend könnte eine Baggervorsortierung die Ziele nicht erfüllen, die angelieferten Gemische müssten stattdessen höherwertigen Anlagen zugeführt werden.

Die Quotierung würde anlagenbezogen ermittelt werden. Um Manipulationen auszuschließen, würden mitverarbeitete Monofraktionen, wie z.B. AS 200101 (getrennt gesammeltes PPK aus dem Haushaltsbereich) oder AS 191201 (PPK aus mechanischer Aufbereitung), im Output vollständig herausgerechnet.

Die zu erreichende Bewertungsquote ist so gewählt worden, dass sowohl ein Anreiz für die stoffliche Verwertung als auch eine SBS-Erzeugung induziert wird. Dies wäre beispielsweise bei einer Bewertungsquote von 30 der Fall.

Eine Fallstudie (Bild 14-3) zeigt, dass die bisherige stoffliche Verwertungsquote von ca. 16 Ma.-% und je 20 Ma.-% SBS und EBS, bei einem Sortierrest von 44 Ma.-% nicht ausreichend wäre, um die Bewertungsquote von 30 zu erzielen (siehe Fall 1 in Bild 14-3 bzw. in Anhang 16-16). Selbst die Steigerungen der SBS-Ausbeute auf 40 Ma.-% und der EBS-Ausbeute auf 30 Ma.-% würden ohne eine Steigerung der stofflichen Verwertung nicht zum Ziel führen (Fall 4). Zur Erreichung der Bewertungsquote von 30 Punkten ist bei geringer stofflicher Verwertung (16 Ma.-%) die Erzeugung hoher SBS- Anteile (> 68 Ma.-%) erforderlich (Fall 5). Andererseits kann sich die mechanische Aufbereitung auch ausschließlich auf die Gewinnung stofflich verwertbarer Fraktionen konzentrieren. Werden 30 Ma.-% des Anlagenoutputs stofflich verwertet, wird die Bewertungsquote von 30 erreicht (Fall 8).

Bild 14-3: Beispiele für die Berechnung der Bewertungsquote für eine hochwertige und schadlose Entsorgung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (blau = Quote erreicht; rot = Quote unterschritten)



Problematisch kann es aus Sicht des Vollzuges sein, dass nach stofflichen Kriterien zwischen einem Ersatzbrennstoff und einem Sekundärbrennstoff unterschieden werden müsste. Alternativ dazu kann deshalb ein Weg gewählt werden, bei dem auf die Unter-

scheidung der Stoffqualität der Ersatzbrennstoffe verzichtet wird. Stattdessen kann zur Bewertung der Hochwertigkeit der energetischen Nutzung beispielsweise auf das Energieeffizienzkriterium der Abfallrahmenrichtlinie abgestellt werden. Für Müllverbrennungsanlagen hat die ITAD bereits Ende 2008 die benötigten Daten (Strom_{prod}, Strom_{exp} sowie Wärme_{exp}) abgefragt¹⁷³ und ausgewertet. Vergleichbare Erkundigungen dürften auch bei den EBS-Kraftwerken kein Problem sein. Werden die in der Vorbehandlungsanlage produzierten Ersatzbrennstoffe in Zementwerken oder Mitverbrennungsanlagen eingesetzt, könnte ein Wert für die Substitution fossiler Energieträger herangezogen werden.

Letztendlich kann mit dieser Vorgehensweise eine Liste aller energetischen Verwertungsanlagen erarbeitet werden, die Aufschluss über deren Hochwertigkeit gibt und die Anlagen in äquivalent zur vorgeschlagenen Differenzierung nach SBS und EBS in mindestens zwei Kategorien einordnet. Bei der Anlagenkontrolle muss die Vollzugsbehörde lediglich die über Wiegescheine dokumentierten Verbleibswege prüfen. Ein solches Ranking der Verwertungsanlagen könnte zudem einen Anreiz zur Anlagenoptimierung bieten.

14.4 Transparenz der Stoffströme

Die Betreiber von Vorbehandlungsanlagen erfüllen Berichtspflichten z.B. gemäß Nachweisverordnung oder aufgrund von Auflagen der bundes-immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsbescheide. Einzelne Bundesländer haben diesen Gedanken aufgegriffen; so ist in der Koalitionsvereinbarung Nordrhein-Westfalen festgelegt, dass „die Behörden in die Lage versetzt werden [müssen], die Stoffströme bei der Beseitigung und der Verwertung von Abfällen konkret nachvollziehen zu können“¹⁷⁴.

Bei der Ausgestaltung einer möglichen Überarbeitung der Gewerbeabfallverordnung sollte verstärkt Wert darauf gelegt werden, ein bundeseinheitliches Berichtswesen unter Nutzung elektronischer Medien einzuführen und die Verbleibswege der stofflich und energetisch verwerteten Fraktionen bis zum Endabnehmer nachvollziehbar darzustellen. Dieses ist bereits in anderen Bereichen (z.B. Verpackungen) Standard.

¹⁷³ Spohn, C.: Waste-to-Energy – Steigerung der Energieeffizienz in: Umweltministerium Baden-Württemberg und VKS im VKU Landesgruppe Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfall als Ressource, Ludwigsburg 2009

¹⁷⁴ Koalitionsvertrag zwischen der NRW-SPD und Bündnis 90 / Die Grünen NRW, Juli 2010

14.5 Praktikable Vorgaben an die Vollzugsbehörden

Die Vollzugsbehörden sollten bundesweit einheitliche und (nach-)vollziehbare Kriterien an die Hand bekommen, um Regelungen einer Gewerbeabfallverordnung überwachen zu können. Dieses können z.B. Checklisten sein, die den technischen Mindeststandard der mechanischen Vorbehandlungsanlagen definieren bzw. wie andiskutiert eine Liste für alle energetischen Verwertungsanlagen, um die Hochwertigkeit des Entsorgungsweges zu überwachen.

14.6 Fazit

Dies sind nur die ersten Eckpunkte einer möglichen Neuregelung, die ggf. um weitere Aspekte wie z.B. zur Frage der angemessenen Sanktionierung ergänzt werden muss.

Als Alternative bliebe aus unserer Sicht nur die Einführung einer unflexiblen Mengenquotierung mit getrennten Quoten für die stoffliche und die energetische Verwertung.

15 Literatur

1. 14. Treffens des Netzwerks innovativer Kreislauftechnologien NiK zum Thema "Die Gewerbeabfallverordnung - Intention und Praxis" am 25. und 26. März 2003 am Fraunhofer IML in Dortmund.
2. Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2007
3. Abfallbilanzen der Bundesländer für das Jahr 2007
4. Abfallsteckbrief Baden-Württemberg „Feinmaterial aus der Sortierung von Gewerbe- und Baustellenmischabfällen; 09/2007
5. Abfallwirtschaftskonzept Berlin Juli 2009
6. Dr. Adermann, H.: Erfahrungen mit der Aufbereitung und Vermarktung von gemischten Gewerbeabfällen, 3. Expertenpanel, Mai 2010
7. Albers, H. et al.: Ökonomische Vorteile bei der energetischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen aus Restabfällen unter Berücksichtigung des EU-Richtlinienvorschlages zum Emissionshandel, Müll und Abfall 12/02
8. Alwast, H.: Ersatzbrennstoffmarkt – Entwicklung in Deutschland – Mengen, Preise, Markttendenzen, Vortrag auf dem 19. Kassler Abfallforum, Kassel 2007
9. Bagin, W.: Gewerbeabfallentsorgung im Landkreis Böblingen, in: Zeitschrift Müll und Abfall, 10/2006
10. BDE - Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (Projektträger): BREF-Dokumentation - Anlagen zur Behandlung von Gewerbeabfall, 2008
11. BDSV: Deutsche Stahlrecycling-Bilanz 1980 bis 2009
http://www.bdsv.org/downloads/stat_bilanz.pdf
12. Bericht der LAGA zur 60. Umweltministerkonferenz. Umsetzung der Abfallablagerungsverordnung. Entwurf Stand 05.05.03. Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (Hrsg.)
13. Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit
14. Böllhof, Ch.; Alwast, H.: Rechnung mit Unbekannten – Wie lange noch müssen Restabfälle und Ersatzbrennstoffe zwischengelagert werden?, in: Zeitschrift Müll-Magazin, 3/2006
15. Both, G. et al.: Status Quo der Gewerbe- und Baumischabfallaufbereitung in NRW, Müll und Abfall 12 2005

