

---

## ***Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik***

---

***UNIKAT***

**Band 9**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban, Kassel



# Kasseler Modell – mehr als Abfallentsorgung

Kasseler Wertstofftage



Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban  
Dipl.-Ing. Gerhard Halm

Redaktion:  
Berit Weber  
Dr. Obladen und Partner  
Kalckreuthstraße 4, 10777 Berlin  
<http://www.obladen.de>

Dipl.-Ing. Ramona Schröer  
Universität Kassel  
Mönchebergstrasse 7  
34127 Kassel

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.ddb.de> abrufbar

ISBN print: 978-3-89958-692-3  
ISBN online: 978-3-89958-693-0

2009, kassel university press GmbH, Kassel  
<http://www.upress.uni-kassel.de>

Umschlag: Dieter Sawatzki, Westwerk GmbH, Essen, <http://www.westwerk.biz>  
Druck und Verarbeitung: Unidruckerei der Universität Kassel

Veranstalter:  
Verein zur Förderung der Fachgebiete  
Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik  
an der Universität Kassel e.V.  
Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf eventuellen  
Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Berücksichtigung der freien  
Verwendbarkeit benutzt.

© Alle Rechte vorbehalten. Wiedergabe und Übersetzung nur mit Genehmigung des  
Vereins zur Förderung der Fachgebiete Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik  
an der Universität Kassel e.V., Kurt-Wolters-Straße 3, 34125 Kassel

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort.....</b>	<b>7</b>
Arnd I. Urban, Gerhard Halm	

## Ziele und Entwicklungen der Abfallwirtschaft

<b>Zukünftige Abfallwirtschaft zwischen Siedlungshygiene und Gewinnung von Sekundärrohstoffen .....</b>	<b>9</b>
Henning Friege	
<b>Abfallwirtschaft in Hessen.....</b>	<b>31</b>
Edgar Freund	
<b>Rechtliche Beurteilung der Modellversuche – Verpackungsverordnung und Abstimmungsvereinbarung .....</b>	<b>39</b>
Hartmut Gaßner	

## Sammelsysteme

<b>Modellversuche zu alternativen Erfassungssystemen – eine aktuelle Übersicht.....</b>	<b>49</b>
Gabriele Becker	
<b>Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus in Leipzig und Berlin.....</b>	<b>57</b>
Rüdiger Oetjen-Dehne	
<b>Grüne Tonne plus – ein alternatives Wertstofffassungssystem.....</b>	<b>71</b>
Alfred Ehrhard	
<b>„Sack im Behälter“ – das zukunftsweisende Entsorgungssystem.....</b>	<b>81</b>
Michael Wieczorek	

## Modellversuch „Nasse und Trockene Tonne“

<b>Kommunalpolitische Motive und Ziele .....</b>	<b>89</b>
Thomas-Erik Junge	

<b>Projekt „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel.....</b>	<b>93</b>
Gerhard Halm	

<b>Verfahrenstechnische Untersuchung und ökonomisch-ökologische Bewertung des Kasseler Modells.....</b>	<b>101</b>
Arnd I. Urban, Ramona Schröer	

## **Erfahrungen und erste Ergebnisse**

<b>Umsetzung und Erfahrungen im Bereich der Sammlung mit dem System „Nasse und Trockene Tonne“ .....</b>	<b>117</b>
Stefan Stremme, Katja Weiß	

<b>Erste Erfahrungen mit der Verwertung von nassen und trockenen Stoffströmen aus dem Versuchsgebiet Kassel.....</b>	<b>123</b>
Ramona Schröer, Niklas Schiel	

## **Entwicklung der Verwertungsverfahren und Ausblick für den Modellversuch**

<b>Möglichkeiten und Randbedingungen einer Wertstoffrückgewinnung aus Abfallgemischen.....</b>	<b>143</b>
Joachim Christiani	

<b>Möglichkeiten der MBA als zentraler Baustein in der Abfallwirtschaft des Entsorgungszentrum Pohlsche Heide im Kreis Minden Lübbecke.....</b>	<b>153</b>
Thomas Kropp	

<b>Die anderen Tonnen .....</b>	<b>171</b>
Helmut Rechberger	

<b>Autoren- und Referentenverzeichnis .....</b>	<b>179</b>
---	------------

<b>Schriftenverzeichnis .....</b>	<b>181</b>
-----------------------------------	------------

## **Vorwort**

Die getrennte Abfallsammlung steht nicht nur bei den Verbrauchern in der Kritik: Zu aufwendig, zu unkomfortabel, zu unverständlich! Von anderer Seite werden zu hohe Kosten und zu schlechte Qualitäten der Sammlung bemängelt. Bisherige Lizenzsysteme führen an der Realität vorbei, in der der Verbraucher die Trennung nach Sachkriterien vornimmt. Die Folge sind u.a. hohe Fehlwurfquoten in den unterschiedlichen Systemen.

Bereits im Jahre 2007 beschäftigte sich eine Fachtagung, veranstaltet von der Universität Kassel und den Stadtreinigern Kassel, mit der Frage der Weiterentwicklung der Abfallsammlung. Dabei wurden Stoffstromstrategien und die Praxis der Verpackungsentsorgung ebenso behandelt wie mögliche Konzepte und innovative Sammelstrategien.

Auf dieser Grundlage und aufgrund der Erfahrungen mit verschiedenen Sammel-systemen in der Praxis führen die Stadtreiniger Kassel seit Mitte 2008 einen Praxis-versuch zur Einsammlung von Abfällen in einer sogenannten Nassen und Trockenen Tonne durch. An diesen Versuch sind rund 3.800 Einwohner in 2.200 Haushaltungen angeschlossen. Erste Ergebnisse und Trends sollen im Rahmen der Fachtagung erörtert werden.

Vorab werden in der Veranstaltung die aktuellen Ziele und Entwicklungen der Abfall-wirtschaft aus Sicht des Bundes und einiger Länder dargestellt. Zusätzlich wird ein Überblick über alternative Erfassungssysteme gegeben und beispielhaft auf Erfah-rungen und bisherige Ergebnisse eingegangen.

Im zweiten Teil wird der Modellversuch „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel einge-hend dargestellt. Insbesondere werden Motive und Ziele sowie erste Praxiserfahrun-gen und Zwischenergebnisse präsentiert. Ergänzend werden die Entwicklungen und Potentiale der Verwertung und die Anforderungen an die jeweiligen Fraktionen erläu-tert.

Mit den in diesem Tagungsband von kompetenten Referenten vorgestellten Informa-tionen und Erfahrungen aus dem Kasseler Modell und von anderen bereits praktizier-ten Getrennt-Sammelsystemen ist eine fundierte Grundlage für die Diskussion, einen Vergleich und die Weiterentwicklung verbesserter Konzepte, der zu berücksichtigen-den Umsetzungsmaßnahmen und der zu erwartenden ökonomischen und öko-logischen Auswirkungen gegeben.

Unser herzlicher Dank gilt den Autoren für Ihre interessanten Beiträge, aber auch den engagierten Organisatoren und Helfern von Dr. Obladen und Partner, von den Stadtreinigern Kassel und vom Fachgebiet Abfalltechnik der Universität Kassel, die eine rechtzeitige Herausgabe des Buches und einen gelungenen Ablauf der Verans-taltung erst möglich machen.

Kassel, Mai 2009

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban

Dipl.-Ing. Gerhard Halm





A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Zukünftige Abfallwirtschaft zwischen Siedlungshygiene und Gewinnung von Sekundärrohstoffen**

Dr. Henning Friege  
AWISTA Gesellschaft für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung mbH, Düsseldorf

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einführung

Moderne Abfallwirtschaft hat zwei Wurzeln: Ausgehend von den damals aktuellen hygienischen Erkenntnissen wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine geordnete Abfallsammlung als wichtige Grundlage gesunder Städte und Gemeinden etabliert. Die Siedlungshygiene korrespondiert mit der Daseinsvorsorge im klassischen Sinne: Eine Aufgabe, die von der örtlichen Gemeinschaft übernommen wird, indem diese als Ordnungsfaktor und als Finanzier über Steuern oder Abgaben auftritt. Die andere Wurzel ist – vermutlich seit dem Zeitpunkt, in dem Menschen Abfälle erzeugten – die Rückgewinnung von Ressourcen aus Abfällen. Wertstoffrückgewinnung erlebt jetzt angesichts knapper werdender Bodenschätze eine Renaissance. So wird mit der Verbrennung von Siedlungsabfällen in Müllheizkraftwerken (MHKW) zum einen das Verfaulen der abbaubaren Abfälle verhindert und so u.a. der potenziellen Ausdehnung von Krankheitserregern vorgebeugt und zum anderen die im Abfall enthaltene Energie verwertet und damit ein wertvoller Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Durch getrennte Sammlung bestimmter gebrauchter Produkte werden Altpapier, Altglas, aber auch wertvolle Metalle der Beseitigung entzogen und einer Verwertung zugeführt. Letztere Aktivitäten wurden vorwiegend von privaten Unternehmen entwickelt und meist dann im Auftrag der Gemeinden durchgeführt, wenn der Erlös aus der Wertstoffsammlung die damit verbundenen Kosten nicht wenigstens deckte. Vielfach kamen Impulse zunächst auch aus karitativen Sammlungen, deren Professionalität aber meist gering war. Hygieneerfordernisse einerseits und Ressourcenschonung andererseits werden die Abfallwirtschaft und Stadtreinigung dauerhaft prägen.

Die zunehmende Produktverantwortung (Verpackungen, Altautos, Batterien, Elektrogeräte) begünstigt Rücknahmesysteme, bei denen Hersteller und private Entsorger in unterschiedlicher Weise zusammenarbeiten. Der jeweilige europäische Rechtsrahmen wurde in Deutschland mit der Altauto-Verordnung, dem Elektroaltgeräte-Gesetz, der Verpackungs-Verordnung bzw. der Batterie-Verordnung ausgefüllt. Kommunale und private Großanlagen einerseits und mittelständische, stark diversifizierte Strukturen andererseits können sich dabei ergänzen, aber auch miteinander in Konflikt kommen. Diese Konflikte haben sich – ausgehend vor allem vom Inkrafttreten der Verpackungs-Verordnung mit ihrem „dualen System“ – seit rd. 15 Jahren verschärft.

Trends zur weiter gehenden Privatisierung solcher Aufgaben gibt es nicht nur in Deutschland, sondern in zahlreichen anderen europäischen Ländern, vor allem in den neuen Beitrittsländern. Kapitalgeber von MHKW oder Deponien sind aber in der Regel neben den Kommunen und kommunalen Unternehmen nur größere kapitalstarke Entsorgungsunternehmen oder Energiekonzerne.

Der Hintergrund:

- Abfallwirtschaft, zumindest die Entsorgung von Siedlungsabfällen, wird nach wie vor als Teil der kommunalen Daseinsvorsorge begriffen.
- Große Entsorgungsanlagen (MHKW, Kompostierungsanlagen, Deponien) werden langfristig geplant und genutzt. Sie sind Bestandteil der regionalen Infrastruktur.
- Die langfristige Kapitalbindung verbunden mit bescheidenen Renditen machte diese Infrastruktur früher für private Investoren nicht attraktiv.

Europäische Vorgaben beeinflussen die Entsorgung und Stadtreinigung in immer stärkerem Maße. Mit Verabschiedung der neuen Abfallrahmenrichtlinie (Waste Framework Directive – WFD) werden alle nationalen Abfallentsorgungsregelungen bis Ende 2010 angepasst werden müssen [EU 2008]. Dies gilt z.B. für die Frage, wie ein Abfall zur Beseitigung und wie ein Abfall zur Verwertung definiert wird, oder für die Gleichwertigkeit der energetischen Nutzung von Abfällen mit der stofflichen Nutzung von Abfällen. Das Nebeneinander von privaten und öffentlichen Strukturen wird auch durch das Vergaberecht und das Wettbewerbsrecht bestimmt. Leider kommt es hier zu Verwerfungen, wenn an sich sinnvolle Abläufe und Prozesse bzw. Netze von Herstellern oder Verarbeitern z. B. aus Sicht von Kartellbehörden beschnitten werden.

## **2 Abfallwirtschaft und Management von Stoffströmen**

Die Bedeutung der Abfallwirtschaft für die Siedlungshygiene darf nicht unterschätzt werden. Die Epidemien Mitte des 19. Jahrhunderts führten zur Entwicklung geordneter Abfuhr von Abwasser und Abfall. Die Umweltzerstörung durch unzureichende Abfall- und Abwasserbeseitigung wurde zum Druckmittel, um effektive Behandlungs- und Beseitigungskonzepte (Klärwerke, geordnete Deponien...) umzusetzen. Ressourcenmangel und Klimakatastrophen sind jetzt Anlass, Abwasser und Abfälle unter größtmöglicher Nutzung ihrer energetischen und stofflichen Inhalte zu verwerten.

### **2.1 Grundlagen des Stoffstrommanagements**

Der Stoff- und Produktstrom durch die Volkswirtschaft [Baccini/Brunner 1991] lässt sich unter Einbeziehung der Abfallströme charakterisieren. Die Abfallströme incl. Emissionen in Wasser und Atmosphäre sind aber darin nichts anderes als verdünnte und gemischte Stoffströme. Die Menge der zu beseitigenden Abfälle ist eine Funktion des Stoff- bzw. Produktstroms zu den Verbrauchern und der Aufenthaltsdauer der Produkte bzw. Stoffe im Haushalt oder im Gewerbe. Die Kreislaufführung eines

Stoffs oder Produkts vermindert die zu einem definierten Zeitpunkt zu beseitigende Abfallmenge. Die Menge an Abfällen würde aber auch bei einer Verlängerung der Nutzungsdauer bzw. der Verminderung des Stoffstrom-Inputs sinken (Bild 1). Abfallwirtschaft hat mit Stoffgemischen zu tun, in denen sich – z.T. extrem verdünnt – Wertstoffe befinden, die es zu isolieren gilt. Die „Entmischung“ der Abfälle zur Rückgewinnung von bestimmten Stoffen kostet Energie, Zeitaufwand und Geld und führt u.U. zum Verbrauch anderer Stoffe. Die Verschmutzung gerade von Siedlungsabfällen ermöglicht oft kein echtes „Recycling“ von Stoffen im Sinne eines hochwertigen Sekundärstoffs, sondern nur ein „Downcycling“ zu weniger wertvollen Produkten, z.B. Mischkunststoffe zur thermischen Verwertung aus gemischten Verpackungsabfällen aus der „gelben Tonne“. Daher sind an die Siedlungsstruktur angepasste Konzepte von hoher Bedeutung, um ein Optimum an Wertstoff- bzw. Energierückgewinnung zu erreichen (Einzelheiten siehe z.B. [Friege 2001]).

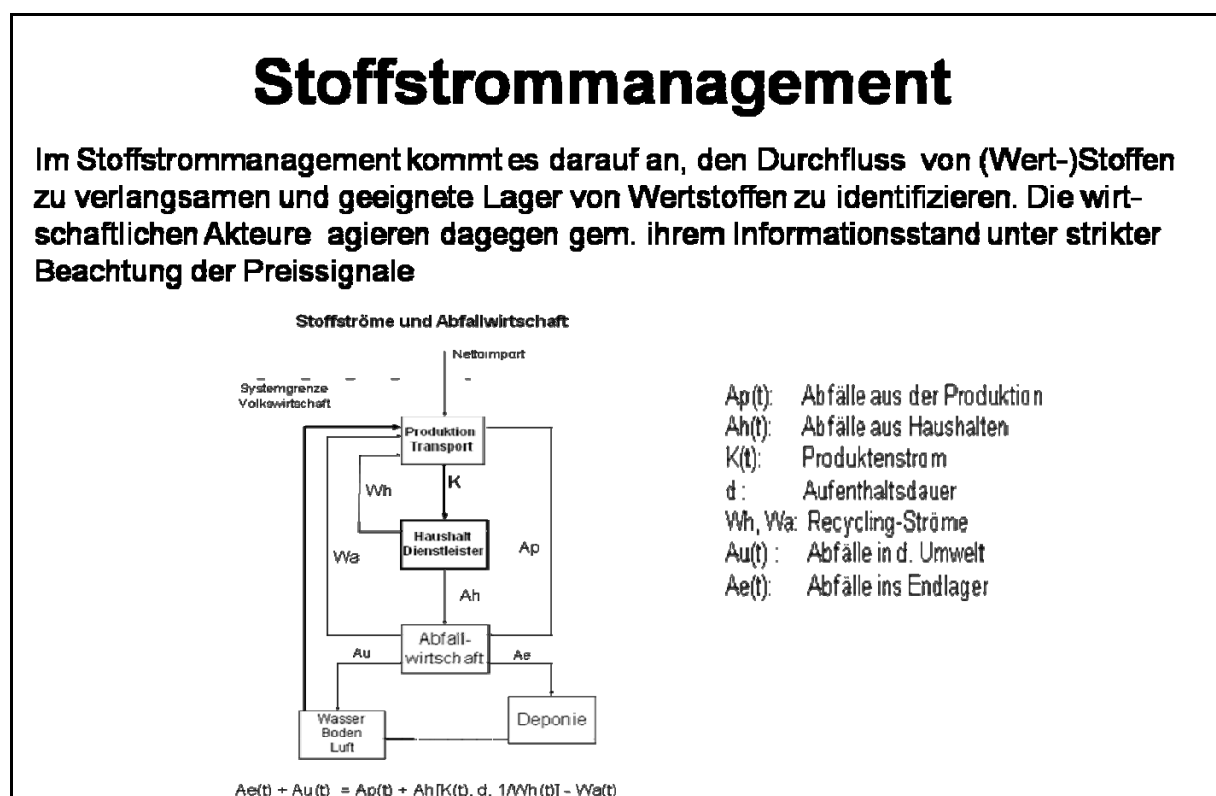


Bild 1: Abfallwirtschaft als Bestandteil des Managements von Stoffströmen [Friege 2001]

Abfallwirtschaft kann und muss man heute als Teil des Managements von Stoffströmen in der Volkswirtschaft begreifen. Die Abfallwirtschaft stellt mit den Deponien „Senken“ für Inertabfälle zur Verfügung, also sichere Endlager im Boden. Auch die Müllverbrennungsanlage ist eine Senke im Hinblick auf die Zerstörung organischer Abfälle hin zu einfachen anorganischen Molekülen wie Kohlendioxid, Wasserdampf, sowie Salzen und Schlacken. Die Abtrennung von Metallen aus der Schlacke stellt ebenso wie die Sortierung eine „Weiche“ dar. Die Abfallwirtschaft hat es dabei mit einer Vielzahl von Akteuren zu tun, von denen die meisten mit der Abfallwirtschaft gar nichts zu tun haben: Zunächst die Hersteller, die bestimmte stoffliche Kombina-

tionen bei ihren Produkten verantworten, dann die Konsumenten, die mit dem Kauf einer Ware ihr häusliches „Lager“ auffüllen und dann eines Tages entsorgen wollen, am Ende die kommunalen oder privaten Abfallwirtschaftsunternehmen, die getrennt bereit gestellte oder hoch vermischte Stoff- und Produktflüsse erfassen und weiter verarbeiten.

## **2.2 Abfallwirtschaft als Quelle von sekundären Ressourcen**

Abfallwirtschaft als Teil des Ressourcenmanagements einer Gesellschaft hat die Aufgabe, den zukünftigen Ressourcenbedarf decken zu helfen. Dafür ist es notwendig, das Lager an Stoffen zu kennen, das die Industriegesellschaft angehäuft hat und die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von Stoffen im „Lagerbestand“ (Wohngebäude, Industriebauten, Fahrzeuge, Infrastruktur usw.) zu ermitteln. Denn nach Ende der Nutzungsdauer stehen diese Stoffe grundsätzlich wieder als Ressourcen zur Verfügung. Dies gelingt aber nur,

- wenn die Stoffe im „Lagerbestand“ geortet werden können,
- es geeignete Wege gibt, sie bei Ende der Nutzung getrennt zu erfassen.

Immer mehr weitere Stoffe und Produkte werden in noch mehr Gebäuden, mehr Fahrzeugen, mehr Infrastruktur eingesetzt. Die heutigen Abfallmengen und darin enthaltene Stoffe spiegeln den Stand zur Zeit der Konstruktion wider. Dies ist bei kurzlebigen Gütern wie Verpackungen unproblematisch, bei Elektrogeräten mit einer Nutzungsdauer von rd. 10 Jahren schon schwieriger und bei Gebäuden, die über 30 Jahre genutzt und ggf. mehrfach umgebaut werden, ein Problem, da die im Abfall enthaltenen Stoffe z.T. von den Standardbaumaterialien abgesehen unbekannt sind. So führten die enormen Probleme bei der Entsorgung bzw. Verwertung von PKWs jetzt

- zum einen zu klaren Stoffstromregeln für die Verschrottung,
- zum anderen zu präventiven Maßnahmen zur Verbesserung der Zerlegefähigkeit.

Diese „präventiven“ Maßnahmen umfassen z. B. den Ausschluss von Stoffen, die giftig sind (toxische Schwermetalle wie Cadmium) oder auf Grund ihrer Produkteigenschaften das Recycling erschweren (z. B. PVC).

Die Nutzung der Weichen in der Abfallwirtschaft mit dem Ziel der Wiedergewinnung von Rohstoffen wäre für viele seltene Metalle und seltene Erden mit industrieller Bedeutung bereits seit Jahrzehnten nötig. Aber die systematische Erfassung von Elektrogeräten wurde erst jetzt gesetzlich verpflichtend in Europa eingeführt (siehe unten). In einer neuen Untersuchung (IZT/ISI 2009) wurde auf den bereits kurzfristig

erwarteten Mangel an Indium, Neodym, Gallium und anderen Elementen hingewiesen. Indium wird u.a. in LCD's, hier als Indium-Zinn-Oxid, eingesetzt, wie auch als Kupfer-Indium-Galliumdiselenid in Photovoltaikzellen. Da der Hauptteil der Indium-Reserven mit ca. 70% in China prognostiziert wird, und damit wie bei Platin oder Palladium nur eines oder wenige Förderländer das Angebot bestimmen können, ist die Sekundärmetall-Gewinnung lange vor stärkeren Knappheits-Signalen oberstes Gebot. Für Indium geht man von einem Vorrat von 6.000 t bei einem weltweiten Verbrauch von z.Zt. 850 t aus, wobei die derzeitigen abbauwürdigen Reserven nur 2.800 t betragen [Kummer 2009]. Hier haben wir ein gewaltiges Problem, das der Markt alleine nicht lösen kann (siehe auch Kap. 2.4):

- Die weltweiten Preisschwankungen auf den Rohstoffmärkten führen zu einem Auf und Ab der Sammelaktivitäten der Entsorger.
- Bisher investieren nur klassische Minenunternehmen, Ölgesellschaften usw. in eine langfristige Ressourcensicherung. Dies gilt für Entsorger im Hinblick auf Sekundärressourcen nicht.
- Zukünftige Knappheiten werden von aktuellen Marktpreisen nicht widergespiegelt.

## **2.3 Beispiel Stoffstrom Kupfer**

Kupfer ist ein seit dem Altertum eingesetztes Metall, das in der Anthroposphäre heute wegen seiner hohen Strom- und Wärmeleitfähigkeit und darüber hinaus guten Eigenschaften für Verhüttung und Weiterverarbeitung vor allem

- für Elektrokabel,
- als Rohrmaterial ,
- als Legierungsbestandteil

eingesetzt wird. In Deutschland wurde Kupfer im Jahr 2007 zu 40% im Bauwesen, zu 36% in elektrotechnischen Anlagen und zu 6% im Verkehrsbereich verbraucht. Die Einsatzmenge erhöhte sich zwischen 1997 und 2007 von rd. 1,4 auf 1,7 Mio t mit einem Marktwert von 5,7 bzw. 14,7 Mrd. €. In Deutschland erzeugen heute 61 Unternehmen mit insgesamt über 18.000 Beschäftigten Kupfer aus Sekundär- bzw. Primärrohstoffen [WMV 2008].

Die weltweiten geogenen abbauwürdigen Reserven werden mit 480 Mio. t angegeben, wogegen die bereits in anthropogenen „Lagern“ (Gebäude, Infrastruktur, Fahrzeuge,...) eingesetzte Kupfermenge auf mindestens 230, höchstens 460 Mio. t geschätzt wird. Der weltweite Kupfer-Stoffstrom samt Lagern ist in Bild 2 wiedergegeben [Rechberger 2007]. Auch die Deponien enthalten relevante Kupfer-Mengen. Für Deutschland wird dieses Lager auf 1,3 Mio. t bezogen auf 1,13 Mrd. t Hausmüll

geschätzt, die zwischen 1960 und 2005 abgelagert wurden. Der größte Teil des Kupfers im Siedlungsabfall (235 mg/kg Restmüll) findet sich mit rd. 70% in der Fraktion „Elektronikschrott“. Bezogen auf diese Fraktion ist von einem Cu-Gehalt von rd. 2% auszugehen [Marb 2002]. Dies ist eine höhere Konzentration als in einigen Kupfererzen, die ab einem Gehalt von 0,5% abgebaut werden.

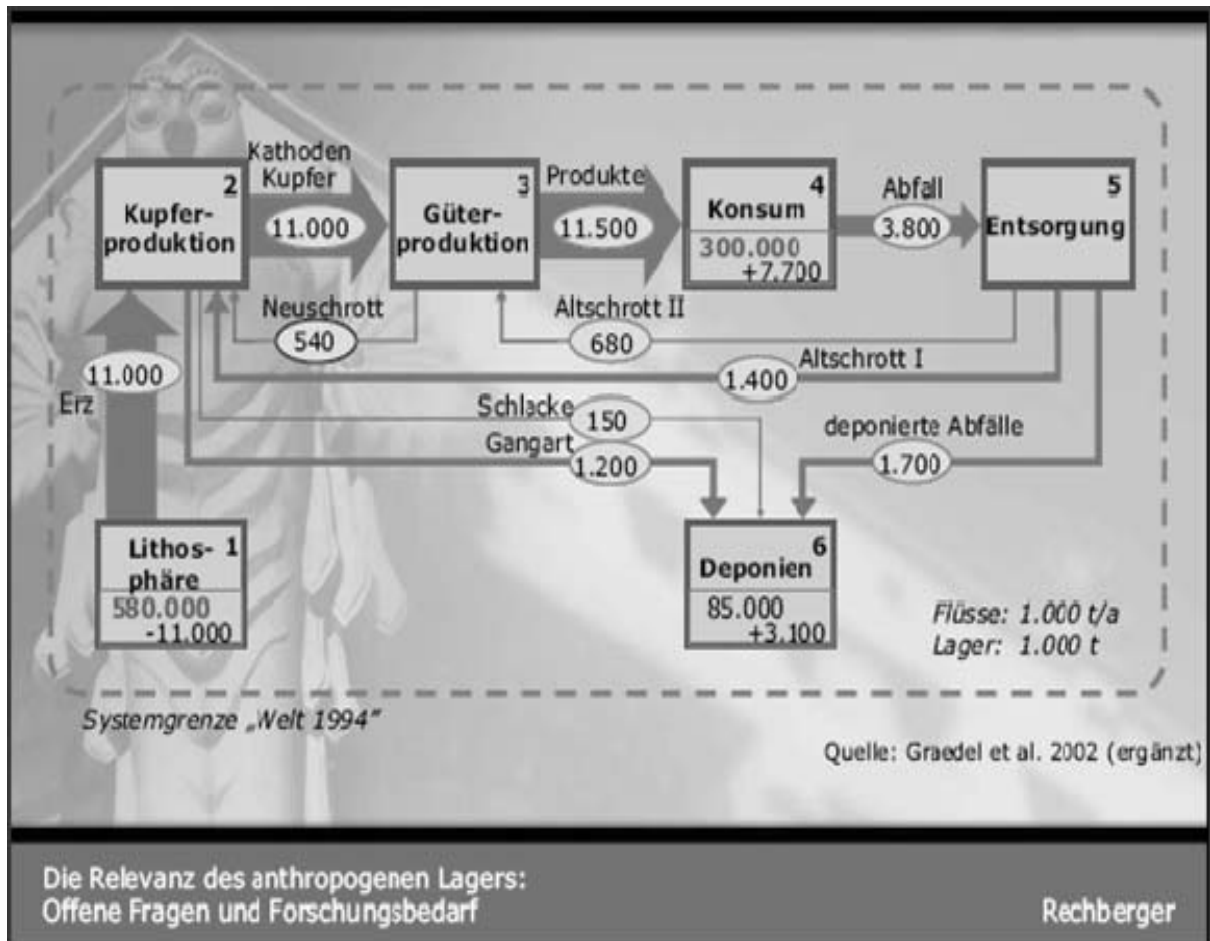


Bild 2: Weltweites Stoffstromdiagramm für Kupfer [Rechenberger 2007]

Der Preis für Kupfer steigt (Bild 3) in Form einer „Sägezahnkurve“ tendenziell stark an, auch wenn es immer wieder Nachfrageeinbrüche in akuten Krisensituationen gibt, wie sich dies ab Anfang 2008 gezeigt hat.



Bild 3: Entwicklung des Kupferpreises

Da bei Kupfer mithin das Maximum der möglichen Förderung erreicht ist, wird ein Ausweichen auf alternative Materialien oder Sekundärkupfer dringend erforderlich. Der Einsatz an Kupfer-Schrotten deckt heute 55% der Kupferproduktion in Deutschland. Deutschland ist in hohem Maße bereits auf Sekundärkupfer angewiesen. Sekundärkupfer lässt sich mit deutlich geringerem Energieaufwand erzeugen als Primärkupfer. Die Energieeinsparung durch Recycling von Schrotten liegt bei 80-90% im Vergleich zu Kupfererz. Für verschiedene Anwendungen wird intensiv über Verbesserungen der Recyclingfähigkeit wie auch über die Substitution mit anderen Materialien (typisches Beispiel: Kupfer gegen Glasfaser für TK-Kabel) gearbeitet [UBA 2008]. Die Rückgewinnung von Kupfer aus Fahrzeugen stößt u.a. auf folgende Probleme:

- Schwierige Abtrennung bestimmter Cu-haltiger Teile aus Altfahrzeugen
- Export von Altfahrzeugen (siehe 3.2)

Bei Gebäuden wird die Rückgewinnung von Cu aus Elektrokabeln, Wasserleitungen usw. beim Rückbau häufig schon eingeplant – dieses Rohstofflager ist in Menge und Verfügbarkeit bisher nicht ausreichend erfasst.

Dissipative Anwendungen erschweren generell das Recycling; der „Entropiefaktor“ von Kupfer in Mobiltelefonen ist dafür ein gutes Beispiel. Nach einer Studie von Hagelüken (zitiert nach [Lucas 2008 u.a.] enthält ein durchschnittliches Mobiltelefon 9 g Kupfer. Das Recyclingpotenzial an Mobiltelefonen wird für 2005 mit 400 Mio.



Stück bei gleichzeitigem Verkauf von 800 Mio. Stück hochgerechnet. Damit würde man 3.600 t Cu zurückgewinnen können. Im Rahmen effizienter Recyclingprozesse mit guten Umweltstandards wurden jedoch nur 45 t Cu erfasst. Die Menge des unter z.T. gesundheits- wie umweltschädigenden Bedingungen wieder gewonnen Cu in China, Indien, Afrika usw. ist völlig offen.

## **2.4 Reform des europäischen Rechtsrahmens**

Das seit mehr als zehn Jahren geltende Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) hat neue schwierige Schnittstellen eingeführt,

- die zwischen Abfall und Produkt mit der Folge unterschiedlicher anzuwendender Rechtsgrundlagen
- die je nach Abfallerzeuger völlig unterschiedlich geregelte bzw. unklare Überlassungspflicht (§ 13 KrW-/AbfG)
- und – in Folge neuerer Rechtsprechung – den Übergang des Besitzes des Abfalls bei der Hausmüllbeseitigung.

Im Verhältnis zwischen „Abfall“ und „Wertstoff“ spielen letztgenannte Schnittstellen eine herausragende Bedeutung. Denn dies ist kein statisches Modell, sondern ein hoch dynamisches. Abfall ist zunächst ein Gut mit einem negativen Wert, doch kann ein Abfall mit darin enthaltenen Wertstoffen einen positiven Marktwert erhalten. Je nach dem Marktpreis des isolierten Wertstoffs und dem mit der Aufbereitung verbundenen Aufwand wird es Marktteilnehmer geben, die diesen Wertstoff aus dem Abfall gewinnen wollen. Angesichts stark schwankender Preise für typische in Siedlungsabfällen enthaltene Komponenten wie Altpapier, unbrauchbare Elektrokleingeräte, Altholz... gibt es immer wieder Phasen, in denen diese Altstoffe von privaten Entsorgern nachgefragt werden und Phasen, in denen keinerlei Interesse an ihnen besteht. Damit wirft die Differenzierung der vorwiegend ordnungsrechtlich strukturierten Abfallwirtschaft einerseits und dem Handel von Produkten bzw. Rohstoffen andererseits an den gedachten rechtlichen Schnittstellen Probleme auf. Abfallwirtschaftliche Strategien müssen aber auch sozial akzeptiert, technisch umsetzbar und bezahlbar sein, sonst greift das Ordnungsrecht nicht in ausreichendem Maße.

Bei der „gelben Tonne“ wie auch bei anderen Abfallfraktionen lässt sich je nach den Bedingungen der Verwertungsprozesse, den betroffenen Abfallbestandteilen, dem jeweiligen Logistikaufwand usw. zeigen, dass die energetische Abfallverwertung unter Umständen wesentlich günstiger für den Klimaschutz sein kann als die stoffliche Verwertung. Die Behandlung von gemischten Verpackungsabfällen aus Haushalten in einer energetisch effizienten MVA ist z.B. um ein Vielfaches günstiger als die stoffliche Verwertung [Friege & Giegrich 2008]. Auf der anderen Seite wird z.B. in Deutschland die energetische Nutzung von Biomasse durch Vergärung und Nutzung

des entstehenden Biogases zur Stromerzeugung gefördert und damit die traditionelle stoffliche Verwertung von Komposten in Frage gestellt. Auch hier sind die konkreten Produktions- und Nutzungsbedingungen entscheidend für die ökologisch optimale Lösung [Kranert & Gottschall 2009]: Bei Verwertung der Abfallkomposte als Torfersatz ist die positive Klimawirkung durchaus höher als bei einer energetischen Verwertung – es kommt auf die richtigen Weichenstellungen im Stoffstrom an, um Grünabfälle u.U. auch durch kombinierte Maßnahmen optimal zu nutzen.

Wenn man den Verbrauch vor allem an nicht erneuerbaren Primärrohstoffen (Mineralien und fossile Brennstoffe) verringern will, kann man Regelungen im Stofffluss schaffen. Zu diesen Regelungen können Rückgabepflichten an den Hersteller, Pfandbeträge auf Geräte usw. gehören. Erste Erfahrungen bestehen auf Basis der Verordnungen für die Altautoverwertung, die Verpackungsverwertung, die Batterierücknahme und die Rücknahme von Elektroaltgeräten. Allerdings stand hier häufig die Minimierung von – insbesondere gefährlichen – Abfallströmen im Vordergrund. Die Mechanismen für die Rückführung der unterschiedlichen Abfallströme sind sehr unterschiedlich. Man kann aus den Erfahrungen mit dem Vollzug mehrerer Rücknahme-Verordnungen in Deutschland erkennen, dass

- die Altfahrzeuge incl. der Shredderleichtfraktion zu einem großen Teil nicht, zumindest nicht in Deutschland, verwertet und damit auch wertvolle Metalle der Volkswirtschaft entzogen werden,
- die Verwertung von Verpackungen im Bereich der Verkaufsverpackungen („Grüner Punkt“) hohe finanzielle und energetische Aufwendungen verursacht,
- die Zahl der rückgeführten und damit einer potenziellen Wiederaufbereitung zur Verfügung stehenden Batterien nur mühsam die 50%-Grenze erreicht hat,
- die geplanten Produktströme von Elektro- und Elektronikaltgeräten nur teilweise bei den Herstellern wieder ankommen und große Mengen an Geräten offensichtlich verschwinden.

Die Kommission hat mit der Deponierichtlinie und der sog. Verbrennungsrichtlinie wichtige Schritte zur Definition einheitlicher Standards innerhalb der europäischen Gemeinschaft gemacht. Leider tun sich bei der nationalen Umsetzung wiederum Unterschiede auf, die zu einem gravierenden ökologischen und ökonomischen Gefälle zwischen den Mitgliedstaaten führen. Darüber hinaus zeigt die Erfahrung leider, dass in einigen Staaten der Gemeinschaft auch die Umsetzung selbst einfacher Vorgaben nicht vollzogen wird. Dabei ist der brennende Müll auf den Feldern rund um Neapel, nur ein Beispiel von vielen. Selbst innerhalb föderal strukturierter Mitgliedstaaten wie Deutschland existieren Gefälle bei den Standards von Abfallbeseitigungs- und Abfallverwertungsanlagen. Daher muss ein einheitlicher, angemessener Vollzug in den Mitgliedstaaten sichergestellt werden. In der „Thematischen Strategie für Abfallvermeidung und Recycling“ [EU 2003] zog die EU-Kommission eine kritische Bilanz der bisherigen Abfallwirtschaftspolitik u.a. im Hinblick auf

- Vollzugsdefizite,
- unwirksamer und unglaubwürdiger Zielvorgaben für die Abfallvermeidung,
- Fehlen einer integralen Recyclingstrategie,
- Fokussierung auf spezielle Produkte anstatt auf Materialströme,
- Probleme bei der Differenzierung zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung,
- eine erhebliche Steigerung der Abfallmengen entgegen früheren Prognosen.

Die neue EU-Politik sollte endlich die Brücke einerseits zum Ressourcenmanagement, andererseits aber auch zur neuen Chemiewirtschaft schlagen. Die Kommission leitete mit dieser Mitteilung die Weiterentwicklung hin zu einer stoffstrombezogenen Abfallwirtschaftspolitik ein. Explizit löste sich die Kommission vom Denken in produktbezogenen Regelungen, wie wir sie von der Verpackungs-RiL her kennen.

Mit Hilfe dieses Ansatzes könnte man

- den Gebrauch gefährlicher Stoffe in Produkten soweit wie möglich beschränken,
- die Rückführung der gefährlichen Stoffe aus den Produkten, soweit ihre Verwendung unumgänglich ist, sichern,
- für die auf Dauer knappen Stoffe (industriell genutzte Metalle, wesentliche Basischemikalien) und Energie-Ressourcenschonungsmaßnahmen ansetzen.

Dies wird aber mit der neuen Abfall-Rahmenrichtlinie nicht umgesetzt. Der an Stoffströmen orientierte Bezug war wohl noch nicht reif für politische Akzeptanz. Insofern bringt diese Richtlinie nur eine geänderte und komplexere Verwertungshierarchie. Die Rahmenrichtlinie umfasst aber z.B. keine Regelungen für einzelne Stoffströme, sie schafft nicht einmal einheitliche Standards für Recyclinganlagen. Der Verantwortungsbereich der öffentlichen Träger in Abgrenzung zu den privaten Unternehmen bleibt ebenfalls offen. Wie wichtig klare Verantwortlichkeiten und in der Praxis vollziehbare Strukturen sind, soll im Folgenden an Erfahrungen mit Elektroschrott näher beleuchtet werden.

### **3 Lehren aus den Regelungen zu Elektroaltgeräten**

Mit der Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Richtlinie der EU (WEEE) wurden die Mitgliedstaaten veranlasst, Systeme zur Erfassung von Elektro- und Elektronikschrott aufzubauen [EU 2002]. Die Hersteller haben im Rahmen ihrer Produktverantwortung die Kosten für die Aufbereitung von Elektroaltgeräten zu tragen. Die deutsche Regelung ist im Elektroaltgeräte-Gesetz (ElektroG) enthalten. Demnach organisieren und tragen die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger die Sammlung von Altgeräten aus den Haushalten und stellen sie an einem Übergabepunkt getrennt nach „Fraktionen“

(Leuchtstoffröhren, „Weiße Ware“, Bildschirme...) bereit. Die Hersteller organisieren den Transport und die Aufbereitung der Altgeräte mit dem Ziel, die darin enthaltenen Schadstoffe sicher zu entsorgen und die Metalle etc. einer Wiederverwendung zuzuführen. Die Kosten für die letzten Schritte tragen die Hersteller bzw. Importeure von Geräten, die Sammlungskosten einschließlich Zwischenlagerung die Kommunen. Diese sparen allerdings die in früheren Jahren mit der Entsorgung der Geräte verbundenen Kosten. Das deutsche „clearing house“-Modell ist vergleichsweise kompliziert. In einigen EU-Staaten liegt die gesamte Verantwortung bei der jeweiligen nationalen Vereinigung der Gerätehersteller (Niederlande, Belgien, Schweden...), was sich nach den Ergebnissen einer von der Kommission veranlassten Studie bewährt hat [Khetriwal et al. 2008].

Die Kommunen können in Deutschland einzelne Fraktionen selbst vermarkten. Diese so genannte Optionsregel sollte dem Schutz von Behindertenwerkstätten dienen, die vor Inkrafttreten des ElektroG bereits Geräte aufbereiteten und dem Wettbewerb mit den privatwirtschaftlichen Aufbereitungsanlagen nicht gewachsen schienen.

### 3.1 Erfahrungen mit der Umsetzung

Im Folgenden wird die Umsetzung in Düsseldorf beispielhaft dokumentiert. In Düsseldorf werden Altgeräte nach Anmeldung von den Haushalten im Rahmen der Sperrmüll-Sammlung des regionalen Entsorgungsunternehmens AWISTA GmbH an den Straßenrand gestellt und dann von Spezialfahrzeugen getrennt erfasst. Die Sortierung, Zwischenlagerung und Bereitstellung für die von den Herstellern beauftragten Aufbereiter erfolgt auf dem dafür gut geeigneten Gelände eines mit Sonderabfallsortierung befassten Unternehmens. Lt. § 1 Abs. 1 ElektroG sollte beginnend mit dem Jahr 2006 eine Menge von 4 kg Elektroaltgeräten je Einwohner und Jahr getrennt gesammelt werden. Die erfassten Mengen gingen aber ab 2004 zurück. Nach Recherchen und Berechnung der AWISTA GmbH lag die Erfassungsquote für Düsseldorf 2007 zwischen 1,9 und 2,1 kg/EW\*Jahr.

Tabelle 1: Mengenverteilung der letzten Jahre (Angaben in t/Jahr):

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Kühlgeräte</b>	324	368	344	720	692	769	497	601
<b>„Weiße Ware“</b>	733	759	847	920	463	284	208	2206

Es besteht ein klarer Zusammenhang zwischen den bis Anfang 2008 gestiegenen Rohstoffpreisen und dem Diebstahl von Geräten. Zur Abholung angemeldete Haushaltsgroßgeräte mit hoher Wertschöpfung, wie Waschmaschinen und Trockner, fehlen je nach Sammelbezirk bis zu 85 %. Unterstellt man eine Wertigkeit der „Weißen Ware“ von 125,00 €/t, so liegen die Verluste einer möglichen Wertschöpfung für Hersteller und Aufbereiter allein in Düsseldorf in 2007 bei rund 75.000 €. Die Kühl-

geräte werden zu ca. 50% dem Sperrmüll entwendet; die restlichen sind wiederum zu 60 % „beraubt“. Das heißt: Die Mehrzahl der zu entsorgenden Kühlgeräte kommt ohne Kupferleitungen, ohne Kompressor und/oder ohne Motor an. Dies gilt auch für andere Abfallfraktionen. So sind Computer im Elektroschrott praktisch nicht zu finden. Auch die Fraktion der Mischschrotte, wie Fahrräder, Spielgeräte u. ä. wird systematisch abgesucht. Um an eingebaute oder eingehauste Metalle zu gelangen, werden die Geräte schon vor Ort zerstört und beraubt. Bei Fernsehgeräten wird meist die Rückwand abgeschlagen, um an Platinen und die kupferhaltige Umlenkspule der Bildröhre zu gelangen.

Eine Umfrage des Vereins zur Förderung der Abfallwirtschaft Region Rhein-Wupper e.V. bestätigt diese Entwicklung. Die „Beraubungsquote“ ist in den Städten unterschiedlich hoch, liegt aber häufig weit über 50% ([Friege 2008] u. a.). Dies kann sich mit dem Verfall der Rohstoffpreis ab Mitte 2008 vorübergehend wieder ändern – was sich nicht ändert, ist der langfristige Bedarf der Volkswirtschaft an diesen Rohstoffen.

Angesichts der hohen Altmetall-Preise zwischen 2005 und Anfang 2008 gingen viele Kommunen dazu über, gemäß der o.g. Optionsregel wertvolle Fraktionen von Elektroaltgeräten an sich zu ziehen und selbst zu vermarkten. Dies stört aber wiederum das mit hohen Investitionen aufgebaute System der privaten Entsorgungsunternehmen, die im Auftrag der Gerätehersteller die Aufbereitung und Wiederverwertung durchführen.

Der Rücklauf von kleinen Elektronikgeräten, z.B. Mobiltelefonen, ist zwar prinzipiell über das ElektroG geregelt, findet aber nur in geringem Umfang statt. Die Gründe sind vielfältig:

- Die kommunale E-Schrott-Sammlung erfasst die Geräte wegen „Beraubung“ nur in geringem Umfang.
- Vielfach werden solche Geräte wegen des geringen Platzbedarfs in den Haushalten gehortet („kann man vielleicht noch mal brauchen...“)

Es ist festzustellen, dass die vom Gesetzgeber gewollten Strukturen für die Verwertung von Metallen noch nicht ausbalanciert sind. Kommunale und private Akteure handeln zum Teil gegeneinander. Der illegale Zugriff auf Sekundärrohstoffe stört zum einen die Struktur in der Kette Sammlung – Zwischenlager – Transport – Sortierung – Aufbereitung und macht damit nachhaltige Investitionen problematisch, zum anderen ist unklar, ob Metalle ins Ausland abfließen, die in der deutschen bzw. europäischen Wirtschaft benötigt werden. Es fehlt im Übrigen an einem Anreiz, nicht mehr benötigte bzw. nicht mehr funktionsfähige Geräte vor allem aus Privathaushalten einer Verwertung zuzuführen.

### **3.2 Umwelthygienische Aspekte illegaler Aktivitäten**

Die Beraubung und Plünderung der Elektroschrotte führt über die wirtschaftlichen Schäden hinaus zu erheblichen Gesundheits- und Umweltgefährdungen.

In Kühlgeräten wurden bis Ende der 80er Jahre FCKW, danach FKW und heute meist Kohlenwasserstoffe eingesetzt. Die FCKW verursachen den Ozonabbau in der Atmosphäre, darüber hinaus sind sie wichtige Treibhausgase. Ihr Einsatz ist nach internationalen Regeln („Montreal-Protokoll“) heute verboten; ihre Entsorgung soll zu einer kontrollierten Vernichtung führen. Die FKW schädigen zwar nicht mehr den Ozongürtel der Erde, sind aber ebenfalls potente Treibhausgase. Auf Basis der in Düsseldorf festgestellten Verlustmengen lässt sich bzgl. FCKW/FKW folgendes Szenario erkennen: Zurzeit dürfte etwa noch die Hälfte der zu entsorgenden Kühlanlagen FCKW aufweisen mit sinkender Tendenz. Anlagen zur Entnahme der FCKW/FKW und deren schadloser Beseitigung sind in ausreichender Zahl und hoher Qualität vorhanden. Im Ergebnis kommen aber 75 % aller Kühlschränke aus der Straßensammlung beschädigt an. Nur die auf den Recyclinghöfen abgegebenen Geräte sind nahezu alle intakt. Bei einer Füllmenge von 100-150 g je Kühlschrank ergeben sich aus einer Hochrechnung alleine für Düsseldorf rd. 1,3 bis 1,9 t Verluste an FKW bzw. FCKW pro Jahr, insgesamt dürften dies um die 5.000 t CO<sub>2</sub> eq. ausmachen. (Treibhausfaktor in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten: R11: 4000; R12: 8500; R22: 1700) [[http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_22\\_fckw.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_22_fckw.pdf)]

Bildschirmröhren sind innen mit einer Zinkoxidpulverschicht beschichtet, welche außerdem Cadmiumoxid und Cadmiumsulfid enthält. Cadmiumoxid ist als krebserzeugend (H 7), sehr giftig (H 6) und umweltgefährlich (H 14) eingestuft. Bei der Zerstörung der Bildröhren müssen diese Stäube sicher abgesaugt und entsorgt werden. Sonst sind Mitarbeiter von Zerlegebetrieben, Dritte und die Umwelt gefährdet. Daher werden die Verwertungs- und Entsorgungsbetriebe gemäß § 19 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung aufgefordert, entsprechende Maßnahmen zu veranlassen, um eine Gefährdung für Mensch und Umwelt auszuschließen. Diese Gefährdung ist jedoch bei Zerstörung der Geräte im Straßenraum unvermeidbar.

Grundsatzdiskussionen, ob hierbei die Kommune als öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger beraubt wird, oder der Bürger, der sein Gerät zu früh und unbeaufsichtigt an den Straßenrand stellt, sind müßig. Im Ergebnis erhält jedoch der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger oder sein Beauftragter nicht die Ware, die er kalkuliert und erwartet hat. Und diese fehlt wiederum dem Zerleger/Verwerter, der nun mit Mindermengen oder teilberaubten Geräten seine Kosten nicht decken kann.

## **4 Rechtslage für die Sammlung von Wertstoffen**

Der Begriff „Wertstoffe“ ist weder in Bundes- noch Landesabfallgesetzen zu finden, und wird doch in vielen Publikationen der obersten und oberen Abfallbehörden sowie der angegliederten Fachbehörden benutzt. Dabei werden unter dem Begriff „Wertstoffe“ in der Regel Abfälle zur Verwertung subsumiert, die getrennt von den Restabfällen gesammelt werden sollen und zur Herstellung verwertbarer Zwischen- und Endprodukte geeignet sind. Zunächst geht es daher um die getrennt gesammelten Abfälle zur Verwertung.

### **4.1 Getrennt gesammelte Wertstoffe**

Nach § 1 KrW-/AbfG ist der Zweck des Gesetzes u. a. die Schonung der natürlichen Ressourcen durch die Förderung der Kreislaufwirtschaft. Dementsprechend werden in § 4 die Grundsätze bestimmt und dort auch die Rangfolge Vermeiden – Verwerten – Beseitigen. In § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG heißt es dann ganz explizit: „Die Erzeuger und Besitzer von Abfällen sind verpflichtet, diese nach Maßgabe des § 6 zu verwerten. Soweit sich aus diesem Gesetz nichts anderes ergibt, hat die Verwertung von Abfällen Vorrang vor deren Beseitigung. ...“.

Die getrennte Erfassung und Sammlung von Wertstoffen dient der optimalen Umsetzung der Vorgaben des KrW-/AbfG und wird untergesetzlich für die Abfallerzeuger aus Gewerbe und Haushalten u. a. durch die Gewerbeabfallverordnung (§ 3 Gew-AbfV) und die kommunalen Abfallsatzungen vorgeschrieben.

Die Überlassungspflichten für Abfälle werden durch § 13 KrW-/AbfG geregelt. Danach sind abweichend von § 5 Abs. 2 Erzeuger und Besitzer von Abfällen aus privaten Haushaltungen verpflichtet, diese den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (im folgenden „örE“) zu überlassen, soweit sie zu einer Verwertung nicht in der Lage sind oder diese nicht beabsichtigen. Das heißt nichts anderes, als dass Abfälle zur Verwertung aus Haushaltungen dem örE zu überlassen sind, wenn der Erzeuger bzw. Besitzer diese Abfälle nicht verwerten kann.

Für Abfälle zur Verwertung aus anderen Herkunftsbereichen, auch aus dem Gewerbe, kennt das KrW-/AbfG keine Überlassungspflichten an den örE. Diese können sich zur Erfüllung ihrer Pflichten nach § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG Dritter bedienen.

Eine Beauftragung Dritter durch private Haushalte ist nach Auffassung der örE durch das KrW-/AbfG nicht gedeckt, da Haushalte nicht zu den zur Beseitigung und Verwertung Verpflichteten gehören, sondern durch den Wortlaut § 13 Abs. 1 Satz 1 die Pflichten nach § 5 Abs. 2 auf den örE übergehen.

Die Überlassungspflicht besteht nach § 13 Abs. 3 nur dann nicht, wenn die Abfälle einer Rücknahme- oder Rückgabepflicht nach § 24 unterliegen (z. B. Verpackungen, Batterien usw.) oder im Rahmen der Produktverantwortung nach § 25 freiwillig zurückgenommen werden, soweit hierbei ein Freistellungs- oder Feststellungsbescheid erteilt wurde. Ebenso sind Abfälle von der Überlassungspflicht ausgenommen, wenn sie im Rahmen einer gemeinnützigen Sammlung einer ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung zugeführt werden. Dies betrifft vor allem Textilien in der Altkleidersammlung, aber auch die Fraktion Papier/ Pappe/ Karton (PPK), die im Rahmen von karitativen oder Vereinssammlungen erfasst und der Verwertung zugeführt werden.

Gemäß § 13 Abs. 3 Ziffer 3 KrW-/AbfG besteht keine Überlassungspflicht für Abfälle, „die durch gewerbliche Sammlung einer ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung zugeführt werden, soweit dies den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern nachgewiesen wird und nicht überwiegende öffentliche Interessen entgegenstehen“.

Derzeit gibt es in Deutschland zahlreiche anhängige Verfahren, in denen es um diesen Satz und seine Auslegung geht, vor allem um den Begriff der „überwiegenden öffentlichen Interessen“. Insbesondere eine jüngst ergangene Entscheidung des OVG Schleswig, gegen die durch die Landeshauptstadt Kiel Revision beim BVerwG in Leipzig eingelegt wurde, rüttelt an der Überlassungspflicht für Wertstoffe in Abfällen an den öRE: Demnach könnten nämlich Dritte in die Sammlungen der Gemeinden eingreifen und selbst je nach Marktlage Wertstoffe bei den Haushalten einsammeln.

Abfälle zur Verwertung aus Haushalten, für die es keine speziellen Rücknahmeverpflichtungen der Hersteller gibt (die also z.B. keine Batterien oder Verpackungen sind), sind bislang dem örtlich zuständigen öRE anzudienen und zu überlassen. Dieser ist verpflichtet, die Abfälle zur Verwertung nach Maßgabe der §§ 4 bis 7 KrW-/AbfG zu verwerten. Abfälle, für die die Hersteller/ Verreiber die Produktverantwortung tragen, sollen diesen bzw. den zuständigen Rücknahmesystemen überlassen werden.

## **4.2 Wertstoffe im gemischten Siedlungsabfall**

Im Einklang mit den Anforderungen des KrW-/AbfG sehen die örtlichen Abfallentsorgungssatzungen ein Gebot zur getrennten Erfassung und Sammlung von Abfällen zur Beseitigung und solchen zur Verwertung vor. Aber in der Praxis sieht vieles anders aus: Allgemein bekannt sind Fehlwurfquoten im Bereich von 50 % und mehr in den Systemen zur Sammlung von Leichtverpackungen, insbesondere bei den „Gelben Tonnen“. Umgekehrt finden sich im normalen Restmüll große Mengen verwertbarer Abfälle, wie Verpackungen aus Kunststoff, Metalle und Papier. Während in den Siedlungsbereichen mit aufgelockerter Bebauung, in denen man die Abfall-



behälter in der Regel den einzelnen Grundstücken zuordnen kann, eine recht hohe Reinheit der Abfallfraktionen in den jeweiligen Sammelbehältern zu verzeichnen ist, gleicht sich gerade in Großwohnanlagen das Behälterinventar stark an, unabhängig von der Behälterfarbe. Da hier vielfach die soziale Kontrolle fehlt und die Verursacher meist unbekannt bleiben, gibt es ein Vollzugsdefizit bei der Verfolgung solcher Ordnungswidrigkeiten.

Rechtlich stellt sich die Lage recht einfach dar: die Abfälle stammen ursprünglich aus privaten Haushaltungen und dafür sind nach § 13 Abs. 1 Satz 1 die öRE zuständig. Davon ausgenommen sind die Verpackungsabfälle, deren Entsorgung im Rahmen der Produktverantwortung in der Verpackungsverordnung geregelt ist.

Allerdings gibt es mittlerweile Unternehmen, die ihre Mitarbeiter (im Regelfall mit Wissen und Billigung der Eigentümer von Großwohnanlagen) in den bereit gestellten Restabfällen nach Wertstoffen suchen lassen. Ziel dieser Tätigkeiten ist es zunächst, das in der Regel teure, gebührenpflichtige Behältervolumen zu verringern, indem Wertstoffe aussortiert und der Restmüll verdichtet wird. Anstatt die Wertstoffe dann den vor Ort befindlichen Sammelbehältern zuzuführen, werden diese auch von den Unternehmen verkauft. Damit sinken

- zum einen das gebührenpflichtige Behältervolumen einiger Gebührenzahler auf Kosten der übrigen auf Grund der Verdichtung des Mülls,
- zum anderen auch noch die Menge erfasster Wertstoffe, die zur Stabilisierung der Kosten der kommunalen Abfallentsorgung dienen.

Diese Aktivitäten setzen voraus, dass der in die Behälter entsorgte Abfall noch nicht in die Verantwortung der öRE übergegangen ist. Abgesehen davon ist das Sortieren in Restabfallbehältern hygienisch bedenklich und müsste nach den einschlägigen Regelungen zum Arbeitsschutz gesondert betrachtet werden.

Das OVG Münster hat in einer aktuellen Entscheidung (Az.: 20 A 1661/06) festgestellt, dass Abfälle erst dann dem öRE überlassen werden, wenn der öRE die tatsächliche Sachherrschaft über die Abfälle erlangt. Dies erfolgt in der Regel mit der Abholung der Abfälle am Leerungstermin. Auch wenn vor diesem Zeitpunkt die Abfallbesitzer für die Erfüllung der Getrenntsammlungs- und Getrennthaltungspflichten verantwortlich sind, ist das Sortieren der in die Behälter eingefüllten Abfälle am Standort nicht mit den einschlägigen Regelungen zum Arbeitsschutz in Einklang zu bringen. Die mit der manuellen Nachsortierung beschäftigten Arbeitnehmer werden einer mikrobiellen Mischexposition ausgesetzt, die räumlich und zeitlich starken Schwankungen unterliegt. Das Hineingreifen in den eingefüllten Abfall und dessen Umschichten widerspricht dem Minimierungsgebot gemäß § 10 Abs. 6 der Biostoffverordnung. Da die Behälterstandplätze nicht als Arbeitsplätze ausgelegt sind, können technische Mittel zur Belastungsminderung nicht eingesetzt werden, auch die

Anforderungen an Arbeitsplatzklimatisierung und Mindestausleuchtung werden nicht eingehalten. Auch wenn teilweise persönliche Arbeitsschutzausrüstungen zum Einsatz kommen, sind die Bewohner der an den Behälterstandplatz angrenzenden Wohnungen den mikrobiellen Belastungen schutzlos ausgesetzt. Daher ist es dringend erforderlich, dass der Gesetzgeber das Nachsortieren von Abfällen in den Behältern zukünftig untersagt oder wenigstens diese Tätigkeit den arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen für Sortieranlagen unterwirft. Diese Fragen müssen mit der Umsetzung der neuen „Waste Framework Directive“ in deutsches Recht geklärt werden.

## **5 Ziele und Konsequenzen**

Erste Aufgabe der Abfallwirtschaft bleibt die hygienisch sichere Behandlung von Abfällen. Nach dem Stand der Technik ist die sicherste Methode hierfür die Verbrennung gemischter Siedlungsabfälle. Die getrennte Sammlung u.a. mit dem Ziel der Wertstoffeffassung muss einen Ausschluss der hygienisch bedenklichen Bestandteile garantieren. Sie darf nicht zu einer Freisetzung von Schadstoffen führen. Auch deshalb sind illegale Sammel- und Sortieraktivitäten keine Kleinigkeiten, sondern als Beraubung und Plünderung zu werten und zu unterbinden.

Das an Rohstoffen mit einigen wesentlichen Ausnahmen wie Steinkohle, Braunkohle und Kali arme Deutschland hat einen beachtlichen Anteil seiner metallischen Rohstoffe durch Sekundärprodukte substituiert. Dieser Anteil muss angesichts der weltweiten Verknappung an vielen industriell genutzten Metallen weiter steigen und zu einer (fast) kompletten Substitution führen. Hohe punktuelle und diffuse Schwermetalleinträge, wie wir sie aus den zwei vergangenen Jahrhunderten der Industrialisierung kennen, wird es in Zukunft nicht mehr geben. Es greifen nicht nur die in den letzten vierzig Jahren entwickelten Emissionsbeschränkungen; vielfach wurde Metallrückgewinnung auch wirtschaftlich sinnvoll und damit zum Selbstläufer – je nach Marktpreis werden aber Aktivitäten entwickelt und wieder eingestellt.

Welche Ziele muss die Stoffstromwirtschaft im Zusammenhang mit der Abfallbeseitigung und den Sekundärrohstoffen erfüllen?

- Es geht um die Sicherung der Sekundärrohstoffe als Ersatz für primäre Rohstoffe, deren Vorräte abnehmen und die tendenziell immer teurer werden.
- Es geht weiter um eine ordnungsgemäße Abfallsammlung und Abfallbeseitigung nach den Grundsätzen der Siedlungs- und Umwelthygiene.
- Die Arbeitsplätze in den genannten Bereichen sollen normalen Standards genügen und nicht die Gesundheit der betroffenen Arbeitnehmer gefährden.
- Dies alles soll möglichst kostengünstig realisiert werden.

Die enormen Mengen an Sekundärrohstoffen im „Lager“, d.h. in Bauten, in Haushalten, in der Infrastruktur müssen erfasst und im Hinblick auf ihre Verfügbarkeit dokumentiert werden. Dazu gehört auch die Sicherung des Verbleibs dieser Sekundärrohstoffe in Deutschland bzw. Europa, d.h. eine klare Regelung für den Export von solchen Rohstoffen in noch funktionierenden Geräten, Fahrzeugen etc. und die Kontrolle des Exports von Abfällen, die solche Rohstoffe enthalten. Die Ausfuhr gebrauchter Handys und Computer ist ein unerfreuliches Beispiel für Rohstoffverlust einerseits und Umweltbelastung in den Aufbereitungsbetrieben in Asien andererseits. Diese Probleme sind im politischen Raum zwar bekannt (z.B. [BMAS 2005]), werden aber nicht ausreichend vernetzt angegangen. Vor allem wurde noch kein Zusammenhang zwischen der Exploration primärer und sekundärer Rohstoffe im Sinne gemeinsamer Rohstoffkataster hergestellt [Bundesregierung 2007].

Eine möglichst vollständige Erfassung von Sekundärrohstoffen, unabhängig vom tagesaktuellen Preis, können nur die Kommunen als öRE sicherstellen. Der Versuch der Übernahme der Sammlung von PPK durch private Entsorgungsunternehmen in Kommunen und die Auseinandersetzung bei dieser gewerblichen Altpapiersammlung um den § 13 Abs. 3 Nr. 3 KrW-/AbfG endete ab Mitte 2008 mit dem Verfall der Preise vor allem für niedrige Altpapierqualitäten: Angesichts der gefallen Altpapierpreise müssen die öRE wieder ihre „Auffangfunktion“ wahrnehmen. Schwieriger stellt sich die Problematik bei der Erfassung und Sammlung von Elektroaltgeräten dar. Aufgrund der zeitweise hohen Preise für Industriemetalle, insbesondere für Kupfer, haben sich feste illegale Strukturen gebildet, die z.B. die bereitgestellten Kühlgeräte systematisch berauben. Die dabei entweichenden Kompressorenöle und Kühlmittel schädigen den Boden und die Atmosphäre. Auch stört die von den Kommunen z.T. ausgeübte Option auf die Vermarktung lukrativer Fraktionen das Zusammenspiel der Akteure.

Eine umfassende Rohstoffsicherung erfordert also die Stärkung der öRE bei der Erfassung aller Abfälle aus Haushaltungen und die stringente Durchsetzung und Erweiterung der Produktverantwortung der Hersteller und Vertreiber. Sie erfordert aber auch den Freiraum für private Entsorger und Aufbereiter, in diesem Rahmen alle nur denkbaren Aufgaben zu übernehmen, um ein wirtschaftliches Optimum zu erreichen. Kommunale und private Entsorger müssen zusammen und nicht gegeneinander arbeiten.

Rücknahme- bzw. Rückgabesysteme sind nur dann sinnvoll, wenn

- man einen möglichst hohen Prozentsatz der Produkte und der in ihnen enthaltenen Sekundärrohstoffen abschöpfen kann,
- eine klare Arbeitsteilung aller Verantwortlichen etabliert wird,
- diese kostengünstig und ohne zusätzlichen hohen energetischen Aufwand oder Umweltbelastungen organisiert werden können

- und die Sammlungen kontinuierlich stattfinden, um die Bürger zu motivieren

Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen:

- Die in Zukunft benötigten Rohstoffe sind zum Teil längst da, nur nicht in Boden und Sedimenten, sondern in der Anthroposphäre, also u.a. im Bestand von Infrastruktur und Gebäuden (siehe auch [SRU 2005]). Die in die Volkswirtschaft eintretenden Stoffströme und die vorhandenen „Lager“ im Bestand von Infrastruktur, Mobilien und Immobilien sind in Zukunft zu erfassen und zu dokumentieren, um den Zugriff auf diese Sekundärrohstoffe grundsätzlich zu sichern.
- Innerhalb der Europäischen Union bedarf es einer abgestimmten Politik für den Export von Sekundärrohstoffen mit dem Ziel, die Rohstoffversorgung so weit möglich sicher zu stellen. Ferner ist der Vollzug bestehender Regeln z.B. zum Verbot des Exports von Schwermetallen in Abfällen intensiv zu überwachen (siehe hierzu [Kummer 2009]).
- Die Abfälle zur Verwertung, die in privaten Haushaltungen anfallen, gehören in die Hand der Kommunen, sofern im Rahmen der Produktverantwortung keine anderen Regelungen gelten. Nur so ist gewährleistet, dass verwertbare Abfälle möglichst vollständig und möglichst lange im Wirtschaftskreislauf gehalten werden, ohne Rücksicht auf den gerade aktuellen Tagespreis an den Rohstoffbörsen. Der Gesetzgeber ist also gut beraten, bei der Umsetzung der novellierten Abfallrahmenrichtlinie das KrW-/AbfG so zu ändern, dass Abfälle aus Haushaltungen generell den Kommunen zu überlassen sind. Gleichzeitig ist der Zugriff Dritter auf Müllgefäße und Sperrmüll zumindest rechtlich zu unterbinden. Die Kommunen müssen im Gegenzug die Effizienz der Wertstoffsammlung gegenüber den anderen Verantwortlichen im jeweiligen Produktbereich bzw. der Öffentlichkeit nachweisen. Darüber hinaus ist es ihre Aufgabe, die Finanzierung der Sammlung und Aufbereitung aller Wertstoffe unabhängig von kurzfristigen Preisschwankungen sicher zu stellen.
- Die geteilte Verantwortung - also z.B. Sammlung, Transport und Bereitstellung durch die Kommune bzw. private Beauftragte, Verwertung durch die Hersteller – scheint trotz aller Probleme immer noch besser als ein „duales System“ zu funktionieren. Denn gerade bei der Erfassung von Verkaufsverpackungen im dualen System neben der kommunalen Sammlung ist das Chaos nach mittlerweile fünf Novellen der VerpackVO komplett, der Aufwand nach wie vor hoch, der ökologische Ertrag gering und das Lohnniveau bei der Sammlung sozial untragbar geworden.
- Allerdings zeigt das Beispiel der Entsorgung der Elektroaltgeräte mit seiner konkreten Organisation der geteilten Produktverantwortung ebenfalls erhebliche Mängel. Die Rolle der Kommunen in diesem Bereich ist daher zu überprüfen und von den Herstellern ggf. mit zu finanzieren. Auf der anderen Seite benötigen die Hersteller und die von ihnen beauftragten Zerlegebetriebe

Investitionssicherheit, d.h. berechenbare Stoffströme. Die Straßensammlung von Elektroaltgeräten ist aufgrund der extremen Beraubung nicht mehr praktikabel und erschwert, neben der Freisetzung von umweltgefährdenden Stoffen dabei, auch die wirtschaftliche Verwertung der Geräte. Im Sinne einer praktikablen Zusammenarbeit zwischen Kommunen und Produzenten sollte allerdings auch der „Zugriff“ der Kommunen auf lukrative Fraktionen des Elektroschrotts unterbleiben, solange man nicht den Kommunen auch die Verantwortung für die Verwertung überträgt. Wenn die Kommunen die Chancen wahrnehmen wollen, müssen sie auch die Risiken mittragen, also gegenüber den Herstellern die Wirtschaftlichkeit ihres Handelns sicherstellen. „Rosinenpickerei“ in jeder Form jedenfalls muss vermieden werden [Khetriwal/Kühr/Huisman 2008]. So könnte eine Optimierung der rechtlichen und tatsächlichen Erfassung von Elektroschrott zum Modellfall für andere Produktverordnungen werden.

- Die Kommunen müssen Strategien entwickeln, Abfälle zur Verwertung auch dort in höherer Reinheit zu erfassen, wo dies bisher nicht gelungen ist. Das kann auch bedeuten, bei abfallwirtschaftlich problematischen Schwerpunkten die Wertstoffsammlung auf Bringsysteme umzustellen oder selbst mehr Personal für haushaltsnahe Dienstleistungen im Zusammenhang mit einer ordnungsgemäßen Abholung bereit zu stellen.
- Die Öffentlichkeit muss von Behörden und Politikern darüber aufgeklärt werden, dass die Plünderung von bereit gestellten Abfallfraktionen, vor allem die Zerstörung von zu erfassenden Altgeräten, kein Kavaliersdelikt ist. Die Zusammenarbeit zwischen den Kommunen als Ordnungsbehörden und den Strafverfolgungsbehörden ist zu verstärken, um Ordnungswidrigkeiten oder Umweltstraftaten im Zusammenhang mit der unbefugten Sammlung von Abfällen, der Geräteberaubung usw. zu ahnden.
- Alle Arbeitsplätze in der Sekundärrohstoff-Wirtschaft müssen normalen Standards genügen und dürfen nicht die Gesundheit der betroffenen Arbeitnehmer gefährden.

## 6 Literatur

BMAS - Bundesministerium f. Wirtschaft und Arbeit (2005): Bericht zur aktuellen rohstoffwirtschaftlichen Situation und zu möglichen rohstoffpolitischen Handlungsoptionen (Projektgruppe Rohstoffe), Berlin

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004): Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland, UMWELT 10/2004, Sonderteil

Baccini, P. & Brunner, P. H. (1991) Metabolism of the Anthroposphere, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Bundesregierung (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung, Stand März 2007

- Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (1998): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung, Bonn
- EU - European Commission (2002): Waste Electrical and Electronic Equipment Directive, 2002/96/EC
- EU - Europäische Kommission (2003): Eine Thematische Strategie für Abfallvermeidung und – recycling, Brüssel
- EU - European Commission (2008): Waste Framework Directive, 2008/98/EG, Amtsblatt der Europ. Union L312/3 vom 22.11.2008DE
- Friege, Henning (2001): Beitrag und Grenzen der Abfallwirtschaft in der nachhaltigen Stoff- und Güterwirtschaft, Österr. Wasser- und Abfallwirtschaft 53, 219-225 (2001)
- Friege, Henning, Schmidt, Olaf, und Hinken, Georg (2008): Sammlung und Gewinnung von Wertstoffen aus Abfällen – Chancen und Hindernisse, in J. Pinnekamp (Hrsg.): Abfall-Recycling-Altlasten Bd. 34, 10/1-10/19, Aachen 2008
- Friege, Henning, und Giegrich, Jürgen (2008): Climate Effects of a Local Waste Management System: A Case Study, ISWA/WRMS Annual Congress, DEU190320081156, CD-ROM, Singapur
- Khatriwal, Deepali Sinha, Kühr, Rüdiger und Huisman, Jaco (2008): One WEEE, Many Species: Lessons from the European Experience, ISWA/WRMS Annual Congress, GBR150320081136, CD-ROM, Singapore
- Kranert, Martin, und Gottschall, Ralf (2009): CO<sub>2</sub>-Bilanzierung der energetischen und stofflichen Verwertung von Grünabfällen, in Bilitewski, Schnurer, Zeschmar-Lahl (Hrsg.): Müll-Handbuch Kz. 9364, Lfg. 1/09
- Kummer, Beate (2009): „Sekundärrohstoffstrategien – ist die Zukunft der Recyclingwirtschaft gesichert?“, Müll und Abfall 01/09, Seite 13-17
- Lucas, Rainer, Bleischwitz, Raimund, Krause, Melanie, Stürmer, Martin und Scharp, Michael (2008): Kupfereffizienz – unerschlossene Potenziale, neue Perspektiven, Wuppertal-Institut, Wuppertal
- Marb, C. (2002): Stoffliche Zusammensetzung des Restmülls, in: Restmüllanalysen – eine Grundlage eines nachhaltigen Stoffstrommanagements in der Abfallwirtschaft, Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, ISBN 3-936385-17-3, Augsburg.
- Rechberger, Helmut (2007): Die Relevanz des anthropogenen Lagers: Offene Fragen und Forschungsbedarf, Vortrag beim Workshop „Demographischer Wandel“ des Umweltbundesamts, Dessau.
- SRU – Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (2005): Auf dem Weg zur europäischen Ressourcenstrategie; Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik; ISSN 1612-2968, Berlin
- WMV – Wirtschaftsvereinigung Metalle (2008): Metallstatistik 2007, Düsseldorf

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Abfallwirtschaft in Hessen**

Dipl.-Ing. Edgar Freund  
Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz, Wiesbaden

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Einleitung**

Eine nachhaltige Abfallwirtschaft muss analog zur Energiewirtschaft und zur Wasserwirtschaft die Sicherheit, die Umweltverträglichkeit und die Wirtschaftlichkeit der Entsorgung dauerhaft gewährleisten. Um diese drei Bedingungen zu erfüllen, gibt es unterschiedliche Lösungsansätze:

- Die Sicherheit der Entsorgung bedingt eine flächendeckende Infrastruktur der zur Verwertung und Beseitigung von Abfällen notwendiger Anlagen.
- Die Umweltverträglichkeit fordert allgemeinverbindliche, am Stand der Technik orientierte Entsorgungsstandards und deren praktische Umsetzung.
- Die Wirtschaftlichkeit kann z.B. durch den kostengünstigen Bau und Betrieb der Entsorgungsanlagen – von den Sortieranlagen bis zu den Beseitigungsanlagen – sowie deren Auslastung erreicht werden.

Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) wurde die Verantwortung für die Abfallentsorgung neu geordnet. So sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verpflichtet, die ihnen überlassenen Abfälle aus privaten Haushaltungen zu entsorgen. Die Erzeuger und Besitzer von Abfällen zur Verwertung haben diese in eigener Verantwortung zu verwerten. Darüber hinaus sind Hersteller und Vertreiber bestimmter Erzeugnisse im Rahmen der Produktverantwortung verpflichtet, diese nach Gebrauch unentgeltlich zurückzunehmen und einer Verwertung zuzuführen.

Da die Abfallwirtschaft jedoch keine staatlich gelenkte Planwirtschaft ist, sondern von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, den Produktverantwortlichen und den privaten Entsorgungsunternehmen in eigener Verantwortung gestaltet wird, ist es Aufgabe des Bundes, hierfür angemessene gesetzliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Abfallbehörden der Länder haben darüber zu wachen, dass die gesetzlichen Rahmenbedingungen in der täglichen Entsorgungspraxis tatsächlich beachtet werden.

Der nach dem Inkrafttreten des KrW-/AbfG entstandene „Kampf um die Abfälle“ wird vor allem durch unscharfe Pflichtenabgrenzungen zwischen den verschiedenen Entsorgungsträgern bestimmt. Gleichwohl ist es auch unter diesen Rahmenbedingungen gelungen, eine zukunftsfähige Abfallwirtschaft in Hessen zu entwickeln.

## **2 Abfallwirtschaft in Hessen**

Die Abfallwirtschaft in Hessen befindet sich auf einem guten Weg. Die hierzu notwendigen Strategien und Planungen wurden frühzeitig entworfen und zeitnah umgesetzt. Durch die regionale Kooperation der Entsorgungspflichtigen, die Mitbenutzung bereits vorhandener Behandlungsanlagen und den Neu- und Ausbau von



notwendigen Abfallbeseitigungsanlagen wurde schrittweise die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Abfallentsorgung erhöht. Die Erfahrungen gerade der letzten Jahre haben uns gelehrt, dass weder Patentrezepte noch Scheuklappen hilfreich sind, um lokale Entsorgungsprobleme dauerhaft zu lösen. Deshalb begleitet und unterstützt die Landesregierung die entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften in Hessen bei der Umsetzung ihrer zukunftsweisenden Planungen.

Der Abfallwirtschaftsplan Hessen 2005 [HMUELV 2005] dokumentiert diese Entwicklung und bildet eine solide Datengrundlage, um noch erforderliche Maßnahmen durchzuführen. Dieser Plan beschreibt den Weg, der aus der Sackgasse der Abfallbeseitigung über die Abfallentsorgung hin zu einer Ressourcen schonenden Kreislaufwirtschaft führt. Eine große Wegstrecke hiervon haben wir bereits zurückgelegt.

Die Gebietskörperschaften in Hessen waren und sind Vorreiter bei der Getrenntsammlung und Verwertung von Siedlungsabfällen. Dies gilt für Bioabfälle, Altpapier und Verpackungsabfälle ebenso wie für die Verwertung der Massenabfälle Bodenaushub und Bauschutt sowie der Rückstände aus der Abwasserbehandlung. Dabei ist darauf zu achten, dass die zur Ressourcenschonung notwendigen Verwertungsmaßnahmen nicht zu Lasten der Umwelt durchgeführt werden.

Auch die Umsetzung der Produktverantwortung erfordert die konstruktive Zusammenarbeit zwischen den Systemträgern und den Kommunen nach Maßgabe der gültigen Rechtsvorschriften. So gibt es in Hessen neben den zahlreichen Selbstentsorgern inzwischen neun duale Systeme für die Rücknahme und Verwertung von Verpackungsabfällen. Darüber hinaus haben die Entsorgungspflichtigen nach dem neuen Elektro- und Elektronikgesetz für ihre Bürgerinnen und Bürger geeignete Sammelstellen für die Rücknahme von gebrauchten Elektrogeräten eingerichtet bzw. ausgebaut.

Die Anforderungen der Ablagerungsverordnung werden erfüllt. In Hessen werden seit dem 1. Juni 2005 weder unbehandelte Restabfälle noch sonstige gemischte Siedlungsabfälle deponiert. Zur Behandlung der landesweit hochgerechneten Menge von jährlich etwa 1,6 Millionen Tonnen Restabfall stehen vier Müllverbrennungsanlagen und zwei mechanisch-biologische Behandlungsanlagen zur Verfügung. Die Landkreise, die über keine eigenen Anlagen verfügen, haben ihre Restabfallbehandlung durch langfristige Entsorgungsverträge gesichert.

Nach den im letzten Jahrzehnt steil angestiegenen Energiekosten (Strompreise) haben einzelne energieintensive Unternehmen in Hessen neue Kraftwerke in Witzenhausen, Heringen, Korbach und im Industriepark Hoechst errichtet, die mit Ersatzbrennstoffen befeuert werden. Da hierdurch fossile Energieträger eingespart werden und alle Anlagen entsprechend den Anforderungen der 17. BImSchV konzipiert sind,

können mit dem Betrieb dieser Anlagen die natürlichen Ressourcen geschont und die Abgasemissionen nach dem Stand der Technik minimiert werden.

Die fortschreitende Abfallverwertung und das Ablagerungsverbot für Hausmüll und hausmüllähnliche Siedlungsabfälle haben dazu geführt, dass nur noch in geringem Umfang Deponieraum benötigt wird. Vor diesem Hintergrund wurde 14 Betreibern der Weiterbetrieb ihrer Siedlungsabfalldeponien über das Jahr 2005 hinaus genehmigt. Lediglich für 5 Deponien ist gegenwärtig ein Weiterbetrieb über das Jahr 2009 hinaus geplant. Damit wird einmal mehr deutlich, dass sich das „Deponiezeitalter“ auch in Hessen dem Ende zuneigt.

Für die industriellen Abfälle in Hessen gibt es neben den betriebseigenen Anlagen für die Beseitigung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen hinreichende und technisch hochwertige Anlagen. Diese Anlagen bilden den Kernbestand der Beseitigungsstruktur, der die abfallspezifische Behandlung und umweltverträgliche Beseitigung gefährlicher Abfälle aus Industrie und Gewerbe sicherstellt. Um diese Struktur zu sichern und die Abfallströme innerhalb des Landes sinnvoll zu steuern, sind die Andienungspflichtigen nach § 16 HAKA grundsätzlich gehalten, die im Einzelnen festgelegten Anlagen zur Beseitigung ihrer Abfälle zu nutzen. Im Gegenzug sind die HIM GmbH als Entsorgungsträger und die K+S AG als Betreiber der Untertagedeponie Herfa-Neurode verpflichtet, in ihren Anlagen vorrangig Abfälle aus Hessen zu beseitigen.

Der Abfallwirtschaftsplan Hessen beschreibt die abfallwirtschaftliche Entwicklung für den Zeitraum 2005 bis 2010 [HMUELV 2005]. Diese Entwicklung verläuft dynamisch und muss sich an den Zielen der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft und der umweltverträglichen Abfallbeseitigung orientieren. Da der Plan entsprechend der gesetzlichen Vorgaben alle 5 Jahre fortgeschrieben wird, wurden hierzu inzwischen die ersten Vorarbeiten durchgeführt. Bei der für das Jahr 2010 vorgesehenen Fortschreibung des Abfallwirtschaftsplans sollen bereits die erweiterten Anforderungen der novellierten EG-Abfallrahmenrichtlinie berücksichtigt werden.

### **3 Energetische Verwertung von Bioabfällen**

Die Getrennsammlung und Kompostierung von Bioabfällen hat sich in Hessen mittlerweile auf hohem Niveau stabilisiert. So werden gegenwärtig etwa bis zu 750.000 t/a Bioabfälle kompostiert, wobei jedoch das energetische Potenzial der Bioabfälle nicht genutzt wird. Um das von der Landesregierung angestrebte Ziel zu erreichen, bis 2015 etwa 15 % des Endenergieverbrauches durch regenerative Energien abzudecken, muss das energetische Potenzial aller biogenen Abfälle in die Überlegungen einbezogen werden.

Obwohl in Hessen durchschnittlich 120 kg/E\*a Küchen- und Gartenabfälle getrennt gesammelt und kompostiert werden, ist das verwertbare Potenzial organischer Abfälle noch nicht ausgeschöpft. Nicht in allen Entsorgungsgebieten werden Bioabfälle getrennt gesammelt; auch ist die Erfassungsquote der Bioabfälle nicht in allen Gebieten hinreichend. Weitere Potenziale bieten organische Gewerbeabfälle, Landschaftspflegematerialien sowie der Aufwuchs in Naturschutzflächen.

Damit stellt sich aktuell die Frage, ob und wie die biologische Abfallbehandlung mit dem Ziel der Bioenergiegewinnung weiterentwickelt werden sollte. Hierzu hat im vergangenen Jahr das Witzenhausen-Institut im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums den Stand und die Perspektiven der Verwertung von Bio- und Grünabfällen in Hessen untersucht.

Die Untersuchung hat ergeben [Kern 2008], dass

- das Biomassepotenzial in Hessen rund 1,56 Mio. t/a beträgt, von dem mittelfristig etwa 752.000 t/a nutzbar sind. Die noch nicht erschlossenen Bio- und Grünabfallpotenziale aus privaten Haushaltungen bleiben bei der weiteren Energiepotenzialbetrachtung unberücksichtigt.
- das theoretische Energiepotenzial insgesamt etwa 160.000 MWh Strom bzw. 300.000 MWh Wärme beträgt. Hiervon können mittelfristig 87.000 MWh Strom bzw. 193.000 MWh Wärme genutzt werden. Dies entspricht etwa einer gesamten installierten Leistung von ungefähr 11 MWh und somit etwa einer Verdopplung sämtlicher in Betrieb bzw. im Bau befindlicher Biogasanlagen für Reststoffe in Hessen.

Zur Weiterentwicklung der biologischen Abfallwirtschaft in Hessen von der reinen Kompostwirtschaft hin zum organischen Stoffstrommanagement mit den Verfahrenselementen Vergären, Kompostieren und Verbrennen bedarf es jedoch noch erheblicher Anstrengungen. Auch wenn das novellierte EEG die wirtschaftliche Situation für Betreiber landwirtschaftlicher (NawaRo) Biogasanlagen deutlich verbessert hat, so die Studie, bietet es kaum neue wirtschaftliche Anreize für die Vergärung von Bio- und Grünabfällen [Kern 2008].

Der Wegfall des Technologiebonus für die Trockenfermentation sowie des NawaRo-Bonus für die energetische Verwertung von Grünabfällen hat die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen verschlechtert. Deshalb sollte der besonderen Situation von energetischen Bioabfallbehandlungsanlagen mehr Rechnung getragen werden, beispielsweise durch die Förderung von Mikrogasnetzen (durch Gewährung des Technologiebonus) oder die Gewährung des KWK-Bonus für die Trocknung von Landschaftspflege- und Grünabfallhölzern zur energetischen Nutzung [Kern 2008].

Die Empfehlungen der Studie [Kern 2008] sollen schrittweise umgesetzt werden. Daher werden gegenwärtig mit interessierten Gebietskörperschaften und Anlagenbetreibern informelle Einzelgespräche geführt.

#### 4 Modellversuch „Graue Tonne“

Das Umweltgutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) vom Juni 2008 [SRU 2008] befasst sich u.a. mit den seither durchgeführten Pilotvorhaben/ Untersuchungen zu alternativen Sammelsystemen für Verpackungsabfälle und Wertstoffe. Der SRU empfiehlt, dass primär das Konzept „Gelbe Tonne Plus“ (Erfassung von stoffgleichen Nichtverpackungen und Elektrokleingeräten in der Gelben Tonne) weiterverfolgt bzw. ausgeweitet werden sollte.

Die gemeinsame Erfassung von Verpackungen und Restmüll erscheint dem SRU demgegenüber als Option erst auf lange Sicht realistisch. Er begründet dies damit, dass die derzeitigen Kenntnisse über erzielbare Wertstoffqualitäten und Kosten für die gemischte Sammlung mit anschließender vollautomatischer Sortierung mangels großtechnischer Erfahrungen noch sehr begrenzt seien [SRU 2008]. Es biete sich daher an, diese Kenntnislücken in Großversuchen mit unabhängiger wissenschaftlicher Begleitung zu schließen.

Das Regierungsprogramm der im Februar 2009 neu gebildeten CDU/FDP-Landesregierung sieht vor, dass die gemeinsame Erfassung von Restmüll und Leichtverpackungen mit nachfolgender Aussortierung der Verpackungsabfälle in einem Modellversuch erprobt wird. Dieser Versuch soll unter realistischen Randbedingungen in einem großtechnischen Rahmen stattfinden, um belastbare Aussagen über die Machbarkeit sowie die Vor- und Nachteile der gemeinsamen Erfassung zu erhalten. Nach dem gegenwärtigen Stand ist folgender Zeitplan für das Projekt vorgesehen:

Tabelle 1: Projektzeitplan

	<b>Projektphase</b>	<b>Zeitraum</b>
1	Vorbereitung	2009
2	Durchführung	2010
3	wissenschaftliche Auswertung	1. Halbjahr 2011

Tabelle 2: Projektschritte für das Jahr 2009

	<b>Projektschritt</b>	<b>Zeitraum</b>
1	Festlegung der <i>Randbedingungen</i>	April 2009
2	Abschätzung der Kosten für die <i>wissenschaftliche Begleitung</i> sowie Anmeldung zum Haushalt 2010	April 2009
3	Auswahl der <i>Modellkommune</i>	April 2009
4	Auswahl der <i>Entsorgungsunternehmen</i> für die Sortierung und Verwertung der Abfälle	Mai 2009
5	Auswahl eines <i>Hochschulinstituts</i> für die wissenschaftliche Begleitung des Projekts	Mai 2009
6	<i>Detailplanung</i> des Modellversuchs	September 2009
7	Abstimmung mit den 9 <i>dualen Systemen</i>	Oktober 2009

Die Abstimmung mit den 9 dualen Systemen wird sich voraussichtlich schwierig gestalten. Aus rechtlichen Gründen kann die erforderliche Abstimmung auch nicht erzwungen werden, weil die Verpackungsverordnung im Grundsatz von einer getrennten Sammlung der Verpackungsabfälle ausgeht.

Nach dem Beschluss des Hessischen Verwaltungsgerichtshofs in Kassel vom 25. August 1999 [VGH Kassel 1999] ist es derzeit nicht möglich, dass die Kommunen in Konkurrenz zu den dualen Systemen die Einsammlung und Verwertung von Verpackungsabfällen eigenverantwortlich übernehmen. Der Betrieb eines eigenen, wie auch die Beteiligung der Kommunen an einem nicht zugelassenen privaten „Konkurrenzsystems“ – so die Begründung des VGH Kassel – verstoße gegen das Konzept der Verpackungsverordnung. Die Entsorgung gebrauchter Verpackungen sei durch diese Rechtsvorschrift der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung entzogen und auf die beteiligte Privatwirtschaft verlagert worden. Hierzu seien primär den Herstellern und Vertreibern von Verkaufsverpackungen Rücknahme- und Verwertungspflichten übertragen worden, die sich durch Lizenzzahlungen (für den grünen Punkt) an einem dualen System von diesen Pflichten befreien könnten.

## 5 Ausblick

Der einleitend zitierte „Kampf um die Abfälle“ wird sich in Zukunft weiter verschärfen. Schon heute zeichnet sich ab, dass mit der Inbetriebnahme weiterer Kraftwerke, die mit Ersatzbrennstoffen befeuert werden, vorhandene Müllverbrennungsanlagen nicht mehr ausgelastet werden können. Dies beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen. Der Preisverfall für die thermische Behandlung von Gewerbeabfällen wird zudem die Sortierung und stoffliche Verwertung der einzelnen Abfallfraktionen weiter behindern. Damit wird auch der in der neuen EG-Abfallrahmenrichtlinie verankerte Vorrang der stofflichen Verwertung vor der energetischen Verwertung in Frage gestellt.

Die 5. Novelle der Verpackungsverordnung hat die Diskussion über die Neuausrichtung der Verpackungsverordnung in Deutschland nicht beendet. Viele fragen sich, ob der bürokratische Aufwand, der mit der Novelle gerade reduziert werden sollte, das erzielte Ergebnis rechtfertigt. Während die dualen Systeme, die Interessensverbände des Handels und nicht zuletzt die Bundesvereinigung der Deutschen Entsorgungswirtschaft vehement die haushaltsnahe Getrenntsammlung von Verpackungsabfällen durch die dualen Systeme abgesichert sehen wollen, fordern die kommunalen Spitzenverbände eine stärkere Beteiligung der Kommunen bei der Einsammlung von Verpackungsabfällen.

Die im kommenden Jahr anstehende Novelle des KrW-/AbfG bietet die Chance, durch eine klare Pflichtenabgrenzung zwischen den unterschiedlichen Akteuren die Voraussetzungen für eine nachhaltige Abfallwirtschaft zu schaffen, in der die Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Abfallentsorgung gleichgewichtig gewahrt werden können.

## **7 Literatur**

Beschluss des VGH Kassel vom 25.08.1999; Az.: 8 TG 3140/88

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (HMUELV), Abfallwirtschaftsplan Hessen, 2005

Michael Kern, „Stand und Perspektiven der Verwertung von Bioabfällen in Hessen“, WASSER UND ABFALL, Heft 04/2008

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU), Umweltgutachten 2008 - Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels, Juni 2008

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Rechtliche Beurteilung der Modellversuche – Verpackungsverordnung und Abstimmungsvereinbarung**

Hartmut Gaßner  
Dr. Frank Wenzel  
Rechtsanwälte Gaßner, Groth, Siederer & Coll., Berlin/Köln

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Einführung**

Das Kasseler Modell hat unbestreitbare Vorteile für den Abfallbesitzer und führt offenbar auch abfallwirtschaftlich zu keinen schlechteren Ergebnissen als das herkömmliche Modell der Getrennterfassung der Wertstoffe. Aus rechtlicher Sicht gestaltet sich die Einführung eines solchen Entsorgungsmodells allerdings durchaus kompliziert. Eine Reihe von Fragestellungen ist zu klären. So ist im Folgenden auf das allgemeine Abfallrecht (dazu 2.), das Verpackungsrecht (dazu 3.), ferner das Kartellrecht (dazu 4.) und schließlich das Vergaberecht (dazu 5.) einzugehen.

## **2 Allgemeines Abfallrecht**

Der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger ist gemäß § 15 Abs. 1 KrW-/AbfG verpflichtet, die in seinem Gebiet angefallenen und überlassenen Abfälle aus privaten Haushaltungen nach Maßgabe der §§ 4 bis 7 KrW-/AbfG zu verwerten oder nach Maßgabe der §§ 10 bis 12 KrW-/AbfG zu beseitigen. Ob Abfall zu überlassen ist, regelt sich dabei nach § 13 Abs. 1 KrW-/AbfG. Wie dagegen Abfall zu überlassen ist, ist in der Regel nach Landesrecht in das Organisationsermessen des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers gestellt. Eine solche Ermächtigung des Landesgesetzgebers zur satzungsrechtlichen Konkretisierung der Überlassungspflichten ist bundesrechtlich unbedenklich [1]. Es ist insoweit klargestellt, dass die jeweilige landesrechtliche Norm eine satzungsrechtliche Ausgestaltung der Überlassungspflicht durch die entsorgungspflichtige Körperschaft zulässt [2].

Entsprechend sieht die „typische“ Abfallsatzung (und entsprechend die Abfallgebührensatzung) eine Einteilung in konkrete Abfallfraktionen vor, verpflichtet die Abfallbesitzer ferner zu Getrennthaltungen, so dass beispielsweise Restabfälle und Bioabfälle getrennt zu erfassen sind. Ferner werden die Einzelheiten des Entsorgungssystems (Hol-/Bringsystem, Entsorgungsrhythmus etc.) satzungsrechtlich bestimmt.

Kraft seines Organisationsermessens hat der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger unter anderem das Recht, sog. Pilotprojekte bzw. Modellversuche durchzuführen, in denen neuartige abfallwirtschaftliche Erfassungssysteme auf ihre Praxistauglichkeit untersucht werden. Manche Satzungen enthalten diesbezüglich ausdrückliche Regelungen, aus anderen Abfallsatzungen lassen sich Ansätze für ein derartiges Organisationsermessen konkret ableiten. Nach der Rechtsprechung werden Modellversuche/Pilotprojekte für allgemein zulässig erachtet [3]. Ob mit oder ohne konkrete Satzungsregelung wird der konkrete Modellversuch eine zeitliche, räumliche und sachliche Begrenzung (insbesondere einen konkreten, innovativen Versuchsgegenstand) erfahren, um noch der jeweils aktuellen Satzung zu entsprechen, da die für (nachhaltige) Systemänderungen notwendigen Satzungsänderungen dem Satzungsgeber selbst vorbehalten sind.



Festzuhalten bleibt daher, dass Modellversuche für trockene Wertstofftonnen möglichst auf Grundlage einer ausreichenden Satzungsregelung erfolgen sollten, die tatsächliche Einführung derartiger Systeme im Regelfall einer Satzungsänderung bedarf.

### **3 Verpackungsrecht**

Da die trockene Wertstofftonne nach allen bisherigen Modellen zu einem nicht unerheblichen Teil aus sog. Verpackungen i. S. v. § 3 VerpackV bestehen, bedarf es einer Prüfung der verpackungsrechtlichen Zulässigkeit entsprechender Systeme.

#### **3.1 Allgemeine Anforderungen**

Für Verkaufsverpackungen i. S. v. § 3 Abs. 1 Nr. 2 VerpackV besteht eine allgemeine Rücknahmepflicht bzw. seit Inkrafttreten der 5. Änderungsnovelle (zum 01.01.2009) vorrangig die Verpflichtung zur Teilnahme an einem dualen System. Ein duales System unterliegt den besonderen Anforderungen von § 6 Abs. 3, 4 und 5 VerpackV, es ist danach insbesondere flächendeckend im Einzugsgebiet des nach Verpackungsrecht verpflichteten Vertreibers zur regelmäßigen Abholung gebrauchter Verkaufsverpackungen beim privaten Endverbraucher oder in dessen Nähe in ausreichender Weise vorzuhalten. Ferner sind die in Anhang I VerpackV genannten Anforderungen zu erfüllen. Zu den Anforderungen gehört insbesondere der Nachweis der Einhaltung konkreter Verwertungsquoten (stoffliche Verwertung).

Als Zwischenergebnis ist somit festzuhalten, dass dem nach Verpackungsrecht Verpflichteten strengere, also über die allgemeinen Vorgaben nach §§ 4 ff. KrW-/AbfG hinausgehende abfallwirtschaftliche Pflichten auferlegt werden. Gemein ist beiden abfallrechtlichen Verantwortlichen (öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger und Systembetreiber) ein grundsätzliches Organisationsermessen für die Ausgestaltung des in der jeweiligen Verantwortung stehenden Entsorgungssystems.

Die seit 1991 (Inkrafttreten der VerpackV) aufgebauten dualen Systeme (d. h.: das duale System der DSD GmbH, dessen System durch sämtliche Konkurrenten mitbenutzt wird) gliedert sich klassischer Weise in die drei Fraktionen PPK (gemeinsame Erfassung mit den Kommunen über ihr System), Glas und LVP.

### 3.2 Abstimmung

Bereits Voraussetzung seiner Feststellung als Systembetreiber ist die Abstimmung des jeweiligen Systems mit dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (vgl. § 6 Abs. 4 VerpackV). Es ist mittlerweile gerichtlich anerkannt, dass die Abstimmung nicht lediglich ein einmaliges Ereignis, sondern ein fortdauernder Prozess ist. Entsprechend werden die sog. Abstimmungsvereinbarungen regelmäßig aktualisiert.

Unter Bezugnahme auf das abgestimmte System befinden sich in kommunalen Abfallsatzungen regelmäßig konkrete Verweise auf das duale System. Abfallbesitzer sind gehalten, diese Fraktionen getrennt zu halten und über die Einrichtungen der dualen Systeme zu entsorgen. Soweit derartige Rücknahmesysteme von dualen Systemen vorgehalten werden, entfällt nach Maßgabe von § 13 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 KrW-/AbfG die Überlassungspflicht. Zugleich ist es letztlich in das Belieben des Abfallbesitzers gestellt, ob er die dualen Systeme für die Entsorgung tatsächlich nutzt. In der Praxis führt dies dazu, dass Verpackungen zu einem Teil über den kommunalen Restmüll entsorgt werden und in der Folge nach Maßgabe von § 15 Abs. 1 KrW-/AbfG vom öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu entsorgen sind. Der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger ist nach alledem nicht primär für die Entsorgung von Verkaufsverpackungen zuständig. Ein öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger verstößt vielmehr gegen § 6 VerpackV, wenn er seine Entsorgungstätigkeit eigenmächtig auf Verpackungsabfall ausdehnt und restentleerte Verkaufsverpackungen beim Endverbraucher gezielt und unter Verdrängung der Verursacher erfasst, weil die Verpackungsverordnung die Entsorgung in diesem Bereich den dualen Systemen und damit der beteiligten Privatwirtschaft zugewiesen hat [4]. Überlässt der Abfallbesitzer jedoch Verpackungsabfälle dem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, ohne dass dieser hierzu auffordert, ist der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger nach Maßgabe von § 15 Abs. 1 KrW-/AbfG zur Entsorgung verpflichtet.

Als weiteres Zwischenergebnis ist somit festzuhalten, dass bei Einführung einer Wertstofftonne, die eine gemeinsame Erfassung von Verpackungen und sonstigen Wertstoffen vorsieht, einerseits die verpackungsrechtlichen Bestimmungen in den kommunalen Satzungen und andererseits die Abstimmungsvereinbarungen zwischen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern und Systembetreibern anzupassen sind. Dies gilt auch und insbesondere im Hinblick auf § 15 Abs. 3 KrW-/AbfG, da Kommunen in der Praxis regelmäßig Verpackungen von der Entsorgung ausgeschlossen haben. Dabei ist zu beachten, dass auch der Widerruf des Ausschlusses gem. § 15 Abs. 3 Satz 3 KrW-/AbfG nur mit Zustimmung der zuständigen Behörde möglich ist, „soweit die dort genannten Voraussetzungen für einen Ausschluss nicht mehr vorliegen“.

### **3.3 Miterfassung nach Verpackungsrecht**

Die Miterfassung von Verkaufsabfällen wäre bereits dann abfallrechtlich unzulässig, wenn ein Getrennthaltungsgebot bzw. ein Vermischungsverbot bestünde. Ein derartiges ausdrückliches Gebot bzw. Verbot kennt jedoch weder die Verpackungsverordnung (als „lex specialis“) noch das KrW-/AbfG, jedenfalls für Abfälle aus privaten Haushaltungen. Untergesetzlich stoffspezifische Getrennthaltungsverbote gibt es zwar beispielsweise für Gewerbeabfälle nach § 3 ff. GewAbfV; diese Vorschriften werden aber in der Regel durch die sog. trockene Wertstofftonne (für private Abfallbesitzer) nicht berührt. Darüber hinaus gibt es noch ausdrückliche Getrennthaltungsgebote in landesrechtlichen Bestimmungen für konkrete gefährliche Abfallfraktionen [5], die in der Regel nicht Gegenstand derartiger Fassungssysteme sind. Ebenso wenig besteht ein spezifisches Vermischungsverbot für Abfälle, die zunächst getrennt worden sind. Aus § 5 Abs. 3 Satz 1 KrW-/AbfG ergibt sich nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts nur ein relatives Getrennthaltungsgebot. Demnach kann ein Getrennthalten nur verlangt werden, wenn das Vermischen von Abfällen nach den konkreten Umständen gegen die Grundpflicht des Erzeugers oder Besitzers zur gemeinwohlverträglichen Entsorgung verstößt [6]. Es käme daher maßgeblich darauf an, ob im Fall einer Vermischung getrennt erfasster Abfälle mit anschließender Sortierung eine Erfüllung der Anforderungen nach den §§ 4 und 5 KrW-/AbfG nicht gewährleistet wäre. Wenn dies der Fall wäre, dürften die Abfälle vor ihrer Sortierung und Verwertung nicht mit anderen Abfällen vermischt werden. Vorbehaltlich dieser Prüfung im Einzelfall ist davon auszugehen, dass die Zusammensetzung der für die trockene Tonne vorgesehenen Abfälle in der Regel ihre Verwertung nicht beeinträchtigt.

Bei alledem sind für Verkaufsverpackungen, soweit diese (auch) von nach § 6 VerpackV Verantwortlichen zurückgenommen werden, Verwertungsanforderungen einzuhalten. So sind insbesondere die in Anhang I VerpackV angeführten Anforderungen zu erfüllen (insbesondere Verwertungsquote, Nachweisführung etc.). In der Praxis ist dabei selbstverständlich darauf zu achten, dass für die sog. Mengenstromnachweise ausschließlich Verkaufsverpackungen, nicht aber miterfasste stoffgleiche Nichtverpackungen einbezogen werden können.

### **3.4 Wettbewerbsrecht**

Während öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger als öffentliche Auftraggeber nach Maßgabe von §§ 97 ff. GWB zur Ausschreibung von Entsorgungsdienstleistungen verpflichtet sind, wenn sie zur Leistungserbringung (nicht inhousefähige) Dritte einschalten, ist für die Ausschreibung von Entsorgungsdienstleistungen der Erfassung von Verkaufsverpackungen zu differenzieren: Enthielt Anhang I Nr. 3 Abs. 3 Nr. 2 VerpackV a.F. noch ein spezifisches verpackungsrechtliches Wettbewerbsgebot der

Gestalt, dass Entsorgungsdienstleistungen zur Erfassung, Sortierung und Verwertung von den Systembetreibern in einem Verfahren auszuschreiben waren, das eine Vergabe im Wettbewerb sichert, obliegt nach § 6 Abs. 7 Satz 2 Verpack (n.F.) der „Gemeinsamen Stelle“ nunmehr die Aufgabe der „wettbewerbsneutralen Koordination der Ausschreibung“.

Erfolgt die Miterfassung von Verkaufsverpackungen in einer kommunalen Wertstofftonne, kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass auch nach Inkrafttreten der 5. Änderungsverordnung das vom Bundeskartellamt und vom OLG Düsseldorf [7] im Hinblick auf die Altpapierausschreibungen ausdrücklich gebilligte Modell jedenfalls unter kartellrechtlichen Aspekten gebilligt würde: Im Fall einer Drittbeauftragung schließt der von der Kommune ermittelte Entsorger eigenständig Verträge mit den Systembetreibern ab. Erbringt die Kommune die Dienstleistung in Eigenregie, steht dem Wettbewerbsverbot nicht entgegen, dass der Systembetreiber auch direkt die Kommune beauftragt. Vergaberechtlich sind an dieser Stelle jedoch Besonderheiten zu beachten, auf die im Weiteren noch einzugehen sein wird (siehe dazu 5.).