16. Büchl Consult GmbH im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Verwertung und Beseitigung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen aus Bayern, 2006
17. Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. Stahlschrottsortenliste, Stand 2010
18. Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007, Kurzfassung, 2008
19. Drucksache des deutschen Bundestages 16/4350: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Bärbel Höhn, Hans-Josef Fell, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen - Drucksache 16/4261: Die „maschinelle Sortierung, insbesondere für Gewerbeabfälle...,(spielt) im Konzept 2020 der Bundesregierung eine wichtige Rolle...“
20. Entsorgungsatlas Nordrhein-Westfalen (Stand: 01.04.2007)
21. Euwid - Markterhebungen
22. Euwid Recycling und Entsorgung; Papierindustrie verbraucht in 2009 weniger Altpapier, Nr. 20 vom 18.05.2010
23. EUWID-Preisspiegel für Altkunststoffe 27/2010
24. Faulstich, M.: Öffnet die gelbe Tonne – Diskussionsbeitrag im ForumZ, <http://www.forumz.de/default.asp?Menue=49&Blog=198>
25. Fricke, K. et al: Stoffliche oder energetische Verwertung – die Wahl der Verwertungsart als Schlüssel zur Energieeffizienz, http://www.ggsc-seminare.de/pdf/2010_06_infoseminar/12_Fricke.pdf
26. Gallenkemper et. al: Rahmenstrukturen der Überlassung von haushaltsabfallähnlichen Gewerbeabfällen, Dezember 2001, Gutachten im Auftrag der Edelhoff Umwelt-service GmbH & Co. KG
27. Grenzüberschreitende Abfallverbringung – Datenerhebung nach dem Umweltstatistikgesetz nach Bundesländern 2007 – Export
28. Heyde, M. et al.: Werkstoffliche Verwertung von Verpackungskunststoffen aus der Getrenntsammlung Dualer System, Müll und Abfall 1/10
29. <http://www.asa-ev.de/index.php?id=17>
30. <http://www.bdzement.de/629.html>
31. http://www.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2322.de/abf_list.pdf
32. <http://www.bvse.de/images/picturepool/1/2494.pdf>
33. <http://www.lanuv.nrw.de/abfall/abfstroeme/gewerbe.htm>

34. http://www.vattenfall.de/de/file/standortflyer-co-nojawa_13593150.pdf
35. ifeu: Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft, 2007, FKZ 206 31 303
36. Jung, G.: Von der Abfallwirtschaft zur Rohstoffwirtschaft – Erwartungen an den Gesetzgeber aus Landessicht, in: Recycling und Rohstoffe, Band 3, 2010, TK-Verlag
37. Kern, M., Sprick W.: Abschätzung des Potentials an regenerativen Energieträgern im Restmüll, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH in Bio- und Restabfallbehandlung V. Wiemer/Kern (Hrsg.). Witzenhausen- Institut - Neues aus Forschung und Praxis. Witzenhausen 2001
38. Koalitionsvertrag zwischen der NRW-SPD und Bündnis 90 / Die Grünen NRW, Juli 2010
39. Kranert et.al.: Studie im Auftrag des BMWI, “Ökonomische und ökologische Bewertung der getrennten Sammlung von verwertbaren Abfällen aus privaten Haushalten sowie vergleichbaren Anfallstellen“, Oktober 2009. Hier wird eine Preisspanne für Müllheizkraftwerke von 90 – 180 Euro/Mg benannt und ein mittlerer Ansatz von 130 Euro/Mg angegeben.
40. Kranert, M.: Clauß, D.: Entwicklung der Gewerbeabfallströme und Kapazitäten, in: Gewässerschutz – Wasser – Abwasser 2007, 40. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Aachen 2007
41. Kranert, M.: Gewerbeabfall- Das unbekannte Wesen, Zeitschrift Müll und Abfall, 10/2006
42. Krause, P.: Feinfraktionen aus der mechanischen Aufbereitung – Charakterisierung und weiterführende Verwertungsansätze, Diplomarbeit 2010
43. LAGA Vollzugshinweise zur GewAbfV, März 2003.
44. Landratsamt Miltenberg: Merkblatt zur Einführung der Gewerbepflichttonne
45. Landtag Baden-Württemberg: Entsorgungssituation bei Gewerbeabfällen in Baden-Württemberg - Drucksache 14 / 197
46. Maerz, P. et al: Wertvolle Buntmetalle in ReSource 1/2010
47. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Gewerbeabfallentsorgung in NRW seit dem 1. Juni 2005, 2006
48. Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 34: Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung , 2008
49. Müller, Ute: Ergebnisse der bundesweiten Gewerbemüllanalyse, Müll und Abfall 27 (1995) Nr.6, S.371-387

50. Oetjen-Dehne, R. et al.: Stärker stofflich nutzen; ReSource 1/2010
51. Oetjen-Dehne, R.: Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus in Leipzig und Berlin, in Urban A., Halm, G. (Hrsg.): Kasseler Modell - mehr als Abfallentsorgung, 2009
52. Oetjen-Dehne, R.: Gewerbeabfallverordnung: ein Glücksfall für Betreiber von Sortieranlagen?. Fachtagung des VKS Ost, 05.02.2003
53. Oetjen-Dehne, R.; Döhle, G.; Behr, G.-R.: Erste Ergebnisse aus der Untersuchung von Stoffströmen der Abfallaufbereitungsanlagen in Sachsen-Anhalt, Vortragsband TASIMA 14, Magdeburg 2009
54. Öko-Institut e.V., IFEU: Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft - Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz, Texte Nr. 06/2010, UBAFBNr 001347, Förderkennzeichen 3708 31 302, 2010
55. Öko-Institut e.V., IFEU: Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft - Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz, Texte Nr. 06/2010, Förderkennzeichen 3708 31 302, 2010
56. Pretz, T.: Entwicklungen zur Aufbereitung und Qualitätssicherung von Ersatzbrennstoffen; in: Wiemer, K. (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung V, Kassel 2010
57. Pretz, T.: Sensor-sorting automated technology for advanced recovery of non-ferrous metals from waste; 1st SATURN workshop, März 2010
58. Pretz, T.: Vortrag zum 1. SATURN-Workshop, März 2010, http://www.saturn.rwth-aachen.de/dissemination_activities.php
59. Probst, T.: Die Zukunft der Sekundärrohstoffe – am Beispiel des Kunststoffrecyclings; in Thomé-Kozmiensky, K. J.: Recycling und Rohstoffe, 2010
60. Schwolow, R.: Entwicklung der thermischen Entsorgungskapazitäten in Deutschland und wichtigen Nachbarländern, Vortrag zum 3. Expertenpanel, Mai 2010
61. Seeger, H.: Bedeutung der Kunststofffraktion für die EBS-Verwertung in Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV. Wiemer/Kern (Hrsg.). Witzenhausen- Institut - Neues aus Forschung und Praxis. Witzenhausen 2009
62. Spohn, C.: Waste-to-Energy – Steigerung der Energieeffizienz in: Umweltministerium Baden-Württemberg und VKS im VKU Landesgruppe Baden-Württemberg (Hrsg.): Abfall als Ressource, Ludwigsburg 2009
63. Statistische Ämter des Bundes und der Länder; http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/de_enterprise.asp

64. Statistisches Bundesamt 2009 - http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/dokumente/Abfallbilanzen_1999-2007_Grafiken.pdf
65. Statistisches Bundesamt: Abfallbilanz 2007, Wiesbaden Juni 2009
66. Statistisches Bundesamt: Abfallbilanzen der Jahre 2002 bis 2006, Wiesbaden
67. Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung 2007 (Fachserie 19 Reihe 1) Wiesbaden 2009
68. Statistisches Bundesamt: Abfallentsorgung der Jahre 2004 bis 2007, Wiesbaden
69. Statistisches Bundesamt: Erhebung über die Abfallerzeugung 2006, Wiesbaden 2008
70. u.e.c. Berlin/Kanthak & Adam erstellt für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung: Recherche über den Verbleib von gewerblichen Abfällen zur Verwertung aus dem Land Berlin, 2005
71. u.e.c. Berlin: Marktrecherche EBS, unveröffentlicht, 2007
72. u.e.c. Berlin: Überwachung von Abfallentsorgungsanlagen - Recherchen und Untersuchungen an Abfallbehandlungsanlagen in Sachsen-Anhalt und Abgrenzung der Abfallschlüssel 191209 und 191212 (Kurzfassung) unter <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=42511>
73. Umweltbundesamt: Bundesweite Gewerbeabfalluntersuchung – gekürzte Fassung -, Forschungsbericht 103 03 224 UBA-FB 94-111, UBA-Texte 68/94
74. Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt - Grenzüberschreitende Abfallverbringung 2007
75. Umweltbundesamt: Export von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Abfallarten 2002 - 2007
76. Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Drucksache 15/3600
77. Vattenfall Europe, Kurzbeschreibung des Genehmigungsantrages <http://www.projects-webspace.de/ikw/Kurzbeschreibung.pdf>
78. Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung) vom 19. Juni 2002
79. Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung - NachwV) vom 20. Oktober 2006
80. Verordnung über die Zuteilung von Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2008 bis 2012