### **3.5 Der verpackungsrechtliche Anspruch auf Mitbenutzung**

Für den Fall, dass sich der Systembetreiber weigert, einer Miterfassung von Verkaufsverpackungen über das kommunale Entsorgungssystem zuzustimmen, könnte vom öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger möglicherweise ein Anspruch gemäß § 6 Abs. 4 Satz 5 VerpackV geltend gemacht werden. Danach „können die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger die Übernahme oder Mitbenutzung der Einrichtungen, die für die Sammlung von Materialien der im Anhang I genannten Art erforderlich sind, gegen ein angemessenes Entgelt verlangen“. Die Auslegung der Vorschrift (siehe auch § 6 Abs. 3 Satz 8 a.F.) steht – bislang allerdings beschränkt auf den Streit um die PPK-Erfassung – seit vielen Jahren zwischen Kommunen und Systembetreibern im Streit. Das gilt zunächst für die Frage, ob es sich insoweit lediglich um eine Leitlinie der Abstimmung [8] oder aber einen ggf. auch gerichtlich einklagbaren Anspruch handelt [9]. Eine hoheitliche Durchsetzung des Verlangens soll nach Ansicht der verwaltungsgerichtlichen Rechtsprechung jedenfalls ausgeschlossen sein [10].

Ferner soll nach einer restriktiven Auffassung ein solcher Anspruch auf „vorhandene Systeme“ beschränkt sein. Gäbe es also vor Einführung einer kommunalen Wertstofftonne bereits ein System zur Erfassung von Verkaufsverpackungen (vgl. „Gelbe Tonne“), würde der vorgenannte Anspruch nicht greifen. Gegen eine solche Auffassung spricht jedoch bereits der Wortlaut der Vorschrift. Auch ist die Rechtsprechung diesem Ansatz – soweit erkennbar – nicht gefolgt. Vielmehr wird die Abstimmung insgesamt nicht als einmaliges Ereignis, sondern als fortdauernder Prozess verstanden, so dass eine Mitbenutzung nicht lediglich einmal verlangt werden kann [11].

Weitere Einwände würden wohl gegen die Erforderlichkeit der Einrichtung geltend gemacht, da im Regelfall bereits ein bestehendes und funktionierendes Erfassungssystem für Verkaufsverpackungen (z.B. „Gelbe Tonne“ bzw. „Gelber Sack“) besteht. Richtigerweise ist jedoch insoweit auf die (abfallwirtschaftliche) Sicht des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers abzustellen, dem einerseits der Anspruch und andererseits das Organisationsermessen zukommt. Nach richtiger Auffassung handelt es sich bei der „Erforderlichkeit“ allenfalls um ein tatbestandliches Korrektiv, das allein betriebswirtschaftlich schlechterdings unsinnige Verlangen ausschließen soll.

Mit Inkrafttreten der 5. Änderungsverordnung steht dem Systembetreiber gemäß § 6 Abs. 4 Satz 6 VerpackV ein korrespondierender Mitbenutzungsanspruch zu. Demnach „können Systembetreiber von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern verlangen, ihnen die Mitbenutzung dieser Einrichtungen gegen ein angemessenes Entgelt zu gestatten“. Zu einer Mitbenutzung kann es nach dem Willen des Verordnungsgebers folglich nur noch dann nicht kommen, wenn beide Beteiligten diese ablehnen. Darüber hinaus ist nach § 6 Abs. 4 Satz 7 VerpackV vorgesehen, dass „die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger im Rahmen der Abstimmung verlangen können, dass stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle gegen ein angemessenes Entgelt erfasst werden“. Folglich steht den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern auch dann ein Anspruch zu, wenn nicht ein eigenes kommunales Wertstoffsystern aufgebaut, sondern das (ggf. bereits vorhandene) Entsorgungssystem eines Systembetreibers mitbenutzt werden soll.

Sämtliche Vorschriften beziehen sich dabei auf ein „angemessenes Entgelt“, das dem Grunde wie der Höhe nach zwischen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern und Systembetreibern (hinsichtlich der PPK-Erfassung) umstritten ist. Selbst wenn die Vorschrift jeweils kein unmittelbaren Rechts- bzw. Zahlungsanspruch vermitteln sollte, hat sie zumindest deklaratorischen Gehalt der Gestalt, das ihr eine Grundentscheidung für die „Kostenlast“ und die Begrenzung ihrer Höhe zu entnehmen ist.

#### **4 Kartellrechtliche Vorgaben**

Unter kartellrechtlichen Aspekten sind zunächst folgende Sachverhalte zu unterscheiden: Obgleich es mittlerweile eine Mehrzahl von Systembetreibern gibt, wird zum einen das aktuelle LVP-Erfassungssystem allein von der DSD GmbH organisiert und vorgehalten. Aufgrund einer entsprechenden kartellrechtlichen Entscheidung der EU-Kommission [12] ist die DSD GmbH ihrerseits verpflichtet worden, ihr System für eine Mitbenutzung durch konkurrierende Systembetreiber zu öffnen. Zum anderen käme es auf der Nachfrageseite des betreffenden Entsorgungsmarktes zu einer Bündelung bzw. zu einer entsprechenden Reduzierung der Marktteilnehmer, würden sich der Systembetreiber und der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger für eine gemeinsame Erfassung der LVP-Fraktion (etc.) entscheiden.

Unterstellt man, dass der von der bisherigen kartellrechtlichen Spruchpraxis identifizierte Markt „Sammlung und Transport von LVP“ im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Erfassungslogistik auch die kommunale Wertstofffraktion mit umfassen würde, ist in Anbetracht der ebenfalls von der kartellrechtlichen Spruchpraxis festgestellten räumlichen Marktabgrenzung, die offensichtlich zu regionalen Märkten tendiert, nicht ausgeschlossen, dass eine gemeinsame Erfassung von kommunalen Wertstoffen und LVP eine unzulässige Nachfragebündelung darstellen würde. Dies ist jedoch im konkreten Einzelfall zu prüfen und lässt sich nicht abstrakt verallgemeinern.

Erbringt dagegen der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger die Erfassung der kommunalen Wertstofffraktion in Eigenregie, ist für seine Leistung kein (Ausschreibungs-)Markt eröffnet. Insoweit hängt es letztlich von dem rechtlichen Gehalt des Mitbenutzungsanspruches nach § 6 Abs. 4 Satz 5 VerpackV ab, ob auf dieser Grundlage eine (dann auch kartellrechtlich zulässige) Mitbenutzung des kommunalen Wertstoffsystems verlangt werden kann. Wäre dies nicht der Fall, bliebe der Kommune zur Zielerreichung nur die (erfolgreiche) Teilnahme am Wettbewerb für die Vergabe der DSD-Leistungen, soweit DSD dort auch eine Erfassung über das kommunale Wertstoffsystem zulässt.

## **5 Vergaberecht**

Gelangt man nach alledem zu einem Modell, das den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger als öffentlichen Auftraggeber zur Ausschreibung verpflichtet, gestaltet sich die weitere vergaberechtliche Umsetzung in der Praxis schwierig. Auf entsprechende Einwände der Kommunen hatte sich das Bundeskartellamt im Streit um die Altpapiererfassung ausführlich geäußert [13]. Als vergaberechtlich zulässiges Modell war dabei auch die ausschließliche Ausschreibung des kommunalen Anteils bewertet worden. Nach einer aktuellen Entscheidung des OLG Rostock (zu einer kommunalen Altpapierausschreibung) [14] soll dies jedoch unzulässig sein. Folgt man dieser Auffassung, wäre der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger also vergaberechtlich verpflichtet, zunächst die Gesamtmenge der mit der kommunalen Wertstofftonne erfassten Abfälle (einschließlich der Verkaufsverpackungen) auszuschreiben, kartellrechtlich im Weiteren jedoch dazu verpflichtet, dem beauftragten Entsorger seinerseits zu gestatten, nach Zuschlagserteilung eigene Verträge mit den Systembetreibern abzuschließen. Damit dies im Ergebnis nicht zu einer wirtschaftlichen Übervorteilung des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers führt, setzt dieses Modell folglich Regelungen bereits in den Verdingungsunterlagen voraus, die eine Anpassung des Leistungsgegenstandes bzw. der vertraglich geschuldeten Vergütung im Fall einer solchen nachträglichen Beauftragung gestattet.

## 6 Fazit

Die Ausführungen verdeutlichen, dass die Einführung einer kommunalen Wertstofftonne jedenfalls dann nicht ohne Weiteres möglich ist, wenn diese zur gezielten Miterfassung von Verkaufsverpackungen eingesetzt werden soll. In diesem Fall sind verpackungs-, kartell- und vergaberechtliche Besonderheiten zu beachten. Dies gilt um so mehr für den Fall, dass eine Miterfassung gegen den erklärten Willen des Systembetreibers erfolgen soll, da hierzu – insbesondere hinsichtlich des verpackungsrechtlichen Mitbenutzungsanspruches – mehrere Rechtsfragen in der Rechtsprechung nicht abschließend geklärt sind.

## 7 Literatur

- [1] Vgl. BVerwG, Urteil vom 25.08.1999, Az.: 7 C 27/98, NVwZ 2000, 71.
- [2] Vgl. bereits BVerwG Urteil vom 27.07.1995, Az.: 7 NB 1.95, BVerwGE 99, 88 (zur vorgehenden Vorschrift); siehe auch VG Frankfurt (Oder), Urteil v. 26.11.2006, Az.: 5 K 1631/02 (zu § 13 KrW-/AbfG).
- [3] Vgl. VG Frankfurt (Oder), Urteil v. 26.11.2006, a.a.O.; wohl auch VG Gießen, Urteil v. 31.01.2001, Az.: 6 E 1972/97.
- [4] Vgl. OLG Köln, Urteil v. 12.06.2007, Az.: 24 U 4/06, Urteilsabschrift S. 21 unter Verweis auf HessVGH, Urteil vom 16. Juli 2003, Az.: 6 UE 3127/01, GewArch 2004, S. 36, 37 und OLG Düsseldorf, Beschluss vom 29.12.2004, Az.: VII (Kart) 17/04 (V).
- [5] Vgl. z.B. § 3 Abs. 2 i.V.m. § 4 Abs. 4 HAKA.
- [6] BVerwG, Urteil vom 15.06.2000, Az.: 3 C 4.00.
- [7] BKartA, Beschluss vom 06.05.2004, Az.: B 10 – 97/02; OLG Düsseldorf, Beschluss vom 29.12.2004, a.a.O.
- [8] So offenbar: VG Köln, Urteil vom 07.08.2008, Az.: 13 K 1058/06 (nicht rechtskräftig).
- [9] Vgl. VG Gießen, Urteil vom 31.01.2001, Az.: 6 E 1972/97.
- [10] Vgl. VG Düsseldorf, Beschluss vom 24.11.2004, Az.: 17 L 3190/04; Urteil vom 21.02.2006, Az.: 17 K 1790/05; OVG Münster, Beschluss vom 05.07.2007, Az.: 20 A 2070/06.
- [11] VG Köln, a.a.O.; s.a. § 6 Abs. 4 Satz 1 VerpackV n.F.
- [12] Vgl. ABl. L 319 vom 04.12.2001, S. 1 ff.
- [13] Vgl. BKartA, Beschluss vom 06.05.2004, a.a.O., Rz. 88 ff.
- [14] Vgl. OLG Rostock, Beschluss vom 06.03.2009, Az.: 17 Verg 1/09.





A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Modellversuche zu alternativen Erfassungssystemen – eine aktuelle Übersicht**

Dr.-Ing. Gabriele Becker  
INFA Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH, Ahlen

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einleitung

Die getrennte Sammlung von Abfällen bzw. Sekundärrohstoffen mit dem Ziel der Verwertung ist seit vielen Jahren ein wesentlicher Baustein der Abfallwirtschaft in Deutschland. Nach etwa 30 Jahren stetiger Intensivierung der getrennten Sammlung werden die etablierten Systeme in den letzten Jahren zunehmend hinterfragt. Dabei werden nicht der Sinn oder die Erfolge der Abfalltrennung vor der Erfassung in der Vergangenheit in Frage gestellt, aber es wird auf Grund der weiter entwickelten Sortiertechnik die Chance gesehen, zukünftig die getrennte Erfassung zu vereinfachen.

Vor diesem Hintergrund werden verschiedene alternative Erfassungssysteme sowohl im Hinblick auf eine Vereinfachung der getrennten Sammlung für die Bürgerinnen und Bürger als auch mit dem Ziel der Gewährleistung einer umfassenden Verwertung sowie auch aus strategischen Gründen diskutiert und teilweise in Modellversuchen getestet. Einige der inzwischen wieder neu diskutierten Systeme stammen bereits aus den 80er Jahren und wurden in einzelnen Regionen als etabliertes Sammelssystem beibehalten.

Auf Grund der Vielzahl an Systemvarianten und v. a. an Systembezeichnungen soll nachfolgend ein aktueller Überblick über die derzeit diskutierten Systeme sowie deren Umsetzung gegeben werden, wobei eine Einteilung in "Systemgruppen" nach den jeweils erfassten Fraktionen vorgenommen wird:

- Wertstofftonne (ohne PPK) / Gelbe Tonne<sup>plus</sup>
- Wertstofftonne (mit PPK) / Grüne Tonne plus
- Nasse + Trockene Tonne
- SiB (Sack im Behälter)
- GiG / Zebratonne.

## 2 Systeme und Modellversuche

Die ersten beiden Systemgruppen fassen die unter den Begriffen "Wertstofftonne", "Trockene Wertstofftonne", "Gelbe Tonne<sup>plus</sup>" oder auch "Grüne Tonne plus" bezeichneten Systeme zusammen, wobei eine Differenzierung hinsichtlich der Miterfassung von Altpapier (PPK) vorgenommen wird.

Die "Wertstofftonne" ohne PPK, auch als "Gelbe Tonne<sup>plus</sup>" bezeichnet, beinhaltet die Erweiterung des Systems für Leichtverpackungen (LVP) durch Miterfassung von stoffgleichen Nichtverpackungen, Elektrokleingeräten, z. T. auch Holz (Tab. 1). Hierzu werden derzeit Pilotversuche in Leipzig und Berlin ("Gelbe Tonne<sup>plus</sup>") sowie Hamburg ("Hamburger Wertstofftonne") durchgeführt. Nach ersten veröffentlichten Ergebnissen stieg die Menge der erfassten Wertstoffe in Leipzig und Berlin um

ca. 7 kg/(E\*a) an [Langen et al. 2008], für Hamburg wird eine Mehrmenge von 5-7 kg/(E\*a) prognostiziert [Schneider 2009]. Bei der anschließenden Sortierung ist die Ausschleusung der stoffgleichen Nichtverpackungen mit der in den bestehenden LVP-Sortieranlagen vorhandenen Technik möglich, wobei sich der Betrieb u. U. auf ein etwas verändertes Stoffspektrum einstellen muss. Für die Aussortierung von Holz und v. a. Elektrokleingeräten ist i. d. R. eine Zusatzausstattung erforderlich. Letztere wurde im Pilotprojekt in Leipzig erstmals in der Sortieranlage getestet.

Tabelle 1: System "Wertstofftonne" (ohne PPK) / "Gelbe Tonne<sup>plus</sup>"

<b>System "Wertstofftonne" (ohne PPK) / "Gelbe Tonne<sup>plus</sup>"</b>			
<b>Systembeschreibung:</b>	<i>Gemeinsame Erfassung von:</i> <b>Leichtverpackungen (LVP)</b> <b>stoffgleichen Nichtverpackungen (NVP)</b> <b>ggf. weiteren Fraktionen</b>		
<b>Erfasste Fraktionen</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Region / Beteiligte</b>	<b>Status</b>
LVP + NVP + Elektrokleingeräte	Gelbe Tonne <sup>plus</sup>	Leipzig (ALBA, Stadt Leipzig, DSD)	System seit 2004 zunächst als Pilotprojekt stadtweit eingeführt
LVP + NVP + Elektrokleingeräte + Holz	Gelbe Tonne <sup>plus</sup>	Berlin (ALBA)	seit 2004 Pilotprojekt mit Wohnungsgesellschaften; als gewerbliche Sammlung
LVP + NVP + Elektrokleingeräte (z. T. + Holz)	Hamburger Wertstofftonne	Hamburg (SRH)	Modellversuch seit 2006, läuft noch

Bei der Miterfassung von PPK in einer Wertstofftonne (Tab. 2) ist ebenfalls eine angepasste Sortiertechnologie erforderlich. Dieses System wird seit den 80er/90er Jahren als "Grüne Tonne plus" z.B. im Rhein-Neckar-Kreis oder im LK Karlsruhe sowie als "Wertstofftonne" in der Stadt Karlsruhe (hier zzgl. Holz) praktiziert. Die ursprüngliche Miterfassung von Altglas in der "Grüne Tonne plus" wurde auf Grund einer Beeinträchtigung der übrigen Wertstoffe durch Glasbruch wieder eingestellt. Dieses System wird v. a. von den Papierverbänden kritisch hinsichtlich den Akzeptanz und Verwertung des mit dem übrigen Wertstoffgemisch erfassten Altpapiers gesehen.

Tabelle 2: System "Wertstofftonne" (mit PPK)

<b>System "Wertstofftonne" mit PPK</b>			
<b>Systembeschreibung:</b>	<i>Gemeinsame Erfassung von:</i> <b>Leichtverpackungen (LVP)</b> <b>stoffgleichen Nichtverpackungen (NVP)</b> <b>Altpapier (PPK)</b> <b>ggf. weiteren Fraktionen</b>		
<b>Erfasste Fraktionen</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Region</b>	<b>Status</b>
LVP + NVP + PPK	Grüne Tonne plus	z. B. Rhein-Neckar-Kreis	Etabliertes System seit 1995 (von 1986-1995 zzgl. Glas)
LVP + NVP + PPK + Holz	Wertstofftonne	Stadt Karlsruhe	Etabliertes System seit 1989
LVP + NVP + PPK		Simulation	Sortierversuche im Rahmen des MUNLV-Projekts (2004)

Ein anderes Trennkriterium für den Bürger wird im Rahmen eines Modellversuchs in einem Versuchsgebiet in Kassel getestet. Die im bestehenden System getrennt erfassten drei Fraktionen LVP, Bioabfall und Restabfall sollen auf zwei Fraktionen "Nasse Abfälle" und "Trockene Abfälle" (ohne PPK) eingegrenzt werden (Tab. 3). Die trockenen Abfälle werden anschließend sortiert und verwertet, die nassen Abfälle werden zunächst zur Energiegewinnung in einer Biogasanlage vergoren, der Gärrest geht anschließend in das MHKW Kassel.

Tabelle 3: System "Nasse + Trockene Tonne"

<b>System "Nasse + Trockene Tonne"</b>			
<b>Systembeschreibung:</b>	<i>Trennung nach</i> <b>"nassen" und "trockenen" Abfällen</b>		
<b>Erfasste Fraktionen</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Region / Beteiligte</b>	<b>Status</b>
"Nasse Abfälle" (inkl. Bio) "Trockene Abfälle" (z. Z. ohne Verpackungen)	"Nasse / Trockene Tonne"	Kassel (Stadtreiniger Kassel)	Versuch seit 2008

Eine Reduzierung der Behälteranzahl bei gleichzeitiger Beibehaltung der getrennten Erfassung wird im System "Sack im Behälter (SiB)" erreicht (Tab. 4). Verschiedene Fraktionen werden in verschieden farbigen Säcken in einem Behälter erfasst und gemeinsam abgefahren. Die Säcke werden anschließend nach der Sackfarbe sortiert und die verschiedenen Fraktionen werden den entsprechenden Entsorgungswegen zugeführt. Modellversuche zu diesem System wurden in Iserlohn in 2003 zunächst in kleinerem Maßstab und seit Anfang 2007 in einem größeren Versuchsgebiet durchgeführt.

Tabelle 4: System "Sack im Behälter" (SiB)

<b>System "Sack im Behälter" (SiB)</b>		
<b>Systembeschreibung:</b>	<b>Getrennte Sammlung verschiedener Fraktionen in verschiedenfarbigen Säcken Erfassung und Abfuhr in einem Behälter</b>	
<b>Erfasste Fraktionen</b>	<b>Region / Beteiligte</b>	<b>Status</b>
LVP (gelber Sack) PPK (blauer Sack) Restabfall (grauer Sack)	Iserlohn (ZfA, LOBBE)	Modellversuch 2003 (ca. 1.200 E)
		Modellversuch seit Anfang 2007 (ca. 10.000 E)

Als wesentliche Ergebnisse des Modellversuchs lassen sich folgende Effekte darstellen [Nüdling 2009]:

- höhere Sortenreinheit beim LVP
- Effizienzsteigerung bei Sammlung und Transport
- hohe Systemakzeptanz bei den Nutzern.

Für eine wirtschaftliche Durchführung ist primär die Reduzierung der Sackkosten (Anschaffung, Verteilung) und die Verteilung des Kostenblocks auf mehrere Systemträger erforderlich. Um hier weiteres Einsparpotenzial zu identifizieren und eine abschließende Bewertung der Wirtschaftlichkeit vornehmen zu können, wird der Versuch in 2009 in einem kleineren Versuchsgebiet in Iserlohn weitergeführt.

Vor dem Hintergrund der verbesserten Sortiertechniken und mit dem Ziel der Abschöpfung der auch bei getrennter Sammlung im Restabfall nachweislich noch enthaltenen Wertstoffpotenziale wurde auch eine gemeinsame Erfassung und Sortierung von LVP und Restabfall ("GiG" oder "Zebratonne") in verschiedenen Modellversuchen getestet (Tab. 5). Den Beginn dieser Untersuchungen stellte ein Sortierversuch von RWE mit Restabfall dar. In allen weiteren Versuchen wurde das Abfallgemisch eingesetzt, wobei beide Fraktionen weiterhin im Gebiet getrennt erfasst und erst vor der Sortierung vermischt wurden. Ein "Echtversuch" mit einer Systemumstellung in einem Versuchsgebiet wurde bislang nicht umgesetzt.

Tabelle 5: System "GiG" / "Zebratonne"

System "GiG" / "Zebratonne"			
Systembeschreibung:	Gemeinsame Erfassung von: Restabfall Leichtverpackungen (LVP)		
Abfallart	Versuchs- ansatz	Beteiligte	Status
Restabfall	Versuch mit Restabfall	RWE (Abfall aus LK/ Stadt Neuss)	Sortierversuch als Vorversuch zu GiG, 2003 (750 Mg)
Restabfall + LVP  bislang kein "Echtversuch"	Simulation durch Mischung	RWE (Abfall aus LK Neuss)	Sortierversuch 2003 (1.700 Mg)
		AWM, Borchers, Ents. Herne, Schönackers, Stratmann	Sortierversuche im Rahmen des MUNLV-Projekts 2004 (60-250 Mg)
Sortierung nach Trocknung			
Restabfall + LVP	Simulation durch Mischung	Umweltministerium Rheinland-Pfalz, DSD, Herhof (WW, Trier)	Sortierversuch 2004 (200 Mg)
Restabfall	Versuch mit Restabfall	ZV RegAb (Region Trier)	Großversuch zur Sortierung von getrocknetem Hausmüll geplant

Im Rahmen einer Studie für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW wurde dieses System von den Autoren gemeinsam mit dem ifeu-Institut (Heidelberg) aus ökologischer und ökonomischer Sicht bewertet [MUNLV 2005]. Parallel wurden von verschiedenen Entsorgern Sortierversuche mit dem Abfallgemisch durchgeführt. Diese Betrachtungen haben gezeigt, dass keine pauschale Bewertung des Systems möglich ist, da verschiedene örtliche Randbedingungen Einfluss auf die Ergebnisse haben. So ergaben sich Kostendifferenzen im Vergleich zur getrennten Erfassung von Restabfall und LVP zwischen 5 und 6 €/E\*a), die je nach örtlichen Randbedingungen als Einsparungen und als Mehrkosten anfallen können. Eindeutige ökologische Vorteile konnten ebenfalls nicht festgestellt werden. Darüber hinaus blieben viele Fragen unbeantwortet, wie die stoffliche Verwertbarkeit der Kunststoffe und Verbunde, die Marktakzeptanz der Produkte sowie die möglichen Auswirkungen auf das sonstige Trennverhalten der Bürger. Darüber hinaus wären noch viele Aspekte zu den rechtlichen Randbedingungen (VerpackV, Produktverantwortung, Zuständigkeit, Kartellrecht) sowie den finanziellen Regelungen (örE, Entsorger, Duale Systeme, Gebühren) zu klären.

Etwa zeitgleich zu den damaligen MUNLV-Untersuchungen wurden Sortierversuche mit einem trockenstabilisierten Gemisch aus Restabfall und LVP (ebenfalls bei getrennter Erfassung und mit zwei Chargen à 100 Mg) in der LVP-Sortieranlage in Trier durchgeführt. Ein Sortierversuch mit getrocknetem Siedlungsabfall in größerem Maßstab (30.000 Mg/a) ist in 2009 in der MBT Mertesdorf geplant [Monzel 2009].

### 3 Ausblick

Die dargestellten weiterführenden Erfassungssysteme dienen der Verbesserung der Wertstofffassung durch eine vermehrte Abschöpfung aus Restmüll und/oder eine erhöhte Wertstoffqualität, wobei die Bürger möglichst entlastet werden sollen. In den Fällen einer gemischten Erfassung insbesondere mit Hausmüll ist dabei die Qualität und Verwertbarkeit der Wertstoffe noch umstritten. Große Hemmnisse bestehen bei einigen Systemen darüber hinaus im juristischen und gebührenrechtlichen Bereich sowie der Zuständigkeit. Grundsätzlich sind bei allen Überlegungen zu alternativen Erfassungssystemen folgende Aspekte zu bedenken und hinsichtlich der Auswirkungen regional zu prüfen:

- Stoffströme / Abfallmengen
- Logistik (Behältervolumen, Abfuhrintervall etc.)
- technische Machbarkeit und Ausstattung zur Wertstoffausschleusung
- Qualität und Verwertbarkeit der Wertstoffe
- ökologische Auswirkungen
- Akzeptanz
- rechtliche Aspekte (VerpackV, Produktverantwortung, Kartellrecht)
- Kosten (Wirtschaftlichkeit, Kostenverteilung, Gebühren)
- Zuständigkeiten (öRE, Duale Systeme, Entsorger)
- strategische Aspekte
- örtliche Randbedingungen.

### 4 Literatur

- Langen, M., Weber, H., Sabrowski, R., Oetjen-Dehne, R.: Erfahrungen mit dem System gelbe Tonneplus in der Stadt Leipzig und dem Land Berlin. Müll u. Abfall 5/08, 236 ff
- Schneider, I.: Erfahrungen mit der Hamburger Wertstofftonne. In: Flamme et al. (Hrsg.): 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 13, Münster, 2009
- Nüdling, H.: "Sack im Behälter" – das zukunftsweisende Entsorgungssystem. In: Flamme et al. (Hrsg.): 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 13, Münster, 2009
- MUNLV, ifeu, INFA: Ökologische und ökonomische Bewertung von Sammelsystemen für Haushaltsabfälle in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 2005
- Monzel, M.-G.: Nachsortierung getrockneter Siedlungsabfälle – Brennstoff und/oder Wertstoff? In: Flamme et al. (Hrsg.): 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 13, Münster, 2009





A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus in Leipzig und Berlin**

Dipl.-Ing. Rüdiger Oetjen-Dehne  
Oetjen-Dehne & Partner Umwelt- und Energie-Consult GmbH, Berlin

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Einführung**

In einer Phase, in der die gesamte Entsorgungswirtschaft Wertstoffe zu oft nicht mehr kostendeckenden Erlösen erfasst, mutet es auf den ersten Blick gewagt an, über die Möglichkeiten zur Steigerung der Wertstoffeffassung zu berichten. Trotz der momentanen Weltwirtschaftssituation, die sich auch auf die Entsorgungswirtschaft massiv auswirkt, hat sich aber eines nicht geändert: die Rohstoffsituation ist mittel- und langfristig von Knappheit geprägt. Damit ist auch der Wandel von der Entsorgungs- zur Versorgungswirtschaft bzw. zur Ressourcenwirtschaft weiterhin richtig.

Im Folgenden wird über ausgewählte Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus berichtet. Gelbe Tonne plus ist ein Systemansatz, bei dem der bisherige Stoffgruppenkatalog für das System Gelbe Tonne der „Der Grüne Punkt Duales System Deutschland GmbH“ (DSD) um stoffgleiche Wertstoffe, Holz und Elektrokleingeräte erweitert wird. Die so eingesammelte Wertstoffmischung aus Verpackungen, stoffgleichen Nicht-Verpackungsabfällen und Elektrokleingeräten kann über die gleichen Trennstufen wie die bisherigen Verpackungsgemische sortiert werden und die gleichen Verwertungswege durchlaufen. Ziel des Sammelsystems ist also eine Effizienzsteigerung, die sich u.a. in der Erhöhung der Verwertungsquoten ausdrückt. Die zu diesem Systemansatz bereits vorliegenden grundlegenden Veröffentlichungen von Hasucha (2007) und Langen et al. (2008) werden nachfolgend aktualisiert und ergänzt.

## **2 Ziele des Sammelsystems Gelbe Tonne plus**

Restmüllanalysen bestätigen immer wieder, dass ein erheblicher Anteil der von Haushalten „produzierten“ trockenen Wertstoffe nicht getrennt erfasst, sondern der Beseitigung zugeführt werden.

So entfielen beispielsweise in Leipzig, einer Stadt mit einem niedrigen Restmüllaufkommen von nur 133 kg/E\*a, im Jahr 2003/2004 noch 16 Gew.-% des Restmülls auf Verpackungen sowie weitere 10 Gew.-% auf stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle und sonstige Wertstoffe (u.a. Textilien). Auf den Einwohner bezogen sind es in Leipzig rund 34 kg/E\*a. In Berlin mit seinem deutlich höheren Restmüllaufkommen sind in Summe noch ca. 42 Gew.-% bzw. ca. 110 kg/E\*a trockener Wertstoffe im Restmüll, die der Ressourcenwirtschaft verloren gehen.

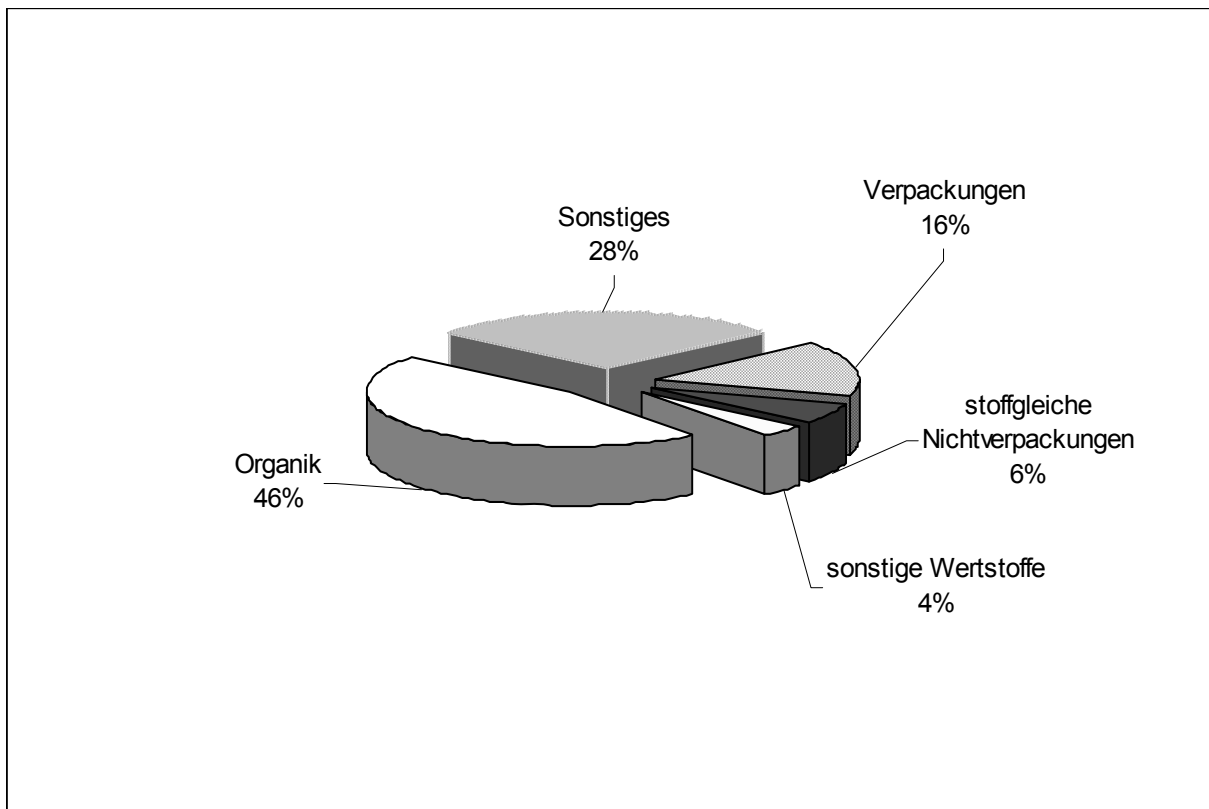


Bild 1: Restabfallzusammensetzung in Leipzig 2003/2004

Die Gründe für die unbefriedigende Wertstoffabschöpfung mittels Systemen zur Getrenntsammlung sind vielschichtig und reichen von sozio-ökonomischen Faktoren über wirtschaftliche Gründe bis hin zur benutzerunfreundlichen Ausgestaltung der Getrenntsammlersysteme.

Letzteres zu verbessern und damit auch die Wertstoffabschöpfung zu optimieren, ist ein wesentlicher Aspekt bei der Einführung des Sammel systems Gelbe Tonne plus und vergleichbarer Sammel systems mit anderen Bezeichnungen. Grundgedanke ist es, sogenannte stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle (also insbesondere Metalle (Töpfe, Pfannen etc.), Holz (u.a. Leisten, Spielzeug), Kunststoffe (wie Blumentöpfe, Schüsseln)) sowie unzerstörte Elektrokleingeräte gezielt mit dem bereits vorhandenen privatwirtschaftlichen Sammel system für Verpackungsabfälle zu erfassen und das Wertstoffgemisch einer hochwertigen Verwertung zuzuführen.

### 3 Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung der Pilotversuche

Ob es gelingt, durch die bürgerfreundliche Vereinfachung der Getrennthaltung und die Öffnung für weitere Stoffgruppen mehr Wertstoffe als im herkömmlichen Sammel system zu erfassen und nach Möglichkeit auch stofflich zu verwerten, wurde erstmals in zwei wissenschaftlich begleiteten Pilotversuchen in Leipzig und Berlin analysiert.

### 3.1 Randbedingungen

Das Sammelsystem wurde in der Stadt Leipzig flächendeckend ab September 2004 und im Land Berlin ab Oktober 2004 auf freiwilliger Basis bei Wohnungsgesellschaften mit Geschosswohnungsbauten erprobt. Die Entsorgungsgebiete weisen erhebliche strukturelle Unterschiede auf (vgl. Tabelle 1), die bei der Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Tabelle 1: Wesentliche Randbedingungen der Versuchsgebiete

	<b>Pilotversuch Stadt Leipzig</b>	<b>Pilotgebiet Berlin (Geschosswohnungsbauten)</b>
Systemträger	Stadt Leipzig (öRE), Duales System Deutschland GmbH, ALBA Leipzig GmbH	ALBA Consulting (gewerbliche Sammlung nach § 13 Abs. 2 KrW-/AbfG), Versuchsphase in Zusammenarbeit mit Senatsverwaltung und BSR
Abfuhr Restabfall	Der Kunde entscheidet über die Behälterbereitstellung und damit über die Kosten.	Die Abfuhr erfolgt regelmäßig.
Bisheriges LVP-Sammelsystem	Holsystem ca. 95 % der Einwohner über Behältersystem, ca. 5 % der Einwohner Sacksammelsystem	Holsystem im Pilotgebiet nur Behältersystem (Im Land Berlin ca. 13,4 % der Einwohner über Sacksammelsystem.)
Änderungen am System bei Einführung Gelbe Tonne plus	Keine Änderung beim Behältersystem oder beim Sammelrhythmus	Änderung der bereitgestellten Volumina für Restmüll (Reduzierung) und Gelbe Tonne plus (Erhöhung)
Angeschlossene Einwohner	ca. 411.000 Einwohner	ca. 9.400 Einwohner während des Pilotversuches
Erfassungsmenge LVP vor Systemeinführung	29,8 kg/E*a (Durchschnittswert 2003)	15,6 kg/E*a (September 2004)
Resthausmüllmenge vor Systemeinführung	133 kg/E*a (Durchschnittswert 2003) bzw. 147,3 kg/E*a in Großwohnanlagen mit Zentralheizung und 1,1 m³ MGB	264 kg/E*a (September 2004)

Da das Sammelsystem in Berlin als gewerbliche Sammlung eingeführt wird und sich, wie schon das 1975 eingeführte „Berliner Modell“ zur (Glas-) und Papiererfassung (Scheffold 1984), über eingesparte Leistungen der Restmüllabfuhr finanziert, war der Aufwand bei der Systemumstellung spezifisch größer als in Leipzig. Vorgegangen wurde in Berlin wie folgt:

- standortscharfe Aufnahme der bereitgestellten Behältervolumina für alle Fraktionen,

- mehrsprachige schriftliche Information der Mieter im Vorfeld der Systemeinführung,
- erstmalige Anpassung der Behältervolumina für Gelbe Tonne plus (Erhöhung) und Restmüll (Reduzierung) nach Erfahrungswerten in Abstimmung mit den BSR durch Änderung der Behältergrößen und Abfuhrhythmen,
- Kennzeichnung der Sammelbehälter für Gelbe Tonne plus (Aufkleber),
- Kontrolle der Behälterstandorte nach Systemeinführung auf Vermüllung sowie
- ggf. zweite Anpassung der bereitgestellten Behältervolumina und erneute Öffentlichkeitsarbeit.

### 3.2 Wesentliche Ergebnisse der Pilotphase

Obwohl in Leipzig die vor der Systemumstellung erfasste LVP-Menge im Vergleich zum Berliner Pilotgebiet bereits hoch und die Restabfallmenge in Leipzig, also auch das zusätzlich aktivierbare Wertstoffpotential, entsprechend geringer war, konnte die getrennt erfasste Sammelmenge in beiden Pilotgebieten um ca. 7,0 bzw. 7,2 kg/E\*a gesteigert werden. Da in Berliner Geschosswohnungsbauten weniger LVP als im Durchschnitt aller Gebietsstrukturen Leipzigs erfasst werden, fällt die relative Mengenzunahme in Berlin mit 46 % deutlich höher als in Leipzig aus.

Die aggregierte Zusammensetzung der Gelben Tonne plus ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Inhalte der Gelben Tonne plus

<b>Fraktion</b>	<b>Einheit</b>	<b>Pilotversuch Stadt Leipzig (flächendeckend im Sam- melgebiet „Behälter“, ohne Sacksammlung)</b>	<b>Pilotversuch Berlin (nur Geschoss- wohnungsbauten)</b>
Leichtverpackungen	kg/E*a	16,4	8,8
stoffgleiche Nicht- Verpackungsabfälle	kg/E*a	7,2	4,8
PPK	kg/E*a	2,3	3,5
Elektroaltgeräte	kg/E*a	0,8	1,2
Sonstige Stoffe / Rest	kg/E*a	8,1	4,5
<i>Summe</i>	<i>kg/E*a</i>	<i>34,8</i>	<i>22,8</i>
Zunahme der Erfas- sungsmenge	kg/E*a	7,0	7,2
	Ma.-%	24,0	46,0

Der Anteil stoffgleicher Nicht-Verpackungsabfälle an der Sammelmenge Gelbe Tonne plus liegt in beiden Pilotgebieten bei ca. 21 Ma.-% bezogen auf die Gesamtmenge; die absolute einwohnerspezifische Sammelmenge der Nicht-Verpackungsabfälle steigt also offenbar proportional zur Gesamtmenge bzw. zum Erfassungsgrad an.

Hervorzuheben ist dabei, dass das optimierte Sammelsystem nicht zu einer Vermüllung der Sammelgefäße durch bewusste oder irrtümliche Fehlwürfe geführt hat. Der einwohnerspezifische Anteil der Fraktion „sonstigen Stoffe/ Rest“ ist in beiden Gebieten vielmehr etwa gleichgeblieben bzw. prozentual in Berlin sogar gesunken. Die Erleichterungen bei der Getrennthaltung haben also keinen Missbrauch der Gelben Tonne plus gefördert. Stattdessen wurden, wie bezweckt, mehr trockene Wertstoffe für die nachfolgende Aufbereitung bereitgestellt.

Um die Berliner Ergebnisse abzusichern, wurde 2005 eine zusätzliche Analysenkampagne im Sommer, diesmal bei mittlerweile 58.064 an das Sammelsystem Gelbe Tonne plus angeschlossenen Einwohnern sowie bei einem repräsentativ ausgewählten Vergleichsgebiet gleichen Umfangs (Geschosswohnungsbau), durchgeführt. Die Stichprobe beinhaltete ca. 82 Mg Material aus der Gelben Tonne plus und ca. 61 Mg Material aus der Standardsammlung LVP, die getrennt auf der automatischen Sortieranlage der ALBA Recycling GmbH verarbeitet und bilanziert wurden. Die Untersuchungen bestätigten im Wesentlichen die Ergebnisse aus dem kurzen und kleinräumigeren Pilotversuch. Die zusätzliche Erfassungsmenge lag zwischen 6 und 7 kg/E\*a, der Anteil der Stoffgruppe „sonstige Stoffe / Rest“ im Sammelsystem Gelbe Tonne plus lag mit ca. 15 Gew.-% der Gesamtmenge unter dem Wert vom Dezember 2004 (ca. 19,7 Gew. %).

Selbst wenn zentrale Müllabwurfanlagen anstatt für Restmüll für Materialien der Gelben Tonne plus genutzt werden, ergibt sich kein anderes Bild, wie eine Stichprobenanalyse im Dezember 2005 zeigte. Da die Fraktion „sonstige Stoffe / Rest“ vor allem aus sonstigen Verbunden, Hygieneprodukten, Altschuhen und Organik besteht, weist diese Fraktion ein höheres spezifisches Gewicht als die systemkonformen Bestandteile auf. Dadurch entfallen nur rund 3 Vol.-% auf diese Fraktion.

Je nach Restabfallmenge bedeutet eine zusätzlichen Erfassung von 6 - 8 kg/E\*a über das Sammelsystem Gelbe Tonne plus eine Restabfallreduzierung zwischen 3 und 6 Gew.-%. In qualitativer Hinsicht werden dem Restabfall insbesondere trockene Kunststoffe und Metalle entzogen. Ob diese quantitativen und qualitativen Veränderungen des Restabfalls dazu führen, dass der Restabfall dann als „Nassabfall“ effizienter als der „übliche“ Restmüll anaerob behandelt werden kann, werden die entsprechenden Untersuchungen in der Stadt Kassel zeigen. Interessant wird es auch sein, diese Ergebnisse mit älteren Untersuchungen zur getrennten Erfassung und Aufbereitung von trockenen Wertstoffen und Nassmüll abzugleichen (z.B. [Bauer 1989; Oetjen & Becker 1989]).

Abschließend sei noch mal betont, dass der positive abfallwirtschaftliche Effekt des Systems Gelbe Tonne plus nur zu erreichen ist, wenn die Haushalte bei der System-einführung intensiv und gezielt betreut werden und auch danach noch kontinuierliche Standplatzbetreuungen durchgeführt werden. Die getrennte Erfassung lebt von der

Mitwirkungsbereitschaft der Haushalte, die nicht nur einmal initiiert, sondern regelmäßig aufrechterhalten werden muss.

### **3.3 Qualität der erzeugten Wertstoffe**

Die mit dem System Gelbe Tonne plus erfassten Wertstoffgemische werden zusammen mit konventionell gesammeltem LVP auf automatischen Sortieranlagen der ALBA-Gruppe in Berlin und Leipzig verarbeitet. Ein hervorzuhebendes Merkmal dieser Sortieranlagen ist die automatische Sortierung der Kunststoffe nach Kunststoffarten (Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Polystyrol (PS)).

Im Rahmen der vorgenannten Pilotphasen wurde die Sammelware Gelbe Tonne plus zu Bilanzierungszwecken separat verarbeitet und die Wertstoffausbeute und Reinheit mittels umfangreicher Anlagenbilanzierungen (Analysenumfang: 46 unterschiedliche Stoffgruppen über alle Outputfraktionen der Sortieranlagen) analysiert.

Die Produktreinheiten, gemessen nach den Produktspezifikationen der DSD-GmbH, lagen zwischen 90,5 % (Faltschachtelkartons) und 97,6 % (PE) und lassen, wie auch die Ausbringraten, keinen Unterschied zur konventionellen LVP-Sammlung erkennen. Eine flexible Anlagenkonfiguration ermöglicht es im übrigen den Anlagenbetreibern, die technisch bedingten Materialverluste bei der Kunststoffartentrennung absatzorientiert durch automatische NIR-Nachsortierung zu begrenzen und das Kunststoffartenausbringen von 65 - 70 % nochmals zu steigern (vgl. [Langen et al. 2008]). Die bei der Sortierung erzeugten Produktfraktionen werden im Übrigen vollständig stofflich und energetisch verwertet, Abfälle zur Beseitigung fallen bei der LVP-Sortierung somit nicht an.

## **4 Entwicklung seit 2005**

Durch die positiven Ergebnisse der Pilotversuche wurde das Erfassungssystem Gelbe Tonne plus in Leipzig flächendeckend beibehalten und ist dort seit 2007 im Regelbetrieb. In Berlin ist das Sammelsystem Gelbe Tonne plus nach Angaben der Betreiber [Hasucha 2008] mittlerweile bei insgesamt ca. 369.000 Wohneinheiten bzw. ca. 740.000 Einwohnern (Stand Dezember 2008) eingeführt, dies entspricht ca. 19,5 % der Einwohner Berlins.

Um den Einfluss des Sammelsystems Gelbe Tonne plus in den beiden Städten zu verdeutlichen, zeigt Bild 2 für beide Entsorgungsgebiete die Entwicklung der getrennt erfassten Verpackungen zwischen 2000 und 2007.

Die einwohnerspezifischen Erfassungsmengen sind in beiden Sammelgebieten zwischen 2000 und 2002 annähernd konstant gewesen und dann bis zum Jahr 2004 um ca. 20 % (Leipzig) bzw. ca. 27 % (Berlin) zurückgegangen. In diesem Zeitraum war bundesweit der private Endverbrauch an Leichtverpackungen (ohne Pfandmengen) nach Untersuchungen der GVM um ca. 7,3 Gew.-% rückläufig, die in Verkehr gebrachte Lizenzmenge sank um ca. 18 Gew.-% (von ca. 19,5 kg/E\*a auf ca. 16 kg/E\*a im Jahr 2004). Dies hat offenbar auch Auswirkungen auf die Erfassungsmengen gehabt.

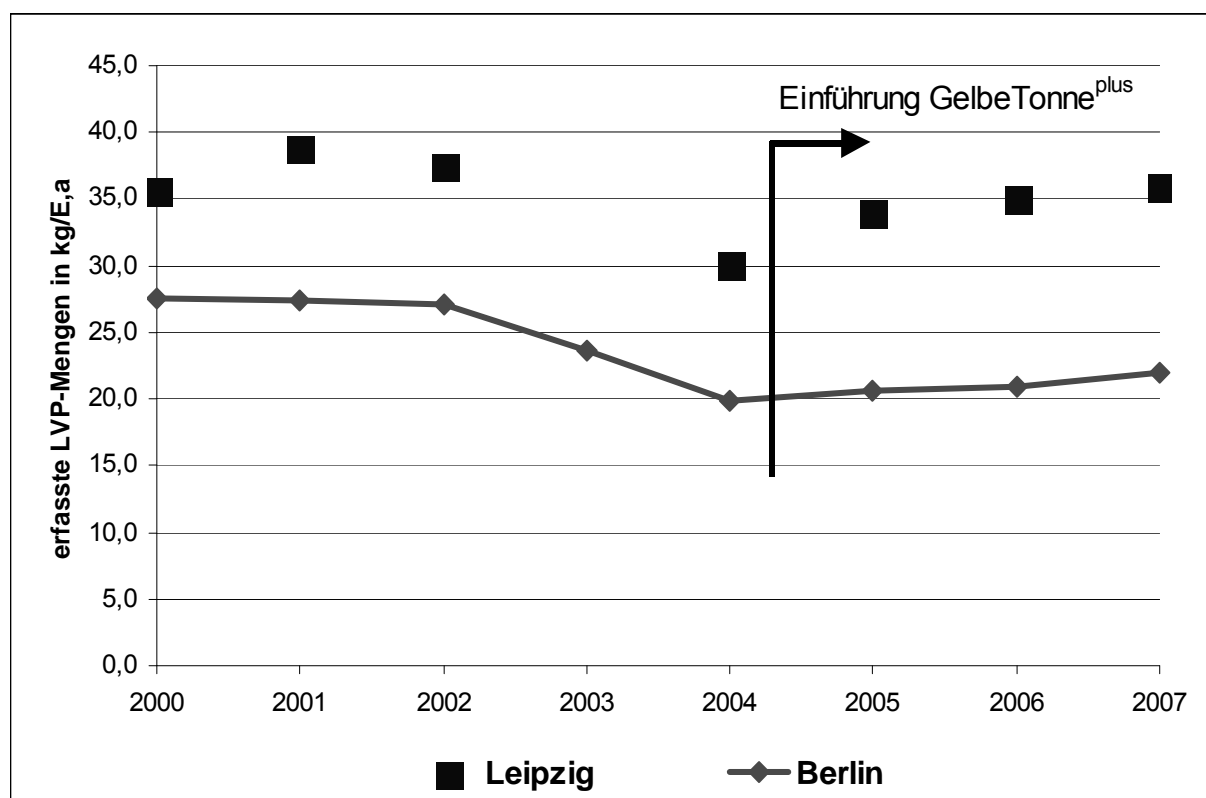


Bild 2: Einwohnerspezifische Erfassungsmengen für LVP in Leipzig und Berlin

Die Einführung des Systems Gelbe Tonne plus hat ab 2005 zu einem Anstieg der Erfassungsmengen geführt, was in Leipzig wegen der weitgehenden Flächendeckung deutlicher ausfällt als in Berlin. In beiden Gebieten sind jedoch die Erfassungsmengen des Jahres 2001 bzw. 2002 bislang nicht wieder erreicht worden. Die sich aus der Verpackungsverordnung ergebenden Verwertungsquoten wurden in beiden Gebieten aber durchgängig erfüllt.

In Berlin wurden im Jahr 2008 rund 4.450 Mg stoffgleiche Nichtverpackungen, Holz und Elektrokleingeräte zusätzlich getrennt erfasst und verwertet. Erste Annahmen, in Berlin könne dem Restmüll zur Beseitigung durch den erweiterten Sortierkatalog der Gelben Tonne plus zwischen 10.000 - 30.000 Mg, durch Auffrischung der Trennbereitschaft weitere 5.000 - 10.000 Mg und durch Fehlwürfe 5.000 Mg entzogen werden (vgl. [Michalski 2005]), haben sich also bei weitem nicht bestätigt. Auch die geplante weitere Systemeinführung wird diesen Mengeneffekt nicht verursachen, es



sei denn, es würden gezielt die abfallwirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen zur Förderung der getrennten Wertstoffeffassung grundlegend geändert. Angesichts eines Restmüllaufkommens der Haushalte in Höhe von ca. 260 kg/E\*a im Land Berlin (Stand 2007) wäre dies zumindest wünschenswert.

Welche Effekte eine breitere Einführung der Miterfassung stoffgleicher Nicht-Verpackungsabfälle auf die Abfallwirtschaft der Bundesrepublik hätte, lässt sich mit den vorhandenen Informationen allenfalls ansatzweise beurteilen. Verglichen mit anderen Großstädten (Stand 2007) wird zunächst deutlich, dass die einwohnerspezifischen LVP-Sammelmenen zwischen 5,1 kg/E\*a (München, Bringsystem), 15,6 kg/E\*a (Hamburg, Holsystem) und 43,2 kg/E\*a (Köln, Holsystem) ohnehin stark schwanken können.