81. Walter, G. et al: Gewerbeabfallaufbereitung – ein lohnendes Geschäft? Müll und Abfall 11/2007

16 Anhang

Anhang 16-1: Angeschriebene Unternehmen im Rahmen der Umfrage – siehe Kapitel 2

Bundesland	Abfallvorbehandlungsanlagen ¹⁷⁵	MBA	Verbrennungsanlagen	Gesamt
Baden-Württemberg	93	3	6	102
Bayern	45	1	15	61
Berlin	6	2	1	9
Brandenburg	26	6	0	32
Bremen	2	0	4	6
Hamburg	5	0	3	8
Hessen	23	2	4	29
Mecklenburg-Vorpommern	12	3	1	16
Niedersachsen	26	11	6	43
Nordrhein-Westfalen	147	5	17	169
Rheinland-Pfalz	8	5	3	16
Saarland	12	0	2	14
Sachsen	27	4	1	32
Sachsen-Anhalt	21	1	4	26
Schleswig-Holstein	13	2	4	19
Thüringen	25	1	2	28
Summe	491	46	73	610

¹⁷⁵ Hierunter fallen mechanischen Abfallvorbehandlungsanlagen, die den AS 200301 im Anlageninput genehmigt haben.

Anhang 16-2: Fragebogen – siehe Kapitel 2





mit Unterstützung des    

Datenerhebung zum Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen

Angaben zur Anlage:

Firmennamen: _____
 Straße, Hausnummer: _____
 PLZ, Ort: _____
 Ansprechpartner: _____
 Tel: _____
 e-mail: _____

Derzeitige Anzahl der Mitarbeiter (ohne Büropersonal):

bis 5 Mitarbeiter
 5 - 10 Mitarbeiter
 10 - 20 Mitarbeiter
 20 - 50 Mitarbeiter
 über 50 Mitarbeiter

Mussten Sie konjunkturbedingt Personal in den letzten zwei Jahren abbauen?
 ja nein

Umsatz (netto) im Jahr 2007:

bis 250.000 €/a
 250.000 - 500.000 €/a
 500.000 - 1 Mio. €/a
 1 - 5 Mio. €/a
 5 - 10 Mio. €/a
 über 10 Mio. €/a

Kapazität der Anlage:

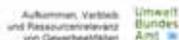
genehmigte Kapazität: _____ t/Jahr

Anlagenkonfiguration: (entfällt für MVA-Betreiber)

Die Verfahrenstechnik umfasst

Zerkleinerung
 Fe-Metall-Abscheider
 NE-Metall-Abscheider
 Siebung
 Sichtung
 Sortierkabine
 NIR-Trennung





Input im Jahr 2007:

Welche Abfallmenge wurde im Jahr 2007 insgesamt in Ihrer Anlage angenommen und welche Inputmengen entfielen auf die folgenden Abfallarten im Jahr 2007?

Frage an MSA/MVA-Betreiber:
 Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (AS 200301) werden als
 Abfälle zur Verwertung
 Abfälle zur Beseitigung
 angenommen

verarbeitete Abfallmengen gesamt im Jahr 2007: _____ t/a	
	t/a
	Herkunft des Abfalls
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %
Haumüll (AS 200301)	
hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (AS 200301)	
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %
Falls in Ihrer Anlage keine Trennung zwischen Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen vorgenommen wird, gemischte Siedlungsabfälle (AS 200301)	
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %
gemischte Siedlungsabfälle a.n.g. (AS 200309)	
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %
Sortierreste (AS 191212)	
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %
Verpackungen (AVV-Kapitel 15)	
	- eigenes Bundesland _____ %
	- anderes Bundesland _____ %
	- Bundesland _____ *
	- Ausland _____ %

* bitte Bundesland angeben (ggf. abkürzen)

Input im Jahr 2008:

Wie hoch war der Abfallinput in Ihre Anlage im Jahr 2008 im Vergleich zum Jahr 2007 für die

- Gesamtabfallmengen: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend
 hausmüllähnliche
 Gewerbeabfälle: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend

Hauptgrund der möglichen Veränderung:

- Preisentwicklung allgemeine Wirtschaftsentwicklung
 zusätzliche Abfallentsorgungsanlage in der näheren Umgebung

Input im Jahr 2009:

Wie hoch war der Abfallinput in Ihre Anlage im Jahr 2009 im Vergleich zum Jahr 2007 für die

- Gesamtabfallmengen: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend
 hausmüllähnliche
 Gewerbeabfälle: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend

Hauptgrund der möglichen Veränderung:

- Preisentwicklung allgemeine Wirtschaftsentwicklung
 zusätzliche Abfallentsorgungsanlage in der näheren Umgebung

Mengenentwicklung für das Jahr 2010

Wie schätzen Sie die Mengenentwicklung Ihrer Anlage für das Jahr 2010 im Vergleich zu den Abfallmengen des Jahres 2009 ein für

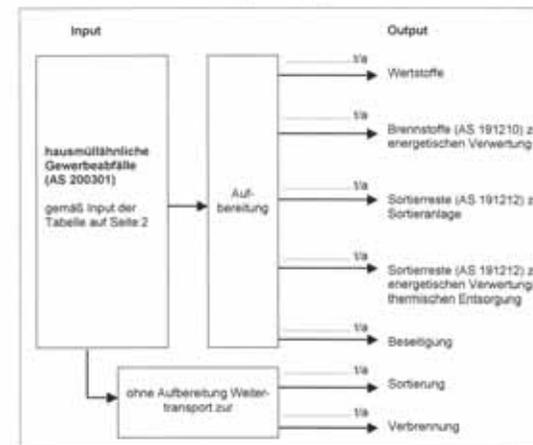
- Gesamtabfallmengen: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend
 hausmüllähnliche
 Gewerbeabfälle: sinkend um ...% steigend um ...% gleichbleibend

Hauptgrund der möglichen Veränderung:

- Preisentwicklung allgemeine Wirtschaftsentwicklung
 zusätzliche Abfallentsorgungsanlage in der näheren Umgebung

Output im Jahr 2007: (entfällt für MVA-Betreiber)

Wie setzt sich der durchschnittliche Output Ihrer Anlage zusammen?



Welche Wertstoffe und welchen Massenanteile werden aussortiert?

<input type="checkbox"/> Kunststoffe (Folien):	%	<input type="checkbox"/> Kunststoffe (Umreifungsbänder):	%
<input type="checkbox"/> Kunststoffe (Hohlkörper):	%	<input type="checkbox"/> Kunststoffe (sonstige):	%
<input type="checkbox"/> Papier/Pappe/Kartonagen:	%	<input type="checkbox"/> Metalle:	%
<input type="checkbox"/> Holz:	%	<input type="checkbox"/> Teppiche:	%
<input type="checkbox"/> mineralische Fraktion:	%	<input type="checkbox"/> weitere Wertstoffe 1*:	%
<input type="checkbox"/> weitere Wertstoffe 2*:	%	<input type="checkbox"/> weitere Wertstoffe 3*:	%

* bitte konkret benennen, zu 1: _____

zu 2: _____ zu 3: _____


5
Aufkommen, Verbleib
und Ressourcenrelevanz
von Gewerbeabfällen
[Umwelt]
Bundesamt
Berlin

Derzeitiger Annahmepreis

Wie hoch ist in Ihrer Anlage z.Zt. der Annahmepreis für haumüllähnliche Gewerbeabfälle?

- für Langfristverträge:

- bis 50 €/t
 50 - 70 €/t
 70 - 100 €/t
 100 - 150 €/t
 150 - 200 €/t
 200 - 250 €/t
 über 250 €/t

- für Spotmengen:

- bis 50 €/t
 50 - 70 €/t
 70 - 100 €/t
 100 - 150 €/t
 150 - 200 €/t
 200 - 250 €/t
 über 250 €/t

Diesen Fragebogen bitte zurück an:

u e c. Berlin
 Levetzowstr. 10a
 10555 Berlin
 oder per Fax: 030 39 84 88 54

Datenschutz

Alle im Zusammenhang mit der Durchführung dieses Forschungsvorhabens überlassenen und sonst zur Kenntnis gelangten Informationen, soweit sie nicht allgemein und öffentlich zugänglich sind, werden vertraulich und im Sinne des allgemeinen Datenschutzes behandelt. Die Daten und Unterlagen werden nur im Rahmen der Auftragsbearbeitung verwendet. Alle Informationen werden anonymisiert oder zusammengefasst. Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen sind nicht möglich. Diese Verpflichtung erstreckt sich auf alle mit diesem Projekt vertrauten Mitarbeiter.

Ansprechpartner:

Rüdiger Oetjen-Dehne
 u.e.c. Berlin, Oetjen-Dehne & Partner
 Umwelt- und Energie-Consult GmbH
 Levetzowstr. 10a
 10555 Berlin
 Tel. 030 344 80 39
 Fax 030 39 84 88 54
 Oetjen-Dehne@uec-berlin.de

Susann Krause
 Umweltbundesamt
 FG III 1.5
 Postfach 1406
 06813 Dessau
 Tel. 0340 2103 3035
 Fax 0340 2104 3035
 Susann.Krause@uba.de

Anhang 16-3: Abfallentsorgung 2007¹⁷⁶ und daraus resultierende Neuberechnung des AS 20030102

	Abfall- entsor- gungs- anlagen Anzahl	Input in deutsche Abfallent- sorgungsan- lagen 1000 Mg	aus Produkti- on im glei- chen Betrieb entstandene Abfälle 1000 Mg	angelie- fert aus dem In- land 1000 Mg	angelie- fert aus dem Aus- land 1000 Mg	Export 1000 Mg
AS 20030100 nicht differenziert						
insgesamt	143	4.511,4	8,9	4.502,5		156
Deponien	15	31,1		31,1		
Thermische Abfallbe- handlungsanlagen	27	3.151,6	2,2	3.149,4		
Biologische Behand- lungsanlagen	8	88,5		88,5		
MBA	9	386,8		386,8		
Shredderanlagen	4	24,0	6,7	17,3		
Sortieranlagen	65	625,2		625,2		
sonstige Anlagen	12	201,5		201,5		
Bauschuttzuberei- tungsanlagen	3	2,7		2,7		
AS 20030101 Hausmüll						
insgesamt	109	10.170,4	24,7	10.129,2	16,3	
AS 20030102 Gewerbeabfall						
insgesamt	345	3.240,5	4,7	3.179,5	56,3	
Deponien	7	1,5	0,7	0,8		
Thermische Abfallbe- handlungsanlagen	43	1.792,3	0,5	1.774,3	17,5	
MBA	32	241,7	1,8	204,8	35,1	
Shredderanlagen	3	8,2		8,2		
Sortieranlagen	255	1.191,1	1,7	1.185,7	3,7	
sonstige Anlagen	3	5,7		5,7		
AS 200399 Siedlungsabfälle a.n.g.						
insgesamt	25	59,8	2,1*	57,7		
Thermische Abfallbe- handlungsanlagen	12	43,6		43,6		
Sortieranlagen	9	13,2		13,2		
Abweichungen bei der Summenbildung sind auf Rundungsungenauigkeiten zurückzuführen. * Aus Datenschutzgründen keine Aufteilung bei der Entsorgung						

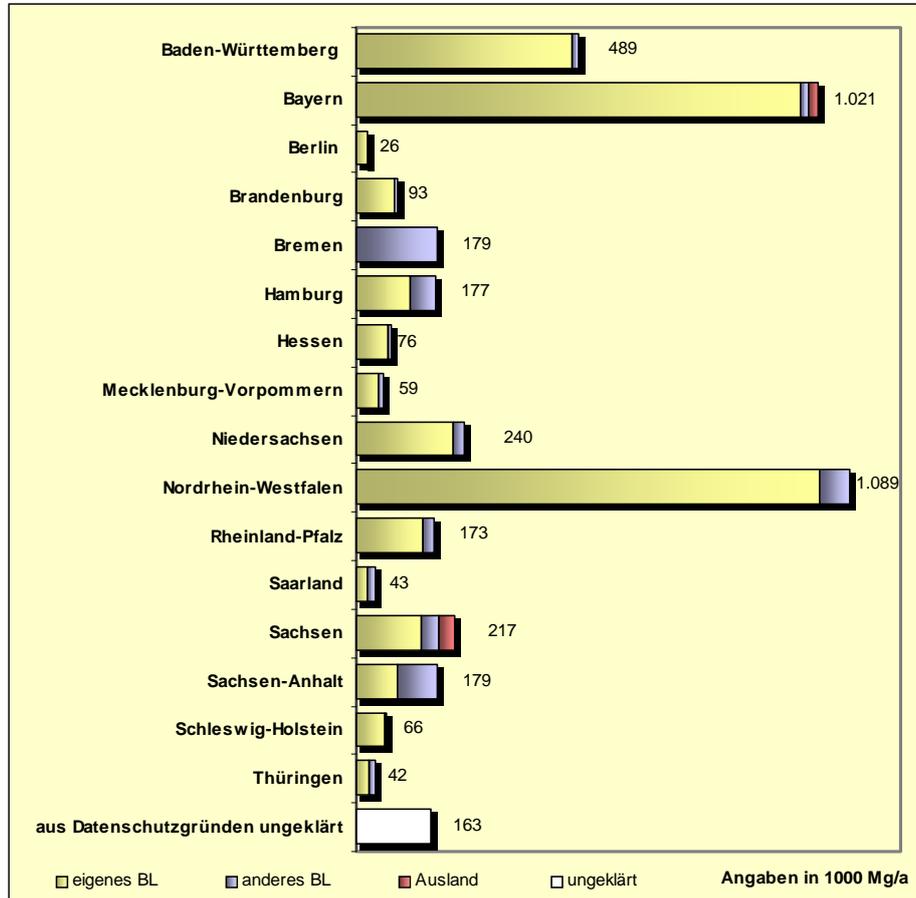
¹⁷⁶ siehe Fußnote 11

	Abfall- entsor- gungs- anlagen Anzahl	Input in deutsche Abfallent- sorgungsan- lagen 1000 Mg	aus Produkti- on im glei- chen Betrieb entstandene Abfälle 1000 Mg	angelie- fert aus dem In- land 1000 Mg	angelie- fert aus dem Aus- land 1000 Mg	Export 1000 Mg
Neuberechnung AS 20030102 Gewerbeabfall						
Für die Berechnung des Mengenaufkommens für die hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle (<u>ge- trennt</u> vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) werden die Mengen der undifferenzierten Abfallschlüssel AS 20030100 und AS 200399 summiert und in dem Verhältnis der AS 20030101 und 20030102 zueinander aufgeteilt. Die so erhaltene Abfallmenge (AS 2003 undifferenziert) wird der Abfallmenge 20030102 zugerechnet						
Summe AS 20030100 nicht differenziert und AS 200399 Siedlungsabfälle a.n.g.						
insgesamt		4.571	11*	4.560		156
Deponien		31		31		
Thermische Abfallbe- handlungsanlagen		3.195	2	3.193		
Biologische Behand- lungsanlagen		89		89		
MBA		387		387		
Shredderanlagen		24	7	17		
Sortieranlagen		638		638		
sonstige Anlagen		202		202		
Bauschuttzuberei- tungsanlagen		3		3		
Verhältnisses von AS 20030101 Hausmüll und AS 20030102 Gewerbeabfall:		10.153.900 Mg (10.129.200 Mg + 24.700 Mg) zu 3.184.200 Mg (3.179.500 Mg + 4.700Mg) → 76,1 Ma.-% zu 23,9 Ma.-%				
AS 20030102 Gewerbeabfall Neuberechnet						
insgesamt		4.331	7	4.268	56	38
Deponien		9	1	8		
Thermische Abfallbe- handlungsanlagen	69	2 555	1	2 537	17	
Biologische Behand- lungsanlagen	8	21	0	21		
MBA	46	334	2	297	35	
Shredderanlagen		13	1	12		
Sortieranlagen		1.344	2	1.338	4	
sonstige Anlagen	max. 15	54	0	54		
Bauschuttzuberei- tungsanlagen	3	1	0	1		
Abweichungen bei der Summenbildung sind auf Rundungsungenauigkeiten zurückzuführen. * Aus Datenschutzgründen keine Aufteilung bei der Entsorgung						