Auch die Mengenentwicklung zur LVP-Sammlung in den Jahren 2005 bis 2007 auf Länderebene (vgl. Bild 3) zeigt, dass es keinen einheitlichen zeitabhängigen Trend gibt; Zunahmen in einigen Ländern stehen Rückgänge in anderen Bundesländern gegenüber, ohne dass dies auf optimierte Sammelsysteme zurückzuführen ist. Die Ursachen dieser Mengenschwankungen sind nach unserer Einschätzung in erster Linie bei den angebotenen Erfassungssystemen (Hol- oder Bringsystem) und den jeweiligen abfallwirtschaftlichen Grundstrukturen (z.B. Gebührensystem Restabfall) zu suchen.

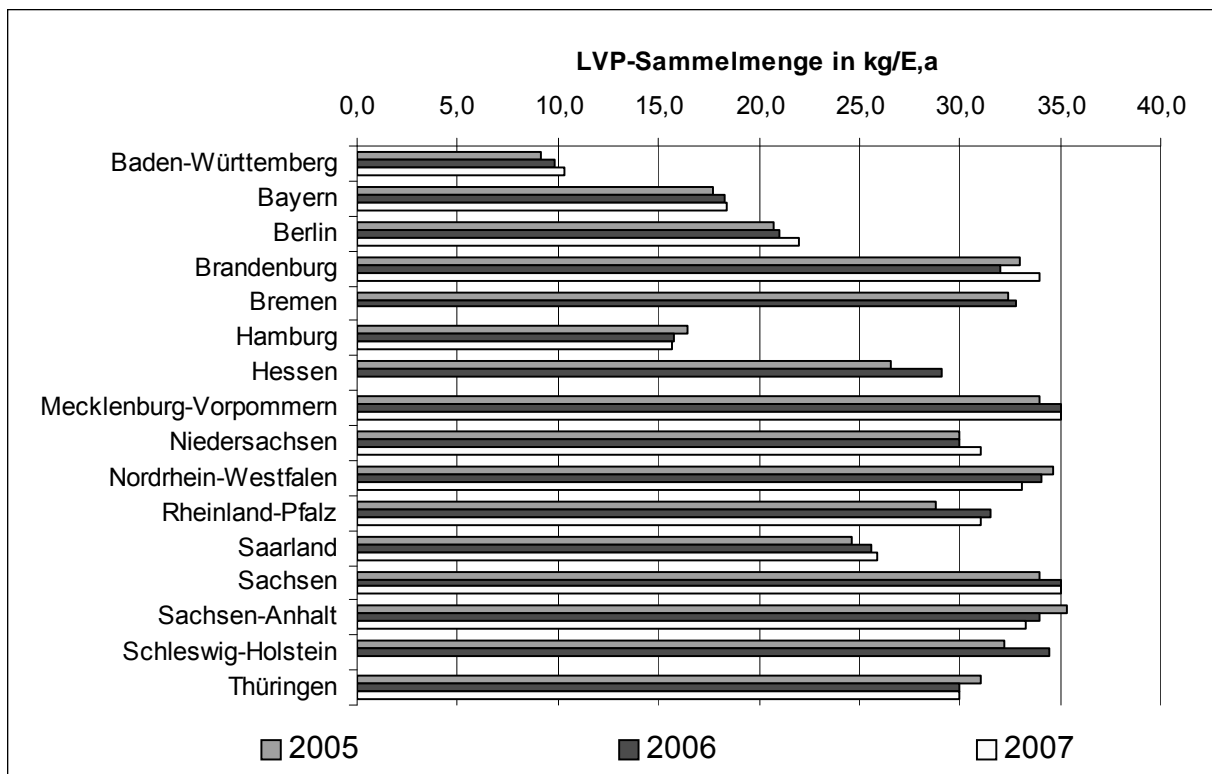


Bild 3: Entwicklung der einwohnerspezifischen LVP-Sammelmenen in den Bundesländern (Quelle: Jahresabfallbilanzen der Länder)

Die festzustellende Schwankungsbreite der Erfassungsmengen macht beispielhaft deutlich, dass es neben der Einführung eines benutzerfreundlicheren Sammelsystems für Verpackungen und stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle weitere Optimierungsansätze gibt, um die abfallwirtschaftlich sinnvolle getrennte Wertstofferrfassung bundesweit zu verbessern. Anders formuliert: Optimierte Sammelsysteme wie die Gelbe Tonne plus oder vergleichbare Ansätze (Hamburger Wertstofftonne, Kasseler „Trockene Wertstofftonne“) leisten unter quantitativen Gesichtspunkten einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Wertstoffabschöpfung, können aber nicht den Durchbruch zu einer wirklich weitgehenden Wertstoffabschöpfung bewirken.

Solange zudem die betriebswirtschaftlichen Kosten der getrennten Erfassung und Verwertung von stoffgleichen Nicht-Verpackungsabfällen sich mit den – aktuell wieder abnehmenden – Preisen der Restabfallentsorgung messen lassen müssen, wird es wohl keine durchgreifende Änderung bei der Wertstoffabschöpfung geben. Für Preise unter 70 Euro/Mg können Wertstoffgemische nicht getrennt gesammelt, aufbereitet und verwertet werden, selbst dann nicht, wenn die Wertstofferrlöse wie in 2007 ungeahnte Höhen erreichen. Das im übrigen eine generelle Steigerung der Wertstofferrfassung nicht Ziel des dualen Systems zur getrennten Erfassung von Leichtverpackungen ist – das die gesetzlichen Vorgaben ausweislich der umfangreichen Mengenstromnachweise ja vollauf erfüllt – wirft ohnehin weitere Fragen rechtlicher und wirtschaftlicher Art auf.

## **5 Ökobilanz und Gelbe Tonne plus**

Dass es sich auch unter ökologischen Gesichtspunkten lohnt, stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle, Holz und Elektroaltgeräte komfortabel zu erfassen, zeigt u.a. eine Untersuchung zur Situation in Hamburg [Dehoust et al. 2008]. Verglichen wurde für die LVP-Erfassung das System Gelbe Tonne mit dem System der „Hamburger Wertstofftonne“, deren Stoffgruppenkatalog dem der Gelben Tonne plus entspricht. Durch die Systemoptimierung steigt die mengenspezifische Entlastung der Treibhausgase je nach betrachtetem Optimierungsszenario um ca. 14,5 % bis 30 % an (von 707 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg LVP auf 808 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg bzw. 919 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg), selbst bei anderen Ökobilanzkriterien wie dem Versauerungspotential, dem Eutrophierungspotential und den Feinstaubemissionen können die Entlastungen durch die optimierte LVP-Erfassung deutlich gesteigert werden.

Dass sich die optimierte LVP-Sammlung bei der Bilanzierung der Klimaeffekte auch im Vergleich zu den spezifischen Entlastungen durch die betrachteten Müllverbrennungsanlagen (134 - 152 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg), EBS-Kraftwerke (656 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg) und die Bioabfallvergärung (456 kg CO<sub>2</sub> equiv./Mg) als effektiver erweist, sollte Anlass genug sein, die begonnene qualitative Systemoptimierung der Abfallwirtschaft fortzuentwickeln. Es wird zu klären sein, ob bei einer anstehenden Entscheidung

über optimierte Wertstofffassungssysteme auch andere positive Aspekte, wie z.B. der Klimaschutz, Berücksichtigung finden (müssen). Ob und wie eine rechtliche Verankerung möglich ist, muss die politische Diskussion zeigen.

## **6      Wirtschaftliche Aspekte**

Die Mitnutzung des LVP-Sammelsystems für andere Wertstoffe ist nicht durch das lizenzfinanzierte, ausschließlich auf Verpackungen abzielende Vergütungssystem des Dualen Systems gedeckt. Deshalb bedarf der Aufwand für die Erfassung von Nicht-Verpackungsabfällen einer anderen Finanzierung. Der Gesetzgeber hat es sich bei der Abfassung der 5. Novelle der Verpackungsverordnung diesbezüglich einfach gemacht: „Die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger können im Rahmen der Abstimmung verlangen, dass stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle gegen ein angemessenes Entgelt erfasst werden.“

Was nun ein angemessenes Entgelt ist, muss also die Praxis zeigen. Verbreitet ist die Auffassung, dass ein „angemessenes“ Entgelt dann vorliegt, wenn die Höhe der Kosten für jeden der beiden Systemträger (Restmüll, Gelbe Tonne plus) niedriger ist als die Kosten der Systeme Restabfall und Gelbe Tonne. Qualitative Aspekte bleiben bei dieser Betrachtungsweise also außen vor.

Für die Situation in Leipzig hat Langen et al. (2008) für die Bedingungen des Jahres 2006 ein exemplarisches Kostenmodell dargelegt, dass dieser Prämisse entsprach und eine Entlastung von 0,50 Euro pro Einwohner und Jahr ergab. Trotz der zwischenzeitlich anderen Randbedingungen (u.a. Halbierung der Verwertungserlöse, Steigerung der Behandlungskosten Restabfall, s. Tabelle 3) hat dieses Ergebnis noch Bestand.

Tabelle 3: Modellrechnung Sammelsystem Gelbe Tonne plus (nach [Langen et al. 2008]), verändert)

<b>Verwertbare Mehrmenge im System Gelbe Tonne plus</b>		<b>3.800 Mg</b>
	<b>Kostenänderungen aus Sicht der Stadt Leipzig</b>	<b>Kostenänderungen aus Sicht des Systembetreibers Gelbe Tonne plus</b>
Steigerung der Systemkosten in der Erfassung		0 Euro
Steigerung der Systemkosten in der LVP-Sortierung (+ 10 % gegenüber 2006: 63,7 Euro/Mg)		+ 242.060 Euro
Verwertung Metalle (703 Mg zu 90 Euro/Mg statt 180 Euro/Mg)		- 63.270 Euro
Verwertung Kunststoffarten und Folien (866,4 Mg zu 40 statt 80 Euro/Mg)		- 34.656 Euro
Kosten Verwertung übrige Kunststoffe (2.230 Mg zu 65 Euro/Mg statt 70 Euro/Mg)		+ 144.950 Euro
Wagnis		+ 38.000 Euro
<b>Zwischensumme</b>		<b>+ 327.084 Euro</b>
Spezifische Systemkosten		86 Euro/Mg
Einsparung Behandlungskosten Restmüll (160 Euro/Mg)	608.000 Euro	
<b>Ersparnis</b>	<b>280.916 Euro</b>	

Werden entgegen obigen Annahmen keine Wertstoff Erlöse mehr erzielt, steigen die spezifischen Systemkosten auf beispielhafte 112 Euro/Mg an. Dies kann in Entsorgungsgebieten mit geringeren Restabfallbehandlungskosten oder in Entsorgungsgebieten, in denen nur die variablen Kostenanteile der Restabfallbehandlung gegengerechnet werden können, schnell zur Situation führen, dass die zusätzliche Erfassung mittels Gelbe Tonne plus teurer als die Beseitigung wird. So wurden erst kürzlich Planungen, stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle in der Stadt Gera und im Landkreis Greiz (ca. 230.000 Einwohner; bei 6 kg/E\*a also eine potentielle zusätzliche Erfassungsmenge von 1.380 Mg) zusätzlich zu erfassen, mit der Begründung zurückgestellt, dass die Zusatzleistung nicht mehr kostenneutral anzubieten sei.

In Berlin wird der Kostenaufwand für die Systemeinführung, die fortlaufende Betreuung sowie für die Sammlung und Verwertung der zusätzlich erfassten Mengen über Einsparungen bei Sammlung, Transport und Entsorgung des Restmülls finanziert. Ein Teil der Einsparungen finanziert die zusätzlichen Aufwendungen beim Sammelsystem Gelbe Tonne plus, ein Teil kommt den teilnehmenden Haushalten zu Gute. Hasucha (2007) beziffert letzteren auf mindestens 5 % der Entsorgungskosten bei

einer Restmüllvolumenreduzierung von mindestens 10 %. Für die GESOBAU AG wurde eine Einsparung von 33.904 Euro/a benannt, umgerechnet entspricht dies ca. 3,50 Euro/Einwohner und Jahr. Kann das Restmüllvolumen nicht oder nur geringfügig reduziert werden und/oder die Restmüllgebühren sind niedrig, stößt allerdings auch die gewerbliche Sammlung schnell an betriebswirtschaftliche Grenzen.

Erst wenn die o.g. beispielhaften Systemkosten von 112 Euro/Mg und die Effekte der CO<sub>2</sub>-Entlastung (808 kg CO<sub>2</sub> equiv/Mg) gleichzeitig betrachtet werden, sind spezifische CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten in Höhe von ca. 139 Euro/Mg vermiedenes CO<sub>2</sub> im Vergleich zu anderen spezifischen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten der Abfallwirtschaft zumindest nach unserer Einschätzung deutlich günstiger. Dieser Aspekt wird, oft auch in Ermangelung entsprechender Daten, bei anstehenden abfallwirtschaftlichen Entscheidungen noch nicht oder noch nicht ausreichend berücksichtigt.

## **7 Ausblick**

Alle bisher veröffentlichten Untersuchungsergebnisse zur Miterfassung von stoffgleichen Nicht-Verpackungsabfällen, Holz und Elektrokleingeräten im Sammelsystem Gelbe Tonne zeigen, dass bei einer sorgfältigen Systemeinführung die Erfassungsmengen um 6 - 8 kg/E\*a. gesteigert werden können, ohne dass die Vermüllung zu- bzw. die Qualität der Sortierprodukte abnimmt. Die Wertstoffreinheiten und -ausbeuten bleiben, zumindest bei den bislang untersuchten automatischen Sortieranlagen, auf einem gleichbleibend hohen Niveau.

Mittlerweile haben sich die Ziele der Systemoptimierung auch im Alltag bei ca. 1,2 Mio. angeschlossenen Einwohnern bewährt. Nicht zuletzt deshalb hält auch der Sachverständigenrat für Umwelt [SRU 2008] die Ausweitung der separaten Verpackungssammlung auf stoffgleiche Nichtverpackungen und Elektrokleingeräte für die Erhöhung der Wertstoffausbeute und die Reduzierung der Schadstoffbelastung des Restmülls für empfehlenswert, während eine gemeinsame Erfassung von Restmüll und Wertstoffen nicht nur wegen minderer Qualitäten, sondern auch wegen der dafür benötigten Sortierkapazitäten auch nach Auffassung des SRU nicht zielführend ist.

Mit der 5. Novelle der Verpackungsverordnung wurde in § 6 Abs. 4 Satz 7 VerpackV ein Passus aufgenommen, nach dem die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger im Rahmen der Abstimmung verlangen können, dass stoffgleiche Nichtverpackungsabfälle gegen ein angemessenes Entgelt erfasst werden. Dass diese Formulierung weitreichende juristische Fragen und Interpretationen hervorruft (nicht nur zu Fragen der Ausschreibungspflicht, vgl. [Brandt 2009]) ist nicht weiter verwunderlich. Sofern im Ergebnis dieser Diskussion die Einführung optimierter Erfassungssysteme formal scheitert, bleibt nur der (Um-)Weg über eine gewerbliche Sammlung, wie sie in Berlin praktiziert wird.

Wenn schlussendlich benutzerfreundliche Sammelsysteme nur zögerlich Eingang in die Praxis finden, dann sind dafür oft (eindimensionale?) betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte verantwortlich. Zu hoffen bleibt, dass künftig auch andere positive Aspekte bei anstehenden Entscheidungen angemessen berücksichtigt werden.

## 8 Literatur

- Bauer, W.P.: Sammlung nach dem System Wertstofftonne und Aufbereitung des Nassmülls – Reduzierung der Schwermetallfracht durch schonende Aufbereitung, in: Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Biogas Anaerobtechnik in der Abfallwirtschaft, 1989
- Brandt, A.: Rechtliche und finanzielle Hürden – Konsequenzen bei der Umsetzung alternativer Systeme in: Flamme/Gallenkemper/Gellenbeck/Bidlingmaier/Kranert/Nelles/Stegmann, Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft – 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Band 13, 2009, S. 299 ff.
- Dehoust, G. et.al.: Optimierung der Abfallwirtschaft in Hamburg unter dem besonderen Aspekt des Klimaschutzes: „Abfallwirtschaft und Klimaschutz“, Darmstadt 2008 (<http://www.hamburg.de/abfall/853462/gutachten-awi-klima.html>)
- Hasucha, Th.: Die ALBA Gelbe Tonne plus in Berlin UNIKAT, Band 7 Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik, Hrsg.: Prof. A. Urban, G. Halm, R.M. Morgan, 2007
- Hasucha, Th.: persönliche Auskunft, Januar 2009
- Langen, M.; Weber, H.; Sabrowski, R.; Oetjen-Dehne, R.: Erfahrungen mit dem System Gelbe Tonne plus in der Stadt Leipzig und dem Land Berlin, in Müll und Abfall, Nr. 5/2008
- Michalski, D.: Präsentationsfolien zur Tagung des EVS, 2005 ([www.evs.de/uploads/media/Vortrag-Michalski.pdf](http://www.evs.de/uploads/media/Vortrag-Michalski.pdf))
- Oetjen, R.; Becker, F.: Verwertungsmöglichkeiten der Reststoffe aus der anaeroben Nassmüll-Behandlung, in: Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Biogas Anaerobtechnik in der Abfallwirtschaft, 1989
- Scheffold, K.: Getrennte Sammlung und Kompostierung, EF-Verlag, Berlin 19984
- SHC GmbH: Zweite Fortschreibung des Abfallwirtschaftskonzeptes der Stadt Leipzig - Eigenbetrieb Stadtreinigung - 2006 – 2010, - Kurzfassung -, 2006
- SRU 2008: Sachverständigenrat für Umwelt, Umweltgutachten 2008, [http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/umweltg/UG\\_2008.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/umweltg/UG_2008.pdf)

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Grüne Tonne plus – ein alternatives Wertstofffassungssystem**

Alfred Ehrhard

AVR Abfallverwertungsgesellschaft des Rhein-Neckar-Kreises mbH, Sinsheim

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einführung

Abfallwirtschaftliche Lösungen zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass sie auf individuelle Gegebenheiten abgestimmt sind und damit nicht ohne weiteres auf andere Gebiete übertragen werden können. Dies gilt sicher auch für das System der Grünen Tonne plus im Rhein-Neckar-Kreis.

Der Rhein-Neckar-Kreis ist mit rd. 540.000 Einwohnern der größte Landkreis in Baden-Württemberg. Mit einer Fläche von 1.062 km<sup>2</sup> und über 240.000 Haushalten vereint er in der Gebietsstruktur sowohl städtische Elemente im Nahbereich von Mannheim und Heidelberg als auch ländlich geprägte Gebiete im Odenwald und Kraichgau. Vor diesem Hintergrund wurden gerade in den achtziger Jahren vielfältige Untersuchungen sowohl zur stofflichen Erfassung und Verwertung von Abfällen als auch zur thermischen Nutzung der Abfallstoffe angestellt.

Insbesondere erfolgte bereits Anfang 1990 die Ausgliederung der Aufgaben der Abfallentsorgung – nach dem damaligen Sprachgebrauch – in eine Eigengesellschaft, der AVR Abfallverwertungsgesellschaft des Rhein-Neckar-Kreises mbH mit Sitz in Sinsheim. Hieraus ist in den letzten Jahren eine Unternehmensgruppe mit 5 Einzel-firmen in den Geschäftsfeldern der hoheitlichen und gewerblichen Abfallwirtschaft, der Gebäudereinigung und der Energieerzeugung und -verwertung im Bereich der erneuerbaren Energien mit über 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entstanden.

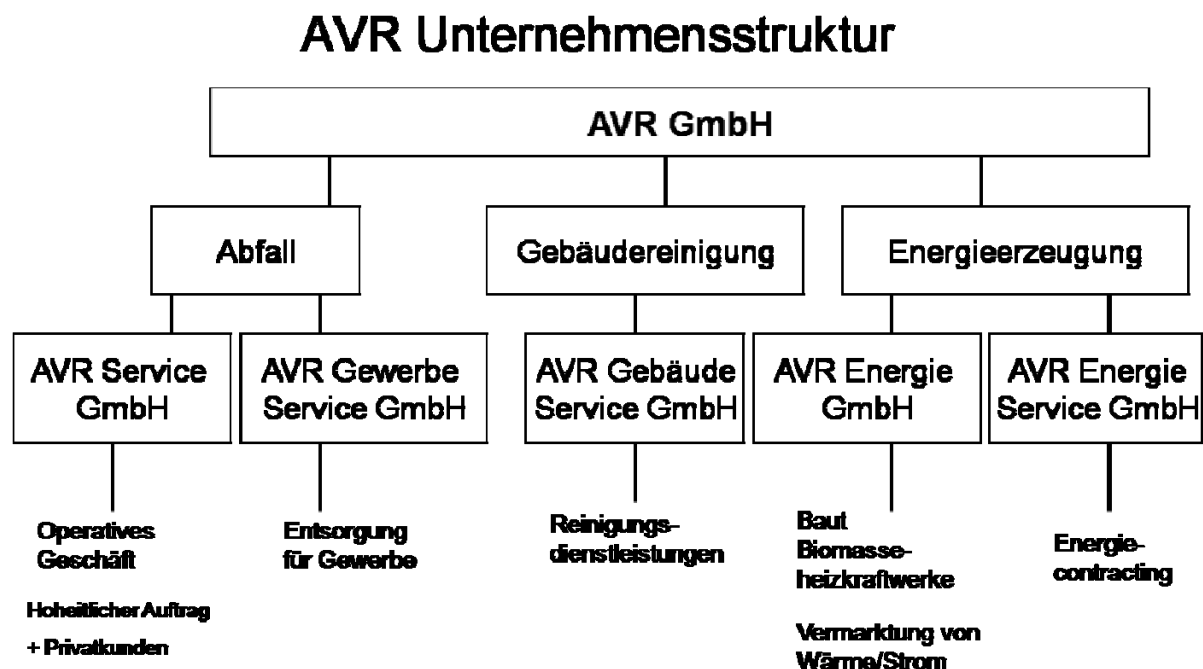


Bild 1: AVR Unternehmensstruktur



Das heutige Abfallwirtschaftssystem des Rhein-Neckar-Kreises ist primär stofflich orientiert und wird wesentlich durch das System der Grünen Tonne plus gekennzeichnet. Vor dem Hintergrund der regionalen Zusammenarbeit erfolgte bereits 1997 die Umsetzung der Vorgaben der TA Siedlungsabfall mit der faktischen Schließung einer eigenen Deponie in Sinsheim und der Ausrichtung der Verarbeitung der brennbaren Abfälle in der MVA Mannheim. Daneben erfolgt die getrennte Sammlung von Bioabfällen, wobei die Nutzung dieses Teilsystems durch die Einwohner des Kreises auf freiwilliger Grundlage erfolgt. Die Verwertung selbst wird über das Kompostwerk der Stadt Heidelberg vorgenommen.

Neben dem Behältersystem mit den Behältergrößen 80 l - 1.100 l im MGB-Bereich sowie im Containergeschäft bis 36 m<sup>3</sup> findet ein Sacksystem sowohl im Restmüll- und Biomüllbereich, aber auch bei der Grünen Tonne plus Anwendung. Ergänzt wird das Gesamtsystem durch die grundstücksbezogene Abholung von Sperrmüll, Altholz, Schrott und Elektrogeräten auf Abruf in 14-tägigem Angebot der Abfuhrtermine.

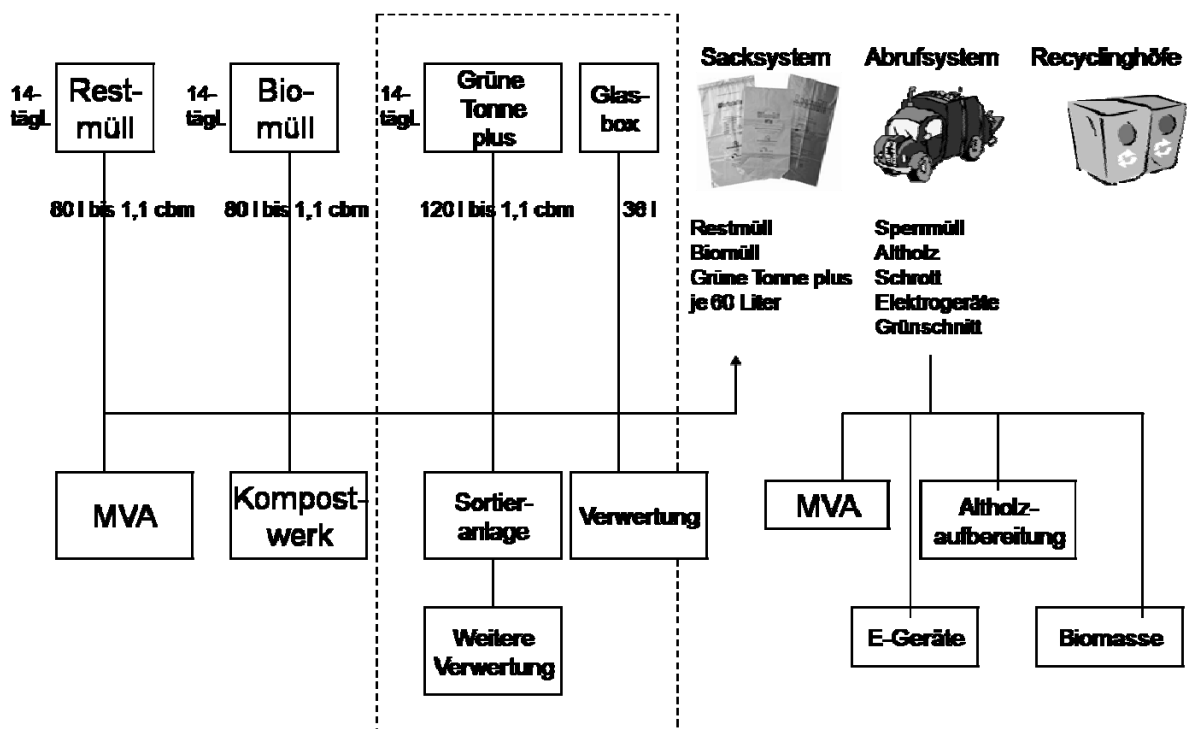


Bild 2: Sammelsystem des Rhein-Neckar-Kreises

Weiter werden die grundstücksnahe Abholung von Grünschnitt sowie die Annahme von allen Abfallstoffen bei den Entsorgungsanlagen angeboten.

## **2 System Grüne Tonne plus**

Das im Wesentlichen zwischen 1980 - 1985 konzipierte Abfallwirtschaftssystem des Rhein-Neckar-Kreises beruht vor dem Hintergrund der gesetzlichen Vorgaben der Vermeidung, Verwertung und Beseitigung auf dem Grundgedanken:

„Alle abfallwirtschaftlichen Leistungen für die Bürger sollen grundstücksnah erbracht werden.“

Daher werden keine Containersammelsysteme eingeführt. Die Konsequenz war die Schaffung haushaltsnaher Sammelsysteme.

Im gleichen Zeitraum der achtziger Jahre erfolgte die Untersuchung von Ein- und Mehrkomponenten-Tonnen. Systeme, die heute unter dem Begriff der Blauen Tonne zur Papiererfassung im Einkomponentensystem eine neue Bekanntheit erfahren haben. Die Entscheidung fiel zugunsten der Grünen Tonne. Vor dem Hintergrund von damaligen Entsorgungsengpässen und fehlender Entsorgungsanlagen galt es ein System zu installieren das große Mengen in vernünftiger Qualität erfasst und das den Bürger nicht zu unnötigen Fahrten oder Wegen zu Containern veranlasst.

1984 erfolgt die Beauftragung zur Errichtung einer Wertstoffsartieranlage zur Aufarbeitung eines umfassenden Stoffkatalogs, der neben Papier, Metall und Kunststoffen auch noch Glas und Holz umfasste.

## Integrierte Sammelsysteme

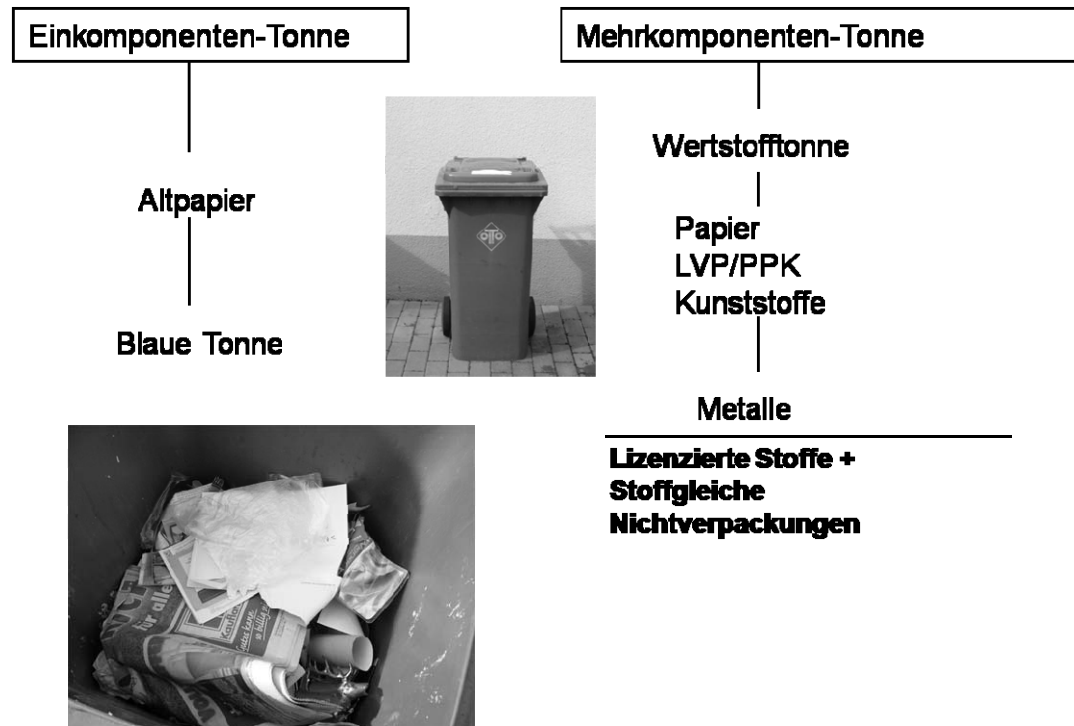


Bild 3: Integrierte Sammelsysteme

Mit dem Inkrafttreten der Verpackungsverordnung im Jahre 1991 – der Rhein-Neckar-Kreis war einer der ersten Landkreise, die mit dem damaligen Grünen Punkt Vereinbarungen abgeschlossen hat – erfolgte die Erweiterung des Systems auf die Anforderungen der DSD und die Änderung der Bezeichnung auf Grüne Tonne plus. Der Name „Grüne Tonne plus“ ist im Übrigen zwischenzeitlich europaweit für die AVR GmbH markenrechtlich geschützt.

Mitte der neunziger Jahre erfolgte eine weitere Systemänderung dadurch, dass Verpackungsglas nicht mehr über die Grüne Tonne plus erfasst wird, sondern in einer blauen Glasbox. Auch hier handelt es sich um ein Sondersystem.

Die Grüne Tonne plus wird grundsätzlich im 14-tägigen Wechsel geleert. Bei 4-Rad-Behältern wird auch der wöchentliche Abfuhrturnus angeboten.

Alle Behälter sind mit einem elektronischen Erkennungssystem ausgestattet, so dass eine umfassende Datenlage über das Nutzungsverhalten der Bürger vorliegt. Insgesamt sind 160.133 Behälter aufgestellt. Im Jahr 2008 wurden im Haushaltsbereich rd. 3,5 Mio. Leerungen verzeichnet und im Gewerbebereich rd. 200.000 Leerungen.

Der Stoffkatalog umfasst die Gruppen:

- Papier mit den Untergruppen Verpackungen, Zeitungen, Zeitschriften, Kartonen etc.
- Kunststoffe mit den Untergruppen Folien, Mehrkomponentenverpackungen, Flaschenware etc.
- Metall mit den Untergruppen Metallverpackungen und stoffgleiche Gegenstände.

Das System ist dadurch gekennzeichnet, dass neben lizenzierten Verpackungen aus den Bereichen Papier und Pappe, Kunststoff und Metall auch alle stoffgleichen Nichtverpackungen in einer Tonne gesammelt und anschließend sortiert und vermarktet oder zur Vermarktung bereitgestellt werden.

Insgesamt wurden im Jahr 2008 bei der Sortieranlage Sinsheim 76.558 to Wertstoffe angeliefert.

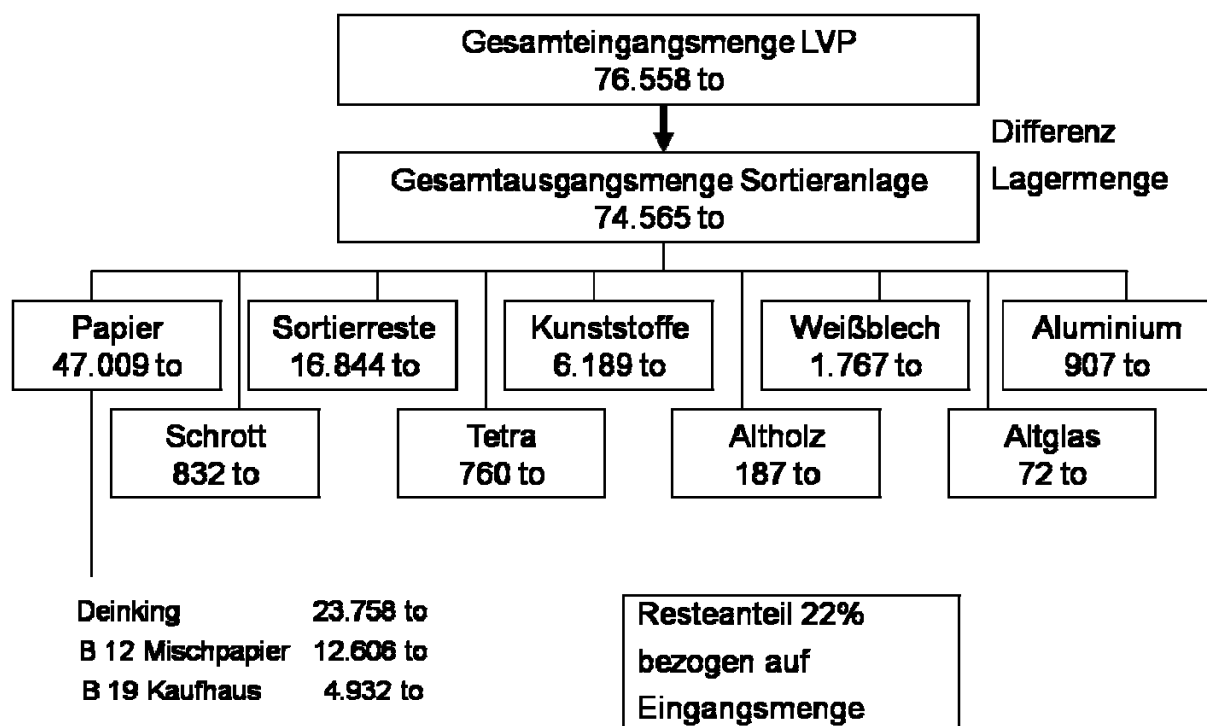


Bild 4: Mengenströme Wertstoffe 2008

An Sortierresten (Kleinmaterial und Fehlwürfe) sind 16.884 to angefallen. Dies entspricht bezogen auf die Eingangsmenge einem Anteil von rd. 22 %.

Ein Wertstofffassungssystem wie die Grüne Tonne plus, zählt nicht zu den Billigsystemen, sondern zu den qualitativ höherwertigen Abfallerfassungslösungen. Auf der Grundlage des gesamten Abfallwirtschaftssystems des Rhein-Neckar-Kreises zeigt sich der Stellenwert in folgenden Zahlen:

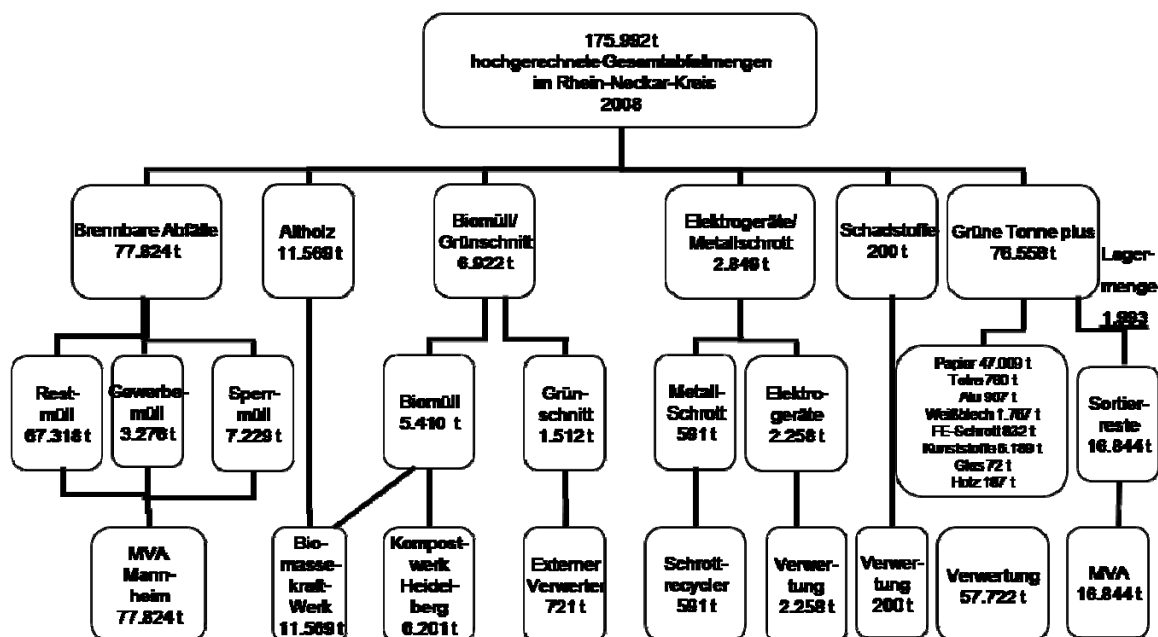
Gesamtabfallmenge 2008

175.922 to

Davon Eingangsmenge Grüne Tonne plus

76.558 to = 43,5 %

## Der Weg des Abfalls im Rhein-Neckar-Kreis 2008



AVR Runco, Stand 31.12.08

Bild 5: Der Weg des Abfalls im Rhein-Neckar-Kreis 2008

Die Kosten des Systems der Grünen Tonne plus belaufen sich auf rd. 14,2 Mio. € pro Jahr (Nettokosten ohne Mehrwertsteuer). Davon entfallen auf

Sammlung und Transport	4,5 Mio. €
Sortierung	7,1 Mio. €
Änderungsdienst Gefäße	0,3 Mio. €
Restbeseitigung	2,3 Mio. €
Aus der Vermarktung wurden	4,6 Mio. €
erzielt, so dass auf den Rhein-Neckar-Kreis	
und die Dualen Kostenträger noch	9,6 Mio. €
entfielen.	

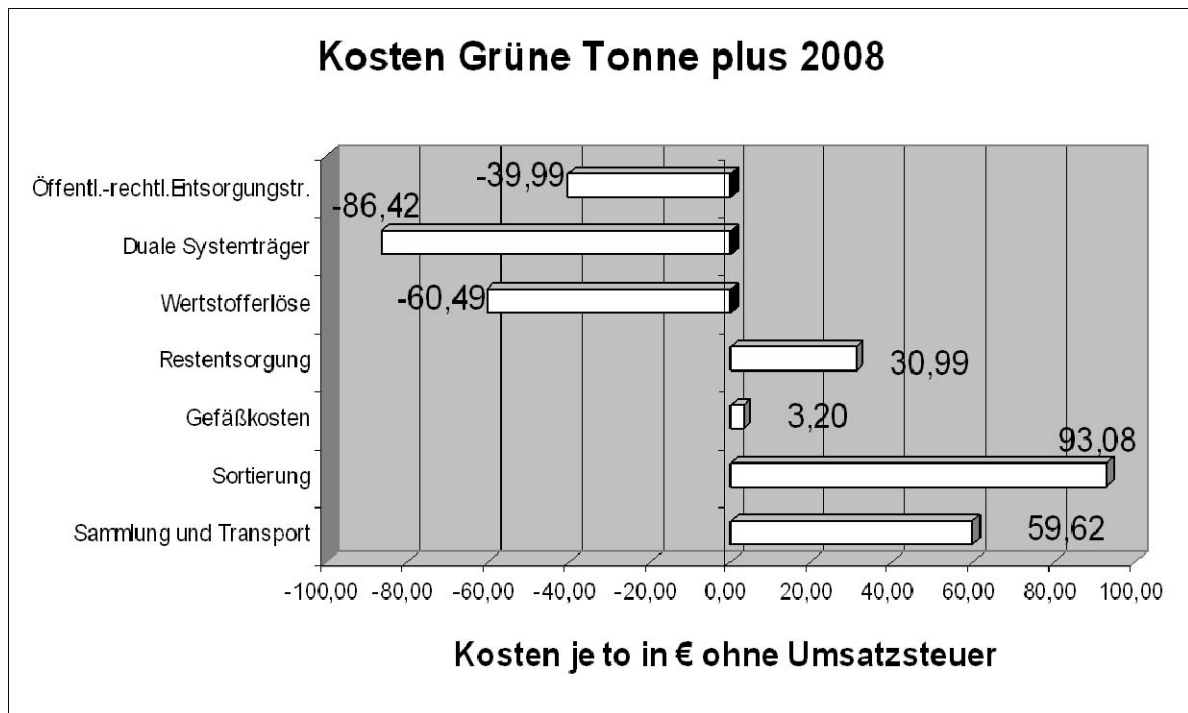


Bild 6: Kosten des Systems Grüne Tonne plus 2008

### 3 Verpackungsverordnung

§ 6 Abs. 4 der Verpackungsverordnung stellt in der novellierten Fassung fest, dass

- ein duales System auf das vorhandene Sammelsystem des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers, in deren Bereich es eingerichtet ist, abzustimmen ist,
- die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger die Übernahme oder Mitbenutzung der Einrichtungen, die für die Sammlung von Verpackungsabfällen erforderlich sind, gegen ein angemessenes Entgelt verlangen können,
- die Systembetreiber von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern verlangen können, ihnen die Mitbenutzung dieser Einrichtungen gegen ein angemessenes Entgelt zu gestatten,
- die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger im Rahmen der Abstimmung verlangen können, dass stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle gegen ein angemessenes Entgelt erfasst werden.

Diese Regelungen galten zwar dem Grunde nach bereits mehr oder weniger bisher, jedoch wurden gerade die Mitbenutzungsansprüche ausgeweitet. Besonders zu erwähnen ist die Verpflichtung, dass der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger die Miterfassung „stoffgleicher Nicht-Verpackungsabfälle“ durch die jeweiligen Rücknahmesysteme verlangen kann.

Das System der Grünen Tonne plus hatte seit der Einbeziehung des bzw. der Dualen Sammelsysteme im Jahre 1991 sowohl den Status eines gewerblichen Sammelsystems inne als auch des öffentlich-rechtlichen Systems. Die gegenwärtige rechtliche Beurteilung ergibt sich aus dem Status eines Systems des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers. Dieses System wird durch die dualen Systembetreiber mitbenutzt. (§ 6 Abs. 4 Satz 5 bzw. § 6 Abs. 3 Satz 8 VerpackV a.F.) Da es sich letztlich um ein bereits vor Inkrafttreten der Verpackungsverordnung vorhandenes System handelt, geht der Rhein-Neckar-Kreis weiter vom Bestandsschutz eines Altsystems aus.

Insoweit ist es im Hinblick auf die derzeitigen Versuche gleichgelagerte Systeme modellhaft zu untersuchen nur sinnvoll, die technischen Voraussetzungen und Wirkungen zu vergleichen, nicht aber die rechtliche Konstruktion.

Hinzu kommt, dass das System der Grünen Tonne plus vom öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger über eine Eigengesellschaft abgewickelt wird und daher auch die Thematik der Ausschreibungspflichten nicht relevant ist.

#### **4 Praktische Erfahrungen**

Das System der Grünen Tonne plus mit separater Verpackungsgläserfassung über eine Glasbox ist ohne wesentliche Änderungen über 20 Jahre im praktischen Einsatz. Es ist dabei ein fester Bestandteil des Abfallwirtschaftssystems des Rhein-Neckar-Kreises. Eine Änderung oder gar eine Abschaffung wäre für den weit überwiegenden Teil der Kreisbevölkerung undenkbar. Größtmögliche Mengenerfassung verbunden mit hohem Komfort für die Nutzer der Einrichtungen der Abfallwirtschaft zeichnet die Lösung aus.

Selbstverständlich ist ein Abfallwirtschaftssystem immer von den Nutzern abhängig. Insoweit ist der Restanteil, definiert als nicht stofflich nutzbare Teile aus der getrennten Sammlung, ein Indikator für die Akzeptanz eines Systems. Der Restanteil setzt sich sowohl aus nicht sortierfähigen = nicht händisch greifbaren Teilen als auch aus Fehlwürfen zusammen.

In den vergangenen Jahren wurden gerade mit dem System der Grünen Tonne plus eine Reihe von Versuchen mit der Gebührengestaltung verbunden. So wurden in den vergangenen Jahren Behältergebühren – bezogen auf den Kostenanteil des Rhein-Neckar-Kreises an dem System – erhoben. Vor dem Hintergrund der Angriffe der gewerblichen Entsorger auf den Altpapiermarkt mit der Blauen Tonne erfolgt ab dem Jahr 2008 vorsorglich die Einbeziehung der Kosten des Systems in die personenbezogene Grundgebühr, so dass die Aufstellung einer Blauen Tonne nicht zu einer Gebührenentlastung geführt hätte. Der Rhein-Neckar-Kreis praktiziert ein dreigeteiltes Abfallgebührensysteem mit den Komponenten

- personenbezogene Grundgebühr
- volumenabhängige Behältergebühren für Rest- und Biomüll
- leerungsabhängige Leistungsgebühren für Rest- und Biomüll auf der Grundlage eines elektronischen Erkennungssystems.

Für den gewerblichen Bereich bzw. den sonstigen Nichthaushaltsbereich wird das System der Grünen Tonne plus nicht als Satzungssystem, sondern über die AVR als gewerbliches System angeboten. Auch hier werden nur Kosten in Form eines Behälterpreises erhoben, die nicht über die Dualen Kostenträger gedeckt sind.

Der Rhein-Neckar-Kreis hat dieser Gesamtlösung bereits im Jahr 1991 mit einer entsprechenden Abstimmungserklärung zugestimmt. Veränderungen würden sicher in keiner Weise durch die politischen Willensträger akzeptiert werden.

Gegenwärtig bestehen mit den Dualen Systemträgern vertragliche Regelungen bis Ende 2010.

## **5 Ausblick**

Die gemischte Erfassung von trockenen Wertstoffen (lizenzierte Verpackungen und stoffgleiche Nicht-Verpackungsabfälle) in einer Tonne stellt eine sinnvolle Alternative zu den heute diskutierten Sammlungsformen dar. Es besteht nicht die zwingende – weder technisch noch überzeugend rechtlich – Notwendigkeit, dass Abfälle der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und lizenzierte Verpackungsabfälle nicht gemeinsam erfasst werden sollten.

Der Gesetzgeber ist aufgerufen, die erforderlichen Voraussetzungen dazu zu schaffen und insbesondere die kartellrechtlichen Anforderungen zu begrenzen.

Über ein derartiges Sammelsystem kann flexibel auf die Anforderungen des Altstoffmarkts reagiert werden.

Ein derartiges Sammelsystem ist zwar auf den ersten Blick kostenintensiver, aber unter volkswirtschaftlicher Gesamtbetrachtung sinnvoller und damit auch wirtschaftlicher.

Weitere Verbesserungen sind in der Sortiertechnik auf Dauer möglich. Derartige Verbesserungen machen aber nur Sinn, wenn die Langfristigkeit des Systems auch rechtlich gewährleistet ist.

*Fazit:* Das System der Grünen Tonne plus ist eine echte Alternative.



A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

**„Sack im Behälter“ –  
das zukunftsweisende Entsorgungssystem**

Michael Wieczorek  
Lobbe Entsorgung GmbH, Iserlohn

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einleitung

Bundesweit wurden in den vergangenen Jahren alternative Entsorgungssysteme projektiert und die Diskussion um eine optimale Wertstoffeffassung ist vor dem Hintergrund einer konsequenten Ressourcenschonung, insbesondere auch unter dem Aspekt nationaler Klimaschutzziele, aktueller denn je. In Nordrhein-Westfalen ist das Lobbe-System „Sack im Behälter“ (SiB) derzeit das einzige alternative Entsorgungssystem, das im „Echtversuch“ umgesetzt wurde. Dabei unterscheidet sich SiB von anderen Versuchen durch einen völlig anderen Ansatz: Eine konsequente getrennte Erfassung und Sammlung von Abfällen/Wertstoffen von der „Quelle“ bis zu ihren „Zielorten“ ist im Entsorgungsprozess Voraussetzung für maximal mögliche Stoffmengen und -qualitäten. Schwachpunkte im derzeitigen Entsorgungssystem verhindern aber eine optimale Wertschöpfung. Hier besteht aus unserer Sicht Verbesserungspotenzial in mehreren Bereichen:

Zum einen ist hier die Qualität der erfassten Wertstoffe zu nennen, die bundesweit durch hohe Fehlwurfquoten in den Wertstoffsammelsystemen beeinflusst wird. Aus der täglichen Praxis heraus sieht Lobbe die Ursache für diese Fehlentwicklung in den Anreizen zur Abfallvermeidung bei der Gebührenbemessung. Je kleiner das Behältervolumen für Restmüll gewählt wird, desto größer ist die Einsparung im Geldbeutel der Haushalte. Tatsächlich verringert sich aber die Restabfallmenge in den Haushalten nachweislich nicht, sondern verschiebt sich lediglich in die Bereiche der Wertstoffsammelsysteme oder in wilde Müllablagerungen.

Zum anderen ist aufgrund der erforderlichen getrennten Erfassung und Sammlung der unterschiedlichen Stoffströme die Logistik immer aufwändiger und komplexer geworden. Der Aufwand, für jeden Stoffstrom eine separate Logistik mit unterschiedlichen Behälterarten und -größen sowie entsprechend unterschiedlichen Fahrzeugtypen vorzuhalten, ist erheblich und somit kostenintensiv. Hier sieht Lobbe Rationalisierungsmöglichkeiten, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Prozesses der Sammlung und des Transportes haben. Dabei wird der Nutzen der Abfalltrennung vor der Sammlung nicht in Frage gestellt – sie ist Voraussetzung für eine optimale Abfallverwertung. Vielmehr sollte die grundsätzliche Akzeptanz der Bürger zur Trennung genutzt werden, um nicht nur hohe Erfassungsquoten zu erfüllen, sondern auch eine maximale Sortenreinheit bereits vor der Erfassung der Stoffströme zu ermöglichen.

Aber auch andere Aspekte, wie z.B. Benutzerfreundlichkeit, Hygiene und Ästhetik, bestimmen nicht unerheblich die Qualität eines Entsorgungssystems. Die von den Nutzern vielfach kritisierte Behältervielfalt führt nicht nur, insbesondere bei dichter Wohnbebauung, zu Problemen hinsichtlich der notwendigen Stellfläche, sondern hat auch Einfluss auf die Ästhetik des Wohnumfeldes. Zudem ergeben sich durch die

Aufteilung der anfallenden Abfall- und Wertstoffmengen auf mehrere Behälter längere Abfuhrintervalle mit nachteiligen Auswirkungen auf die hygienischen Verhältnisse.

## **2 Modellversuch**

### **2.1 Zielsetzung**

Vor dem Hintergrund all dieser Aspekte wurde im Januar 2007 in Abstimmung mit Duales System Deutschland GmbH, der Stadt Iserlohn sowie dem Zweckverband für Abfallbeseitigung (ZfA) der Schritt zu einem einjährigen Modellversuch in einem repräsentativen Entsorgungsgebiet mit 10.078 Projektteilnehmern vollzogen. Ziel dieses Versuchs war, in einem realen Entsorgungsgebiet die logistische sowie verfahrenstechnische Machbarkeit des Systems nachzuweisen und das SiB-System mit dem bestehenden konventionellen System, sowie mit anderen Systemvarianten technisch und wirtschaftlich zu vergleichen und zu bewerten.

### **2.2 Systembeschreibung/Eckdaten**

Während der Projektdauer stand im Versuchsgebiet Iserlohn-Letmathe nur noch der SiB-Behälter mit dem silberfarbigen Deckel auf den Grundstücken. Neben einigen 1,1 m<sup>3</sup>-Behältern an Mehrfamilienhäusern und an Kleingewerbebetrieben wurden ausschließlich 240-l-Behälter eingesetzt. Restabfall, Leichtverpackungen (LVP) und Papier wurden in unterschiedlich farbigen Säcken weiterhin getrennt gesammelt: Restabfall in grauen, LVP in gelben, Papier in blauen Säcken und alle wurden zusammen über einen einzigen Behälter erfasst, der wöchentlich entleert wurde. In einer Sortieranlage wurden die Stoffströme anhand der Farbigkeit der Säcke wieder separiert (im Versuch erfolgte die Sortierung händisch) und gingen dann ihren normalen Weg in die Verwertung oder Beseitigung. An die Projektteilnehmer wurde zweimal ein Halbjahresbedarf an Säcken verteilt, um aus den gesammelten Erkenntnissen der ersten Projektphase eventuell Anpassungen im Hinblick auf Qualität, Größe und Mengen vornehmen zu können.

## **3 Ergebnisse**

Wissenschaftlich begleitet wurde der Versuch durch die Institute IFEU (Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH, Iserlohn) und INFA (Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH). Deren Abschlussbericht bestätigte die anlagen- und verfahrenstechnische Machbarkeit und lieferte darüber hinaus weiterhin folgende wesentliche Ergebnisse:

### **3.1 Positive Mengenverschiebungen in die ordnungsgemäßen Systeme / Höhere Sortenreinheit**

Im SiB-System wurden mehr Wertstoffe bzw. Wertstoffe in einer höheren Sortenreinheit gesammelt. So stieg die Papiermenge bei SiB im Vergleich zum Vorjahr um 13,8 kg/E\*a (+ 25,3 %), was unter anderem mit der Servicesteigerung, d.h. dem Wechsel vom Bringsystem in das Holsystem, zusammenhängt. Gleichzeitig sank der PPK-Anteil in der LVP-Fraktion um ca. 5 kg/E\*a, welches auf eine positive Veränderung des Sammelverhaltens der Versuchsteilnehmer hindeutet. Die LVP-Menge nahm im Versuch um 20,7 kg/E\*a (-49,1 %) ab. Neben dem gesunkenen PPK-Anteil nahm vor allem der Restabfallanteil um ca. 8 kg/E\*a ab. Diese Qualitätssteigerung ist auf ein verbessertes Trennverhalten der Bürger und das im SiB-System zur Verfügung gestellte ausreichende Behältervolumen zurückzuführen - im Mittel waren die Sammelbehälter lediglich zu 58,1% gefüllt. Die bei zu geringem Restabfallbehältervolumen häufig praktizierte Restabfallverdrängung in die Wertstoffsysteme war hier ausgeschlossen. Die gesetzliche Vorgabe, im Rahmen der Gebührenordnung Anreize zur Abfallvermeidung – hier speziell die Wahl des Restabfallbehältervolumens – zu schaffen, ist ebenso zu prüfen wie der Aspekt der Ausschreibung.

Bei Untersuchungen zur automatischen Erkennung und Trennung mit Hilfe der Nahinfrarottechnik (NIR) wurde festgestellt, dass die automatische Erkennung von farbigen Kunststoffsäcken (SiB-Säcke) mit Hilfe der Nahinfrarottechnik (NIR) und die anschließende Sortierung der Säcke mittels Druckluftstoß möglich ist. Der Trennungsgrad der Säcke lag unter Versuchsrespektive Technikumsbedingungen >80% und kann in einem Realbetrieb weiter verbessert werden. Von besonderer Bedeutung war der Nachweis, dass die farbigen Säcke und gleichzeitig die losen Materialien getrennt werden können. Bei einer großflächigen Umsetzung können durch eine technische Sortierung Wertstoffverluste, die bei händischer Sortierung nicht verhindert werden konnten, vermieden werden.

► MODELLVERSUCH "SACK IM BEHÄLTER" (SiB)

**Versuchsergebnisse – Mengenvergleich 2006/2007**

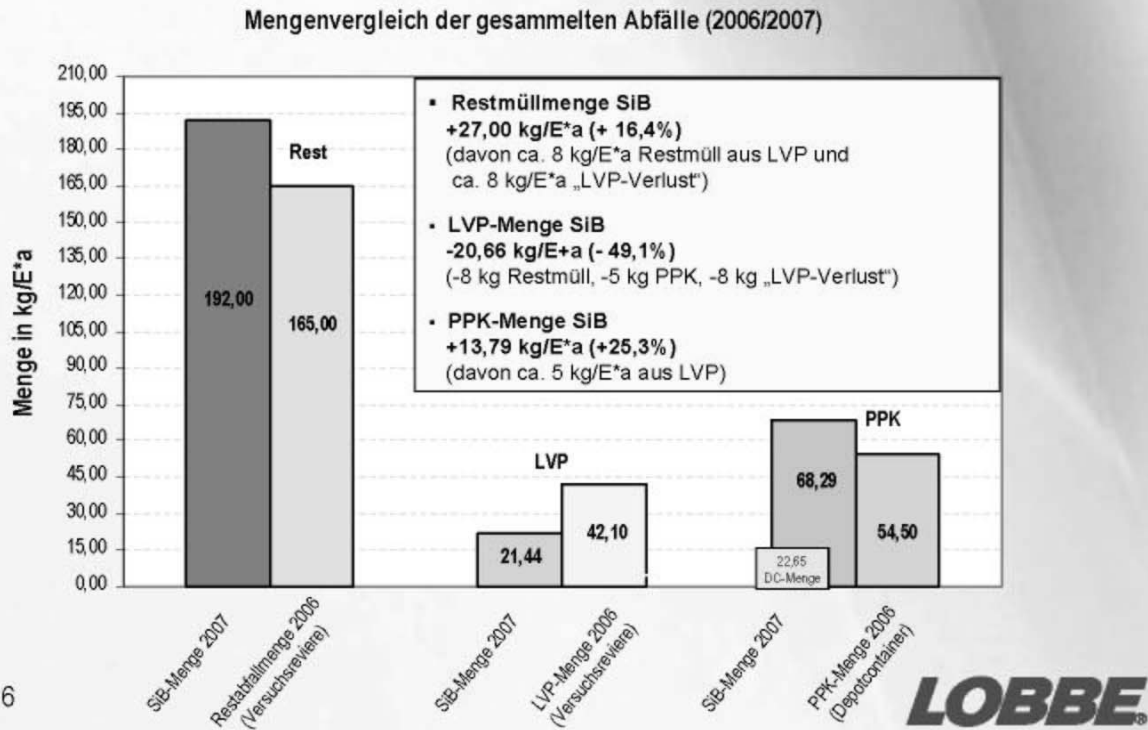


Bild 1: Mengenvergleich der gesammelten Abfälle (2006/2007)

### 3.2 Effizienzsteigerung von Sammlung und Transport

Als wesentliche Ursachen für eine Effizienzsteigerung sind zu sehen:

- Im Vergleich zum konventionellen Entsorgungssystem wurde nur noch die Hälfte der haushaltsnahen Sammelbehälter benötigt. Durch das geringere Investitionsvolumen ist eine Kostenersparnis von 38 % eingetreten.
- Austausch- und Instandsetzungsleistungen aufgrund defekter Behälter verringerten sich analog.
- Standardisierte Behältergrößen ermöglichten eine Vereinheitlichung der einzusetzenden Fahrzeugtypen. Deren Einsatzzeit verkürzte sich zudem durch höhere Ladeleistungen. Hier ließ sich eine Kosteneinsparung von 10 % realisieren, die jedoch durch den zusätzlichen Kostenblock der Vorsortierung der Säcke ausgeglichen wurde.

### **3.3 Hohe Systemakzeptanz der Nutzer**

Die im Rahmen des Modellversuchs durchgeführten Befragungen der beteiligten Bürger haben eine hohe Akzeptanz des SiB-Systems ergeben. Dies liegt insbesondere in folgenden Punkten begründet:

- Durch die wöchentliche Abfuhr aller angefallenen Abfälle ergaben sich im und um die Behälter verbesserte hygienische Verhältnisse.
- Aufgrund der reduzierten Behälterzahl verbesserten sich die Platzverhältnisse auf den Grundstücken.
- Der Entsorgungsservice war höher, da die Wege zum Papierdepotcontainer entfielen.

## **4 Zusammenfassung und Fazit**

Als Fazit fasst der Abschlussbericht zusammen: SiB erlaubt grundsätzlich die gemeinsame Sammlung von Restabfall und Wertstoffen in einem Behälter bei gleichzeitiger Getrennthaltung der Fraktionen und ist deshalb eine konkurrenzfähige Alternative für die Umgestaltung eines Entsorgungssystems.

Wirtschaftlich ist SiB im Vergleich mit dem Status-Quo immer individuell unter den vorherrschenden spezifischen Rahmenbedingungen zu betrachten. Der gesamtwirtschaftliche Aufwand bleibt – unter Einbeziehung der angenommenen derzeitigen Ausgaben der Bürger für Mülltüten – annähernd gleich, er verteilt sich aber unter den Kostenträgern anders. Für eine wirtschaftliche Durchführung von SiB ist deshalb primär die Reduzierung der Sackkosten (Anschaffung, Verteilung) und die Verteilung dieses Kostenblockes auf mehrere Kostenträger erforderlich.

Um hier weiteres Einsparpotential zu identifizieren und eine abschließende wirtschaftliche Bewertung vornehmen zu können, wurde der Modellversuch in 2008 in einem kleineren Versuchsgebiet mit rund eintausend Einwohnern weitergeführt. Mit einem differenzierten Verteilsystem für die SiB-Säcke konnte die überdurchschnittlich hohe Menge an verteilten Säcken durch eine gezieltere Abgabe nahezu halbiert werden.

Michael Wieczorek, Geschäftsführer der Lobbe Entsorgung GmbH, fasst die Anforderungen an den Versuch und seine Erfahrungen zusammen: „Für uns als Praktiker galt es, für die bekannten Schwachstellen im derzeitigen Entsorgungssystem Lösungen zu erarbeiten, ohne die Entsorgungsgewohnheiten der Nutzer grundsätzlich zu verändern. Wir waren von Anfang an davon überzeugt, dass ein ausreichendes Behältervolumen zur haushaltnahen Aufnahme aller anfallenden Fraktionen die Mengen und Qualitäten im Bereich der Wertstoffe steigern würde und gleichzeitig

eine wesentliche Rationalisierung der Logistik erreicht werden kann. Zwar wird in anderen alternativen Versuchen mit vermischt erfassten Fraktionen auch eine gewisse Vereinfachung der Logistik erreicht, allerdings wird der technische Aufwand bei der nachträglichen Ausschleusung wiederum erheblich erhöht und erfordert entsprechend leistungsfähige Sortiertechnik. Im Vergleich hierzu kombiniert das SiB-System alle Anforderungen an ein zukunftsorientiertes Entsorgungssystem. Ohnehin wird vor dem Hintergrund der umweltpolitischen Ziele, den Rohstoff- und Ressourcenverbrauch deutlich zu senken, eine Umwandlung der konventionellen Abfallwirtschaft hin zu einer technisch-wirtschaftlich optimierten Materialwirtschaft mit maximalen Ausbeuten an Sekundärrohstoffen zu rechnen sein. Sehr deutlich wird dies z.B. in der aktuellen Diskussion um die Altpapiersammlung. SiB zeichnet sich in diesem Zusammenhang durch höchste Flexibilität aus. Weder eine Erweiterung noch ein Wegfall von Abfallfraktionen macht eine Systemänderung erforderlich.“

Aktuell wird das SiB-Pilotprojekt seit Anfang März 2009 bis zum Jahresende mit veränderten Versuchsparametern weitergeführt. Neben den Fraktionen Restmüll, LVP und Papier werden Elektrokleingeräte über einen zusätzlichen Sack miterfasst.





A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Kommunalpolitische Motive und Ziele**

Thomas-Erik Junge  
Bürgermeister Stadt Kassel

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

Die Abfallwirtschaft steht bei den Bürgerinnen und Bürgern hoch im Kurs; die Entsorgung soll komfortabel, einfach und kostengünstig sein, dabei wird ein ordnungsgemäßer Umgang mit den Abfällen erwartet. Bürgerinnen und Bürger sehen hier grundsätzlich die Stadt, ihre Kommune, ihren Kreis in der Verantwortung; solange es funktioniert, ist die Welt in Ordnung - gibt es Probleme, wird nach der öffentlichen Hand als Gewährleister gerufen, selbst wenn sich Dritte z.B. auf Grundlage der Verpackungsverordnung verantwortlich zeigen.

Im § 15 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sind die Pflichten der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger aufgeführt; sie haben die in ihrem Gebiet angefallenen und überlassenen Abfälle aus privaten Haushalten sowie Abfälle zur Beseitigung aus anderen Herkunftsbereichen zu verwerten oder zu beseitigen. Auch wenn Abfälle zur Beseitigung überlassen werden, sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zur Verwertung verpflichtet, wenn dies wirtschaftlich vertretbar und ökologisch sinnvoll ist. Dabei können auch private Dritte mit der Durchführung dieser Pflichten beauftragt werden. Die Verantwortung liegt allerdings immer beim öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger.

Darüber hinaus liegen die Verantwortlichkeiten für die Entsorgung bestimmter Stoffströme (z.B. Verpackungen, Elektrogeräte usw.) außerhalb der öffentlichen Entsorgung; nicht nur in den Schnittstellen sind Probleme nicht auszuschließen.

Durch diese aus der Sicht der Stadt Kassel teilweise unsinnige Aufsplittung und unzureichende Definition von Abfallströmen wird das Spektrum der Entsorger, die vor Ort tätig sind, immer größer; dies führt zur Verwirrung und zu ungelösten Problemen (z.B. Sauberkeit von Standplätzen, wilde Ablagerungen, Stoffströme, Definitionen...). Dabei ist es aus kommunalpolitischer Betrachtung nicht akzeptabel, dass Kommunen in einer Art Gewährleistung Sicherheit, Sauberkeit und Ordnung garantieren sollen, wenn ggf. durch mangelnde Qualität eines Mitwirkenden Probleme entstehen.

Den Bürgerinnen und Bürgern der Stadt Kassel soll ein ökologisch sinnvolles und wirtschaftlich vertretbares Angebot zur Entsorgung ihrer Abfälle gegeben werden; ein sauberes Stadtbild, hohes soziales Engagement, ein ausreichendes Beschwerdemanagement gehören dazu. Die Erfahrungen, die wir in der Stadt Kassel mit unterschiedlichen Verantwortlichkeiten und Dienstleistern machen mussten, sind bedauerlicherweise sehr negativ. So war in einem gewissen Zeitrahmen ein von den dualen Systemen beauftragter privater Entsorger tätig, wobei vielfältige Probleme entstanden. Sofern der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger Aufgaben an private Dritte überträgt, muss nachgewiesen werden, dass dieser Dritte sach- und fachkundig sowie zuverlässig ist, dass er die Erfüllung der übertragenen Pflichten sicherstellt und dass er entsprechende Angaben über die Einsammlung und den Verbleib geben kann. Ebenso muss eine zumindest für die nächsten Jahre sichere Entsorgung mit einer Standort- und Anlagenplanung vorliegen. Für die Entsorgung in privat-

wirtschaftlich organisierten Systemen scheint dies nicht zu gelten; Abfuhrtermine wurden nicht eingehalten, notwendiges Behälter- bzw. Sackvolumen nicht bereitgestellt, der zugesagte Volservice fand nur unzureichend statt. Öffentlicher Raum wurde als Bereitstellungsfläche genutzt usw. Dieses hat zu großem Unmut in der Bevölkerung und der Politik geführt.

Die Stadtreiniger Kassel sind seit 1993 in der Rechtsform des Eigenbetriebes organisiert und haben die Aufgaben der Abfallwirtschaft für die Stadt Kassel übernommen. Fachliche Kenntnisse, soziales Engagement und wirtschaftlich positive Ergebnisse kennzeichnen die Entwicklung des Eigenbetriebes. Aufgrund der Tatsache, dass das Nebeneinander zu Problemen in Kassel geführt hat und dass weitere Potenziale an verwertbaren Stoffen in den einzelnen Abfallfraktionen vorhanden sind, hat zur Aufgabe an den Eigenbetrieb dazu geführt, zu überlegen, ob und inwieweit ein vereinfachtes System umgesetzt werden kann.

Hierzu wurde das Projekt „Nasse und Trockene Tonne“ initiiert und im Aufsichtsgremium vorgestellt. In einem Gutachten des Witzenhauseninstitutes wurde bestätigt, dass diese Vorgehensweise durchaus sinnvoll sein kann. Danach wurde mit dem Land Hessen und den Systembetreibern dualer Systeme die Vorgehensweise erörtert. Leider konnten nicht alle Systembetreiber von einem gemeinsamen Versuch überzeugt werden. Dies ist bedauerlich, zumal ich davon ausgehe, dass durch eine Zusammenführung der Kenntnisse aus öffentlichen und privaten Bereichen für die Bürgerinnen und Bürger positive Synergieeffekte nutzbar wären. Es ist aus meiner Sicht auch unstrittig, dass aufgrund der Verpflichtungen aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sowie den dabei anfallenden Mengenströmen die Federführung eindeutig beim öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger liegen muss, zumal die Verpackungsverordnung eindeutig ausführt, dass private Systeme auf vorhandene Sammel- und Verwertungssysteme der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger abzustimmen sind und die Belange des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers besonders zu berücksichtigen sind. Der oder die Systembetreiber sind verpflichtet, sich an den Kosten der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu beteiligen, die durch die Abfallberatung sowie Errichtung, Bereitstellung und Unterhaltung von Flächen entstehen. Auch gerade wegen der örtlichen und kommunalen Verantwortung sowie der Ortskenntnisse ist eine andere Federführung nicht denkbar.

Der Versuch „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel ist aus kommunalpolitischer Sicht ergebnisoffen. Neben der Umsetzung in der Praxis und der Akzeptanz spielen die rechtlichen Rahmenbedingungen, der ökologische Nutzen und die Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle. Werden die Kriterien Steigerung der Wirtschaftlichkeit und ökologische Wertschöpfung nicht erfüllt, ist der Versuch, ein neues komfortables, sinnvolles und wirtschaftliches System zur Abfallentsorgung einzusetzen, gescheitert.

Innovation lebt vom Versuch, Entwicklungen sollten daher nicht behindert werden und ich lade alle Kritiker, Systembetreiber dazu ein, uns bei unserem Projekt zu unterstützen, um objektiv zu erfahren, ob das Modell nasse und trockene Tonne vielleicht in Kassel oder auch anderswo ein sinnvoller Mosaikstein der Abfallwirtschaft sein kann.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Projekt „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel**

Dipl.-Ing. Gerhard Halm  
Die Stadtreiniger Kassel

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Abfallwirtschaftliche Situation in der Stadt Kassel

Die Abfallentsorgung in der kreisfreien Stadt Kassel wird durch den Eigenbetrieb *Die Stadtreiniger Kassel* durchgeführt. In Kassel leben zzt. etwa 197.000 Einwohner in rd. 102.000 Haushalten. Etwa 6.500 Industrie- und Gewerbebetriebe sind ebenfalls bei der Umsetzung einer geordneten und sicheren Abfallentsorgung zu berücksichtigen.

Das Stadtgebiet Kassel umfasst eine Fläche von etwa 106 km<sup>2</sup>, die hochwertige Entsorgung ist über den Eigenbetrieb *Die Stadtreiniger Kassel* und die Müllheizkraftwerk Kassel GmbH gesichert. *Die Stadtreiniger Kassel* (zuständig für Sammlung, Transport und Stoffstrommanagement) und die Müllheizkraftwerk Kassel GmbH (zuständig für die thermische Behandlung) ergänzen sich in idealer Weise in ihrer Leistungspalette. Von den durch *die Stadtreiniger Kassel* im Jahr gehandelten rd. 140.000 t Abfällen wurden in 2008 rd. 85.000 t im Müllheizkraftwerk Kassel behandelt; der Durchsatz im Müllheizkraftwerk lag bei rd. 160.000 t/a.

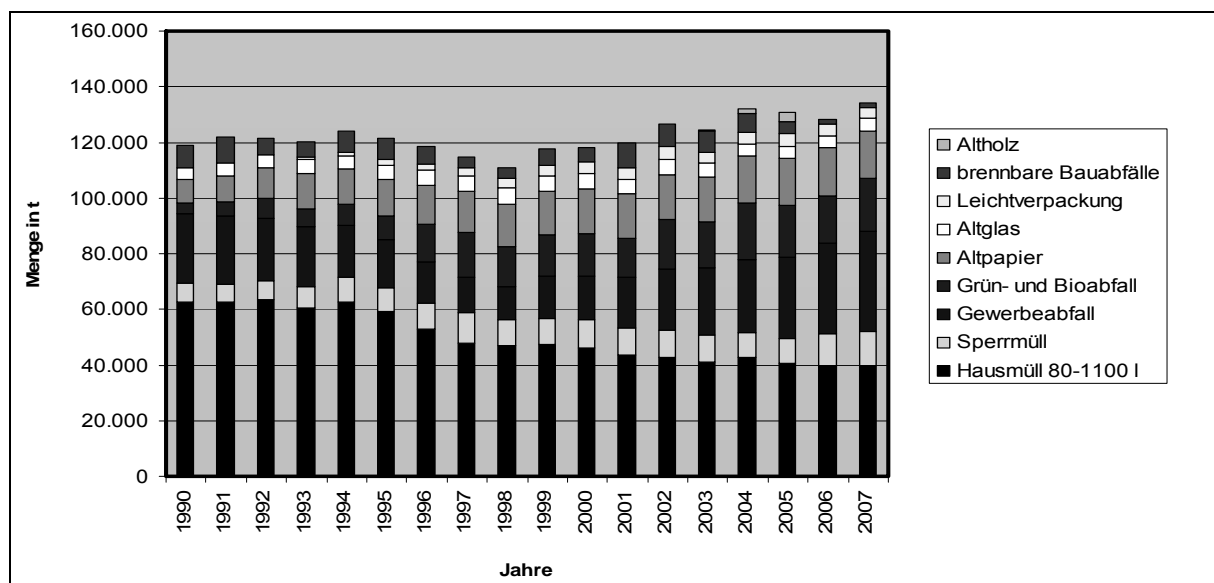


Bild 1: Stoffströme in Kassel

Die Entwicklung der einzelnen Stoffströme über die Jahre verdeutlicht die Anstrengungen zu einer ökologisch hochwertigen Entsorgung mit Minimierung der zu beseitigenden Abfallströme.

Die Abfallwirtschaft in Kassel richtet sich an einem langfristigen zuverlässigen, umfassenden und komfortablen Entsorgungsangebot aus, dass den Anforderungen der Nachhaltigkeit entspricht. Daseinsvorsorge gekoppelt mit sozialverträglichen Kosten und Gebühren, wobei Stadt, Sauberkeit, Bürgernähe und Ortsverbundenheit verbunden mit vielen lokalen Kenntnissen die entsprechende Sicherheit in der Umsetzung der Abfallwirtschaft schaffen.

## 2 „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel

### 2.1 Hintergrund des Versuches zur Einführung einer nassen und trockenen Abfalltonne

Die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Kassel profitieren von einem sauberen Stadtbild mit einer regelmäßigen Entsorgung von Abfällen und Reinigung von Straßen, Gehwegen sowie Plätzen. Durch eine anfallorientierte Bereitstellung von Abfallvolumen werden unerlaubte Ablagerungen vermieden. Eine regelmäßige bedarfsorientierte Entsorgung ist in den vergangenen Jahren Grundlage der Daseinsvorsorge gewesen.

Mit Beginn des Jahres 2005 ergaben sich nach einer Beauftragung der Duales System Deutschland GmbH erhebliche Probleme bei eben dieser gesicherten und ordnungsgemäßen Entsorgung von Leichtverpackungen aus dem Stadtgebiet Kassel.



Bild 2: Verunreinigungen durch LVP-Sammlung

Der erhebliche Unmut in der Bevölkerung und der Politik sowie der damit verbundene wachsende Druck auf den Auftraggeber DSD GmbH hat unter Berücksichtigung der mangelnden Qualität dazu geführt, dass der Auftrag nach nur 15 Monaten dem Auftragnehmer entzogen wurde. In Kooperation mit der Firma Fehr konnten *die Stadtreiniger Kassel* die Einsammlung übernehmen und unmittelbar eine Qualitätsverbesserung erreichen. Unter Bewertung dieser problematischen Schnittstelle und in Erkenntnis der Tatsache, dass Probleme bei der Einsammlung von Leichtverpackungen entstehen können, zudem immer wieder auf deren hohen Verschmutzungsgrad hingewiesen wurde und bekannt war, dass in den Restabfallströmen aus der Stadt Kassel nicht erfasste organische Bestandteile enthalten sind, hat die Politik *die Stadtreiniger Kassel* aufgefordert, zu prüfen, ob ein einfacheres und sinnvollerer Erfassungssystem im Stadtgebiet Kassel möglich ist.

## 2.2 Konzeptansatz

Zunächst wurde durch *die Stadtreiniger Kassel* die aktuelle Situation innerhalb der Abfallentsorgung geprüft und mit anderen Ansätzen verglichen. Die Forderungen aus der Politik und von den Bürgerinnen und Bürgern neben der Einhaltung der bisherigen Qualitäten der Daseinsvorsorge waren eindeutig: Ein komfortables, ökologisch sinnvolles und wirtschaftlich vertretbares System zu finden.

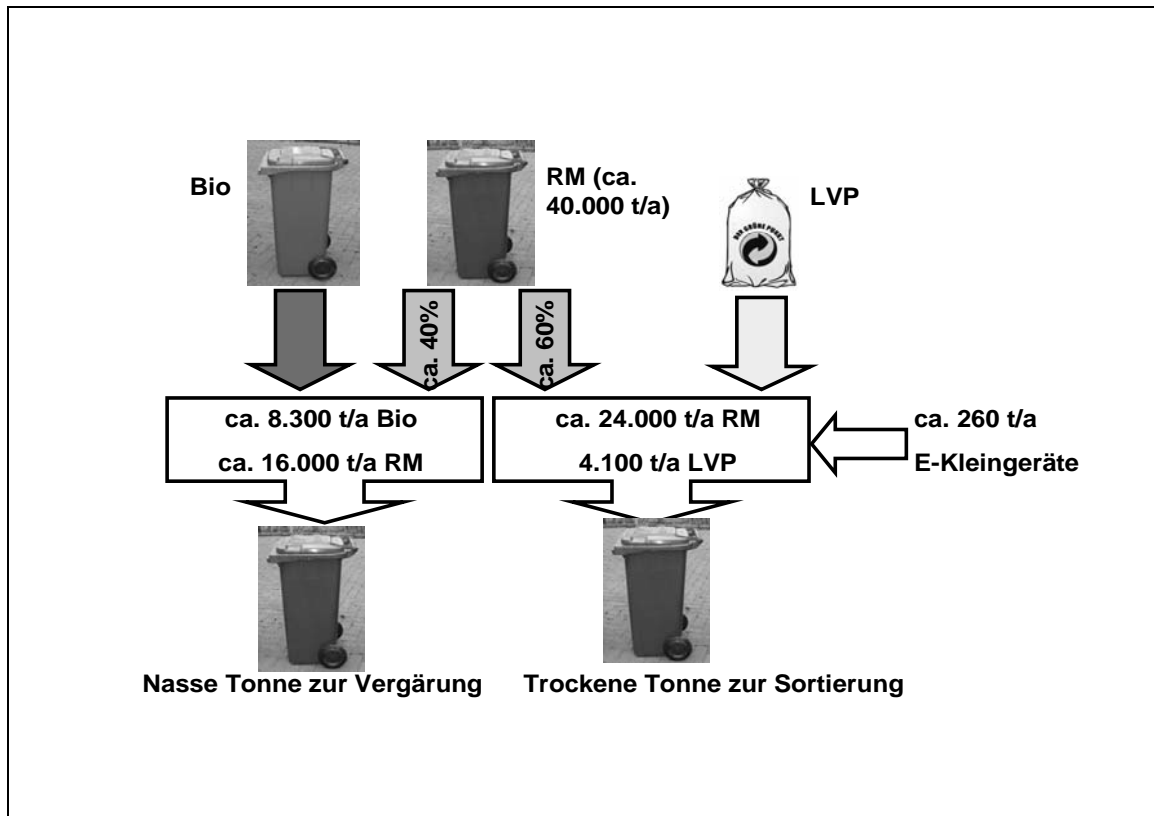


Bild 3: Mögliche Versuchsvariante

Folgende Aussagen wurden in weiteren Planungen berücksichtigt:

- Die Qualität der Einsammlung von Leichtverpackungen ist nicht ausreichend. Die Systembetreiber sprechen teilweise von 50 % nichtlizenzierten Materialien in den gelben Säcken.
- Das Potenzial der Inhalte der Restabfalltonne umfasst neben lizenzierten Verpackungen auch stoffgleiche Materialien, die sich ebenfalls für die Verwertung eignen, und einen nicht unerheblichen Teil an organischer Substanz.
- Die bisherigen funktionierenden Entsorgungswege für Altpapier, Altglas, Altkleider, Sperrmüll usw. sollten nicht verändert werden.
- Hinsichtlich einer ordnungsgemäßen Sammlung und vor dem Hintergrund des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie ausreichender hygienischer Bedingungen ist die Sacksammlung durch zeitgemäße Müllgroßbehälter abzulösen, wobei die Standplatzproblematik berücksichtigt werden muss.



Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse war es in Diskussionen vorstellbar, dass, wenn es gelingt, die organischen Bestandteile aus der Restabfalltonne zu separieren und der Vergärung zuzuführen, ein trockener Restabfall entsteht, der sortierfähig ist und damit eine gesteigerte Wertschöpfung ermöglicht. Somit könnte durch ein Zwei-Tonnen-System ein bürgerfreundliches aber auch effizientes Sammelsystem entstehen, welches bei geringeren oder zumindest stabilen Kosten mehr Komfort bietet und eine gesteigerte Akzeptanz nach sich zieht.

## 2.3 Grundsatzfragen und Aufgabenstellung

Zunächst galt es, den grundsätzlichen Fragestellungen nachzugehen. Im Rahmen eines Gutachtens wurde der Konzeptansatz überprüft. Dabei wurde in den ersten Abschätzungen deutlich, dass durch das Konzept eine optimierte Energie- und Wertstoffausbeute möglich ist. So können aus der trockenen Restabfalltonne Wertstoffe wie Verpackungen, Kunst- und Verbundstoffe aller Art, Metalle usw. bereitgestellt und separiert werden. Eine trockene Tonne kann in einem modernen und leistungsfähigen Sortierbetrieb sortiert werden, wobei neben der Gewinnung von Sekundärrohstoffen auch die Erzeugung eines Ersatzbrennstoffes möglich ist.

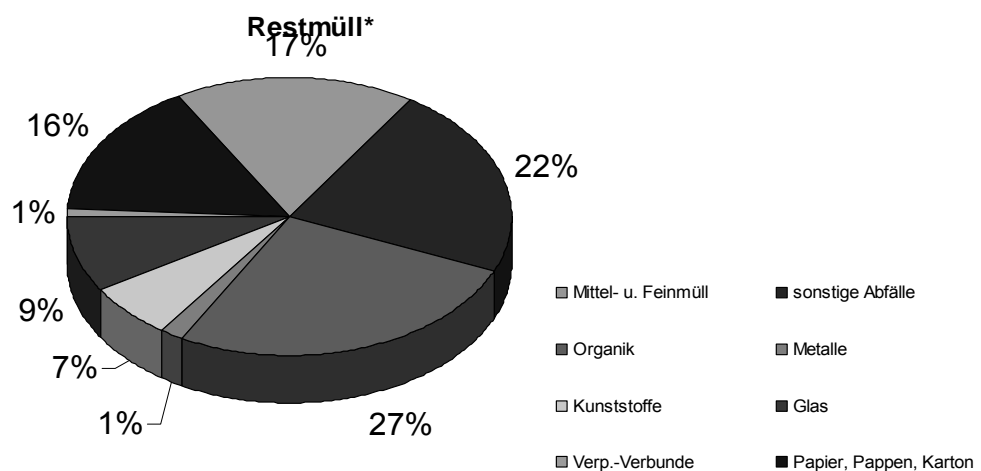


Bild 4: Beispielhafte Restabfallzusammensetzung

Ebenfalls wurde geprüft, inwieweit im Restabfall organisches Material vorhanden ist, welches einer biologischen Verwertung zugeführt werden kann. Auch hier bestätigten erste Schätzungen und Analysen, dass durchaus ein nicht zu unterschätzendes Potenzial an organischer Substanz vorhanden ist.

Damit war der theoretische Ansatz durch Analysen in der Praxis bestätigt. Das Konzept wurde dem Aufsichtsgremium vorgestellt; von dort wurde die Bitte geäußert, das gesamte Projekt wissenschaftlich begleiten zu lassen, wobei folgende Rahmenbedingungen für den Versuch zu beachten sind:

- Die Entsorgungssicherheit während der gesamten Versuchsdurchführung ist zu gewährleisten.
- Die Versuchskosten sind genau festzulegen.
- Die ökologischen und wirtschaftlichen Grundsatzfragen und Abläufe sind zu definieren.
- Die Beteiligten sollen rechtzeitig integriert werden.

## 2.4 Zeitabläufe

In 2007 wurde das Projekt „Versuch zur Einführung einer nassen und trockenen Restmülltonne im Stadtgebiet Kassel“ eingeführt. Das Projekt hat das Ziel zu prüfen, ob eine haushaltsnahe Sammlung aller Abfälle und Wertstoffe über zwei Restabfalltonnen mittelfristig möglich ist. Ausgehend davon, dass der Inhalt der Restabfalltonne und des gelben Sacks mittlerweile fast identisch ist, die separate Sammlung in gelben Säcken in der Bevölkerung an Akzeptanz verliert, die Bürgerinnen und Bürger nicht bereit sind, weitere Wertstoffbehälter zu akzeptieren, ist der vorgesehene Versuchsweg eine wichtige Option zur Umsetzung künftiger Modelle.

Im Versuch sollen die Voraussetzungen für eine ordnungsgemäße Erfassung und Einsammlung der beiden Abfallströme, Kosten und Gebührenfragen, die weitere Qualität der Verwertungswege und die Schließung der Stoffkreisläufe, rechtliche Fragen und die politische Akzeptanz bewertet werden.

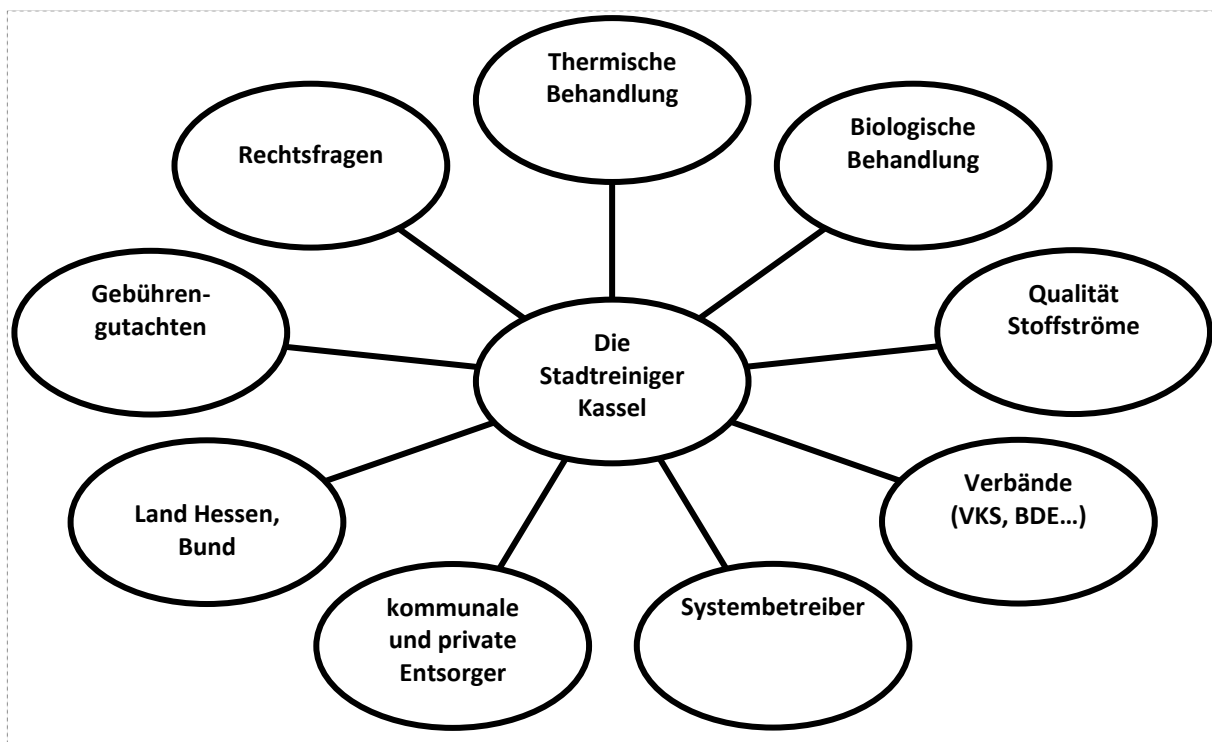


Bild 5: Einflussgrößen NTT Kassel

Es war zunächst vorgesehen, noch im Jahr 2007 mit der Einsammlung in einem Versuchsgebiet zu beginnen (Versuchszeitraum 01.08.07 bis 31.07.08). Aufgrund der umfangreichen Vorbereitungen der Durchführung entsprechender umfangreicher Nullanalysen hat die Einsammlung in dem Versuchsgebiet erst mit dem 01.07.08 begonnen. Aus heutiger Sicht sollte der Versuch um 9 Monate verlängert werden und würde damit Ende März 2010 enden, ein Abschlussbericht wäre somit im Sommer 2010 möglich.

### **3 Perspektiven**

Der Versuch ist ergebnisoffen angesetzt. Der Versuch baut auf der Kenntnis auf, dass Abfall kein gewöhnliches Wirtschaftsgut ist, welches normalen Angebots- und Nachfragemechanismen unterliegt. Die Bürgerinnen und Bürger haben keinen Erwerbs-, sondern ein Entledigungsinteresse, wobei nicht der Wert des Abfalls im Mittelpunkt steht, sondern der Wert der Dienstleistung. Alle Verantwortlichen sollten dabei die Pflicht zur Entsorgungssicherheit und zur ordnungsgemäßen Entsorgung, unabhängig davon, ob sie im Rahmen der Verpflichtungen aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz für den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger oder privatwirtschaftliche Verpflichtungen handeln, berücksichtigen. In der Verantwortung der Entsorger liegt es, eine flächendeckende Gleichbehandlung zu sozialverträglichen Kosten zu erreichen und sich maximal am Gemeinwohl zu orientieren. Von daher muss der Versuch klären, inwieweit sich aufgrund der technischen Weiterentwicklung und der Anforderungen der Abfallerzeuger sowie im Rahmen der Verpflichtungen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zur Daseinsvorsorge durch dieses Modell „Nasse und Trockene Tonne“ für die Zukunft idealere, vor allem aber auch akzeptierte Entsorgungssysteme entwickeln.

Dabei ist deutlich, dass offene rechtliche Fragen bestehen. Es ist jedoch wichtig, dass vor rechtlichen Diskussionen geklärt werden muss, ob eine Erfassung der Abfallströme in einer nassen und trockenen Tonne ökologisch sinnvoll ist, von den Bürgerinnen und Bürgern akzeptiert wird und wirtschaftlich vertretbar ist. Dabei sind die technischen Verwertungsmöglichkeiten selbstverständlich zu prüfen.

Sofern ökologische und ökonomische Gründe eine Erfassung in einer nassen und trockenen Fraktion bestätigen, muss auch die Bereitschaft vorhanden sein bzw. die rechtlichen Möglichkeiten geschaffen werden, sinnvolle Systeme für die Bürgerinnen und Bürger umzusetzen.

Von daher soll das Konzept „Nasse und Trockene Tonne“ Perspektiven für künftige Entsorgungssysteme aufzeigen bzw. bestätigen, ob eine Erfassung in dieser Form überhaupt sinnvoll ist.



A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

# **Verfahrenstechnische Untersuchung und ökonomisch- ökologische Bewertung des Kasseler Modells**

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban  
Dipl.-Ing. Ramona Schröder  
Fachgebiet Abfalltechnik, Universität Kassel

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Einleitung**

Zur aussagekräftigen Bewertung des Sammelsystems „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel wird ein mindestens über ein Jahr laufender Praxisversuch durchgeführt. Die wissenschaftliche Begleitung der Untersuchungen soll eine unabhängige, zielführende, zuverlässige und vollständige Ermittlung der für die Bewertung benötigten Daten durch eine systematische Planung, Vorgehensweise und Analyse sicherstellen. Dazu werden die einzelnen Ergebnisse einer Vielzahl von Teiluntersuchungen zusammengeführt, ausgewertet und das Gesamtkonzept ergebnisoffen bewertet.

Im Rahmen dieses Beitrages wird der Versuchsrahmen von der Idee über die Durchführung des Praxisversuches bis zur Bewertung beschrieben und aufgezeigt, welche Aspekte zur verfahrenstechnischen Untersuchung gehören. An Beispielen wird dargestellt, wie eine ökonomische und ökologische Bewertung des Sammelsystems „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel realisiert wird.

## **2 Versuchsrahmen**

In einem ausgewählten Versuchsgebiet in der Stadt Kassel wird zurzeit von den Stadtreinigern Kassel der Praxissammelversuch mit der gegenüber dem herkömmlichen System veränderten Abfallsammlung in einer Nassen und einer Trockenen Tonne durchgeführt. Die Einordnung des Praxisversuches von der Entwicklung der Idee über die Versuchsvorbereitung bis zur Bewertung ist in Bild 1 dargestellt.

Aufgrund der hohen Fehlwurfquoten im Gelben Sack einerseits und des Wertstoff- und Organikpotenzials im Restmüll andererseits sowie aufgrund der abnehmenden Akzeptanz der Bevölkerung für die Getrenntsammlung wurde von den Stadtreinigern Kassel und den politischen Entscheidungsträgern die Idee aufgegriffen und konkretisiert, das bestehende Abfallsammelsystem in Kassel durch ein vereinfachtes System mit zwei Tonnen (System „Nasse und Trockene Tonne“, NTT-System) zu ersetzen.

Ausgehend von dieser Idee wurden für dieses Zwei-Tonnen-Konzept die zu erwartenden Abfall-, Wertstoff- und Biogasmengen im Rahmen einer Vorstudie des Witzenhauseninstitutes abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Vorstudie waren viel versprechend und bestätigten die Erfolgsaussichten des neuen Ansatzes. Daraufhin erfolgte eine Konkretisierung des Konzepts und es wurde mit den Versuchsplanungen und den benötigten Vorbereitungen für einen Praxisversuch begonnen. [Halm 2009]

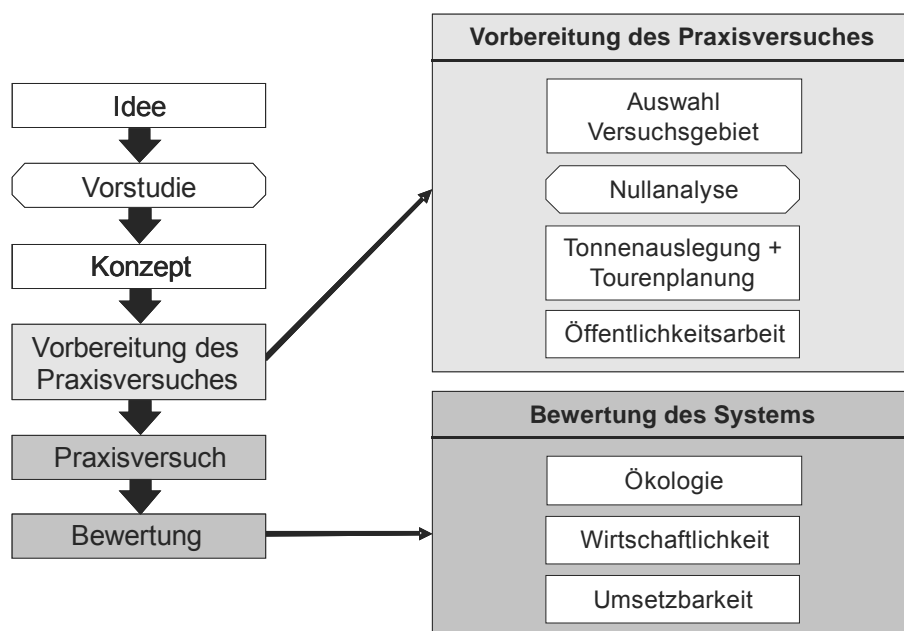


Bild 1: Einordnung des Praxisversuches in die Gesamtuntersuchung

## 2.1 Vorbereitung des Praxisversuches

Für die Umsetzung des Praxisversuches mussten unter anderem ein passendes Versuchsgebiet ausgewählt, die zur Verfügung zu stellenden Tonnen ausgelegt und die Tourenplanung angepasst werden (siehe Bild 1). Begleitend wurde eine Versuchsplanung erstellt, die die aussagekräftige Datenermittlung während des Praxisversuches (Füllstandskontrollen, Sortieranalysen), bei den begleitenden Teiluntersuchungen (Sortierungen der Trockenen Tonne in verschiedenen Anlagen, Verwertungen der Nassen Tonne in unterschiedlichen Anlagen) und von Vergleichsgrößen im Vorfeld des Praxisversuches zum Ziel hat.

Das Versuchsgebiet soll die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das gesamte Stadtgebiet Kassel ermöglichen, woraus sich Anforderungen sowohl an die Mindestversuchsgebietsgröße als auch die Repräsentativität der am Praxisversuch teilnehmenden Haushalte und Geschäfte ableiten. Das ausgewählte Versuchsgebiet soll bezüglich der Bevölkerungszusammensetzung die Alters- und Sozialstruktur, Sammel- und Abfalltrenngewohnheiten sowie die üblichen Haushaltgrößen beinhalten, sowie eine ausreichend heterogene Wohnbebauung bzw. -nutzung aufweisen.

Mit der Kasseler Südstadt wurde ein Gebiet gewählt, welches aus wissenschaftlicher Sicht alle Anforderungen erfüllt und alle vier für Kassel relevanten Gebietsstrukturen beinhaltet. Gleichzeitig hatten sich in diesem Stadtgebiet Probleme mit dem herkömmlichen Sammelsystem zugespitzt, wobei Unverständnis und Unmut von Bewohnern über die bisherige Entsorgungspraxis artikuliert wurden und schlechtere Sortiierungsergebnisse bis hin zur Vermüllung von Straßenzügen mit Gelben Säcken

aufgetreten waren. Informationen zur Einwohnerzahl und den Abfallmengen im Versuchsgebiet sind an anderer Stelle [Stremme & Weiß 2009] gegeben.

Zusätzlich zum Versuchsgebiet wurde ein Referenzgebiet ausgewählt, in dem die Abfallsammlung nicht umgestellt wurde, welches aber ebenfalls untersucht wird, so dass die Ergebnisse der unterschiedlichen Sammelsysteme unabhängig von allgemeinen Effekten ermittelt und verglichen werden können.

In der Vorbereitungsphase wurde eine erste Sortieranalyse zur Bestimmung der Ist-Zusammensetzung von Restmüll, Biomüll und der Gelben Säcke im Versuchs- und Referenzgebiet durchgeführt (Nullanalyse). Dabei wurden im Versuchsgebiet die vier vorhandenen Gebietsstrukturen berücksichtigt und die Zusammensetzung der Abfallfraktionen für jede einzelne Gebietsstruktur getrennt ermittelt. Diese Zusammensetzungen dienen als Vergleich für die veränderte Zusammensetzung der Abfälle während des Praxisversuches. Zusätzlich wurden die sortierten Abfallstoffsor-tiergruppen den zukünftigen nassen und trockenen Abfallkategorien zugeordnet und sowohl die zu erwartenden Massen als auch die Volumina der nassen und trockenen Abfälle bestimmt. Diese Volumina bilden die Grundlage für die Auslegung der Tonnengrößen und des Sammelrhythmus für das Versuchsgebiet (vgl. [Stremme & Weiß 2009]).

Parallel zur Tonnenauslegung wurde mit der Öffentlichkeitsarbeit begonnen, um die teilnehmende Bevölkerung rechtzeitig über die anstehenden Veränderungen zu informieren.

## **2.2 Praxisversuch**

Aufbauend auf den Vorbereitungen wurde im Juli 2008 mit der Tonnenstellung im Versuchsgebiet und damit mit dem Praxisversuch begonnen. Der Praxisversuch beinhaltet Abfallsammlung, Abfallentsorgung, Sortieranalysen, Füllstandskontrollen, sowie Verwertungsversuche mit den nassen und trockenen Abfällen im Betriebs- und ergänzend im Labor- und Technikumsmaßstab. Eine Übersicht über den Versuchsrahmen gibt Bild 2.

Der Praxisversuch ist für eine Laufzeit von einem Jahr vorgesehen, um die Einflüsse der Jahreszeit zu berücksichtigen und Reaktionen (Lern- und Gewöhnungseffekte) der Bürger auf das neue System erfassen zu können. Die nassen und trockenen Abfälle werden während des Praxisversuches getrennt von den Rest- und Bioabfällen aus dem sonstigen Stadtgebiet Kassel eingesammelt und die jeweiligen Mengen der nassen und trockenen Abfallfraktionen gewogen.



Diese getrennte Erfassung ist Voraussetzung, die Abfälle auf ihre Zusammensetzung und ihre Verwertbarkeit untersuchen zu können. Die Entsorgung der Abfälle ist für die Praxisversuchsphase gesichert. Die trockenen Abfälle werden sortiert und die nassen Abfälle werden in einer Vergärungsanlage behandelt.

Um die Veränderungen während des Praxisversuches zu ermitteln und um die jahreszeitlichen Einflüsse zu berücksichtigen, werden während des einjährigen Praxisversuches insgesamt vier umfassende Sortieranalysen durchgeführt, und zwar von einem damit separat beauftragten, von den Stadtreinigern unabhängigen, Institut. Die Ermittlung der Stoffsorriergruppen der nassen und trockenen Abfälle ermöglicht neben der Erfassung des Wertstoffpotenzials in der Trockenen Tonne bzw. des Bioabfallpotenzials in der Nassen Tonne einen Vergleich mit der Rest- und Bioabfallzusammensetzung vor Versuchsstart sowie die Ermittlung von Fehlwurfquoten sowie deren zeitliche Veränderungen. Bei den Sortieranalysen werden zusätzlich Wassergehalte, Aschegehalte und Heizwerte der relevanten Abfallfraktionen bestimmt.

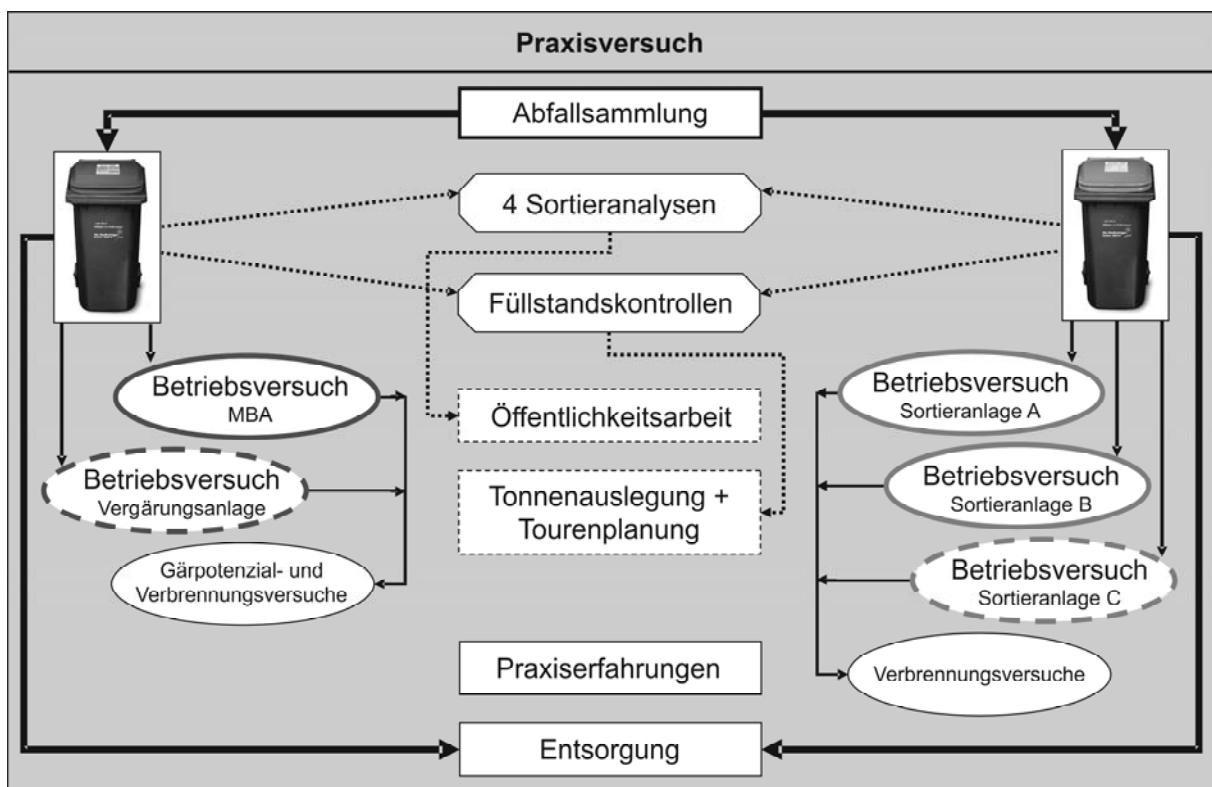


Bild 2: Aktivitäten und Teilprojekte des Praxisversuches

Aufbauend auf den Ergebnissen der Sortieranalysen dient eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit der weiteren Information der Bürger zur Qualitätsverbesserung, aber auch zur Rückmeldung über die Akzeptanz für das veränderte System. Deshalb werden neben Informationsveranstaltungen zusätzlich Bürgerbefragungen durchgeführt (Näheres siehe [Stremme & Weiß 2009]).