Anhang 16-4: Neuberechnung der Anlagenanzahl 2007 – siehe Kapitel 4.1

	Abfallentsorgungsanlagen						
	AS 20030100	AS 20030101	AS 20030102	Maximum aus AS 2030101 und 20030102	AS 200399	berechnete Summe	korrigierte An- lagenanzahl
	(a)	(b1)	(b2)	(b)	(c)	(a)+(b)+(c)	
insgesamt	143	109	345	345	25	510	499
Deponien	15	5	7	7	0	22	22
Thermische Abfallbehandlungsanlagen	27	52	43	52		79	69*
Biologische Behandlungsanlagen	8			0		8	8
MBA	9	38	32	38		47	46*
Shredderanlagen	4	3	3	3		7	7
Sortieranlagen	65	8	255	255	9	329	329
sonstige Anlagen	12		3	3		15	15
Bauschuttzubereitungsanlagen	3			0		3	3
* Für mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen und thermische Behandlungsanlagen wird die tatsächliche Anlagenanzahl in Deutschland im Jahr 2007 gewählt.							

Anhang 16-5: Entsorgung der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den einzelnen Bundesländern im Jahr 2007¹⁷⁷



¹⁷⁷ Statistisches Bundesamt: Detailangaben zu den gemischten Siedlungsabfällen vom 05.02.2010

Anhang 16-6: Hausmüllaufkommen der Bundesländer im Jahr 2007¹⁷⁸

Bundesland	Abfallaufkommen Mio. Mg
Baden-Württemberg	1.335.200
Bayern	1.842.168
Berlin	887.000
Brandenburg	449.500
Bremen	97.436
Hamburg	556.000
Hessen	1.095.314
Mecklenburg-Vorpommern	325.466
Niedersachsen	1.286.005
Nordrhein-Westfalen	3.407.095
Rheinland-Pfalz	537.492
Saarland	220.847
Sachsen	547.549
Sachsen-Anhalt	378.146
Schleswig-Holstein	528.627
Thüringen	316.000
Summe	13.809.845

¹⁷⁸ siehe Fußnote 21

Anhang 16-7: Aufkommen der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in den Bundesländern im Jahr 2007(Angaben in Mg/a) ¹⁷⁹

Bundesland	Erfassungsmenge Mg/a
Baden-Württemberg	224.700
Bayern	311.830
Berlin	37.200
Brandenburg	31.700
Bremen (Stadt)	19.089
Hamburg	178.000
Hessen ¹⁸⁰	68.850
M-V	24.275
Niedersachsen	237.425
NRW	536.750
Rheinland-Pfalz	100.063
Saarland	31.829
Sachsen ¹⁸¹	95.042
Sachsen-Anhalt	62.424
Schleswig-Holstein	67.465
Thüringen	44.668
Summe	2.068.310

¹⁷⁹ siehe Fußnote 21

¹⁸⁰ Angabe des HLUg Hessen vom 17.02.2010

¹⁸¹ über Wechselbehälter erfasstem Gewerbeabfall, sperrigem Gewerbeabfall, produktionsspezifischen Abfällen, Aschen und Schlacken, Holzabfällen und Krankenhausabfällen

Anhang 16-8: Im Rahmen der Erhebung der Abfallerzeugung befragte Wirtschaftszweige mit Anzahl der Mindestbeschäftigten im Jahr 2006¹⁸²

Wirtschaftszweig	Mindestanzahl der Beschäftigten	Abschnitt gemäß Klassifikation 2003
Textil- und Bekleidungsindustrie	50	DB
Lederindustrie	50	DC
Holzindustrie	50	DD
Papier-, Verlags- und Druckindustrie	50	DE
Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	50	DF
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	50	DG
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	50	DH
Glasindustrie, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	50	DI
Fahrzeugbau	50	DM
Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen; Recycling	50	DN
Ernährungsindustrie und Tabakverarbeitung	100	DA
Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen	100	DJ
Maschinenbau	100	DK
Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik	100	DL
Energie- und Wasserversorgung	100	E
Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern	500	G
Gastgewerbe	500	H
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	500	I
Kredit- und Versicherungsgewerbe	500	J
Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen	500	K
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	500	L
Erziehung und Unterricht	500	M
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	500	N
Erbringung von sonstigen öffentlichen und persönlichen Dienstleistungen	500	O
Exterritoriale Organisationen und Körperschaften	500	Q
Die Wirtschaftszweige Land- und Forstwirtschaft (Abschnitt A), Fischerei und Fischzucht (Abschnitt B), Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (Abschnitt C), Baugewerbe (Abschnitt F) sowie Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten wurden nicht in die Erhebung einbezogen.		

¹⁸² siehe Fußnote 32

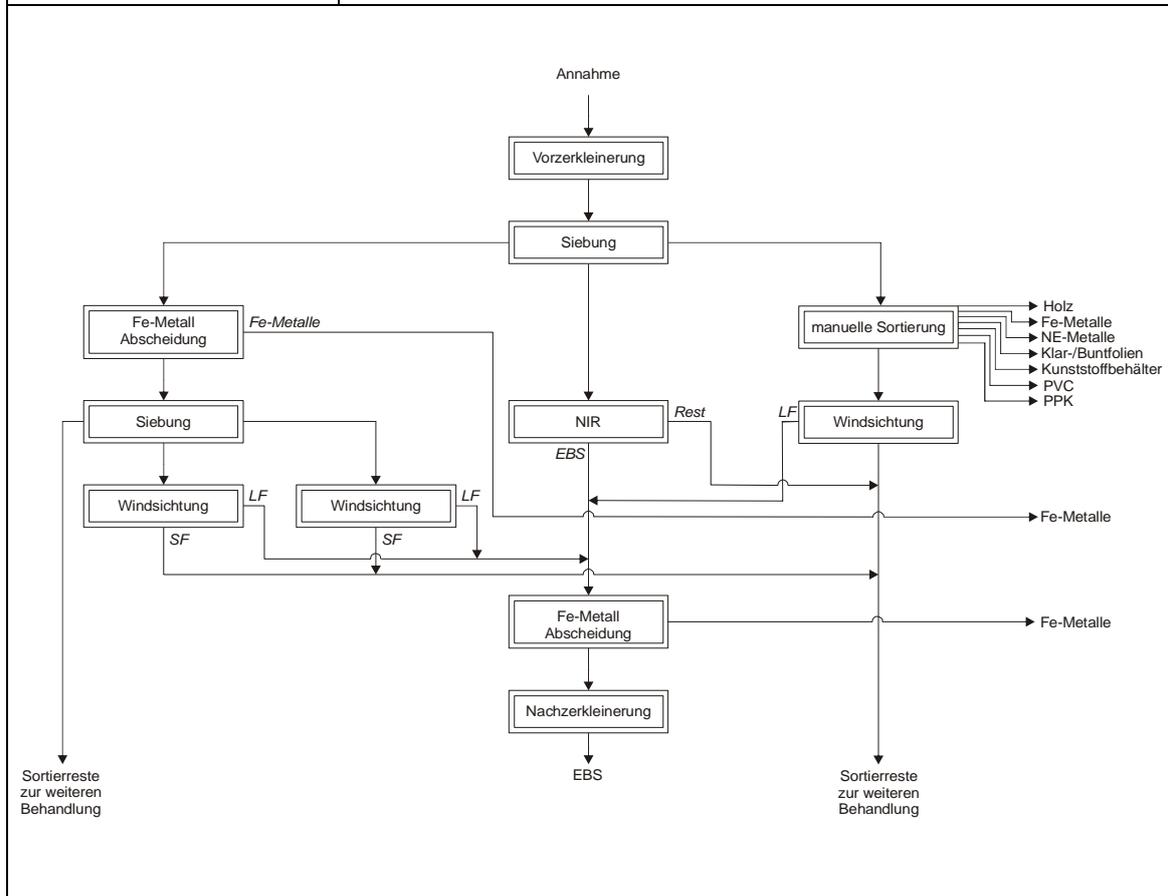
Anhang 16-9: Abfallbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik – siehe Kapitel 7