Die regelmäßig stattfindenden Füllstandsmessungen dienen zur Kontrolle der zur Verfügung gestellten Behältervolumina. Um keine Fehlwürfe infolge gefüllter Behälter zu provozieren und um die vorgefundenen Aufstellmöglichkeiten kundennah unverändert zu belassen, wurden die zur Verfügung gestellten Behältervolumina zunächst sehr großzügig bemessen und gleichzeitig ein einwöchentlicher Sammelrhythmus eingeführt. Die zwischenzeitlich festgestellten Leervolumina bestätigen die anfänglichen Prognosen einiger Projektbeteiligter, dass auf Dauer wieder eine Reduzierung der Behältervolumina und die Umstellung des Sammelrhythmus auf einen zweiwöchigen Turnus möglich sein werden.

Um eine fundierte ökologische und ökonomische Bewertung des NTT-Systems durchzuführen, werden nicht nur die Sortieranalysen durchgeführt und dabei die Potentiale der verwertbaren Abfallinhaltsstoffe festgestellt. Vielmehr werden die im Untersuchungsgebiet getrennt erfassten Stoffströme in den Trockenen und den Nassen Tonnen in dafür geeigneten Anlagen verwertet und damit die in der Praxis tatsächlich erzielbaren Massen und Qualitäten bestimmt. Dazu wird in Betriebsanlagen die Sortierung der Trockenen Tonne sowie in Biogas- bzw. MBA-Anlagen die Verwertung der Nassen Tonne vorgenommen und es werden jeweils In- und Outputmengen bzw. die Mengen der einzelnen Teilfraktionen bestimmt. Die Möglichkeit dieser Erfassungen ist bereits bei der Auswahl geeigneter Betriebsanlagen eine wichtige Randbedingung.

## **2.3 Verwertung der Nassen Tonne**

Das Konzept des NTT-Systems sieht vor, die Abfälle der Nassen Tonne zu vergären und Biogas zu gewinnen. Weil die nassen Abfälle nicht reinem Bioabfall, d.h. separat gesammeltem Bioabfall, entsprechen, wurde für den ersten Betriebsversuch mit den nassen Abfällen eine mechanisch-biologische Behandlungsanlage mit Vergärungsstufe (MBA) ausgewählt, die bezüglich der Funktionsfähigkeit eine sichere Aufbereitung und Verwertung des Materials ermöglicht. Zur Bestimmung des Gärpotenzials der nassen Abfälle wurde die aufbereitete Organikfraktion im Labor ergänzend untersucht, weil die erforderlichen Mengen für eine separate Betrachtung im Fermenter der MBA nicht generiert werden können. Zur Beurteilung der Gärreste der MBA hinsichtlich eines späteren Einsatzes in thermischen Anlagen wurden diese sowie die anderen relevanten, nicht inerten Fraktionen in einer Technikumsverbrennungsanlage eingesetzt und dabei Heizwerte, Chlorgehalte und Verbrennungsverhalten bestimmt. Die gesammelten Ergebnisse aus den Versuchen in den Betriebsanlagen, der Technikumsanlage und dem Labor ermöglichen die praxisrelevante Bewertung der Inhalte der Nassen Tonne hinsichtlich der Verwertung in einer Vergärungsanlage (Näheres siehe [Schröer & Schiel 2009]). Diese Hochrechnung und Beurteilung der Ergebnisse werden von der wissenschaftlichen Begleitung vorgenommen. Zum Vergleich mit dem ursprünglichen Sammelsystem mit Restmüll und Bioabfällen werden

auch Fraktionen aus dem regulären Betrieb bezüglich Qualität und Quantität untersucht. Außerdem werden die betriebstechnischen Verwertungsversuche wiederholt und in weiteren Betriebsanlagen mit Biogaserzeugung durchgeführt, um eine Bewertung der gesammelten Abfallfraktion aus der Nassen Tonne für unterschiedliche Randbedingungen zu ermöglichen.

## **2.4 Verwertung der Trockenen Tonne**

Die Abfälle der Trockenen Tonne sollen beim NTT-System sortiert und daraus die vermarktbarsten Kunststoffe sowie weitere Wertstoffe und Ersatzbrennstoffe gewonnen werden. Die Sortierreste sollen im MHKW Kassel verbrannt werden. Die Messungen und Erfahrungen in einem betriebsmaßstäblichen Versuch ermöglichen eine Quantifizierung der tatsächlich nach entsprechender Aufbereitung erreichbaren Wertstoffmengen und erlauben eine Ableitung der Ergebnisse für den Fall, dass das NTT-System im gesamten Stadtgebiet umgesetzt wird. Dazu ist es nötig, die trockenen Abfälle in verschiedenen Sortieranlagen, denen unterschiedliche, differenzierte Aufbereitungstechniken zu Grunde liegen, zu behandeln. Damit können die aus der Trockenen Tonne zu sortierenden Stoffgruppen in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen (Anlagen) untersucht und bewertet werden.

Die Sortieranlagen müssen in der Lage sein, das Eingangsmaterial durch die vorhandene mechanische Aufbereitung in die Output-Fraktionen Fe-Metall, NE-Metall, Folien, PET-, PE- und PP-Kunststoffe, EBS, Verbundverpackungen, Papier und Sortierreste zu sortieren und die Massenströme einzeln zu erfassen. Für die Betriebsversuche wurden Sortieranlagen gefunden, die sowohl die notwendigen Voraussetzungen der mechanischen Aufbereitung aufweisen als auch den Ergebnissen der Versuche ergebnisoffen gegenüberstehen. Die Sortierreste aus den Betriebsversuchen der Trockenen Tonne werden ebenfalls ergänzend in einer Technikumsverbrennungsanlage umgesetzt.

Die Sortieranlagen sowie der mechanische Teil der MBA sind vor dem Versuch leer zu fahren. Auffälligkeiten im Betriebsablauf aufgrund des veränderten Eingangsmaterials sind seitens des Anlagenbetreibers zu dokumentieren und zu bewerten. Ebenfalls sollen Aussagen über die qualitative Zusammensetzung der Output-Fraktionen im Vergleich zu einem herkömmlichen Anlagenbetrieb getroffen werden. Dafür müssen die Sortierfraktionen aus den Sortieranlagen ggf. stichprobenartig nachsortiert werden.

## **2.5 Bewertungen**

Die während des Versuches gemachten Erfahrungen bei der Tonnenstellung, Sammlung sowie vor allem bei den Verwertungsversuchen im Betriebsmaßstab, dienen zur späteren optimierten Umsetzung des Systems hinsichtlich Machbarkeit und Akzeptanz. Die Ergebnisse des Praxisversuches ermöglichen eine fundierte, praxisorientierte Bewertung des NTT-Systems, bei der die Wirtschaftlichkeit, Umsetzbarkeit, die ökologischen und die sozialen Auswirkungen berücksichtigt werden.

## **3 Bewertung des NTT-Sammelsystems im Vergleich zum Ist-System**

Um die Erfassung der für die ökologische und ökonomische Bewertung des NTT-Systems benötigten Daten beim Praxissammelversuch sicherzustellen, muss ein detailliertes Versuchsprogramm zu Grunde liegen, welches die benötigten Untersuchungen (Sortieranalysen) und Versuche in Betriebsmaßstab sowie deren Umfang beinhaltet und aufeinander abstimmt. Für die Auswahl der für die Bewertung benötigten Größen müssen sowohl das NTT-System als auch das Ist-System abgegrenzt und die relevanten Input- und Outputströme dargestellt werden.

Am Beispiel der Ausnutzung des in den Abfällen vorhandenen Energiepotenzials soll verdeutlicht werden, wie für die Bewertung des neuen Sammelystems im Vergleich zum bestehenden Ist-Systems vorgegangen wird, siehe Bild 3. Das Energiepotenzial von Restmüll, Biomüll und Gelben Sack beim Ist-System wird über die Mengen und Heizwerte der Abfallströme bestimmt. Zu Ermittlung dieser Größen diene vor Versuchsbeginn die Nullanalyse. Auf Basis der bestehenden Verwertungswege für diese Ströme werden die genutzten Energiemengen bestimmt. Die Energieausbeute des Biomülls bei der Kompostierung ist Null. Gleiches gilt für die Wertstoffe aus dem Gelben Sack. Allerdings müssen Energie-Gutschriften für die nicht energetisch sondern stofflich verwerteten Wertstoffe in die Vergleichsbilanzen eingebracht werden.

Vergleichend dazu wird das Energiepotenzial in den nassen und trockenen Abfällen über die Massenströme und deren Heizwerte bestimmt. Zur Generierung dieser Daten sind Sortieranalysen durchzuführen, die die Abfallmengen direkt und über die Stoffsortiergruppenverteilung die Heizwerte indirekt ermittelt. Weil für das neue System keine bestehende Verwertung vorliegt, müssen die bei einer Verwertung zu gewinnenden Energiemengen aus betriebsmaßstäblichen Versuchen gewonnen werden. Bei diesen Versuchen müssen die verschiedenen Outputströme erfasst werden und wieder bezüglich der verschiedenen Massenströme und deren Heizwerten bzw. bezüglich der erzeugten Energiemenge bewertet werden. Die Energieausnutzung beim Ist-System und beim NTT-System wird anschließend verglichen und bewertet. In die späteren gesamtheitlichen Betrachtungen gehen Transportaufwendungen und Anlagenverbräuche zusätzlich mit ein.

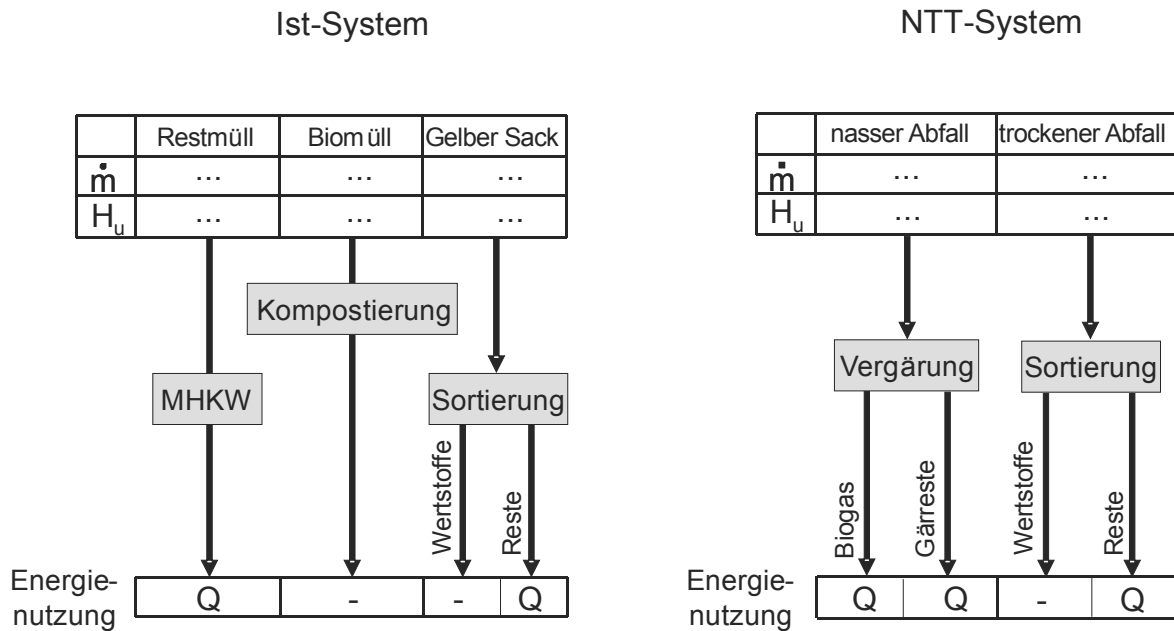


Bild 3: Bewertung der Nutzung des Energiepotenzials

Das Vorgehen ist für den Vergleich der stofflichen Nutzung der Stoffströme absolut und in Relation zum Potenzial analog. Am Ende müssen der energetische und der stoffliche Nutzen zusammengefasst und gegenübergestellt werden. Für die ökologische und ökonomische Bewertung (siehe Kapitel 3.1 und 3.2) werden neben der Verwertung der Abfallströme auch die Abfallsammlung und Transporte zu den Anlagen berücksichtigt. Das Vorgehen bei der reinen Betrachtung für die Verwertungswege ist analog zu dem oben beschriebenen Beispiel.

### 3.1 Ökonomische Bewertungen

Bei der Bewertung der im laufenden Betrieb beim neuen Sammelsystem in Vergleich zum bestehenden System entstehen Kosten, werden die Abfallsammlung, Transporte und Behandlungs- sowie Entsorgungskosten berücksichtigt. Einmalig fallen Umstellungskosten an. Die Kostenstruktur für das NTT-System, welche für das Ist-System bis auf die Einführungskosten analog aufgebaut ist, berücksichtigt folgende Kosten:

- Einführungskosten → einmalig
- Kosten für die Abfallsammlung
- Transportkosten
- Behandlungskosten Sortierung
- Behandlungskosten Vergärung
- Entsorgungskosten.

Bei der Umstellung vom Ist- auf das NTT-System fallen einmalig Einführungskosten an, die sich aus der Tonnenanzahl, deren Anschaffungskosten und den spezifischen

Kosten für die Umstellung berechnen lassen. Bei den spezifischen Kosten sind das gewählte Fahrzeug, der Personaleinsatz und die Entfernungen im Stadtgebiet zu berücksichtigen. Diese Kosten fallen beim Ist-System in dieser Form nicht an, obwohl auch dort ein regelmäßiger Austausch einiger Tonnen zu berücksichtigen ist.

Die im laufenden Betrieb anfallenden Abfallsammlungskosten setzen sich aus der zu sammelnden Abfallmasse und den spezifischen Sammelkosten, bei denen der Sammeltturnus, der eingesetzte Fahrzeugtyp, die damit einhergehende Personalkapazität, und die Entfernungen im Stadtgebiet eingehen, zusammen. Werden zukünftig bei der Umsetzung des NTT-Systems zwei Abfallströme (Nasse Tonne und Trockene Tonne) statt bisher drei Abfallströme (Rest- und Biomüll und Gelber Sack) gesammelt und kann ein zweiwöchentlicher Sammelrhythmus realisiert werden, ist mit in Summe geringeren Sammelkosten beim NTT-System im Vergleich zum bestehenden Sammelsystem zu rechnen.

Für die Transportkosten werden die Hintransporte zu den Behandlungsanlagen und die Rücktransporte zum MHKW Kassel berücksichtigt. Dafür werden die jeweiligen Massen an nassen und trockenen Abfällen für den Hintransport, sowie der Sortier- und Gärrestmengen für den Rücktransport benötigt, die bei den Sortieranalysen pro Einwohner bestimmt und dann aufs Stadtgebiet hochgerechnet werden. In die spezifischen Transportkosten gehen der Transportturnus, der eingesetzte Fahrzeugtyp, die damit einhergehende Personalkapazität, und die Entfernungen zu den Sortier- bzw. Vergärungsanlagen ein.

Die Behandlungskosten für die Sortierung bzw. Vergärung beim NTT-System und für die Verbrennung, Kompostierung und Sortierung beim Ist-System lassen sich aus den Massen der zu behandelnden Abfälle und den spezifischen Behandlungskosten berechnen. Bei den spezifischen Behandlungskosten für die Sortierung sind neben den Anlagenkosten auch die zu erzielenden Wertstoffmengen und -qualitäten für die Ermittlung der zu erzielenden Erlöse zu berücksichtigen. Ebenso werden bei den spezifischen Behandlungskosten für die Vergärung die Biogasmengen und -qualitäten für die Erlösermittlung benötigt. Die Biogasmengen und -qualitäten sowie die Wertstoffmengen und -qualitäten können nur mittels Versuchen in Betriebsanlagen belastbar ermittelt werden.

Die Entsorgungskosten beim NTT-System berechnen sich aus den Sortier- und Gärrestmengen und den spezifischen Behandlungskosten im MHKW Kassel. Wenn z.B. ein Teil der Sortierreste anderweitig thermisch behandelt werden kann, sind entsprechende Mengenverteilungen und weitere spezifische Behandlungskosten sowie veränderte Transportkosten zu berücksichtigen.

Aufbauend auf den Versuchsergebnissen können verschiedene Szenarien für die Ermittlung der im Betrieb anfallenden Gesamtkosten beim NTT-System abgeschätzt

werden, indem unterschiedliche Behandlungsanlagen, mit veränderten Transportentfernungen und Wertstoffmengen und -erlösen betrachtet werden. Zum Beispiel kann durch die Auswahl verschiedener Sortieranlagen mit unterschiedlich differenzierten Aufbereitungstechniken für die Betriebsversuche, die Wertstoffmengen und -qualitäten in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen (Anlagen) untersucht und bewertet werden und die Ergebnisse in spätere Szenarien eingehen.

### 3.2 Ökologische Bewertung

Eine umfassende ökologische Bewertung zweier Alternativen ermöglicht die Ökobilanz, die die gesamtheitliche Betrachtung aller Systemkomponenten beinhaltet. Mit der Ökobilanz können das Ist- und das NTT-System miteinander verglichen und die ökologischere Alternative in Hinblick auf verschiedene Einflussgrößen ermittelt werden. Es werden die Emissionen, die bei verschiedenen Prozessen entstehen oder diesen zuzusprechen sind, ermittelt. Dazu ist es als erstes nötig, das System abzugrenzen und die Bilanzgrenze festzulegen. Innerhalb des Ist- und des NTT-System werden die folgenden Teilprozesse betrachtet:

#### Ist-System

- Abfallsammlung
- Transporte
- Verbrennung im MHKW
- Kompostierung
- Sortierung
- Strom- und Wärmeversorgung

#### NTT-System

- Abfallsammlung
- Transporte
- Vergärung
- Sortierung
- Verbrennung im MHKW
- Strom- und Wärmeversorgung

Die von der Sammlung bis zur Entsorgung entstehenden Emissionen werden für jedes System und für jeden Prozess separat ermittelt, akkumuliert und anschließend verschiedenen ökologischen Wirkungskategorien zugeordnet. Die Auswahl der ökologischen Wirkungskategorien und ihre Gewichtung untereinander sind anhängig von der Fragestellung. Eine ökologische Wirkungskategorie ist das Treibhauspotenzial oder Global Warming Potential, welches in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten gemessen wird [Rüdenauer 2006].

Am Beispiel der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird das Vorgehen bei der ökologischen Bewertung des NTT-Systems im Vergleich zum bestehenden Ist-System vorgestellt. Tabelle 1 zeigt die Matrix für die Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Abfallsammlung, bei den Abfalltransporten und bei den verschiedenen Behandlungen für die unterschiedlichen Stoffströme, die beim Ist- bzw. NTT-System auftreten. Es werden die verschiedenen Prozesse (Abfallsammlung, Transport, Behandlungen) zuerst einzeln für das Ist-System und für das NTT-System betrachtet.

Bei der Abfallsammlung werden weder Strom noch Wärme gebraucht, die zu einer positiven CO<sub>2</sub>-Emission führen, allerdings führt der Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge zu CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit einer positiven CO<sub>2</sub>-Bilanz. Zusätzlich müssen die Emissionen bei der Bereitstellung der Fahrzeuge und weitere Betriebsmittel berücksichtigt werden. Es entstehen sowohl beim Ist- als auch beim NTT-System CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Sammlung, die jedoch aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen bei den Transporte ungleich sind. Die Betrachtungen bei den Transporten zu den Behandlungsanlagen sind vergleichbar. Hier sind vor allen die Entfernungen zu den Anlagen für die CO<sub>2</sub>-Bilanz zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Bewertungsmatrix für die CO<sub>2</sub>-Emissionen

	Ist-System				NTT-System			
	Strom- bedarf	Wärme- bedarf	Masse	CO <sub>2</sub> - Bilanz	Strom- bedarf	Wärme- bedarf	Masse	CO <sub>2</sub> - Bilanz
<b>Abfallsammlung</b>				+				+
<b>Transporte zu Anlagen</b>				+				+
<b>Verbrennung</b>								
- Anlagenbetrieb				+				+
- Restmüll			Schlacke	-	kein Systembestandteil			
- Sortierreste (gS, Bio, TT)			Schlacke	-			Schlacke	-
- Gärreste	kein Systembestandteil						Schlacke	-
<b>Kompostierung</b>								
- Anlagenbetrieb				+	kein Systembestandteil			
- Biomüllbehandlung			Kompost	+				
<b>Vergärung</b>								
- Anlagenbetrieb	kein Systembestandteil							+
- nasser Abfall/Biogas							Gärrest	-
<b>Sortierung</b>								
- Anlagenbetrieb				+				+
- Wertstoffe			Wertstoffe	-			Wertstoffe	-

+ mehr CO<sub>2</sub>      - weniger CO<sub>2</sub>       Relevant für Betrachtungen

Unterschiedlich sind die Emissionen bei den Behandlungen der verschiedenen Abfallströme. Es werden sowohl Leichtverpackungen beim Ist-System als auch die trockenen Abfälle beim NTT-System sortiert. Allerdings unterscheiden sich die Sortier- und Wertstoffmengen beider Systeme und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Anlagenbetrieb und die CO<sub>2</sub>-Gutschriften für die Wertstoffe. Die Kompostierung und die begleitenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind nur für den Bioabfall beim Ist-System relevant, die Vergärung nur für den nassen Abfall. Bei der Vergärung wird Biogas und damit Wärme und Strom gewonnen, welche in Summe zu Einsparungen fossiler



Energieträger und damit zu CO<sub>2</sub>-Einsparungen und einer negativen CO<sub>2</sub>-Bilanz führen. Bei der Verbrennung sowohl des Restmülls als auch der Sortier- und Gärreste im MHKW Kassel werden Strom und Wärme in unterschiedlichen Anteilen, abhängig von Heizwert, erzeugt und damit fossiler Energieträger und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart, was wiederum zu einer negativen CO<sub>2</sub>-Bilanz führt.

Abschließend werden die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Ist- und beim NTT-System zusammengefasst und bilanziert.

Die Datengrundlage für die Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie weiterer ökologischer Wirkungskategorien stammt aus den Betriebs- sowie Technikums- und Laborversuchen.

### **3.3 Gesamtbewertung**

Mittels der in den Sortieranalysen bestimmten Abfallmengen und -zusammensetzungen der verschiedenen Stoffströme beim Ist-System und während des Praxisversuches können die Wertstoff- und Bioenergiepotenziale ermittelt und verglichen werden. Ebenso ermöglichen die Ergebnisse der Sortieranalysen, die Erfassungsquoten zu bewerten und sie dienen als Basis für die Bewertung der Ergebnisse aus den Betriebsversuchen, speziell der Wertstoff- und Biogasmengen.

Mittels der Abfallmengen und der Tonnenfüllgrade für die Nassen und Trockenen Tonnen werden die bei einer Umstellung der Sammlung auf das gesamte Stadtgebiet benötigten Behältervolumina und der benötigte Abfuhrhythmus berechnet. Diese Daten sind wesentlich, um die Kosten für die Abfallsammlung beim NTT-System zu berechnen.

Aus den Ergebnissen der Verwertungsversuche in den Betriebsanlagen werden die für die trockenen und nassen Abfälle zu erzielenden Wertstoff- und Biogasmengen und -qualitäten absolut und relativ zum vorhandenen Potenzial und der heutigen Nichtnutzung ermittelt. Durch die Ergebnisse können die zu erwartenden Erlöse für das Biogas und die Wertstoffe erfasst werden. Ebenso zeigen die bei den verschiedenen Anlagen ermittelten unterschiedlichen Wertstoff- und Sortierrestmengen verschiedene Verwertungsoptionen auf. Somit ist die Wahl einer Behandlungsanlage bei einer Umstellung auf das NTT-System flexibler, was bei der Bewertung des Systems mit einer Betrachtung verschiedene Optionen in Form von Szenarien einhergeht. Abhängig von den gewählten Anlagen sind nicht nur Mengen und Erlöse, sondern auch die benötigten Transportaufwendungen ökologisch und ökonomisch zu bewerten.

Zur Einordnung des NTT-Systems werden neben der ökologischen und ökonomischen Bewertung des NTT-Systems im Vergleich zum Ist-System, andere Sammel-

systeme betrachtet und die bei diesen Systemen generierten stofflichen und energetischen Nutzen und die Kosten verglichen.

Im Rahmen der Gesamtbewertung wird zusätzlich zur ökologischen und ökonomischen Bewertung die praktische Umsetzbarkeit des NTT-Systems bewertet. So sind für die Sicherung der Behandlungswege beim NTT-System entsprechende Anlagenverfügbarkeiten und Kapazitäten zu prüfen und in die Gesamtbewertung einzubeziehen. Die Praxiserfahrungen beim Versuchsbetrieb und der Verwertung, sowie die Akzeptanz der Bürger und der Müllwerker werden ebenfalls bewertet. Außerdem muss der rechtliche Rahmen geklärt und gesichert werden.

#### **4 Zusammenfassung**

Zur Beurteilung des NTT-Systems im Vergleich zum bestehenden Sammelsystem im Stadtgebiet Kassel ist eine ganzheitliche, aussagekräftige und ergebnisoffene Bewertung nötig. Diese Bewertung umfasst die Wirtschaftlichkeit der Systeme, einen ökologischen Vergleich und die praktische Umsetzbarkeit des NTT-Systems.

Durch die wissenschaftliche Begleitung der Untersuchungen wird eine unabhängige, zielführende, zuverlässige und vollständige Ermittlung der für die Bewertung benötigten Daten durch eine systematische Vorgehensweise und Planung sichergestellt. Die einzelnen Ergebnisse der verschiedenen Teiluntersuchungen werden zusammengeführt, ausgewertet und das Gesamtkonzept ergebnisoffen bewertet. Die Betrachtung umfasst sowohl absolute als auch relative Bewertungen, wie z.B. die absoluten Wertstoffmengen, die aus der Trockenen Tonne gewonnen werden, als auch den Vergleich zum bisher genutzten Wertstoffpotenzial.

Im Rahmen des zurzeit laufenden Praxisversuches wurde die Abfallsammlung in einem ausgewählten Versuchsgebiet auf das neue System umgestellt. Zur Ermittlung, der Mengen und den Zusammensetzungen der nassen und trockenen Abfälle, sowie zur Bewertung der Fehlwurfquoten und der Potenzialausnutzung werden begleitend vier Sortieranalysen durchgeführt. Die Verwertungswege werden durch betriebsmaßstäbliche Versuche untersucht und die Wertstoff- und Biogasmengen und -qualitäten ermittelt.

Die Ergebnisse des Praxisversuches und der begleitenden Untersuchungen gehen anschließend in die Bewertung des NTT-Systems ein. Die vorherige strukturierte Versuchsplanung ermöglicht es, die ökologische und ökonomische Bewertung vorzunehmen, da sie die Ermittlung der benötigten Abfallmengen, Wertstoff- und Biogasmengen, sowie deren Qualitäten für die Erlösermittlung, der Reststoffmengen und von Betriebserfahrungen sicherstellt. Grundlage dafür ist ein detailliertes Versuchsprogramm, welches die benötigten Untersuchungen (Sortieranalysen) und

Versuche in Betriebsmaßstab, sowie deren Umfang beinhaltet. Für die Auswahl der für die Bewertung benötigten Größen müssen sowohl das NTT-System als auch das Ist-System abgegrenzt und die relevanten Input- und Outputströme dargestellt werden. Für den ökonomischen Vergleich wurde eine Kostenstruktur ermittelt, die die bei den Sortieranalysen und im Praxisbetrieb ermittelten Abfallmengen als auch die spezifischen Sammel- und Transportkosten und die spezifischen Behandlungskosten für die Vergärung, Kompostierung, Sortierung und Verbrennung berücksichtigt.

## 5 Literatur

- Halm, G.: Projekt „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel; in: Urban, A.I.; Halm, G. (ed.): Kassler Modell – mehr als Abfallentsorgung, Tagungsband Kasseler Wertstofftage, kassel university press (2009)
- Rüdenauer, I.; Eberle, U.; Grießhammer, R.: Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung Wäsche- waschen, Öko-Institut e.V. (2006) 125 S.
- Schröer, R.; Schiel, N.: Erste Erfahrungen mit der Verwertung von nassen und trockenen Stoffströmen aus dem Versuchsgebiet Kassel; in: Urban, A.; Halm, G. (ed.): Weiterentwicklung der Abfall- sammlung – Abfallwirtschaft ohne Duale System? Tagungsband, kassel university press (2009)
- Schröer, R.; Morgan, M.; Urban, A.: Nasse + trockene Restabfalltonne – Ein neues System für Kas- sel?; in: Urban, A.; Halm, G., Morgan, R.M. (ed.): Kassler Modell – mehr als Abfallentsorgung, Tagungsband Kasseler Wertstofftage, kassel university press (2007) 111/122
- Stremme, S.; Weiß, K.: Umsetzung und Erfahrung im Bereich der Sammlung mit dem System „Nasse und Trockene Tonne“; in: Urban, A.; Halm, G. (ed.): Kassler Modell – mehr als Abfallentsor- gung, Tagungsband Kasseler Wertstofftage, kassel university press (2009)



A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

# **Umsetzung und Erfahrungen im Bereich der Sammlung mit dem System „Nasse und Trockene Tonne“**

Dipl.-Ing. Stefan Stremme  
Dipl.-Ökon. Katja Weiß  
Die Stadtreiniger Kassel

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einleitung

Die Forderung der Bürgerinnen und Bürger nach einer Getrenntsammlung von Abfällen, die komfortabel, ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, veranlasste die *Stadt-reiniger Kassel* alle bisherigen Modellansätze zur Getrenntsammlung kritisch zu hinterfragen. Hierbei soll es gelingen, ein „Zwei-Tonnen-System“ zu schaffen, wodurch sich einerseits die organischen Bestandteile der Restabfalltonne separieren lassen, und andererseits eine Abfallfraktion aus trockenem Restabfall entsteht. Dieser Konzeptansatz eines „Zwei-Tonnen-Systems“ aus einer Nassen und Trockenen Tonne basiert auf der Annahme, dass sich Nassabfälle mit biologischen Anteilen vergären und trockene Abfallfraktionen besser sortieren lassen. Hierdurch kann eine höhere Energie- und Wertstoffausbeute erzielt werden. Dadurch profitieren zum einen die Kasseler Bürgerinnen und Bürger von einem einfachen und komfortablen Sammelsystem, und zum anderen lassen sich die Kosten stabilisieren bzw. reduzieren.

## 2 Voranalyse bestätigt das Kasseler Konzept

Zur erfolgreichen Planung, Umsetzung und Kontrolle des Kasseler Pilotprojektes wurden neben der wissenschaftlichen Begleitung durch die Universität Kassel umfangreiche Voruntersuchungen durch das Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH durchgeführt. In einer sogenannten Nullanalyse untersuchte das Institut die Wertstoffpotenziale anhand der Abfallzusammensetzung im vorgesehenen Versuchsgebiet und in einem Referenzgebiet der Stadt Kassel. Diese Voranalyse bestätigte den Kasseler Modellansatz und zeigte ein Wertstoffpotenzial von 76,5% im Restabfall auf.

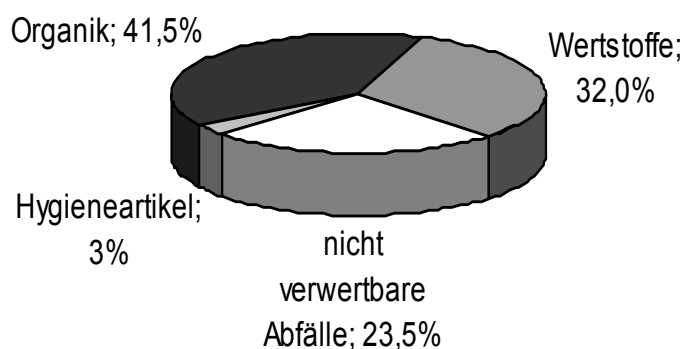


Bild 1: Wertstoffpotenziale im Restabfall

Aufgrund dieser durchgeführten Nullanalyse mussten bei der Systemumstellung folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Die Berechnung der benötigten Behältervolumina muss auf Basis unterschiedlicher Gebietsstrukturen (z.B. Citygebiete, offene Mehrfamilienhausbebauung etc.) erfolgen.
- Die einwohnerspezifischen Mengen an nassen und trockenen Abfällen stehen in einem umgekehrten Verhältnis zwischen Menge und Volumen.
- Der Füllgrad in Müllgroßbehältern (MGB) wie z.B. in 770 und 1.100 Ltr. Müllbehältern ist geringer als bei Müllbehältern in den Größen 80/120/240 Ltr.

Eine genaue Prüfung der Standplätze im Untersuchungsgebiet sowie eine detaillierte Planung der Sammlung wurden somit unumgänglich.

### **3 Öffentlichkeitsarbeit**

Vorbereitet und begleitet wurde der Praxisversuch durch den Einsatz folgender Medien:

- Pressetermin als „Take Off“
- Präsentation des Konzeptes bei der Ortsbeiratssitzung Südstadt
- Anschreiben und Infoblätter an alle Haushalte des Versuchsgebietes
- Flyer mit Sortierhinweisen
- Informationsveranstaltungen vor Ort
- Anzeigen und redaktionelle Veröffentlichungen in regionalen Printmedien
- zahlreiche Film- und Rundfunkbeiträge.

### **4 Operative Umsetzung**

In dem Kasseler Konzept werden die Bürgerinnen und Bürger gebeten, die Abfälle in einer Nassen und Trockenen Tonne zu sammeln. Die Abfallsammlung erfolgt wie gewohnt im Holsystem mit Vollservice. In der Trockenen Tonne werden trockene Abfälle aus stofflich verwertbaren Restabfallbestandteilen wie z. B. Kunststoffe, Plastikverbundstoffe, Metalle, Holz, Aluminium, Weißblech usw. erfasst. Alle verbleibenden Restabfälle und organischen Abfälle aus der Biotonne werden in der Nassen Tonne erfasst. Darüber hinaus können E-Kleingeräte über die Trockene Tonne miterfasst und später separiert werden. Die nassen Abfälle werden in den Behältergrößen 80/120/240 Ltr. gesammelt. Für die Trockene Tonne steht zusätzlich der 1.100 Ltr. Behälter zur Verfügung.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Kasseler Südstadt. Insgesamt nehmen rd. 3.800 Einwohner verteilt auf ca. 2.200 Haushalte an dem Pilotversuch teil. Hierbei sind alle städtischen Bebauungsstrukturen, wie stark verdichtete Bebauung mit

Innenstadtcharakter und Kleingewerbe sowie Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhausbebauung, berücksichtigt.

Der Praxisversuch startete am 01. Juli 2008 und umfasst einen Versuchszeitraum von einem Jahr. Für die Bürgerinnen und Bürger wurden umfangreiche Informationsmaterialien vorbereitet. Im Vorfeld der Praxisphase fand eine genaue Prüfung der Standplätze statt, um die auf Basis der Nullanalyse ermittelte Volumenerhöhung – insbesondere für die trockene Fraktion - besser beurteilen zu können. Die standplatzgenaue Begehung verdeutlichte, dass in 70 - 80% aller Behälterstandplätze kein ausreichender Platz für die Stellung der theoretisch errechneten Behältervolumina vorhanden war. Gründe für die räumlichen Einschränkungen sind i.d.R. Verbauungen, Treppen und Durchfahrten. Des Weiteren war für den Versuchsverlauf des Projektes entscheidend, dass ausreichendes Behältervolumen zur Verfügung steht, um Fehlwürfe aufgrund von Platzmangel auszuschließen. Dadurch musste die Abfuhr von einer geplanten 14-tägigen Abholung auf eine wöchentliche Abfuhr verdoppelt werden.

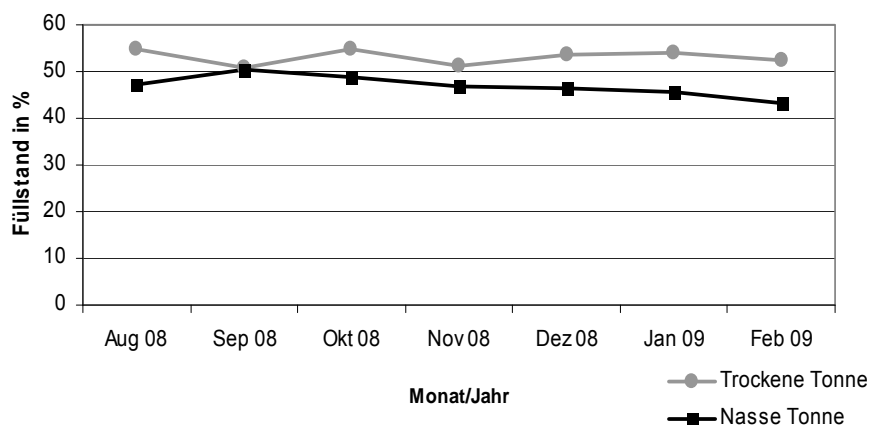


Bild 2: Entwicklung der Füllstände (Aug 08 - Feb 09)

Erste Erfahrungen bei der Messung der unterschiedlichen Füllstände der Müllbehälter zeigen auf, dass hier ein Optimierungsansatz besteht. So könnte das jetzige Behältervolumen stehen bleiben, und die Abfuhr auf eine 14-tägige Abholung erhöht werden. In diesem Zusammenhang ist zum einen eine weitere punktuelle Standplatzbegehung notwendig, und zum anderen muss in enger Absprache mit den Versuchsteilnehmern das vorhandene Behältervolumen ggf. angepasst werden.

Das folgende Bild zeigt, wie sich die Gewichte der Nassen und Trockenen Tonnen seit Versuchsbeginn entwickelt haben. Unter Beachtung einer 12-monatigen Hochrechnung der Sammelmengen ist davon auszugehen, dass insgesamt ca. 500 Tonnen nasser Abfall und 340 Tonnen trockener Abfall gesammelt werden.



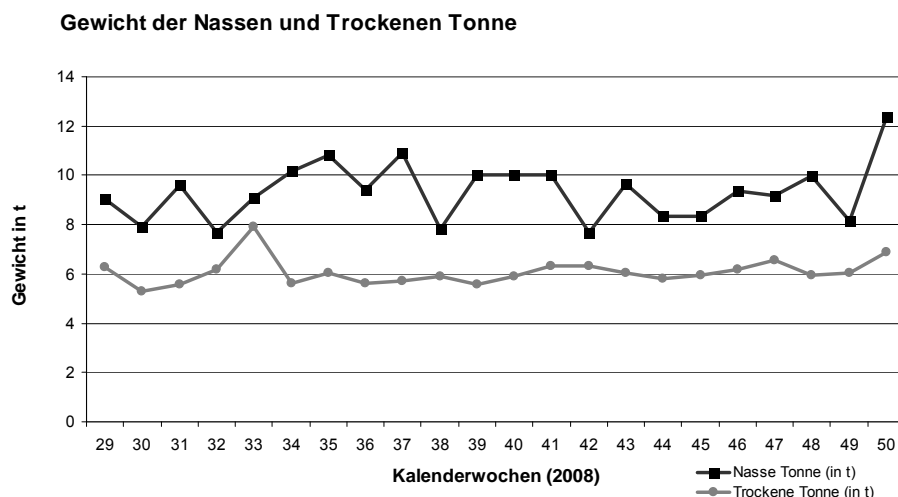


Bild 3: Entwicklung der Gewichte der Nassen und Trockenen Tonne

Ein Vergleich der einwohnerspezifischen Mengenanteile im Stadtgebiet Kassel und im Versuchsgebiet zeigt die nachfolgende Darstellung. Es ist zu berücksichtigen, dass ursprünglich die Miterfassung von Leichtverpackungen (LVP) über die Trockene Tonne im Konzeptansatz vorgesehen war. Aufgrund von Vertragsabstimmungen mit der DSD GmbH müssen die *Stadtreiniger Kassel* weiterhin die separate Sammlung von LVP gewährleisten. So ergibt sich für das Stadtgebiet Kassel eine einwohnerspezifische Abfallgesamtmenge von ca. 260 kg/E\*a. Die Gegenüberstellung der Mengenanteile aus dem Stadtgebiet verdeutlicht die Verschiebung der Abfallfraktionen aus Restmüll, Bioabfall und LVP hin zur Trockenen und Nassen Tonne sowie LVP.

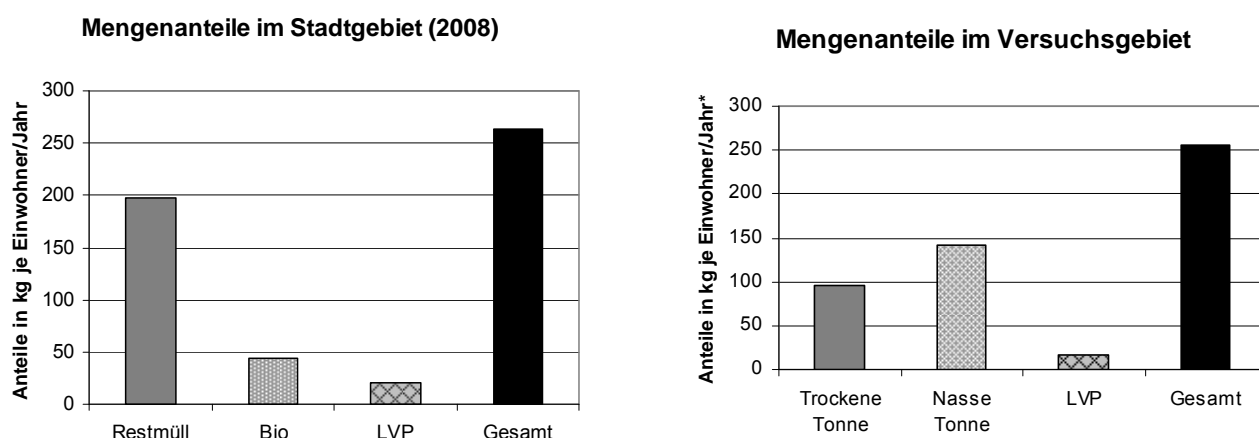


Bild 4: Mengenanteile in der Stadt Kassel und im Versuchsgebiet (\*prognostizierte Entsorgungsmengen von 21 Wochen)

Erste Ergebnisse aus den Sortieranalysen zeigen, dass die Qualitäten der Nassen und Trockenen Tonne die Erwartungen erfüllen und eine Vermarktung der Wertstoffe möglich ist. So liegt der der Nassen Tonne zugehörige Systemanteil bei über 85 Gew.-%. In der Trockenen Tonne liegen die Restabfallanteile bei rd. 20 Gew.-%. Diese guten Zwischenergebnisse lassen sich auch durch die hohe Zufriedenheit der

Bürgerinnen und Bürger in der Kasseler Südstadt untermauern. So antworteten 90,3% der Versuchsteilnehmer in einer Postkartenaktion der *Stadtreiniger Kassel* auf die Frage, ob die Mülltrennung in nass und trocken für sie leichter sei als die bisherige Getrenntsammlung, mit „Ja“.

## **5 Bisherige Schlussfolgerungen**

In den nächsten Monaten des Praxisversuches Nasse und Trockene Tonne ist es Aufgabe der *Stadtreiniger Kassel*, Optimierungspotentiale aufzuzeigen. Nur unter Berücksichtigung aller Aspekte, die mit der Einführung einer neuen Getrenntsammlung zusammenhängen, kann die ökonomische Seite abgeschätzt werden. So haben die Mengen- und Füllstandskontrollen unter Berücksichtigung der Standplatzsituation ergeben, dass die Rückkehr zur 14-tägigen Leerung möglich ist. Dieses wird derzeit in die Tourenplanung eingearbeitet. Des Weiteren wird in diesem Zusammenhang geprüft, ob die Aufstellung von 360 Ltr. Behältern für trockene Abfälle sinnvoll ist. Weiterhin erfolgt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung anhand von Fallstudien. Es werden verschiedene Szenarien entwickelt, die die Verwertungs- und Transportkosten mit den derzeitigen Entsorgungskosten vergleichen. Dies erfolgt unter Berücksichtigung unterschiedlicher Analyseergebnisse in verschiedenen Verwertungsanlagen. So werden beispielsweise Analyseergebnisse mit hochwertigen Qualitäten und unabhängigen Ortsbezügen mit regional vorhandenen Verwertungsanlagen und vorhandenen Anlagentechniken verglichen. Zudem würden sich nach heutiger Einschätzung die Sammelkosten summa summarum reduzieren, wenn die Miterfassung von LVP zulässig wäre.

Die ersten Zwischenergebnisse des Modellversuchs Nasse und Trockene Tonne zeigen, dass der Konzeptansatz in die richtige Richtung geht und auch unter der zukünftigen Entwicklung der Abfallwirtschaft sinnvoll ist.

A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Erste Erfahrungen mit der Verwertung von nassen und trockenen Stoffströmen aus dem Versuchsgebiet Kassel**

Dipl.-Ing. Ramona Schröer  
Fachgebiet Abfalltechnik, Universität Kassel  
Dipl.-Geogr. Niklas Schiel  
Die Stadtreiniger Kassel

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Einleitung**

Mit dem Praxisversuch zur Einführung des neuen Sammelsystems „Nasse und Trockene Tonne“ Kassel (NTT-Kassel) zeigen die Stadtreiniger Kassel neue Konzepte der Abfallsammlung und Verwertung auf. Im folgenden Beitrag werden erste Erfahrungen mit der Verwertung der nassen und trockenen Stoffströme während dieses Praxisversuches dargestellt. Der Versuch wird durch die Universität Kassel wissenschaftlich begleitet. In diesem Kontext wurden schon vor dem Beginn bzw. werden während der Praxisphase die bestehenden Verwertungswege bewertet und entsprechend optimiert.

Nach der Gewährleistung der Entsorgungssicherheit der nassen und trockenen Abfälle, wird aktuell die Verwertung der beiden Stoffströme untersucht und sich somit an die beste verfügbare Technik „herangetastet“. Trotz positiver Tendenzen zeigen die aktuellen Zwischenergebnisse, dass noch Verbesserungspotenzial besteht – insbesondere hinsichtlich der Anlagentechnik bei der betriebsmaßstäblichen Behandlung der Abfälle.

Ein besonderes Interesse besteht darin, die Verwertung des nassen Stoffstroms bewerten zu können, weil mit der Vergärung einer nassen Fraktion Neuland betreten wird. Gleichwohl wird der Wertstoffausschleusung aus dem Restmüll ein hohes Gewicht beigemessen. Hier gilt es, mittels moderner Sortiertechniken ein Maximum an Wertstoffen zu gewinnen. Bei der Sortierung des trockenen Stoffstroms besteht der Vorteil, dass diese in bestehende Anlagen durchgeführt werden kann, bei denen auf entsprechende Betriebserfahrungen zurückgegriffen werden kann.

Das Konzept – einschließlich der wissenschaftlichen Untersuchungen – ist grundsätzlich ergebnisoffen angelegt, d.h. sämtliche Verwertungswege und -optionen werden einbezogen.

## **2 Verwertung der Nassen und der Trockenen Tonne**

Beim NTT-System werden die Inhalte der Nassen Tonne einer Vergärungsanlage und die Inhalte der Trockenen Tonne einer Sortieranlage zugeführt. Das in Bild 1 dargestellte Schema zeigt, dass lediglich die Gär- bzw. Sortierreste thermisch behandelt werden. Vorrangige Ziele des neuen Konzeptes sind die Erhöhung der Verwertungsquoten sowie die Restmüllreduzierung für eine Schonung der natürlichen Ressourcen und eine Steigerung der Wertschöpfung.

Mit der separaten Erfassung des nassen Abfalls wird zusätzlich zum Biomüll der überwiegende Anteil der Organik aus dem ursprünglichen Restmüll der Verwertung zugeführt. Mit der separaten Erfassung des trockenen Abfalls werden sowohl

Wertstoffe für eine stoffliche Verwertung als auch je nach eingesetzter Anlagentechnik Ersatzbrennstoffe (EBS) gewonnen.

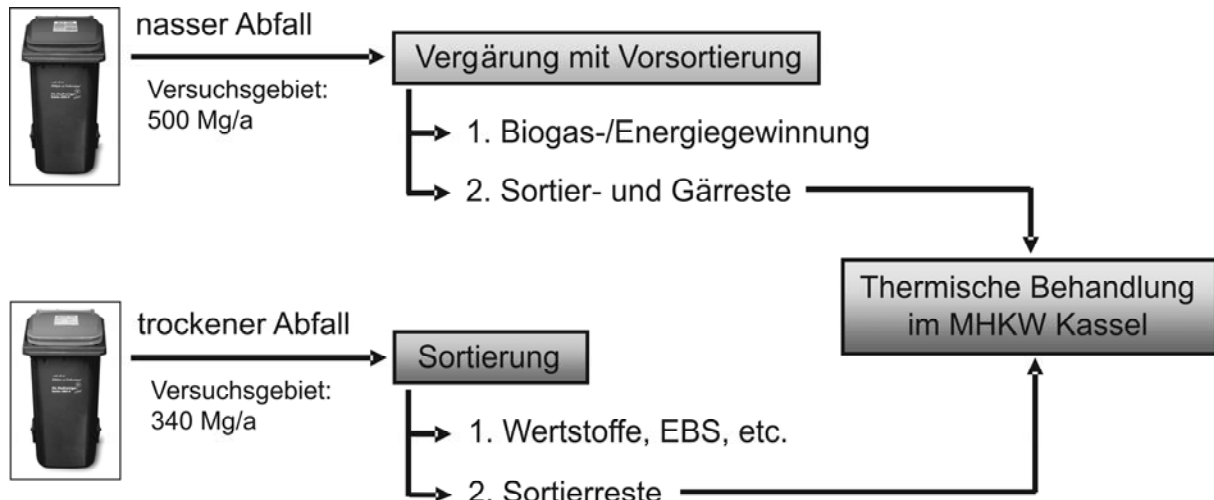
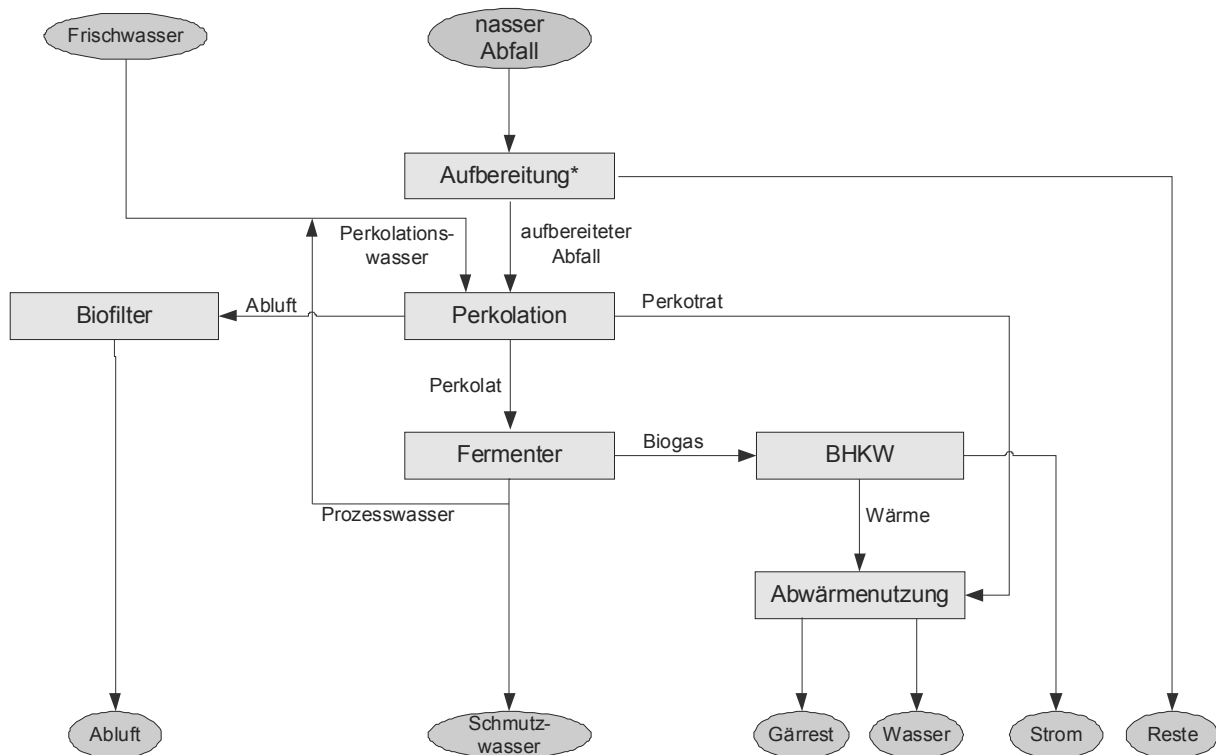


Bild 1: Verwertungswege der nassen und trockenen Abfälle

### 3 Entsorgungssicherheit während des Versuches

Die Sicherung der Entsorgungswege besitzt während der gesamten Versuchsdauer hohe Priorität: Im Rahmen des Versuches werden die getrennt erfassten nassen Abfälle in einem um eine Vergärungsstufe erweiterten Kompostwerk verwertet. Der Aufbau der Anlage gewährleistet die getrennte Führung des nassen Stoffstroms vom restlichen Biomüll während der gesamten Behandlung.

Bild 2 zeigt das Anlagenschema der Vergärungsanlage. Der Inhalt der Nassen Tonne wird in einer geschlossenen Annahmehalle aufbereitet und dann in Container gefüllt und in die Rottetunnel gefahren. Durch eine kontrollierte Belüftung und Bewässerung des Nassabfalls werden der löslichen organischen Bestandteile herausgewaschen (Perkolation). Aus dem Perkolat wird im Fermenter Biogas erzeugt. Der nach der Perkolation verbleibende Rest aus der Nassen Tonne wird nicht kompostiert, sondern ohne Abbau der anorganischen Anteile zusammen mit dem Sortierrest im MHKW Kassel entsorgt.



\* Aufbereitung: Magnetscheider, Sortierkabine

Bild 2: Anlagenschema der Vergärungsanlage der nassen Abfälle während des Praxisversuches.

Der Inhalt der Trockenen Tonne wird in einer Sortieranlage sortiert und dabei separat vom übrigen zu sortierenden Material gehalten. Bei der Sortierung wird zusätzlich eine Vorsortierung vorgeschaltet. Hierbei werden Elektro- und Elektronikaltgeräte (Kleingeräte), Holzteile (im Wesentlichen zerkleinerter Sperrmüll), Eimer/Kanister sowie große Folien aussortiert. Das Anlagenschema ohne die Vorsortierung ist Bild 3 zu entnehmen.

Zwei nacheinander angeordnete Trommelsiebe teilen den Stoffstrom in eine Grobfraction (größer 200 mm) und Feinfraction (über 50 mm bis 200 mm). Beide Trommelsiebe sind jeweils Windsichter und Magnetabscheider nachgeschaltet. Die Grobfraction setzt sich aus Folien, Weißblech und Mischkunststoff-Reste zusammen. Aus der Feinfraction werden die Fraktionen Weißblech, PE, PET und Mischkunststoffe gebildet. Die aussortierten Fraktionen der Trockenen Tonne – insbesondere Mischkunststoffe, Folien, PET, Aluminium, Hohlkörper, Elektro- und Elektronikaltgeräte – sind von guter Qualität.

Je trockener die Abfälle sind, desto besser lassen sie sich sortieren und entsprechend die Sortierrestmenge reduzieren. Ein weiteres Potenzial zur Reduzierung der Sortierrestmenge ist durch eine erweiterte Aufbereitungstechnik z.B. mit Ersatzbrennstoffgewinnung vorhanden. Aktuell werden Versuche in unterschiedlichen Anlagen durchgeführt, um die optimale Anlagentechnik zur Sortierung des trockenen Abfalls zu ermitteln, mit dem Ziel die maximale Wertschöpfung zu erreichen.

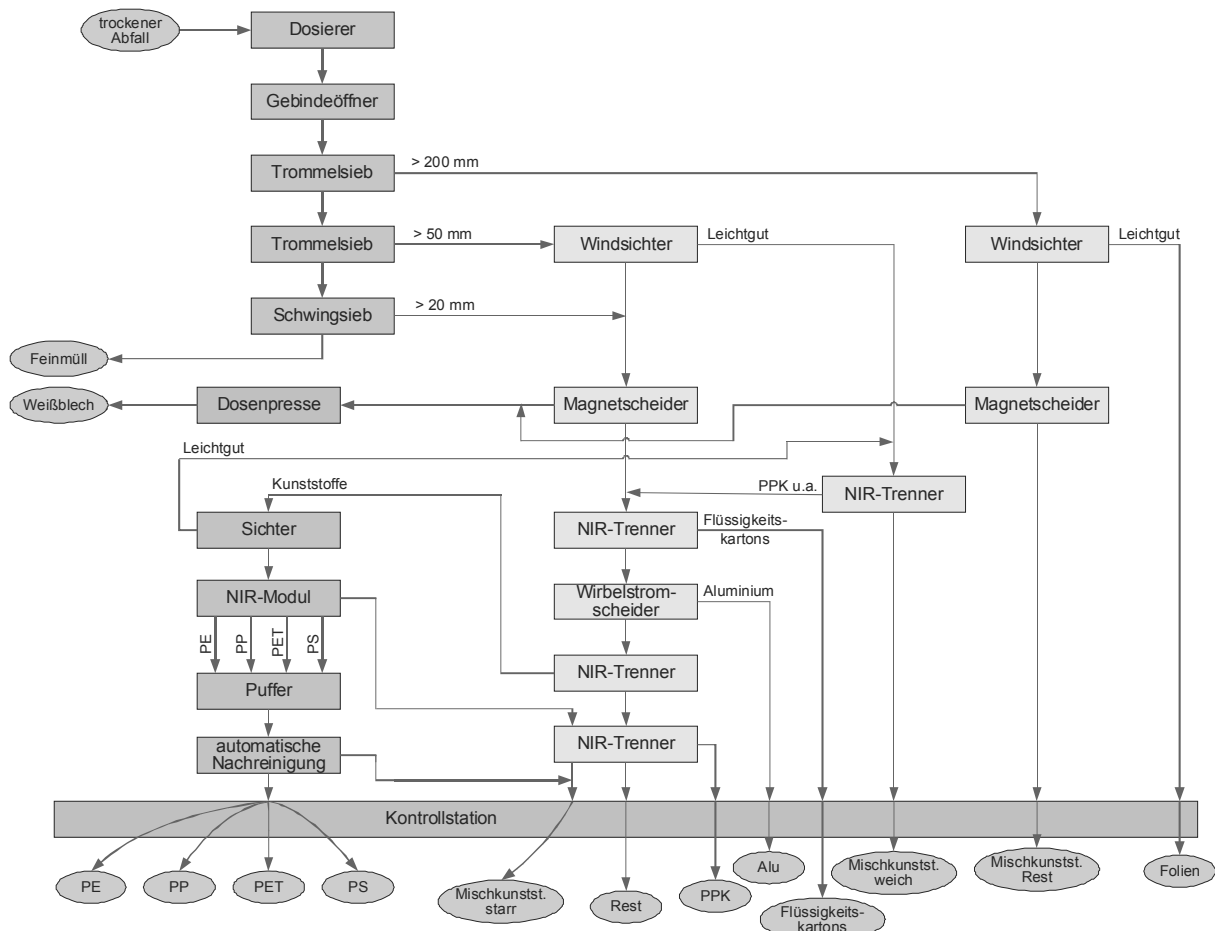


Bild 3: Anlagenschema der Sortieranlage zur Verwertung der trockenen Abfälle während des Praxisversuches

#### 4 Zwischenergebnisse der Verwertung des nassen Stoffstroms

Für die Verwertung der nassen Abfälle bei einer Umsetzung des NTT-Systems auf das gesamte Stadtgebiet Kassel sind die Vergärung zur energetischen Verwertung der organischen Anteile und eine anschließende Verbrennung der Sortier- und Gärreste vorgesehen. Zur Bewertung der Verwertung der nassen Abfälle mittels Vergärung soll unter anderem geklärt werden, ob die Vergärung der nassen Abfälle prinzipiell möglich ist und wie viel Energie in Form von Biogas und mit welcher Qualität in Vergleich zur Vergärung von Biomüll in (Biomüllvergärungsanlagen) bzw. Restmüll (in MBAs) gewonnen wird.

Dazu wurde bereits einer von mehreren Versuchen im Betriebsmaßstab durchgeführt. Aufgrund der Planungen im Vorfeld des Praxisversuches wurde auf reine Techniks- und Laborversuche verzichtet, da

- die speziell für die Technikums- und Laborversuche benötigte Aufbereitung nicht der von Betriebsanlagen entspricht und damit die Aufteilung der Mengenströme, z.B. für den Fermentereintrag verändert werden,

- unterschiedliche Reaktionsbedingungen in Betriebs- und Laborfermenter herrschen und damit
- die Hochrechnung von reinen Laborergebnissen auf Betriebsanlagen schwierig ist, wenn keine Vergleichsgrößen vorhanden sind,
- im Technikum oder Labor keine Betriebserfahrungen gesammelt werden können.

Aus den genannten Gründen werden für die Vergärungsversuche Betriebsanlagen ausgewählt, die um Labor- und Technikumsversuche ergänzt werden. Bei der Auswahl der Betriebsvergärungsanlage ist die Anlagenbetriebsweise entscheidend, um zum einen die vollständige Bilanzierbarkeit aller Stoffströme sicherzustellen und zum anderen die Verallgemeinerung und die Hochrechnung der Ergebnisse zu gewährleisten. Da in der Vergärungsanlage, die für die Verwertung der nassen Abfälle während des Praxisversuchs eingesetzt wird, die Abfälle perkoliert werden und nur das Perkolat fermentiert wird, ist die Anlage nicht für eine spätere Verallgemeinerung und Hochrechnung geeignet.

#### **4.1 Betriebsversuch in einer MBA mit Vergärungsstufe**

Für den ersten Betriebsversuch mit den nassen Abfällen wurde eine mechanisch-biologische Behandlungsanlage mit Vergärungsstufe (MBA) ausgewählt. Diese ermöglicht eine mechanische Aufbereitung der nassen Abfälle. Die Möglichkeit der Vorbehandlung sollte gewährleistet sein, da die nassen Abfälle nicht einem reinen Biomüll entsprechen. Das Schema der MBA ist in Bild 4 dargestellt. Die Betreuung der betriebsmaßstäblichen Versuche vor Ort wurde von einem unabhängigen Institut durchgeführt.

In der MBA werden die Abfälle im mechanischen Teil zerkleinert, gesiebt und anschließend Langteile, Eisen und Hartteile abgeschieden. Die grobe Leichtfraktion (60 bis 300 mm) wird zu Ersatzbrennstoff (EBS) aufbereitet. Die bei der Aufbereitung gewonnene Organik-Feinfraktion wird zwischengebunkert und ein Teil im Fermenter vergoren (Teilstromvergärung). Der Gärrest sowie Sortierreste und ein Teil der Organik-Feinfraktionen werden im Rottetunnel kompostiert, so dass der Output ablagerungsfähig ist.



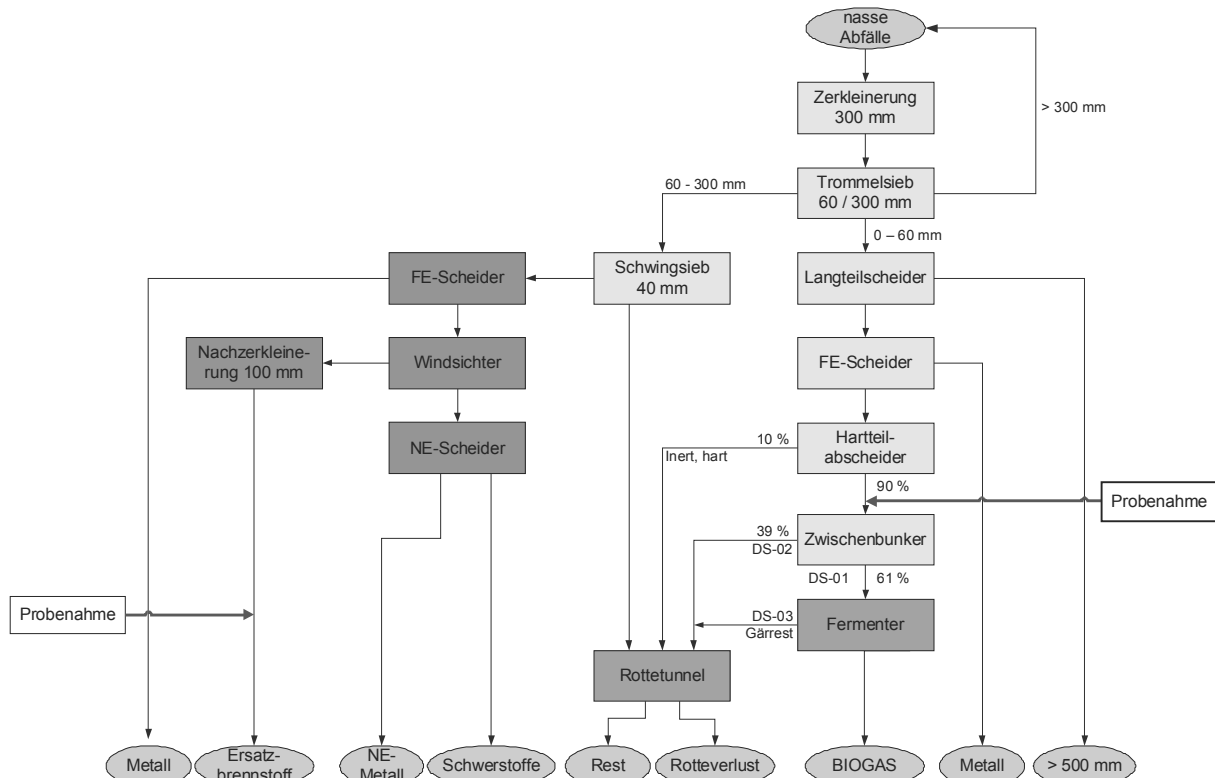


Bild 4: Anlagenschema der Mechanisch-biologischen Behandlungsanlage mit Vergärungsstufe beim Verwertungsversuch mit den nassen Abfällen im Betriebsmaßstab

Die während des Praxisversuches bei einer Sammeltour gesammelte Menge von 10,3 Mg nassen Abfällen wurde an die MBA angeliefert und gleich am nächsten Tag ohne Lagerzeit behandelt. Für den Versuch wurde der mechanische Teil der MBA komplett „leer gefahren“ und dann die nassen Abfälle aufgegeben. Alle Stoffströme bis auf die Organik-Feinfraktion wurden einzeln verwogen und die Menge der Organik-Feinfraktion über die Bilanzierung des Inputs und der erfassten Outputströme ermittelt. Die aufbereitete Organik-Fraktion wurde beprobt und zur Bestimmung des Gärpotenzials und der Nährstoff-, Schwermetall- und Fremdstoffanteile im Labor untersucht. Die zu erwartende Gärrestemenge wurde ermittelt, konnte jedoch aufgrund der geringen Mengen nicht weiter bezüglich der Verbrennungseigenschaften untersucht werden. Im Vergleich zu dem ursprünglichen Anlagenbetrieb mit Restmüll wurden auch die Organik-Fractionen aus dem regulären Betrieb untersucht, um das Biogaspotenzial der Nassen Tonne bewerten zu können.

## 4.2 Ergebnisse des Betriebsversuches

Die Ergebnisse der zeitnah zu den Betriebsversuchen durchgeführten Sortieranalyse bestätigten eine gute Qualität der Nassen Tonne mit mehr als 80 Ma.% nassen Abfällen und somit wenig Fehlwürfen. Der Anteil an Grünschnitt und Biomüll größer 40 mm in der Nassen Tonne betrug im Mittel 53 Ma.% und der gesamte Organikanteil etwa 66 Ma.%. Der Störstoffanteil in der Nassen Tonne war dementsprechend gering.

Obwohl der MBA-Betrieb für den Versuch nicht direkt auf die nassen Abfälle angepasst werden konnte, ließ sich das Material gut sortieren. 54 Ma.% der nassen Abfälle wurden als Organik-Feinfraktion für die Vergärung gewonnen und damit ein größerer Anteil als beim Restmüll. Unter Berücksichtigung der Siebschnittgröße in der MBA von 60 mm, ist der Anteil der Organik-Feinfraktion gut, da ein Teil der in die Nasse Tonne richtig zugeordneten groben Abfälle wie Windeln nicht erfasst wird. Außerdem lässt sich die Menge der Organik-Feinfraktion bei einer Anlagenanpassung speziell an die nassen Abfälle noch vergrößern. Eine weitere nennenswerte Fraktion, die bei der Aufbereitung in der MBA gewonnen wurde, war die grobe Leichtfraktion, die in der MBA normalerweise als Ersatzbrennstoff anfällt. Diese Fraktion wurde zur Bewertung des Einsatzes in thermischen Anlagen durch Verbrennungsversuche im Technikum bezüglich Heizwert, Chlorgehalt und Verbrennungsverhalten untersucht.

Die Ergebnisse der Gasbildungspotenzialbestimmung zeigten, dass bei der Organik-Feinfraktion der nassen Abfälle nach 21 Tagen (entsprechend der Verweilzeit im Fermenter der MBA) 13 % mehr Biogas pro Trockensubstanz gebildet wurde als bei der Organik-Feinfraktion vom Restmüll, bei gleichem Methangehalt. Der Trockensubstanzgehalt ist allerdings bei der Organik-Feinfraktion aus den nassen Abfällen geringer als bei der Organik-Feinfraktion vom Restmüll. Durch einen Vergleich der Gasbildung aus dem Restmüll während des Betriebs in der MBA und im Labor, ist auch eine Hochrechnung der Laborergebnisse für die Organik-Feinfraktion der nassen Abfälle auf den Betrieb möglich.

Hochgerechnet auf den Betrieb, würde bei den nassen Abfällen der Biogasertrag bei  $56 \text{ m}_\text{N}^3/\text{Mg}$  Frischmasse liegen und der Methangehalt 57 % betragen. Diese Mengen liegen in der gleichen Größenordnung, wie der beim Restmüll in der MBA erzielte Gasertrag. Im Vergleich zu Biomüll ist der Biogasertrag der nassen Abfälle geringer, allerdings lassen sich die Ergebnisse der nassen Abfälle bei einer optimal auf die Abfälle angepassten mechanischen Aufbereitung noch deutlich verbessern.

Mit den in der Nullanalyse ermittelten Mengen für die nassen Abfälle, hochgerechnet auf das gesamte Stadtgebiet, und den Ergebnissen der Gasbildung kann aus der Nassen Tonne 9.755 MWh/a Bioenergie gewonnen werden. Mit den gesamten gesammelten Biomüllmengen aus dem Stadtgebiet Kassel im Jahr 2007 könnten bei einer energetischen Nutzung 5.047 MWh/a gewonnen werden. Der Vergleich zeigt, durch die Vergärung der nassen Abfälle fast doppelt so viel Bioenergie gewonnen werden kann (siehe Tabelle 1). Dieses im Restmüll vorhandene Potenzial wird beim jetzigen Sammelsystem nicht erfasst.

Tabelle 1: Biogasertrag, sowie Energieertrag bei den nassen Abfällen im Vergleich zum Biomüll

	<b>Biogasertrag</b>	<b>Energieertrag</b>
<b>nasse Abfälle<sup>1)</sup></b>	1,717 Mio. m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	9.755 GWh/a
<b>Biomüll<sup>2)</sup></b>	0,830 Mio. m <sub>N</sub> <sup>3</sup>	5.047 GWh/a

1) Berechnungsbasis: Vergärungsversuch in MBA und bei Nullanalyse berechnete Abfallmengen fürs Bezugsjahr 2007

2) Berechnungsbasis: FNR (2008) und im Stadtgebiet Kassel gesammelte Biomüllmenge im Jahr 2007

Die Mengen und Nährstoff-, Schwermetall- und Fremdstoffanteile des Gärrestes wurden auf Basis der Laboruntersuchungen abgeschätzt. Diese Berechnungen berücksichtigen keine Nachrotte, die zu einem weiteren Organikabbau und damit zu einer Aufkonzentrierung der Schwermetalle führen würde. Die Nachrotte ist bei der MBA vorgesehen, wird aber bei einer thermischen Behandlung der Gärreste nicht benötigt. Der Gärrest aus der beprobten Organik-Feinfraktion aus der Nassen Tonne zeigte keine ungewöhnlich hohen Schwermetallgehalte. Ein weiteres Ergebnis ist, dass der Gärrest ohne mechanische Entwässerung nicht für eine alleinige thermische Behandlung geeignet ist. Durch eine entsprechende Entwässerung könnte der Heizwert auf über 6 MJ/kg angehoben werden. Im Folgenden wird mit einem mittleren Wassergehalt für die Gärreste und einem mittleren Heizwert gerechnet.

Die grobe Leichtfraktion aus der Behandlung der nassen Abfälle in der MBA wurde zur Beurteilung der Verbrennungseigenschaften für eine thermische Nutzung in einer Technikumsanlage, die speziell für die Untersuchung von heterogenen Abfallbrennstoffen entwickelt wurde, verbrannt. Die Anlage besteht aus einem Festbrennstoffkessel mit einem eingegliederten Wasserkühlkreislauf und einer an den Festbrennstoffkessel angeschlossenen Rauchgasstrecke, in die die Emissionsmessung integriert ist. Bei einem vierstündigen Versuch werden etwa 10 kg Brennstoff durchgesetzt. Diese Technikumsanlage und die Versuchsdurchführung wurden bereits mehrfach in der Literatur vorgestellt [Seeger 2005, Schröder et al. 2006, Schröder & Urban 2008]. Die grobe Leichtfraktion zeigte bei der Verbrennung ein typisches und erwartetes Verbrennungsverhalten. Sie wies einen Heizwert von knapp 9.200 kJ/kg auf, der damit etwas höher ist als der von herkömmlichem Restmüll, jedoch deutlich unter dem Heizwertbereich von Ersatzbrennstoffen liegt. Die CO- und Staubkonzentrationen waren anlagenspezifisch unauffällig. Der Chlorgehalt betrug 0,26 Ma.%. Insgesamt kann die grobe Leichtfraktion als unproblematischer Abfallbrennstoff bewertet werden.

#### 4.3 Bewertung der Ergebnisse des Betriebsversuches

Das ursprünglich vorgesehene Verwertungskonzept des NTT-Systems sieht eine thermische Behandlung der gesamten Sortier- und Gärreste inklusive der groben Leichtfraktion im MHKW Kassel vor. Bei einer Behandlung in der MBA werden

Fractionen gewonnen, die ebenfalls für einen anderen Weg als die Beseitigung im MHKW Kassel in Frage kommen. Aus diesem Grund ergeben sich zusätzliche Verwertungsszenarien, die im Rahmen weiterer Untersuchungen zu bewerten sind. Folgende Verwertungswege für die Reste aus der Nassen Tonne sind denkbar:

- Verbrennung der Gär- und Sortierreste und der groben Leichtfraktion im MHKW Kassel,
- Verbrennung der Gär- und Sortierreste im MHKW Kassel, thermische Nutzung der groben Leichtfraktion im vorhandenen Ersatzbrennstoffkraftwerk,
- Trocknung der Gärreste mit Abwärme und Verbrennung der Gär- und Sortierreste im MHKW Kassel, thermische Nutzung der groben Leichtfraktion im vorhandenen Ersatzbrennstoffkraftwerk,
- bei der Behandlung der nassen Abfälle in einer MBA: Gär- und Sortierreste erst in die Nachrotte und dann auf eine Deponie, Verbrennung der groben Leichtfraktion im MHKW Kassel oder im vorhandenen Ersatzbrennstoffkraftwerk.

Mit den bisherigen Ergebnissen aus der Behandlung in der MBA und den Techniks- und Laborversuchen wurden die zu erwartenden Massen und Heizwerte der für das MHKW Kassel vorgesehenen Stoffströme ermittelt und in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2: Massen der bei verschiedenen Verwertungsszenarien ins MHKW Kassel eingebrachten Abfälle aus der Nassen Tonne im Vergleich zur bisherigen Restmüllmasse und deren Heizwerte

<b>Szenarien</b>	<b>Abfallmasse<sup>1)</sup></b> [Ma. %]	<b>Heizwert</b> [kJ/kg]
Gär- und Sortierreste und GLF <sup>2)</sup>	71,5	5.641
Gär- und Sortierreste NT (GLF wird anderweitig verbrannt)	53,7	4.474
getrocknete Gär- und Sortierreste (GLF wird anderweitig verbrannt)	38,3	6.788
GLF (Sortier- und Gärreste auf Deponie)	17,8	9.157

1) bezogen auf die ursprüngliche Restmüllmasse

2) grobe Leichtfraktion

Diese ersten Berechnungen der verschiedenen Verwertungsoptionen für die Reste aus der Nassen Tonne zeigen, dass die Verwertung bei dem neuen System flexibler ist als vorher. Eine weitergehende Bewertung erfolgt in Kapitel 6.3.

## **5 Zwischenergebnisse der Verwertung des trockenen Stoffstroms**

Für die Abfälle der Trockenen Tonne ist beim NTT-System eine Sortierung mit der Gewinnung von Kunststoffen, weiteren Wertstoffen sowie Ersatzbrennstoffen vorgesehen. Die Sortierreste sollen anschließend im MHKW Kassel verbrannt werden. Zur Bewertung der Sortierbarkeit der trockenen Abfälle soll unter anderem untersucht werden, ob die Sortierung der trockenen Abfälle mit der vorhandenen Technik ohne Betriebsprobleme möglich ist und wie viel Wertstoffe und mit welcher Qualität im Vergleich zur Sortierung von Leichtverpackungen (LVP) oder Restmüll gewonnen werden.

Mit betriebsmaßstäblichen Versuchen werden im Gegensatz zu händischen Sortieranalysen die tatsächlich nach der entsprechenden Aufbereitung gewonnen Wertstoffmengen quantifiziert. Die trockenen Abfälle werden in verschiedenen Sortieranlagen, denen unterschiedlich differenzierte Aufbereitungstechniken zu Grunde liegen, behandelt. Damit können die aus der Trockenen Tonne zu sortierenden Stoffgruppen in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen (Anlagen) untersucht und bewertet werden. [Urban & Schröder 2009]

Zur Beantwortung der oben genannten Fragen müssen die Sortieranlagen in der Lage sein, das Eingangsmaterial möglichst in die Output-Fractionen Fe-Metall, NE-Metall, Folien, PET-, PE- und PP-Kunststoffe, EBS, Verbundverpackungen, Papier und Sortierreste zu sortieren. Für die Auswahl ist entscheidend, ob die Sortieranlage eine entsprechende Aufbereitungstechnik aufweist. Die Anlagen müssen vor Versuchsbetrieb leer gefahren und die jeweiligen Massenströme einzeln erfasst werden. Es werden die Auffälligkeiten im Betriebsablauf aufgrund des veränderten Eingangsmaterials seitens des Anlagenbetreibers bzw. eines Versuchsbetreibers vor Ort dokumentiert und bewertet.

Für die Betriebsversuche wurden Sortieranlagen gefunden, die sowohl die notwendigen Voraussetzungen der mechanischen Aufbereitung aufweisen als auch den Ergebnissen der Versuche ergebnisoffen gegenüberstehen. Die Ergebnisse des ersten Sortierversuches werden im Folgenden beschrieben und die Ergebnisse eines zweiten, noch nicht vollständig ausgewerteten, Sortierversuches vorgestellt.

Aufgrund der Anlagenauswahl und der vorgesehen Durchführung mehrerer Sortierversuche wurden die Sortierversuche nicht immer zeitnah zu einer Sortieranalyse durchgeführt. Der aus den ersten drei Sortieranalysen bestimmte mittlere Wertstoffanteil wird für die Bewertung der Verwertung und des genutzten Wertstoffpotenzials zu Grunde gelegt.

## 5.1 Betriebsversuch in einer LVP-Sortieranlage

Der erste Betriebsversuch mit den trockenen Abfällen wurde in einer LVP-Sortieranlage durchgeführt. Die Anlage wurde für den Versuch leer gefahren. Die während des Praxisversuches bei zwei Sammeltouren gesammelte Abfallmenge von 12,4 Mg trockenen Abfällen wurde sortiert. Bei der Begleitung der Sortierung gab es keine Störungen, das Material ließ sich sortieren. Bei der Sortierung wurden 79 % der in der Trockenen Tonne vorhandenen Wertstoffe inklusiver der Elektronikaltgeräte erfasst und für eine stoffliche Verwertung gewonnen. Bezogen auf einen um Elektronikaltgeräte reduzierten Wertstoffanteil in der Trockenen Tonne wurden bei der Sortierung sogar knapp 87 % der vorhandenen Wertstoffe erfasst. Nach Angaben des Anlagenbetreibers werden beim regulären Betrieb der Sortieranlage mit Leichtverpackungen auch nur etwa drei Viertel der vorhandenen Wertstoffe aussortiert. Eine Erfassung von 79 % der Wertstoffe der Trockenen Tonne ist somit für die eingesetzte Anlage ein sehr gutes Ergebnis, sollte sich aber bei anderen Sortieranlagen, die beim regulären Sortierprozess mehr Wertstoffe aussortieren, verbessern lassen. Somit sind 79 % Wertstoffeffassung aus der Trockenen Tonne eine Mindestquantität, die erwartungsgemäß in anderen Anlagen erhöht werden kann.

Der Sortierrest aus dem Betriebsversuch wurde beprobt und zur Beurteilung der Verbrennungseigenschaften für eine thermische Nutzung ergänzend in der oben erwähnten Technikumsanlage verbrannt. Der Sortierrest besaß einen hohen Heizwert von etwa 10.800 kJ/kg. Der Heizwert war deutlich größer als der von herkömmlichem Restmüll und liegt knapp am unteren Heizwertbereich von Ersatzbrennstoffen aus Abfällen. Der erhöhte Heizwert des Sortierrestes liegt vermutlich daran, dass bei der eingesetzten Sortieranlage kein Ersatzbrennstoff gewonnen wird und die heizwertreichen Stoffgruppen im Sortierrest verbleiben. Die CO- und die Staubkonzentrationen waren bei den Verbrennungsversuchen leicht auffällig, jedoch für den Einsatz in Großanlagen mit Rauchgasreinigung vollkommen unproblematisch. Der Chlorgehalt betrug 0,67 Ma.%. Der Sortierrest hat für den Einsatz in Müllverbrennungsanlagen einen relativ hohen Heizwert, sollte ansonsten aber in diesen Anlagen ohne Probleme verbrannt werden können.

Die Ergebnisse der Sortier- und Verbrennungsversuche zeigen auf, dass es neben dem ursprünglich vorgesehenen Verwertungskonzept, weitere Optionen für den Einsatz des Sortierrestes aus der Trockenen Tonne gibt. Z.B. könnte bei einem vorgesehenen Einsatz der Gär- und Sortierreste aus der Nassen Tonne im MHKW Kassel der Sortierrest aus der Trockenen Tonne zur Anhebung des Heizwertes eingesetzt werden. Neben der vorgesehenen thermischen Behandlung im MHKW Kassel, kann der Sortierrest möglicherweise als Ersatzbrennstoff verbrannt werden oder aus dem Sortierrest werden durch Aufbereitung ein Ersatzbrennstoff und eine heizwertärmere Fraktion gewonnen.

## 5.2 Betriebsversuch in einer Gewerbemüllsortieranlage

Für einen weiteren Sortierversuch wurde eine Gewerbemüllsortieranlage gefunden, die eine sehr umfangreiche Aufbereitungstechnik aufweist und eine Sortierung der trockenen Abfälle in alle relevanten Wertstoffströme ermöglicht. Das Verfahrensschema der Anlage ist Bild 5 zu entnehmen. Die Abfälle werden sortiert, Eisen abgeschieden und erneut gesiebt, so dass zwei Stoffströme gewonnen werden. Aus dem flächigen Material wird mittels NIR ein um PVC abgereicherter Ersatzbrennstoff und aus dem kompakten Material werden verschiedenen Kunststofffraktionen, Papier und Verbundverpackungen gewonnen.

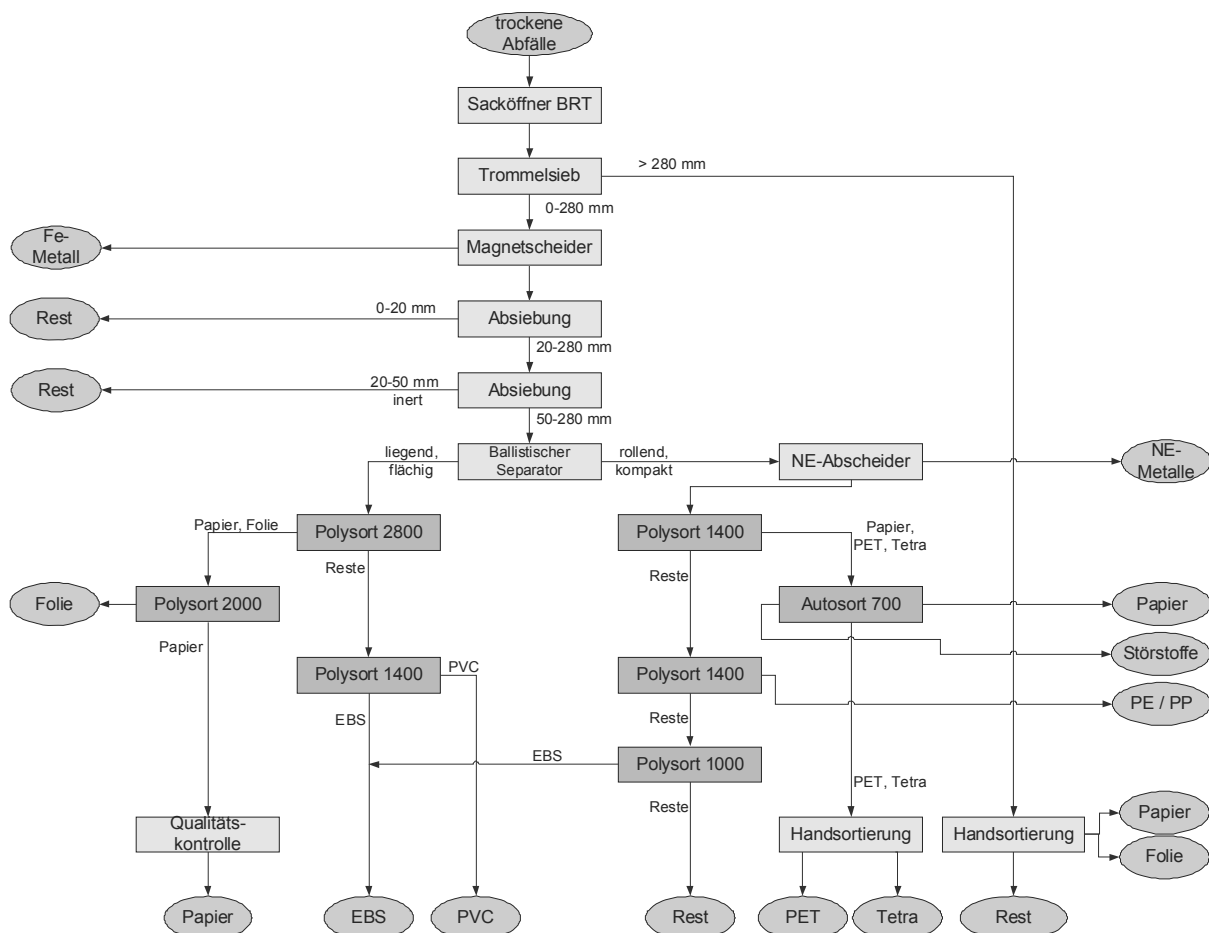


Bild 5: Gewerbemüllaufbereitungsanlage für die Sortierversuche mit den trockenen Abfällen

Die Sortieranlage wurde vor dem Versuch leer gefahren. Die während drei Sammeltouren gesammelte Abfallmenge von 14 Mg trockenen Abfällen wurde ohne Schwierigkeiten oder Anlagenprobleme sortiert. Der Versuch wurde vor Ort begleitet und wird aktuell ausgewertet, so dass an dieser Stelle nur ein Teil der Ergebnisse vorgestellt werden kann. Die ersten Ergebnisse bestätigen jedoch die Erwartung, dass noch mehr Wertstoffmengen und in einer besseren Qualität aus der Trockenen Tonne gewonnen werden können als beim ersten Versuch in der LVP-Sortieranlage.

Bei der Sortierung wurden über 80 Ma.% der in der Trockenen Tonne vorhandenen Wertstoffe (ohne Papier) inklusive der Elektronikaltgeräte erfasst. Bezogen auf einen um Elektronikaltgeräte reduzierten Wertstoffanteil in der Trockenen Tonne wurden bei der Sortierung sogar knapp 91 Ma.% der vorhandenen Wertstoffe erfasst. Zusätzlich wurden 29 Ma.% des Inputs als Ersatzbrennstoff gewonnen.

Der Sortierrest aus dem Betriebsversuch wurde beprobt und wird zurzeit zur Beurteilung der Verbrennungseigenschaften für eine thermische Nutzung untersucht. Diese Ergebnisse stehen zum jetzigen Zeitpunkt nicht zur Verfügung. Außerdem wird der Heizwert des Ersatzbrennstoffes zurzeit noch untersucht.

## **6 Bewertung**

### **6.1 Potenzialausnutzung**

Durch die Sortieranalyse der Abfälle im Untersuchungsgebiet vor Praxisversuchbeginn (Nullanalyse) wurden die Biomüll- und Wertstoffpotenziale im Restmüll, die beim bestehenden System nicht erfasst werden, ermittelt. Die ersten Ergebnisse der Vergärungs- und Sortierungsversuche im Betriebsmaßstab ermöglichen eine Bewertung bezüglich der beim NTT-System genutzten Wertstoffmengen.

#### **Nasser Stoffstrom**

Die Ergebnisse der drei bisherigen Sortieranalysen während des Praxisversuches zeigen, dass mit der Nassen Tonne zusätzlich zu Biomüllmenge etwa 60 Ma.% der Organikmenge bezogen auf die vorherige Organikmenge im Restmüll erfasst und einer Verwertung zugeführt wird. Bezogen auf die im Untersuchungsgebiet in den Nassen und Trockenen Tonnen erfasste Organikmenge, liegt der Organikteil, der in der Nassen Tonne erfasst und anschließend verwertet werden kann bei 85 Ma.%.

Das Ergebnis des Verwertungsversuches in der MBA zeigt, dass schon ohne Anlagenoptimierung fast 47 % des Bioenergiepotenzials der Restmüllorganik, welches sich bei einer 100%igen getrennten Erfassung der Restmüllorganik als Biomüll und einer optimalen Biomüllvergärung ergeben würde, bei der Vergärung der nassen Abfälle genutzt werden.

#### **Trockener Stoffstrom**

Es werden 78 % des Restmüllwertstoffpotenzials bezogen auf das bei der Nullanalyse ermittelte Wertstoffpotenzial im Restmüll mit der Trockenen Tonne erfasst. Bezo-



gen auf die im Versuchsgebiet in der Nassen und Trockenen Tonne erfassten Wertstoffmenge, liegt der Wertstoffteil, der in der Trockenen Tonne erfasst und anschließend verwertet werden kann, bei 83 %.

Insgesamt konnten durch die Wertstoffsammlung in der Trockenen Tonne und bei der anschließenden Verwertung der Trockenen Tonne 53 bis 56 % des Wertstoffpotenzials aus dem Restmüll erfasst und nutzbar gemacht werden.

## 6.2 Massenbilanz

Im Jahr 2007 wurden im Stadtgebiet Kassel 39.800 Mg Restmüll, 8.300 Mg Biomüll und 4.200 Mg Gelbe Säcke gesammelt [SRK 2008]. Der Restmüll wird vollständig im MHKW Kassel behandelt. Durch eine Umstellung der Abfallsammlung auf das NTT-System ändern sich die Massen und Zusammensetzungen der für die Verbrennung im MHKW Kassel vorgesehenen Abfälle, je nachdem welche weiteren Verwertungswege für die bei der Vergärung und Sortierung gewonnen Restfraktionen gewählt werden.

Tabelle 3: Massenbilanz der beim NTT-System zu gewinnenden Fraktionen

	<b>gewonnene Fraktionen aus der Sammlung oder Behandlung</b>	<b>Hochrechnung auf Gesamtmenge des Restmülls (insgesamt werden Restmüll (RM), Biomüll + Teile aus dem Gelben Sack gesammelt)</b>
<b>NT</b>	nasser Abfall	Massenanteil im Vergleich zum RM: 92 % <sup>1)</sup>
	gewonnenes Biogas	Biogasmenge aus der Nassen Tonne im Vergleich zum Potenzial aus dem gesammelten Biomüll: 207 %
	Gär- und Sortierreste, nass	Massenanteil im Vergleich zum RM: 63 % ( $w_{\text{Gärrest}} = 67\%$ )
	Gär- und Sortierreste, entwässert	Massenanteil im Vergleich zum RM: 45 % ( $w_{\text{Gärrest}} = 40\%$ )
	grobe Leichtfraktion	Massenanteil im Vergleich zum RM: 18 %
<b>TT</b>	trockener Abfall	Massenanteil im Vergleich zum RM: 57 % <sup>1)</sup>
	erfasste Wertstoffe	Massenanteil im Vergleich zum RM: 14,0 % <sup>2)</sup> bis 14,4 % <sup>3)</sup> (+EAG)
	erfasste Wertstoffe	erfasste Wertstoffmenge im Vergleich zum Restmüllpotenzial laut Nullanalyse: 52 % <sup>2)</sup> bis 56 % <sup>3)</sup> (+ EAG)
	Ersatzbrennstoff	Massenanteil im Vergleich zum RM: 16,8 % <sup>3)</sup>
	Sortierrest	Massenanteil im Vergleich zum RM: 23,7 % <sup>3)</sup> bis 45,5 % <sup>2)</sup>

NT = Nasse Tonne

TT = Trockene Tonne

1) Mittelwert aus drei Sortieranalysen

2) erste Sortierung

3) zweite Sortierung

In Tabelle 3 sind die Massen der beim NTT-System direkt durch die Sammlung oder bei der Verwertung der nassen und trockenen Abfälle gewonnen Fraktionen (hochgerechnet auf das gesamte Stadtgebiet) dargestellt. Es wird deutlich, dass ein großes Reduzierungspotenzial für die ins MHKW Kassel eingebrachten Abfallmengen besteht. Bezugsbasis für alle Massen ist die bisherige Restmüllmenge.

### **6.3 Verwertungs-/Entsorgungsoptionen**

Ziele der breit angelegten Untersuchungen sind die Bewertungen sämtlicher Verwertungswege bzw. sich ergebender Verwertungsoptionen. Im Vordergrund stehen die möglichst effiziente Nutzung der Energie aus der nassen Fraktion sowie eine qualitativ hochwertige Wertstoffausschleusung aus dem Restmüll.

Durch die Nutzung verschiedener Anlagen bzw. Anlagentechniken zur Verwertung der nassen und trockenen Stoffströme konnte ein erweitertes Spektrum an Verwertungs- und Entsorgungswegen erschlossen werden.

1.     Behandlung des nassen Stoffstroms in einer Biogasanlage:  
Vergärung der organischen Fraktion und thermische Behandlung der Gärreste.
2.     Behandlung des nassen Stoffstroms in einer MBA:  
Vergärung der organischen Fraktion, Deponierung der Gärreste, Sortierreste werden zum Teil deponiert und zum Teil thermisch behandelt.
3.     Sortierung der trockenen Fraktion:  
Ausschleusung und Verwertung der Wertstoffe, thermische Behandlung der Sortierreste.
4.     Sortierung der trockenen Fraktion:  
Ausschleusung und Verwertung der Wertstoffe. Die Qualität des Sortierrestes entspricht nahezu der von Ersatzbrennstoffen und somit kann der Sortierrest zur Verbrennung z.B. in Ersatzbrennstoffkraftwerken eingesetzt werden.

Die Heizwertuntersuchungen der Gär- und Sortierreste belegen den vielfältigen Einsatz der Verwertungsreste für die Verbrennung. In Tabelle 4 werden verschiedene Verwertungsszenarien aufgezeigt.

Tabelle 4: Massen der bei verschiedenen Verwertungsszenarien ins MHKW Kassel eingebrachten Abfälle, bestehend aus dem Sortierrest aus der Trockenen Tonne und aus Resten aus der Nassen Tonne, im Vergleich zur bisherigen Restmüllmasse und Heizwerte der verschiedenen Abfälle

<b>Szenarien</b>	<b>Abfallmasse<sup>1)</sup> [Ma.%]</b>	<b>Heizwert [kJ/kg]</b>
Sortierrest TT, Gär- und Sortierreste NT und GLF	117,0	7.643
Sortierrest TT, Gär- und Sortierreste NT (GLF wird anderweitig verbrannt)	99,2	7.371
Gär- und Sortierreste und GLF (Sortierrest TT wird anderweitig verbrannt)	71,5	5.641
Sortierrest TT und GLF (Sortier- und Gärreste NT auf Deponie)	63,3	10.333
Gär- und Sortierreste NT (GLF und Sortierreste TT werden anderweitig verbrannt)	53,7	4.474
Sortierrest TT (GLF wird anderweitig verbrannt, Sortier- und Gärreste auf Deponie)	45,5	10.794
GLF (Sortierrest TT wird anderweitig verbrannt, Sortier- und Gärreste auf Deponie)	17,8	9.157

TT = Trockene Tonne

NT = Nasse Tonne

GLF = grobe Leichtfraktion

1) bezogen auf die ursprüngliche RM-Masse

Mit der gewählten Einsatzoption verändern sich die Inputmengen und die Heizwerte der für die Müllverbrennung oder andere Verwertungs- oder Entsorgungswege in Frage kommenden Stoffströme. Bei einem Einsatz sämtlicher anfallender Fraktionen (Sortierrest aus der Trockenen Tonne, grobe Leichtfraktion, Sortierrest aus der Nassen Tonne und Gärrest) ist mit einer Zunahme der Inputmenge von 17 Ma.% bezogen auf die derzeitige Restmüllmenge zu rechnen. Werden jedoch der Sortierrest aus der Trockenen Tonne und die grobe Leichtfraktion aus der Nassen Tonne anderweitig eingesetzt und nur der Sortierrest aus der Nassen Tonne und der Gärrest in Müllverbrennungsanlagen verbrannt, nimmt die Inputmenge um über 40 Ma.% bezogen auf die derzeitige Restmüllmenge ab. Gerade in Bezug auf die je nach Einsatzszenario zu erwartenden Heizwerte ist zu prüfen, welche Fraktionen zusammen in Müllverbrennungsanlagen verbrannt werden sollten.

Durch Verwertung des Sortierrestes aus der Trockenen Tonne in Kombination mit den Verwertungsoptionen für die Reste aus der Nassen Tonne ist die Verwertung bei dem neuen System flexibler als vorher.

## 6.4 Schlussfolgerungen

Für die Stadtreiniger Kassel könnten sich beim NTT-System neue Verwertungs- bzw. Entsorgungsperspektiven ergeben, die dann eine höhere Flexibilität auf dem Markt ermöglichen würden.

Die Bewertung der Verwertungswege und -potenziale der nassen und trockenen Stoffströme zeigt die deutliche Effizienzsteigerung und Ressourcennutzung. Eine weitestgehende Nutzung der Energieressourcen (aus dem Restmüll) und eine Wertschöpfung bisher unbeachteter Fraktionen aus dem Restmüll sind möglich. Bei den genannten Verwertungs- bzw. Entsorgungsoptionen sind insbesondere die Verwertungsoptionen der Gär- bzw. Sortierreste interessant. Eine Entscheidung für ein bestimmtes Szenario kann sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus anlagenbetriebsorientierten Gründen gefällt werden.

Das Konzept NTT zeigt, dass die veränderte Sammlung zu Veränderungen der Inputmengen und -qualitäten für die Müllverbrennung führt. Vorausgesetzt die Sortierreste aus der Trockenen Tonne werden mit oder ohne die grobe Leichtfraktion z.B. in Ersatzbrennstoffkraftwerken eingesetzt, lassen sich die Restmüllmengen, die im MHKW Kassel thermisch behandelt werden, erheblich reduzieren.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Während der Praxisphase sind umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen der Verwertungswege durchgeführt worden mit den Zielen

- Gewährleistung der Entsorgungssicherheit,
- energetische Nutzung der Organik aus dem Restmüll,
- Ausschleusung von Wertstoffen aus dem Restmüll.

Mit den betriebsmaßstäblichen Versuchen in einer MBA und zwei Sortieranlagen konnte frühzeitig gezeigt werden, dass die nassen Abfälle für eine Vergärung geeignet sind und sich die trockenen Abfälle gut sortieren lassen.

Ein weiteres Ergebnis der Versuche ist, dass weitere Ziele erreicht werden können, beispielsweise eine erheblich höhere Inputreduzierung fürs MHKW Kassel als vor Versuchsbeginn geplant war. Diese Inputreduzierung kann durch die Herstellung von Ersatzbrennstoffen oder eine anderweitige Verwertung oder Entsorgung der Sortier- und Gärreste, z.B. die thermische Verwertung einzelner Sortierrestfraktionen in Ersatzbrennstoffkraftwerken oder die Deponierung der Sortier- und Gärreste aus der Nassen Tonne, erreicht werden.

Die Potenzialausnutzung aus dem Restmüll ist sowohl unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll. Das Potenzial im Restmüll wird jedoch beim bisherigen System nur zum Teil genutzt. Dies gilt sowohl für die Ausschleusung der Wertstoffe (Kunststoffe, Metalle, Holz...etc.) und deren stofflichen Verwertung als auch die energetische Verwertung der Organik. Hier greift das NTT-Konzept sehr viel weiter:

- Mit der Nassen Tonne wird das energetische Potenzial, welches sich in der Organik im Restmüll und im getrennt gesammelten Biomüll befindet, genutzt.
- Mit der Trockenen Tonne wird das Wertstoffpotenzial des Restmülls ausgeschöpft.
- Die Masse der im MHKW Kassel zu beseitigenden Gär- bzw. Sortierreste kann minimiert werden.

Aktuell werden Optimierungsmöglichkeiten für die Vergärung der nassen Abfälle und die Sortierung der trockenen Abfälle untersucht. Die zusätzlichen Behandlungsoptionen für die Sortier- und Gärreste neben der Verbrennung im MHKW Kassel sind ebenfalls wichtige Inhalte dieser Untersuchungen. Die bei den Untersuchungen ermittelten Mengen und Qualitäten sind die Basis für die ökologische und ökonomische Bewertung des NTT-Systems.

## 8 Literatur

Die Stadtreiniger Kassel (SRK): Abfallmengenbilanz für das Jahr 2007; Kassel (2008)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Biogas – Basisdaten Deutschland, (2008) 7 S.

Schröer, R.; Urban, A.: Qualitätskontrolle von Ersatzbrennstoffen im Technikumsmaßstab, in: Bilitewski, B.; Werner, P.; Rotter, S.; Hoffmann, G. (Hrsg.): EBS – Analytik, Anforderungen – Probleme – Lösungen, Institut für Abfallwirtschaft und Altlasten, Technische Universität Dresden (2008), 195-204.

Schröer, R.; Schirmer, M.; Urban, A. I.: Verbesserte Chloruntersuchung von Brennstoffen im Technikumsmaßstab. in: Urban, A., Faulstich, M., Bilitewski, B. (Hrsg.): 11. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung, Fachgebiet Abfalltechnik, Universität Kassel (2006), 231-242.

Seeger H.: Untersuchungen zur Bestimmung des Verbrennungsverhaltens von festen Abfallstoffen, Dissertation, Fachgebiet Abfalltechnik, Universität Kassel (2005), 113 S.