	Sortieranlagen		MBA, MBS und MPS-Anlagen		Verbrennungsanlagen	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Baden-Württemberg	93	19%	3	7%	6	8%
Bayern	45	9%	1	2%	15	21%
Berlin	6	1%	2	4%	1	1%
Brandenburg	26	5%	6	13%	0	0%
Bremen	2	0%	0	0%	4	5%
Hamburg	5	1%	0	0%	3	4%
Hessen	23	5%	2	4%	4	5%
M-V	12	2%	3	7%	1	1%
Niedersachsen	26	5%	11	24%	6	8%
NRW	147	30%	5	11%	17	23%
Rheinland-Pfalz	8	2%	5	11%	3	4%
Saarland	12	2%	0	0%	2	3%
Sachsen	27	5%	4	9%	1	1%
Sachsen-Anhalt	21	4%	1	2%	4	5%
Schleswig-Holstein	13	3%	2	4%	4	5%
Thüringen	25	5%	1	2%	2	3%
Summe	491	100%	46	100%	73	100%

Anhang 16-10: Anlagensteckbriefe

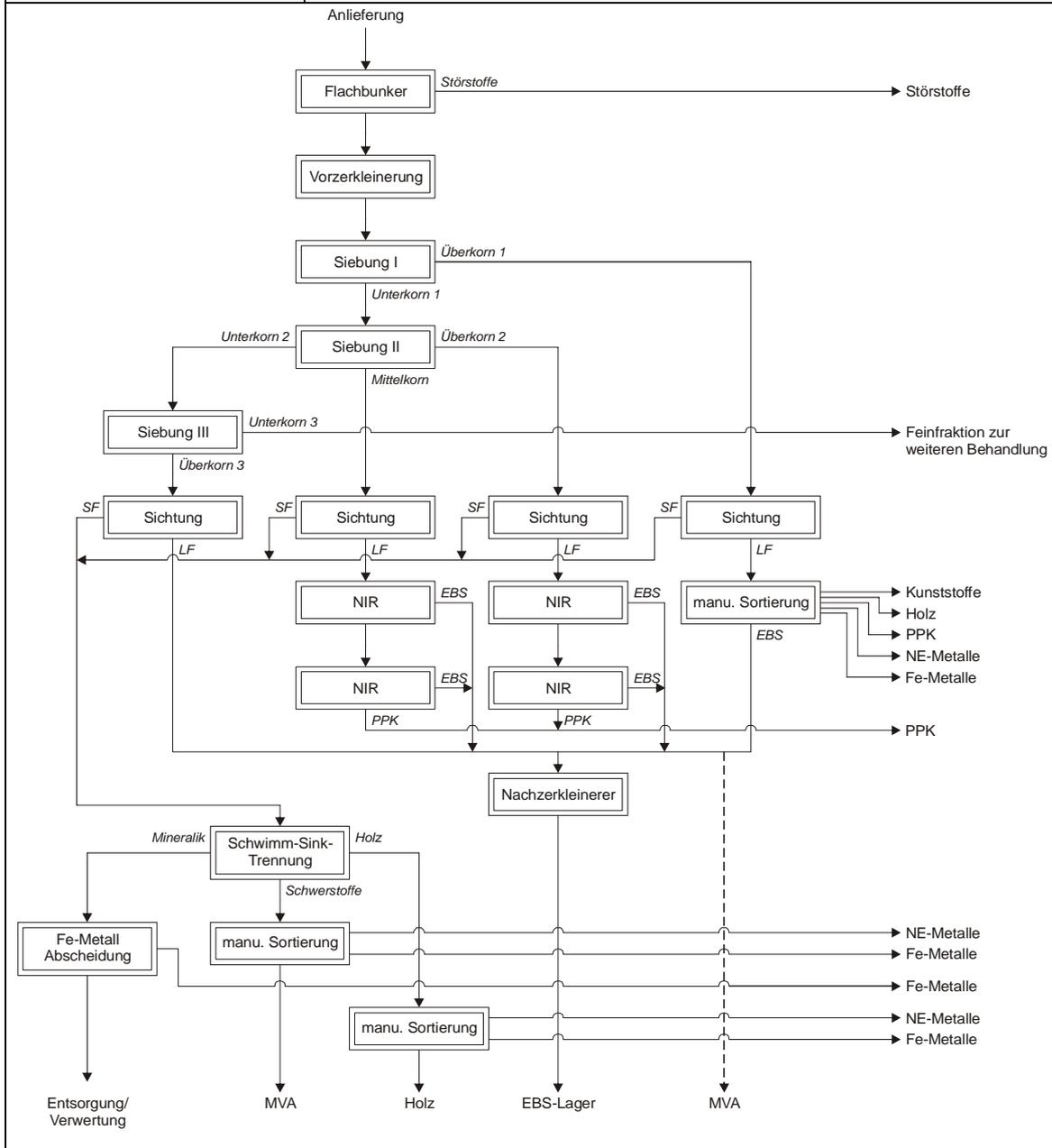
Anlagensteckbrief der Vorbehandlungsanlage A

Input	gemischte Siedlungsabfälle, gemischte Verpackung, gemischte Bau- und Abbruchabfälle
Verfahrensprinzip	Zerkleinerung, Siebung, Sichtung, Fe-Metall-Scheidung, NIR-Trennung, Handsortierung
Kapazität	140.000 Mg/a
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle, PPK, Kunststofffolien, Hartkunststoffe, Holz, • EBS, Sortierreste zur weiteren Behandlung



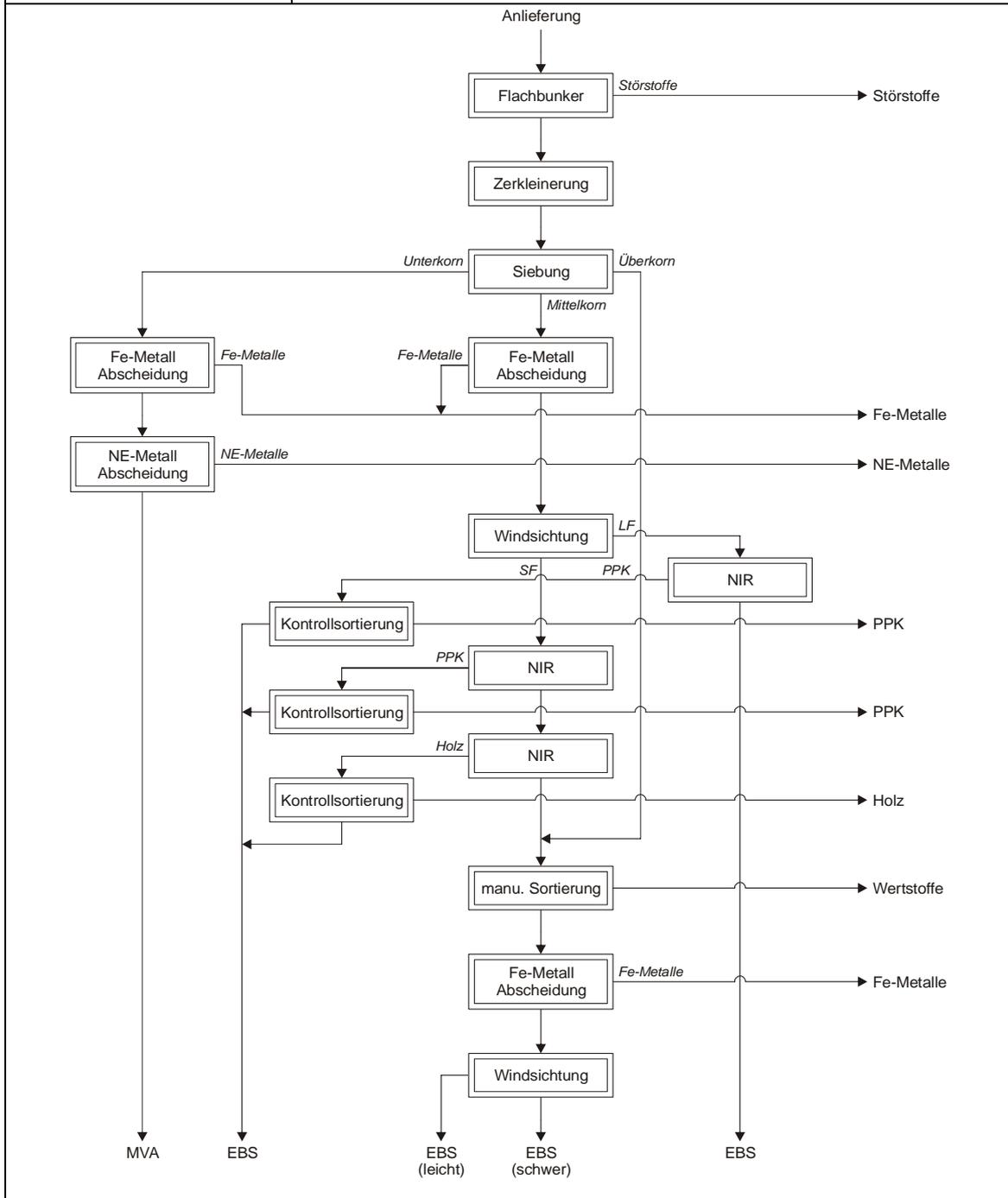
Anlagensteckbrief der Vorbehandlungsanlage C

Input	gemischte Siedlungsabfälle, gemischte Verpackung, gemischte Bau- und Abbruchabfälle, Sperrmüll
Verfahrensprinzip	Zerkleinerung, Siebung, Windsichtung, NIR-Sichtung, Schwimm-Sink-Trennung, händische Sortierung, Metallabscheidung
Kapazität	145.000 Mg/a
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle, PPK, Kunststoffe, Holz, • EBS (zerkleinert), Feinfraktion (zur Nachaufbereitung), KMF/Asbest



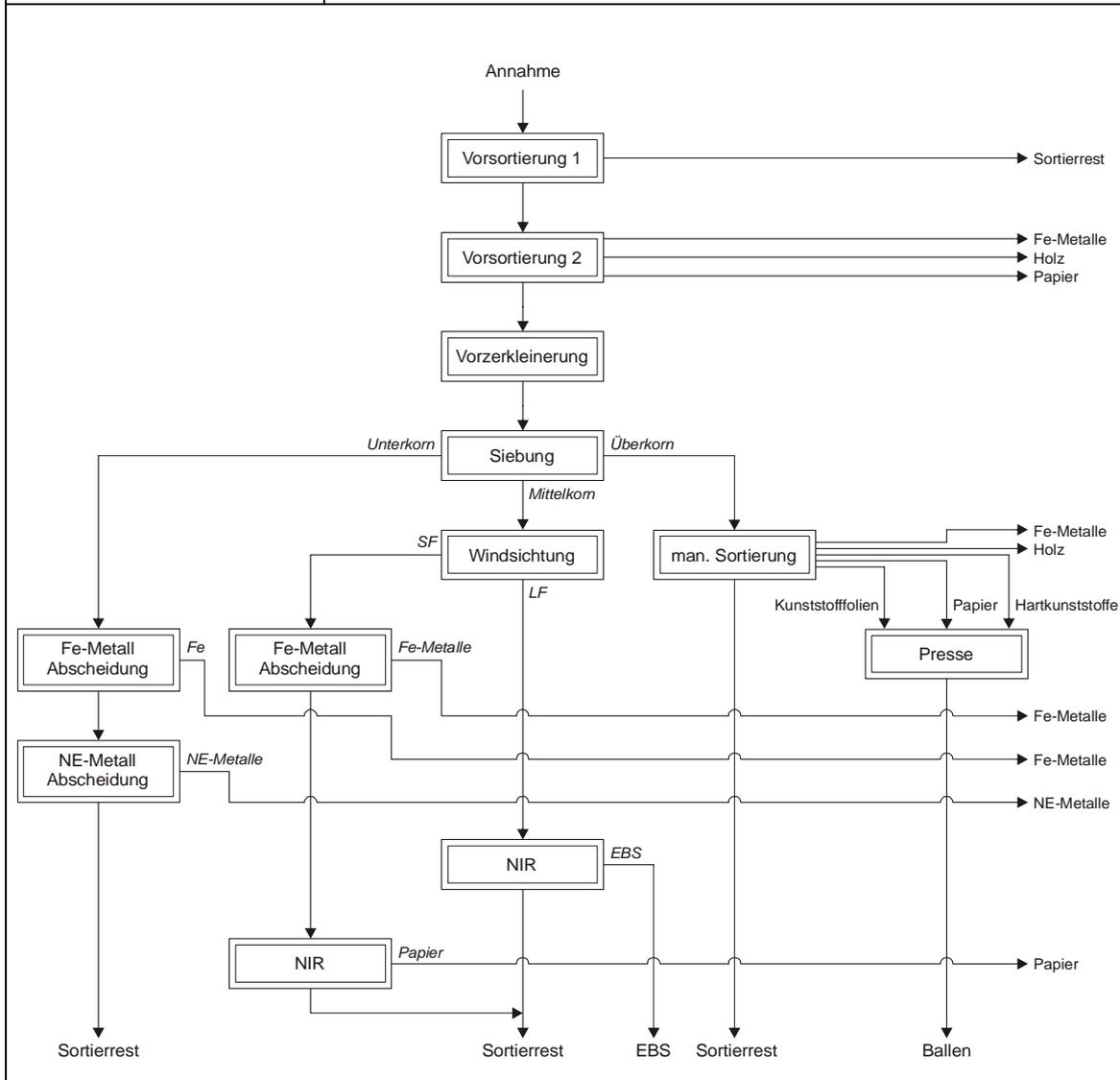
Anlagensteckbrief der Vorbehandlungsanlage D

Input	gemischte Siedlungsabfälle, gemischte Verpackung, Sortierreste
Verfahrensprinzip	Zerkleinerung, Siebung, Windsichtung, NIR-Sichtung, händische Sortierung, Metallabscheidung, Ballenpresse
Kapazität	120.000 Mg/a
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle, PPK, Kunststofffolien, Hartkunststoffe, Holz • EBS, Feinfraktion (MVA-Fraktion), KMF/Asbest.



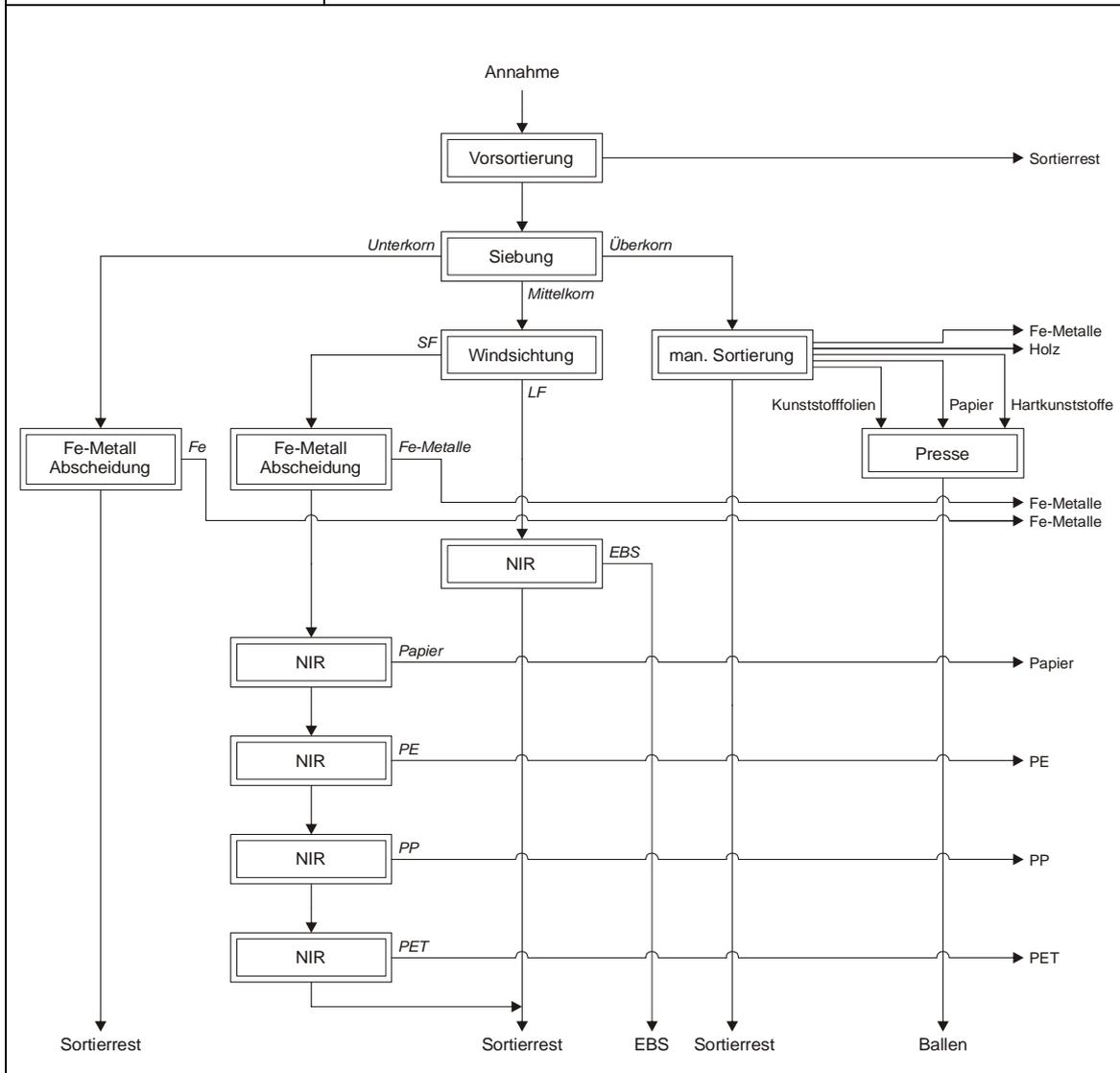
Anlagensteckbrief der Vorbehandlungsanlage E

Input	gemischte Siedlungsabfälle
Verfahrensprinzip	Zerkleinerung, Siebung, Windsichtung, NIR-Sichtung, händische Sortierung, Metallabscheidung, Ballenpresse
Kapazität	60.000 Mg/a
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Metalle, PPK, Kunststofffolien, Hartkunststoffe, Holz • EBS, Sortierreste zur weiteren Behandlung



Anlagensteckbrief der Vorbehandlungsanlage G

Input	gemischte Siedlungsabfälle
Verfahrensprinzip	Siebung, Windsichtung, NIR-Sichtung, händische Sortierung, Metallabscheidung, Ballenpresse
Kapazität	80.000 Mg/a
Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Fe-Metalle, PPK, Kunststofffolien, Hartkunststoffe, PE-, PP-, PET-Kunststoffe, Holz • EBS, Sortierreste zur weiteren Behandlung



Anhang 16-11: Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle (getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt) (berechnet) und gemischter Verpackungen im Jahr 2007 der Fragebogenerhebung

	gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle 2007		gemischte Verpackungen 2007	
	Mg/a	Ma.-%	Mg/a	Ma.-%
Sortieranlagen	311.200	38,6%	186.900	65,9%
Abfallverbrennungsanlagen	358.400	44,4%	88.100	31,1%
MBA-Anlagen	137.100	17,0%	8.400	3,0%
Summe	806.700		283.400	

Anhang 16-12: Aufkommen und Verbleib der den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassenen gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle in allen Bundesländern im Jahr 2007(Angaben in Mg/a)

Bundesland	Erfassungsmenge	Verwertung	Verwertung (ohne Spezifizierung)	stoffliche Verwertung	energetische Verwertung	Beseitigung	Behandlung (ohne Spezifizierung)	MBA	thermische Behandlung	Verwertung aus Deponien	Ablagerung auf Deponien	Zwischenlagerung
Baden-Württemberg	224.700	27.200		27.200		197.500		1.300	184.500	100	11.600	
Bayern	311.830	k.A.				k.A.						
Berlin	37.200	0				37.200			37.200			
Brandenburg	31.700	0				31.700		31.700				
Bremen (Stadt)	19.089	0				19.089			19.089			
Hamburg	178.000	170.000	170.000			8.000			8.000			
Hessen ¹⁸³	68.850	k.A.				k.A.						
M-V	24.275	0				24.275	24.275					
Niedersachsen	237.425	k.A.				k.A.						
NRW	536.750	11.073		11.073		525.677			495.649		30.028	
Rheinland-Pfalz	100.063	k.A.				k.A.						
Saarland	31.829	42	42			31.787			31.787			
Sachsen ¹⁸⁴	95.042	16.468		15.003	1.465	78.604		23.963	15.981	1.377	37.283	

¹⁸³ Angabe des HLUG Hessen vom 17.02.2010

Bundesland	Erfassungsmenge	Verwertung	Verwertung (ohne Spezifizierung)	stoffliche Verwertung	energetische Verwertung	Beseitigung	Behandlung (ohne Spezifizierung)	MBA	thermische Behandlung	Verwertung aus Deponien	Ablagerung auf Deponien	Zwischenlagerung
Sachsen-Anhalt	62.424	k.A.				k.A.						
Schleswig-Holstein	67.465	8.386	8.386			56.079		18.053	38.026			
Thüringen	44.668	0				42.000	15.000		27.000			2.000
Summe	2.068.310	233.169	178.428	53.276	1.465	1.051.911	39.275	75.016	857.232	1.477	78.911	2.000

¹⁸⁴ über Wechselbehälter erfasstem Gewerbeabfall, sperrigem Gewerbeabfall, produktionsspezifischen Abfällen, Aschen und Schlacken, Holzabfällen und Krankenhausabfällen

Anhang 16-13: Modellrechnung der Kosten und Erlöse für Vorbehandlungsanlagen bei einer Wertstoffausbeute von 16,5 Ma.-% (Angaben in €/Mg Input)

Abfallfraktion	2007		2010	
	Wertstofforientiert	EBSorientiert	Wertstofforientiert	EBSorientiert
Wertstoff Erlöse	12,10	5,40	9,80	3,60
Kosten für die energetische Verwertung	- 57,60	-62,80	- 44,40	- 45,50
Saldo: Kosten Entsorgung	- 45,50	-57,40	- 34,60	-41,90
Summe Kapital- und Betriebskosten	- 51,00	- 42,00	- 55,00	- 44,00
Mindest Erlös zur Kostendeckung der Vorbehandlungsanlage¹⁸⁵	96,50	99,40	89,60	85,90

Anhang 16-14: Potentielle Zusammensetzungen des Anteils der aus Gewerbeabfällen herstellbaren Sekundärrohstoffe (Angaben in Ma.-%, n=31)

Wertstoff	Mittelwert	Maximum	Minimum	Variationskoeffizienten
PPK	7,7%	41,8%	0,0%	343
Kunststoffe	2,6%	40,5%	0,0%	169
Holz	2,9%	26,0%	0,0%	197
Metalle	3,3%	21,2%	0,0%	170
Summe	16,5			

¹⁸⁵ Also vor Berücksichtigung von Overhead-Kosten, Unwägbarkeiten, Wagnis und Gewinn

Anhang 16-15: Potentielle Ausbeute bei der Sortierung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen – siehe Kapitel 12.2

Wertstoff	Wertstoffpotential	Ausbeute	aussortierbare Sekundärrohstoffe
PPK	17 Ma.-%	65%	11 Ma.-%
Kunststoffe	16 Ma.-%	35%	5 Ma.-%
Holz	13 Ma.-%	70%	9 Ma.-%
Metalle	6 Ma.-%	90%	5 Ma.-%
	52 Ma.-%		30 Ma.-%

Anhang 16-16: Berechnung der Bewertungsquote für unterschiedliche Massenanteile im Output – siehe Kapitel 14.3

Fall	Stoffliche Verwertung		SBS-Erzeugung		EBS-Erzeugung		Restfraktion		Gesamtquote*
	Bf = 100		Bf = 20		Bf = 10		Bf = 0		
	m	Quote	m	Quote	m	Quote	m	Quote	
Fall 1	16	16	20	4	20	2	44	0	22
Fall 2	30	30	30	6	20	2	20	0	38
Fall 3	30	30	0	0	30	3	40	0	33
Fall 4	16	16	40	8	30	3	14	0	27
Fall 5	16	16	68	14	0	0	16	0	30
Fall 6	16	16	0	0	84	9	0	0	25
Fall 7	10	10	90	18	0	0	0	0	28
Fall 8	30	30	0	0	0	0	70	0	30

Die Berechnung der Bewertungsquote erfolgt gemäß der Gleichung in Bild 14-2.