Urban, A. I.; Schröer, R.: Verfahrenstechnische Untersuchung und ökonomisch-ökologische Bewertung des Kasseler Modells: in: Urban, A.I.; Halm, G. (ed): Kasseler Modell – mehr als Abfallentsorgung, Tagungsband Kasseler Wertstofftage, kassel university press (2009)



A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Möglichkeiten und Randbedingungen einer Wertstoffrück- gewinnung aus Abfallgemischen**

Dr.-Ing. Joachim Christiani  
HTP Ingenieurgesellschaft für Aufbereitungstechnik  
und Umweltverfahrenstechnik PartG, Aachen

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

Der Begriff „Sortierung“ umfasst in der aufbereitungstechnischen Nomenklatur Trennprozesse auf der Grundlage unterschiedlicher Stoffeigenschaften. Im abfallwirtschaftlichen Sprachgebrauch wird „Sortierung“ i.d.R. lediglich mit der trockenmechanischen Separation von Abfallkomponenten ohne deren physikalische Veränderung gleich gesetzt. Nachstehende Ausführungen beziehen sich auf die Prozesse letztgenannter eingeschränkter Begrifflichkeit.

Die Meilensteine in der Weiterentwicklung der Sortiertechnik wurden in den vergangenen Jahren im Bereich der LVP-Sortierung gesetzt. Durch den wettbewerbsbedingten Innovationsdruck sind in diesem Sektor die Randbedingungen dargestellt, dass Neuentwicklungen einzelner Systemkomponenten und der Prozesstechnik in kurzen Zeiträumen in die betriebliche Anwendung überführt werden und die Plattform für neuerliche Optimierungen bilden (s. Bild 1 - 3).

<b>vor 2000</b>	ca. 250 Sortieranlagen kleiner bis mittlerer Kapazität erste 40.000 jato Anlage; Sortierung der Kunststoffe in Folien, Flaschen, MKS; 1. KA-Sortierung
<b>2003</b>	ca. 140 Sortieranlagen operativ tätig erste 60.000 jato Anlagen mit KA-Sortierung
<b>2007</b>	ca. 70 Sortieranlagen operativ tätig erste 100.000 – 120.000 jato Anlagen
<b>2008/ 2009</b>	Die 6 größten LVP-Anlagen halten etwa 25 % des bundesweiten LVP-Gesamtaufkommens, Schließung auch größerer Standorte im Einzugsbereich dieser Anlagen.
<b>kurzfristiger Ausblick</b>	Im Hinblick auf die Ausschreibung 2009 sind weitere Großstandorte in Planung. Werden alle realisiert, werden mindestens 50 % der LVP-Mengen auf 11 Standorte konzentriert sein.

Bild 1: Entwicklungen im Bereich LVP-Sortieranlagen



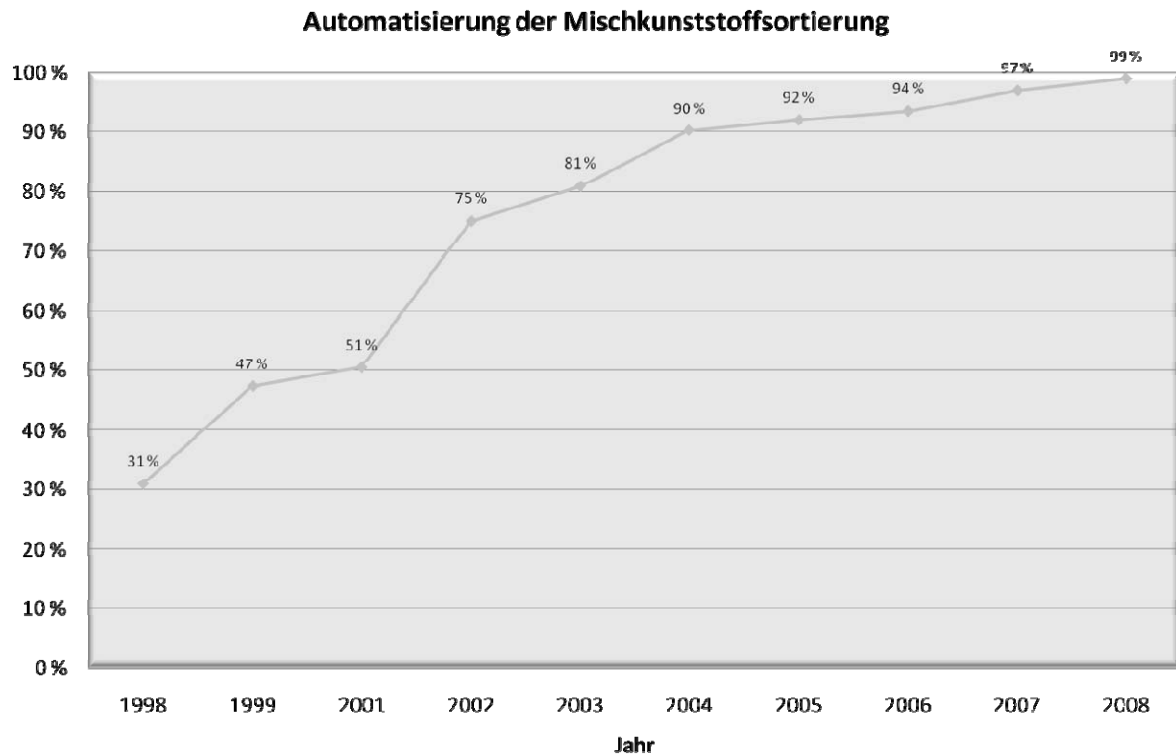


Bild 2: Entwicklungen in der LVP-Sortierung – MKS

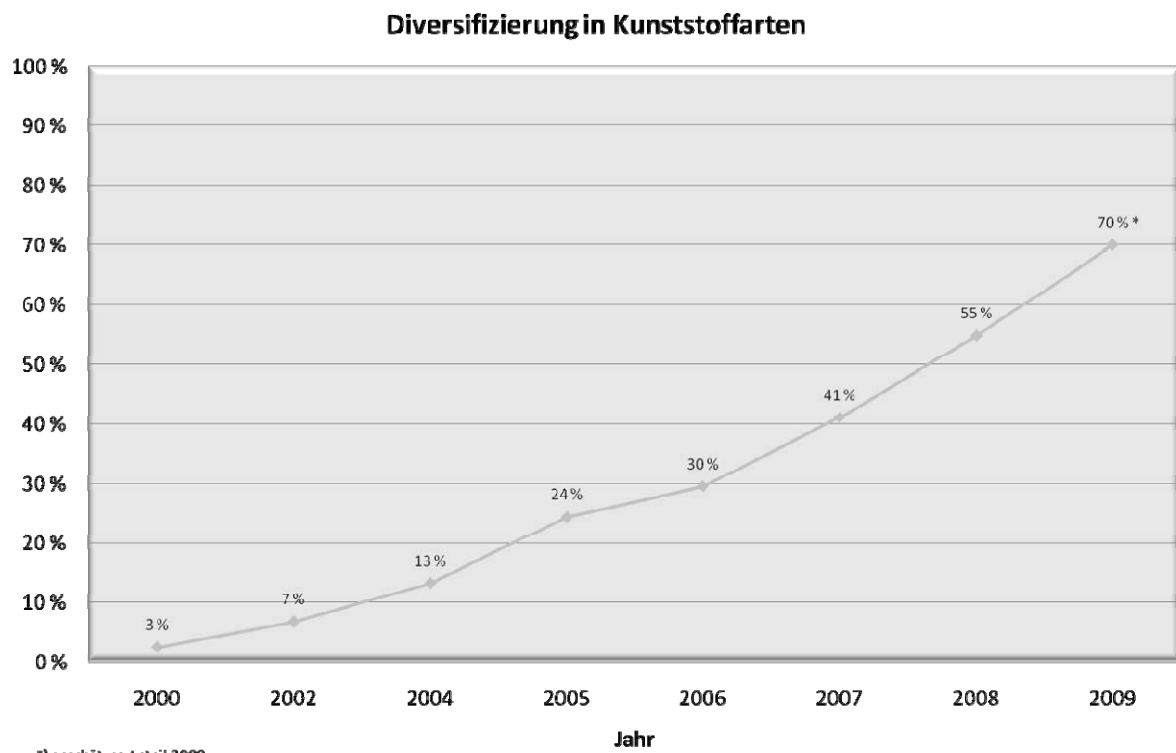


Bild 3: Entwicklungen in der LVP-Sortierung – KA

Andere Bereiche wie Hausmüllaufbereitung, EBS-Aufbereitung, PPK-Sortierung, Sperrmüllaufbereitung etc. profitieren von diesen Innovationen, ohne dass aus verschiedenen Gründen bislang ein vergleichbarer Perfektionsgrad erreicht wurde.

Möglichkeiten und aktuelle Grenzen der Abfallsortierung können daher geeignet am Beispiel der LVP-Sortierung veranschaulicht werden.

Der Stand der Technik lässt sich durch die im Folgenden aufgelisteten Stichworte charakterisieren

- bewährte, betriebliche Komponenten
- weitgehende Standardisierung in der Prozessführung
- Substitution manueller Sortierung durch Produktendkontrolle
- Reduzierung des spezifischen Personaleinsatzes verglichen mit den Anfängen der LVP-Sortierung auf < 10 %
- hohe Diversifizierung der Produktpalette
- Erhöhung der Wertschöpfung (9 von 11 Standardprodukten sind Erlösprodukte, Stand Mitte 2008)
- hohe Kapazität
- aktuelle Leistungspunkte: 100.000 - 120.000 t/a entsprechend ca. 4 Mio. angeschlossenen Einwohnern  $\approx 600 \text{ m}^3/\text{h}$
- hohe Wertstoffausbeute (Sortierreste ca. 20 %)

Ausgeführte Anlagen umfassen etwa 40 einzelne Funktionsmaschinen, so dass eine annähernd vollständige Wiedergabe den Rahmen dieser Publikation sprengt. Grob schematisiert findet sich der Ablauf in Bild 4.

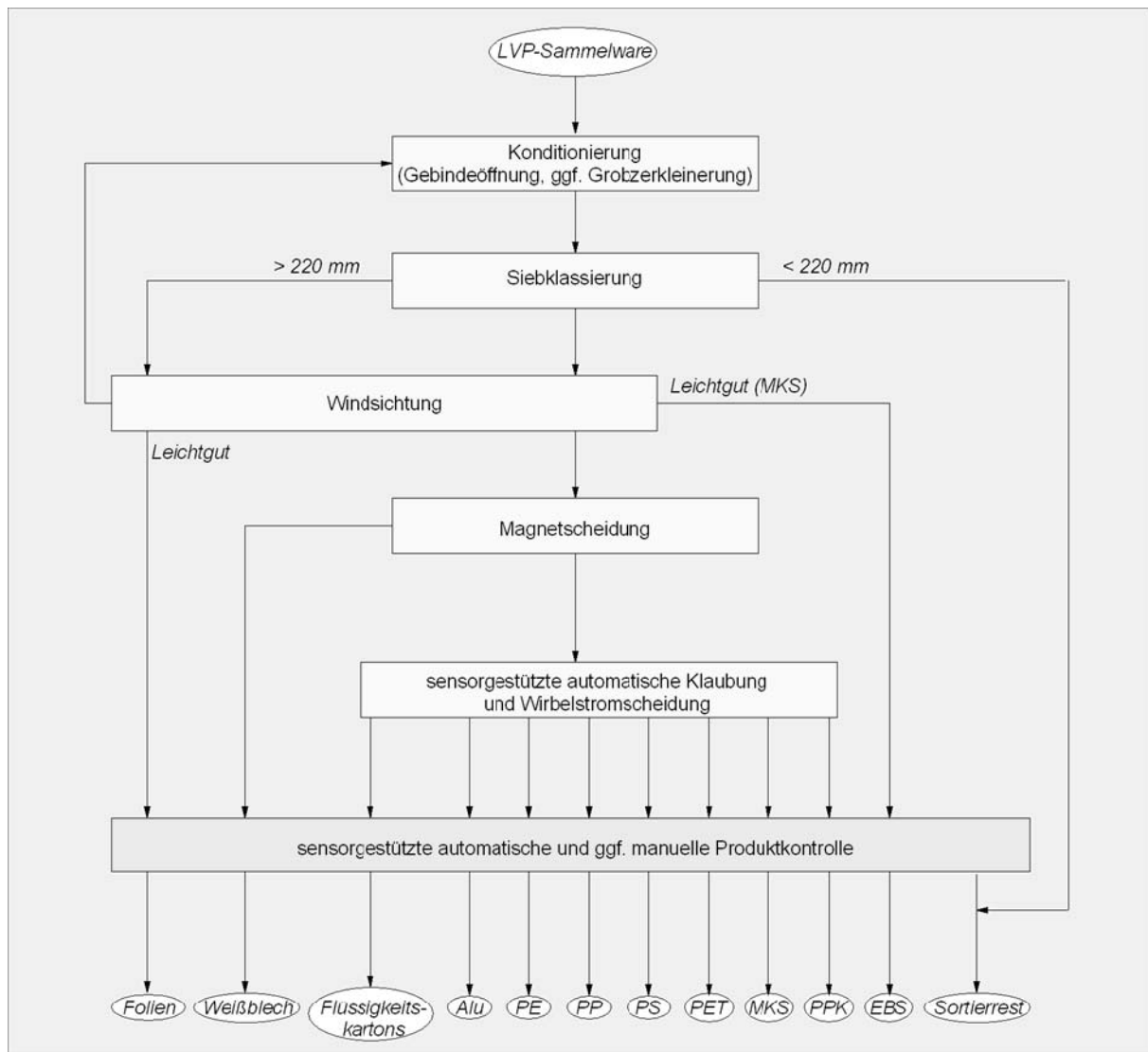


Bild 4: Schematische Darstellung der LVP-Sortierung

Grundlegend erfolgt die Verfahrensführung in folgenden Teilschritten:

- Aufschluss von Gebinden
- Siebklassierung zur Voranreicherung und Einstellung geeigneter Kornspanne für die Sortieraggregate
- Windsichtung zur Trennung von 2D- und 3D-Komponenten
- mechanische Separation der Metalle
- sensorgestützte automatische Sortierung
- sensorgestützte automatische Nachreinigung
- bedarfsweise Produktkontrolle und Konfektionierung

Diese Abfolge ergibt sich letztendlich aus der Tatsache, dass die automatischen Sortierverfahren relativ sensibel und durchsatzschwach (und somit spezifisch teuer) sind, so dass über mechanische Voranreicherung eine möglichst optimale Vorbereitung und Aufkonzentration gewährleistet werden muss. Typisch ist der pyramiden-

artige Stammbaum, der schlicht der Tatsache geschuldet ist, dass die Wertschöpfung mit dem Grad der Differenzierung zunimmt bzw. diese voraussetzt.

Die grundsätzliche Logik (auf der Ebene eines vereinfachten Blockfließbildes) lässt sich auf die Sortierung aller heterogen zusammengesetzten Siedlungsabfälle wie hausmüllähnlichen Gewerbeabfall oder Restmüll übertragen.

Signifikante Unterschiede bestehen aber in der Auslegung und Parametrierung der einzelnen Prozessstufen, die spezifisch der Abfallzusammensetzung angepasst werden muss, um effiziente Lösungen sicherzustellen. Leistungsfähige Lösungen bzw. Leistungskenngrößen sind daher immer inputspezifisch.

Alle Sortieroperationen sind wirkungsgradbehaftet; Produktreinheit und Wertstoffausbringen; die beiden den Sortiererfolg charakterisierenden Kenngrößen liegen also immer unter 100 %.

Typische Wertepaare einstufiger Sortierprozesse sind nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1: Ausgewählte Sortierverfahren mit Grobcharakterisierung der Trennschärfe

Sortierverfahren/ Verfahrensgruppe	Trennmerkmal	Sortiererfolg in Standardanwendungen *		Anwendungsbeispiele in betrieblicher Praxis
		Trennschärfe in Bezug auf Trennmerkmal	Funktionaler Wirkungsgrad	
Schwachfeld- Magnetscheidung	Magnetisierbarkeit	sehr hoch	i.d.R. hoch	Gewinnung Fe- Schrotte aus Siedlungs- und Produktions- abfällen
Wirbelstromscheidung	Vorrangig elek. Leitfähigkeit	i.d.R. hoch	mittel-hoch	Gewinnung NE- Schrotte aus Siedlungsabfällen und Produktionsabfällen
Windsichtung	Gleichfälligkeit (Dichte, Partikelgröße, Partikelfaser)	i.d.R. hoch	mittel-hoch	EBS- Erzeugung Foliensortierung
Sortierung durch Klassierung	Partikelgröße	Hoch	i.d.R. niedrig	Anreicherung Hochkalorik Anreicherung organische Substanz in MBA
gravimetrische Verfahren	Dichte	sehr hoch-hoch	i.d.R. hoch	Kunststoffaufbereitung Bodenwäsche
sensorgestützte Klaubung	jeweilige Messgröße z.B. NIR- Reflexion Optische Eigenschaften	Hoch	mittel - hoch	Materialtrennung bei LVP PVC- Abtrennung Holzsortierung bei Sperrmüll- aufbereitung Farbglassortierung

Einstufung	Reinheit x Ausbringen
sehr hoch	> 0,9
hoch	0,8 – 0,9
mittel	0,5 – 0,8
niedrig	< 0,5

Zu beachten ist hierbei, dass die erzielbaren Werte u.a. von der Gemischzusammensetzung des jeweils einer Trennstufe zugeführten Materialstroms abhängen.

Die Trennungsunschärfen haben vielfältige Ursachen. Zu unterscheiden sind zunächst systematische und zufällige Fehler.

Systematische Fehler resultieren aus der Überlagerung an sich zu trennender Komponenten im Trennmerkmal (z.B. Papier und Kunststofffolien in der Windsichtung, Verbunde und Monomaterialien im NIR-Reflexionspektrum).

Zufällige Fehler sind bspw. Folge einer Materialüberlagerung bei der NIR-Detektion oder turbulenten Verhältnissen in Trennzonen.

Die Herausforderung der letzten Jahre beim Engineering bestand in der Entwicklung leistungsoptimierter Sortieranlagen in Kenntnis der spezifischen Unschärfen der Sortieraggregate und im konstruktiven Umgang hiermit.

Realisiert wurden Prozessführungen, wie sie auch in der Primärrohstoffaufbereitung üblich sind. Bild 5 zeigt eine solche Schaltung in vereinfachter Darstellung.

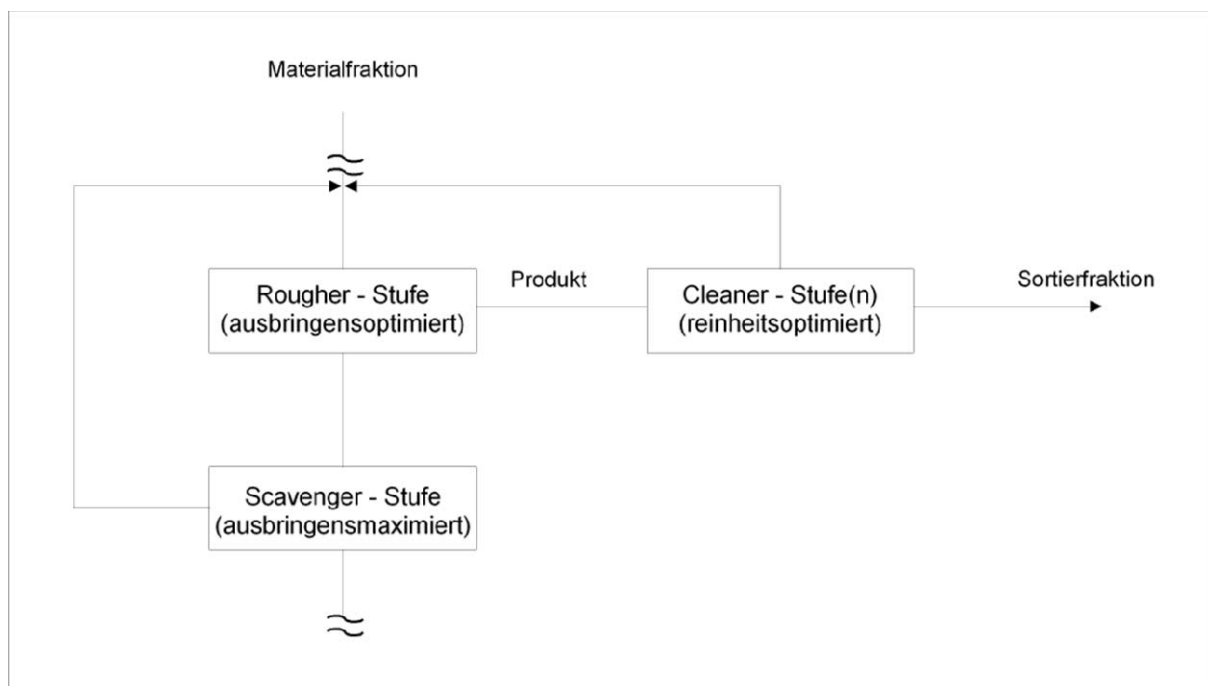


Bild 5: Vereinfachtes Blockfließbild ausbringungs- und reinheitsoptimierter Sortierung

Sie besteht aus einer 1. Trennstufe mit ausbringungsoptimierter Parametrierung (Rougher-Stufe). Das Produkt wird nachgereinigt (Cleaner-Stufe), der Durchgang wird mit ausbringungsmaximierter Parametrierung nachsortiert. Produkt dieser Scavenger-Stufe und Durchgang der Cleaner-Stufe werden auf die 1. Trennstufe zurückgeführt. Zufällige Unschärfen lassen sich hiermit hochgradig reduzieren.

Systematische Fehler sind dann zu minimieren, wenn die einzelnen Trennstufen unterschiedliche Trennmerkmale nutzen.

Infolge der konsequenten apparate- und prozesstechnischen Weiterentwicklungen der Abfallsortierung verbleiben heute nur noch wenige Operationen, die nicht maschinell erfolgen. Sie resultieren sämtlichst aus systematischen Unschärfen:

- die Entnahme von Kartuschen aus HDPE
- Nachreinigung von Folien (insbesondere von Papier)
- die Trennung von Flaschen- und Nicht-Flaschen-PET

Die bisherigen Ausführungen haben verdeutlicht, dass die sortiertechnischen Instrumente soweit entwickelt sind, dass Beschränkungen rein technischer Art nur noch ausnahmsweise zu verzeichnen sind. Ausnahmen sind ggf. dort gegeben, wo Sortierprodukte durch die Konsistenz des Abfalls nicht mehr marktfähig sind.

Wesentlicher Einflussfaktor bildet hierbei die Inputfeuchte. Liegt diese jenseits von ca. 20 % sinkt auch sehr rasch die Effizienz der Sortierung infolge der veränderten mechanischen Eigenschaften der Komponenten.

In der Praxis relevanter sind aber technisch-ökonomische Restriktionen. Bild 6 zeigt hierzu den grundsätzlichen Zusammenhang am Beispiel der Kosten der Sortierung von Verpackungsabfällen.

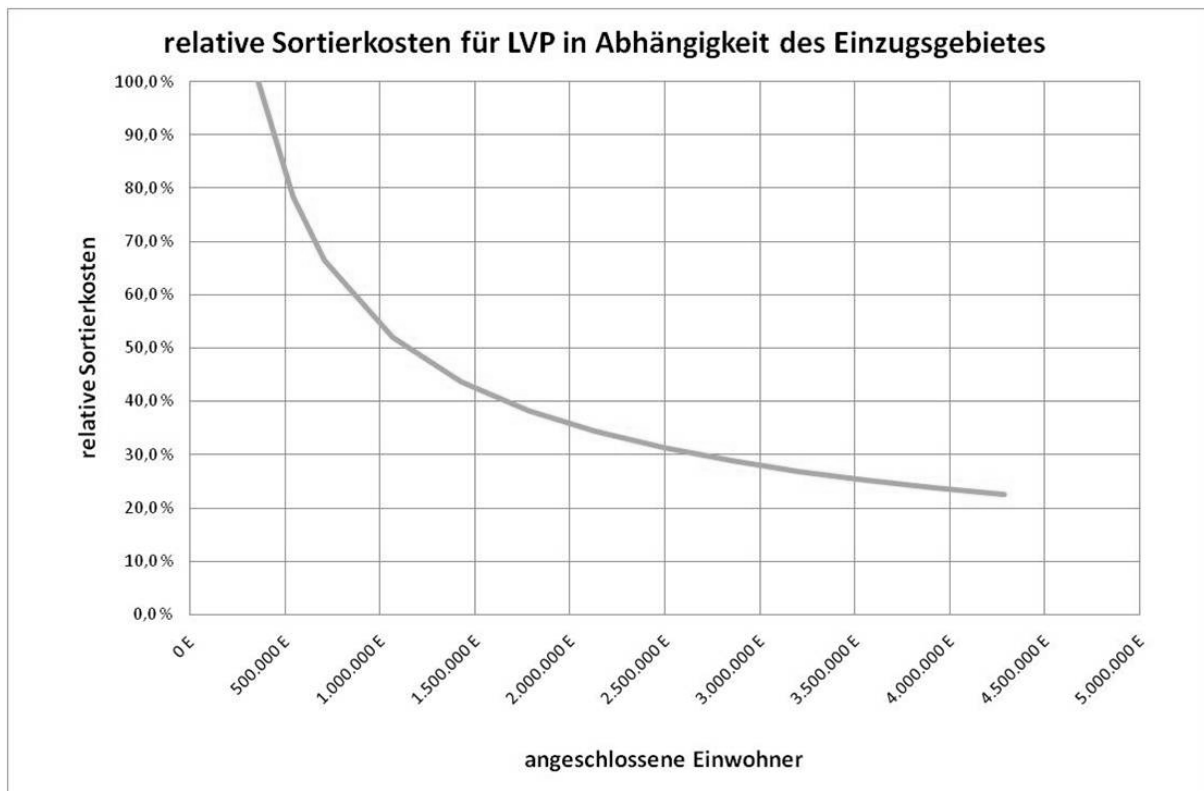


Bild 6: Relative Sortierkosten für LVP in Abhängigkeit des Einzugsgebietes

Die Abbildung veranschaulicht die durchsatzabhängige Kostendegression der Sortierung. Diese ist deswegen so stark ausgeprägt, weil mehrere Effekte addieren.

Diese sind vornehmlich:

- allg. mengenabhängige Degression
- überproportional abnehmende spez. Herstellungskosten
- verbesserte Erlössituation durch Ausbringungsmaximierung
- niedrigste Entsorgungskosten durch Ausbringungsmaximierung.

Im Umkehrschluss wird offenkundig, dass effizientes Sortieren heute weniger eine Frage der grundsätzlichen technischen Machbarkeit, sondern vielmehr die des Vorhandenseins großräumiger standardisierter Entsorgungsstrukturen ist. Dies ist eine Folge der bereits erwähnten hohen Differenzierungsnotwendigkeit der Abfälle zur Erzielung marktgängiger Produkte bei gleichzeitigem ökonomisch bedingtem Zwang zur hohen Maschinenauslastung in den einzelnen Verästelungen der Prozesskette.

Ein abschließender Aspekt soll von dem Hintergrund der Mitbenutzung von modernen Sortieranlagen bei modifizierenden Sammelsystemen skizziert werden:

Mit der wachsenden Automatisierung sinkt selbstverständlich auch die Flexibilität der Anlagen gegenüber hohen Varianzen im Verarbeitungsspektrum. Verlässt ein Sammelgemisch ein gewisses, der Auslegung zugrundegelegtes Fenster der Materialzusammensetzung, hat dies gravierende Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit einer bestehenden Anlage, da sich relative Überschreitungen unmittelbar proportional in sinkendem Durchsatz niederschlagen. Im Zusammenhang mit der LVP-Sortierung ist z.B. der Fehleintrag an Papier jenseits üblicher Grenzen relevant. (Da die 2D-Verästelungen spezifisch besonders kostenintensiv sind). Entscheidend für die Möglichkeiten und Randbedingungen einer Mitbenutzung ist weniger der Zuweisungskatalog des Erfassungssystems, sondern vielmehr die sich in der Praxis einstellende Gemischzusammensetzung eines modifizierten Erfassungssystems.





A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

**Möglichkeiten der MBA als zentraler Baustein in der  
Abfallwirtschaft des Entsorgungszentrums Pohlsche Heide  
im Kreis Minden Lübbecke**

Dipl.-Ing. Thomas Kropp  
GVöA mbH & Co. KG, Hille

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## **1 Entscheidungsfindung**

Der Grundstein für das Entsorgungszentrum Pohlsche Heide wurde vom Kreis Minden-Lübbecke Anfang der 80er Jahre mit den Planungen für eine zentrale Abfalldeponie gelegt. Dabei wurde Deponievolumen in 5 Deponieabschnitten von jeweils ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup> geschaffen. Mit Inkraftsetzung der technischen Anleitung Siedlungsabfall 1993 wurde seitens der Politik und Werkleitung intensiv nach einer zukunftssicheren Abfallentsorgung gesucht. Es stellte sich heraus, dass es unter den gegebenen Rahmenbedingungen eines ländlich strukturierten Landkreises mit 330.000 Einwohnern in Ostwestfalen die Möglichkeit der mechanischen-biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) oder den Anschluss an die Müllverbrennungsanlage Bielefeld gab. Beide Alternativen wurden in einer Machbarkeitsstudie untersucht.

Bei der weiteren Untersuchung stellte sich heraus, dass die weitere uneingeschränkte Nutzung der nach dem neusten Stand der Technik gebauten und teilweise verfüllten Deponie mit dem Bau einer eigenen Abfallbehandlungsanlage die günstigste Alternative war. Mit dem Vorliegen der Ergebnisse und der anschließenden politischen Diskussion wurde ein Grundsatzbeschluss zur Errichtung der MBA Pohlsche Heide gefasst. Gleichzeitig wurde beschlossen, dass die MBA Pohlsche Heide durch eine Betreibergesellschaft betrieben werden solle. Die Betreibergesellschaft des damals bereits 5 Jahre alten Kompostwerks sollte auch die MBA Pohlsche Heide betreiben. Es handelte sich bei der Betreibergesellschaft um eine Gesellschaft nach dem Modell der Private Public Partnership (PPP) unter Beteiligung des Kreises Minden-Lübbecke (51%), des damaligen Elektrizitätswerkes Minden Ravensberg (EMR) (24,5) und der Firma Tönsmeier (24,5%). Später nur noch der Kreis Minden-Lübbecke mit 66 % und die Firma Tönsmeier mit 34 %. Mit dieser Konstellation war der Kreis Minden-Lübbecke als Bauherr der MBA für die Realisierung und die GVoA als Betreiber gut für den Betrieb der MBA vorbereitet. Alle Entscheidungen wurden nach intensiven und äußerst kontroversen Diskussionen einstimmig über alle Fraktionen im damaligen Kreistag und Gesellschafterkreis getroffen.

## **2 Verfahrensauswahl, Beantragung und Genehmigung**

Nach dem vorgenannten Grundsatzbeschluss wurde der Kontakt zu der bereits bei der Entscheidungsfindung eingebundenen Bezirksregierung Detmold und dem Staatlichen Amt für Arbeits- und Umweltschutz intensiviert. Die Genehmigungsfähigkeit für die Errichtung und den Betrieb einer MBA am Standort des Entsorgungszentrums Pohlsche Heide wurde bereits im Vorfeld untersucht und von den Genehmigungsbehörden positiv beantwortet, sodass der Erarbeitung von abgestimmten Antragsunterlagen nichts im Wege stand. Grundsatz der Genehmigungsfähigkeit war die Gleichwertigkeit zum damaligen Anhang 1 der Abfallablagerungsverordnung. Dabei wurden Ablagerungswerte, die denen des späteren Anhangs 2 gleichen sollten, beantragt.

Ausgesprochen hilfreich war bei der Verfahrensauswahl, dass auf Erfahrungen insbesondere der niedersächsischen MBAs zurückgegriffen werden konnte. Von den dortigen Betreibern erhielt die GVoA umfangreiche Unterstützung. Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung (ASA) konnten weitere Erfahrungen aus den mechanischen Anlagen im Kreis Warendorf, aus der MBA Münster und der MBA Borken im Westmünsterland abgegriffen werden. Die Prämissen für die Verfahrensauswahl wurden entscheidend durch die vorgenannten Erfahrungen beeinflusst. Weiterhin wurde von der Landesregierung ein Zuschuss in Aussicht gestellt, wenn die MBA Pohlsche Heide einen innovativen Teil, wie beispielsweise eine Vergärungsanlage beinhaltet. Somit stellte sich damals die erste Konfiguration der MBA Pohlsche Heide folgendermaßen dar:

- Der Anlieferbereich soll als Flachbunker mit mehrfachem Luftwechsel ausgeführt werden.
- Die mechanische Stufe erzeugt ein nach biologischer Behandlung (Vergärung) zu deponierendes Deponat und Ersatzbrennstoff mittlerer Qualität für Rostfeuerungen, wie z.B. das Heizkraftwerk Minden, das nach dem Energospatent arbeitet.
- Um der Vorgabe der Landesregierung gerecht zu werden, wird der Verfahrensschritt der Vergärung eingeführt. Dabei wird die Zielrichtung auf eine Trockenvergärung gelegt. Bei diesem Typ sollte auf eine anschließende Entwässerung verzichtet werden, sodass über die Teilstromvergärung eine Steuerung der nachfolgenden Rotte erfolgt.
- Die Rotte wurde zunächst als Tafelmiete mit vorgeschalteter Oxidationsstufe vorgesehen.
- Als Abluftsystem wurde, da die 30. BImSchV noch nicht vorhanden war, ein Biofilter mit Wäscher und Kamin vorgesehen.
- Die Ablagerung erfolgte nach damaliger Vorstellung in einem Monobereich, der die Möglichkeit des Monitorings ermöglichte. Dabei sollten alternative Parameter, die die Gleichwertigkeit zum Anhang B der Technischen Anleitung Siedlungsabfall darstellten, eingehalten werden. Diese wurden, bezogen auf das Schutzziel der TASI, vom wissenschaftlichen Beirat der ASA entwickelt. (TOC = 300 mg/l; AT<sub>4</sub> = 5 mg/g; TOC = 18 Masse %; GB<sub>21</sub> = 20 mg/kg; oberer HW = 6.000 kJ/kg)

Mit diesen Prämissen wurden die Antragsunterlagen mit einer Planungsgemeinschaft, die aus den Büros IBA (Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft aus Hannover) und IWA (Ingenieurbüro für Wasser und Abfallwirtschaft aus Ennigerloh) bestand, erarbeitet. Die Antragsunterlagen wurden im September 1999 bei der Bezirksregierung Detmold als Antrag nach ABfG in Verbindung mit BImSchG eingereicht. Die Bündelung mit dem Abfallrecht war erforderlich, weil es bereits eine Ursprungsgenehmigung nach ABfG für das Entsorgungszentrum Pohlsche Heide aus der Genehmigung für die Deponie gab. Somit stellte die Bezirksregierung in Detmold die Bündelung

zwischen Abfallgesetz und Bundesimmissionsschutzgesetz her. Durch die frühe Einbindung aller am Vorhaben beteiligten Behörden und Träger öffentlicher Belange konnte eine kurze Antragsbearbeitung erreicht werden. Der positive Bescheid in Form des 18. Nachtrages für die Deponie Pohlsche Heide erging am 18. Mai 2000. Die zwischenzeitlich in der politischen Diskussion der Bundesregierung befindliche Einführung von Ablagerungswerten in Form eines Anhangs 2 zur Abfallablagerungsverordnung sowie die gleichzeitige Einführung einer 30. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz und die Einführung einer Abwasserregelung für MBAs machten eine Umplanung der MBA, insbesondere der Abluftbehandlung, erforderlich. Weiterhin stellte sich heraus, dass die ursprüngliche Planungsmenge von 60.000 Mg Input, basierend auf den Prognosen aus dem Abfallwirtschaftsplan der Bezirksregierung, nicht richtig war. Realistisch sind alleine für den Kreis Minden Lübbecke 80.000 Mg/a, die sich aus ca. 40.000 Mg Hausmüll und 40.000 Mg Gewerbemüll zusammensetzen. Somit ergaben sich zwei Ansatzpunkte, die dazu führten, dass die Antragsunterlagen ein weiteres Mal eingereicht wurden. Die Beantragung basierte dann:

- auf den Emissionswerten der 30. BimschV und enthielt als zusätzliche Verfahrenstechnik eine regenerative thermische Oxidation mit entsprechenden Abluftwerten, Schnellauftore mit Luftschleieranlage und optionalen Schleusen bei Erfordernis.
- auf dem Anhang 2 der Abfallablagerungsverordnung mit entsprechenden Ablagerungswerten.

Der zweite Antrag wurde ebenfalls bei der Bezirksregierung Detmold gestellt. Hier wurde im Jahre 2002 der 20. Nachtragsbescheid erlassen. Damit lag die endgültige Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb einer MBA im Entsorgungszentrum Pohlsche Heide vor. Die konsequente Stellung eines neuen Antrags bei Erscheinen der 30. BimschV und des Anhangs 2 der Abfallablagerungsverordnung im Jahre 2002 stellte die MBA auf sichere Zulassungswerte und damit auf eine sichere Kalkulationsbasis. Die Investitionsentscheidung wurde unter Anrechnung der zusätzlichen Verfahrenstechnik aufrechterhalten. Auf dieser Basis erfolgte die EU-weite Ausschreibung.

### **3 Ausschreibung**

Parallel zur Durchführung des Genehmigungsverfahrens erfolgte die Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen. Um möglichst auch das heimische Handwerk und weitere Betriebe vor Ort mit einzubinden, erfolgte die Ausschreibung in 4 Hauptausschreibungen mit teilweisen Einzellosen.

1. Infrastruktur
2. Hochbau mit 11 einzelnen Losen
3. mechanische Aufbereitung
4. Biologie mit 4 Losen
  - Trockenvergärung
  - Rotte
  - Abluftfassung und Behandlung
  - ZVÜ Zentrale Visualisierung und Überwachung

Nach der EU-weiten Ausschreibung erfolgten Vergaben für die vorgenannten Hauptausschreibungen. Lediglich die Ausschreibung zur Biologie wurde zugunsten eines Nebenangebotes entschieden. Dabei erfolgt die Vergabe an eine ARGE, die alle vier Lose zusammen angeboten hatte. Entgegen der zunächst geplanten Tafelmiete wurde dabei eine Tunnelrotte mit 16 Tunneln angeboten.

#### **4 Mechanische Stufe**

Im Januar 2005 wurde die mechanische Stufe der MBA planmäßig in Betrieb genommen.

Die Inbetriebnahme erfolgte zunächst durch eine sogenannte kalte Inbetriebnahme ohne Abfälle, bei der die Fördertechnik und die zugehörigen Behandlungsmaschinen eingestellt wurden. Nach Abschluss der kalten Inbetriebnahme erfolgte die sogenannte warme Inbetriebnahme, bei der alle Maschinen sowie die Fördertechnik mit Abfällen eingestellt wurden. Im Anschluss an beide Inbetriebnahmephasen erfolgte der Leistungstest, bei dem über zwei Wochen die komplette vertraglich zugesicherte Menge an Abfall durch die mechanische Aufbereitung gefahren wurde. Die vertraglich zugesicherten Mengen waren 212 Mg Hausmüll und 100 Mg Gewerbemüll pro Tag. An zwei Tagen des zweiwöchigen Leistungstestes wurden die Mengen noch um 20 % gesteigert. Die Betriebszeiten wurden mit 7,5 Stunden zuzüglich 2 Stunden Vorlauf und 1,5 Stunden Nachlauf für Wartung und Reparatur festgelegt.

#### **5 Maschinentechnik**

Von der Grundkonzeption ist die mechanische Aufbereitung für die Verarbeitung von Hausmüll und Gewerbemüll ausgelegt. Die Aufbereitungslinie für Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall ist so konzipiert, dass zunächst in einem Trommelsieb eine Fraktion < 60 mm abgesiebt wird und zur biologischen Behandlung weiter aufbereitet wird. Dieses erfolgt mittels Langteilabscheider und FE-Abscheider.

Die zweite wesentliche Fraktion ist die Fraktion 60 mm bis 300 mm, die für die energetische Verwertung zu Ersatzbrennstoff aufbereitet wird. Zunächst wurde hier unterstellt, dass alleine die Siebung ausreicht, um die Verträge mit dem Heizkraftwerk Minden zu erfüllen. Nach der Inbetriebnahme stellte sich jedoch heraus, dass hier die Qualitäten nicht ausreichten. Die Folge war, dass weitere Zerkleinerungstechnik erforderlich wurde. Nach einer Ausschreibung wurden hier ein Einwellenzerkleinerer mit Gegenmesser und 140 mm Korbmaschenweite installiert.

Die Zeit bis zur Installation des Zerkleinerers wurde so überbrückt, dass ein zweiter Materialdurchgang gefahren wurde. Bei dem zweiten Materialdurchgang entstand an den Vorbrechern ein unverhältnismäßiger und zunächst nicht erklärbarer Verschleiß in Form von Auswaschungen auf den Wellen der Vorbrecher. Es stellte sich heraus, dass das bereits vorgebrochene windgesichtete Material sehr strukturarm direkt an den Wellen lagerte und durch abrasive Stoffe in Verbindung mit Wasser für die Auswaschungen sorgte. Dennoch war durch dieses gestaffelte Ausbauprocedere die Gefahr einer Fehlinvestition nicht vorhanden. Wichtig war uns als Betreiber, dass die Verträge mit dem Heizkraftwerk Minden durch dieses Verfahren erfüllt wurden.

Bei der Bilanz der Stoffströme ist zu nennen, dass ca. 60 % als biologisch zu behandelndes Material in die Rotte, beziehungsweise in die Vergärung transportiert werden und ca. 40 % als Ersatzbrennstoff anfallen. Nicht berücksichtigt werden dabei ca. 2,5 % Schrott und ein gewisser Anteil an Störstoffen von unter 10 Mg pro Tag.

Die zweite Aufbereitungslinie in der mechanischen Aufbereitung ist ausschließlich für die Verarbeitung von Gewerbemüll konzipiert. Diese Linie soll ca. 40.000 Mg Gewerbemüll pro Jahr verarbeiten. Da die vertragliche Situation mit dem Heizkraftwerk Minden lediglich 20.000 Mg pro Jahr als Kontingent für die GVoA vorsah und diese Menge genau den aus der Hausmülllinie erzeugten Ersatzbrennstoff entsprach, wurde die Gewerbemülllinie zunächst nicht voll ausgebaut. Installiert sind hier ein Vorbrecher und eine Entschrottung mittels FE-Abscheider. Bei der Konzeption der Anlage sollte vermieden werden, dass in Unkenntnis der erforderlichen EBS-Qualität eine Fehlinvestition getätigt wurde. Die Konsequenz war, dass der auf dieser Linie erzeugte Ersatzbrennstoff minderer Qualität zwischengelagert werden musste. Hierzu ist bereits sehr frühzeitig die Genehmigung für ein Zwischenlager zur Lagerung von EBS erwirkt worden.

Als hinderlich und letztendlich auch als Fehler im Konzept erwies sich die Verladung des Ersatzbrennstoffes. Hier wurde der schlechte Ersatzbrennstoff aus der Gewerbemüllaufbereitung zusammen mit dem guten Ersatzbrennstoff aus der Hausmüllaufbereitung in einer Containerverladestation in Container verladen. Dabei wurde nicht nur die Qualität vermischt, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Verladestation in zwei 40-cbm-Container überschätzt. Als Ergebnis ging die Verfügbarkeit der

mechanischen Aufbereitung stark zurück, sodass beide Linien nicht parallel betrieben werden konnten.

Als erste Optimierung wurde eine Kanalballenpresse in der Hausmülllinie zur Verpressung des hier erzeugten Ersatzbrennstoffes installiert. Diese Presse wurde bereits im Vorfeld der Abnahme vom Betreiber ausgeschrieben und konnte relativ schnell nachgerüstet werden. Bei der Presse wurde Wert auf eine Schnurabbindung gelegt, damit über eine Drahtbindung nicht die vorher abgeschiedenen FE-Metalle wieder zugefügt werden. Mit diesem Ausbauschritt konnten beide Linien parallel betrieben werden. Durch die später nachgerüstete Nachzerkleinerung konnte dann auch hier die Leistung der mechanischen Stufe drastisch erhöht werden. In Verbindung mit der Nachzerkleinerung wurde ebenfalls eine separate Verladung für die Hausmülllinie nachgerüstet. Somit war die volle Trennung zwischen der Hausmüll- und Gewerbemülllinie im November 2006, also ca. 18 Monate nach der Inbetriebnahme realisiert.

Die thermische Verwertung des EBS aus Gewerbemüll war zu diesem Zeitpunkt weiterhin nicht über vertragliche Kontingente gesichert. Diese Thematik wurde im Herbst 2006 nach umfangreicher Diskussion so entschieden, dass mit dem EBS aus Gewerbemüll mindestens die Qualitäten des Heizkraftwerkes Minden erreicht werden sollen. Hierzu wurde umgehend noch im Herbst 2006 eine Ausschreibung für eine Siebanlage und einen Windsichter durchgeführt. Die Planungen sahen vor, dass die Gewerbemülllinie bis zum Sommer 2007 die besseren Qualitäten erzeugen sollte. Die Gewerbeabfälle wurden jetzt mit einem verbesserten Zerkleinerer, einem Scheibensieb und ein anschließendes Steinsieb auf eine Körnung 25 - 150 mm gebracht und zum HKW Minden geliefert. Das Unterkorn geht in die biologische Stufe. Abschließend darf bei der mechanischen Aufbereitung nicht unerwähnt bleiben, dass insbesondere hier fördertechnische Probleme immer da auftraten, wo Banddurchgänge nicht die erforderliche Durchgangshöhe für das jeweils zu fördernde Material aufwiesen. Hier wurde durch den Anlagenbauer sehr frühzeitig, bereits in der Inbetriebnahme, Abhilfe geschaffen, indem teilweise ganze Förderbänder umgebaut wurden.

## **6 Vergärung**

Die Vergärungsanlage ist, wie schon in der Konzeptfindung erläutert, ein zentraler Anlagenteil, der aufgrund seines für die Abfallbehandlung innovativen Charakters von der Landesregierung in Nordrhein-Westfalen bezuschusst wurde. Das hier gewählte Konzept der Trockenvergärung, nach dem Prinzip der Firma OWS, für den Anteil aus dem Hausmüll nach Zerkleinerung, der kleiner ist als 60 mm, kommt ohne den Verfahrensschritt der Entwässerung zu einem Outputmaterial, das direkt in die Rotte zwecks Erreichung der Ablagerungskriterien übergeben werden kann, aus.



Bild 1: mechanische Aufbereitung MBA Pohlsche Heide

Als eigentlicher Gärreaktor kommt hier ein 27 m hoher und 12 m im Durchmesser messender zylindrischer Reaktor zur Ausführung. Der Reaktor hat keine Einbauten und lediglich eine isolierte Außenhaut. Die Beschickung des Reaktors erfolgt über eine externe Kolbenpumpe der Firma Putzmeister. Die Pumpe kommt aus dem Betonbau und ist für das Pumpen von trockenen abrasiv wirkenden Medien geeignet. Das zu pumpende Gärgut hat hier einen Trockensubstanzanteil von ca. 40 %. Die Leistung dieser Pumpe beträgt etwa  $135 \text{ m}^3 / \text{Stunde}$ , ca. 90 % der Pumpleistung werden für die Umwälzung des Fermenterinhalt und ca. 10 % der Pumpenleistung für die Zuführung von frischem abgeseibten Material in den Fermenter genutzt. Die Biogaserzeugung erfolgt durch Umsetzungsprozesse innerhalb der dreiwöchigen Aufenthaltszeit. Bei einer gut laufenden Biologie werden hier problemlos 125 Ncbm Biogas pro Tonne Eintrag erzielt. Bei der Zuführung von 80 - 100 Mg Feinkorn pro Tag steigen die Biogasmengen von Montag mit ca. 6.000 Betriebskubikmeter bis Freitag mit ca. 12.000 Betriebskubikmeter an. Über das Wochenende werden von Freitag bis Montag ca. 30.000 Betriebskubikmeter Biogas erzeugt.

Als Verbraucher sind zunächst die Aufheizung des Fermenterinhalt mittels Dampfkessel, ein Bockheizkraftwerk mit 480 kW elektr. und die regenerative thermische Oxidation zur Abluftbehandlung der Rotteabluft zu nennen. Der überwiegende Teil der Fördertechnik in der Peripherie des Fermenters erfolgt über geschlossene Systeme wie Schnecken und Mischer. Diese haben den Nachteil, dass sie sehr empfindlich auf Störstoffe reagieren. Große Probleme bereitete diese Fördertechnik in der Inbetriebnahme dadurch, dass Missverständnisse über die einzutragenden Stoffe herrschten. Der Auftragnehmer war sich nicht über die Struktur der Abfälle im Klaren, sodass es zu Umwickelungen und damit zu Verstopfern der Schnecken an verschiedenen Stellen kam. Diese Förderprobleme konnten auch während der



gesamten Inbetriebnahme nicht abgestellt werden. Erst der Verzicht auf zum Beispiel Sortierreste aus dem Kompostwerk Pohlsche Heide, konnte einen kontinuierlichen Betrieb sicherstellen. Aufgrund dieser Erfahrungen wurde der aus dem Betonbau bekannte Ausbreitversuch zur Bestimmung der Pastösität eingeführt. Festgelegt wurden vier Pastösitätsklassen, von denen die Klassen 2 und 3 optimale Klassen für die Fördertechnik und die nachfolgende Rotte sind. Die nachfolgende Tabelle stellt den Abbau im Fermenter da.

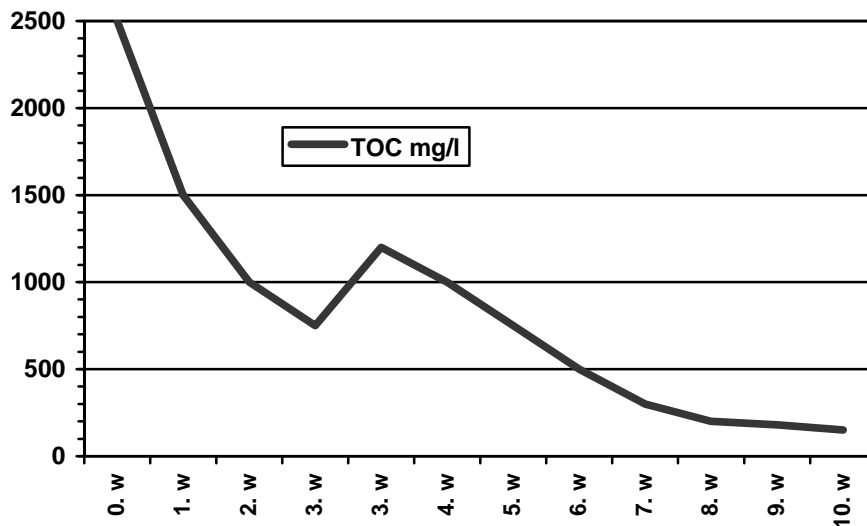


Bild 2: Abbaukurve TOC im Eluat

Tabelle 1: Werte der Abbaukurve TOC im Eluat

	Input Fermenter:	Output Fermenter:	Rotte Input:
<b>TOC</b>	2.500 mg/Liter	750 mg/Liter	1000 mg/Liter
<b>AT<sub>4</sub></b>	70 mg O <sub>2</sub> /gTS	20mgO <sub>2</sub> /gTS	35 mgO <sub>2</sub> /gTS
<b>GB<sub>21</sub></b>	225 NI/kgTS	60 NI/kgTS	100 mgO <sub>2</sub> /gTS

Durch die Mischung des Fermenterinhalt mit dem frisch abgeseibten Material nach dem Prinzip der Teilstromvergärung erfolgt eine Erhöhung der Werte. Durch diese Mischung wird die Feuchtigkeit so eingestellt, dass die nachfolgende Rotte mit ausreichend zu belüftetem Material befüllt wird. Beim weiteren Betrieb der Vergärung stellte sich heraus, dass insbesondere die Schnecken wie auch die Putzmeister Pumpe einem erheblichen Verschleiß unterliegen. Nach weiteren Analysen der Inputmaterialien und ihren Eintrag in das System wird ein Schwerteilabscheider nachgerüstet. Im Anschluss an die Nachrüstung konnte die Anlage weitgehend störungsfrei und mit weniger Verschleiß betrieben werden. Insbesondere die Putzmeisterpumpe hat von dem Schwerteilabscheider profitiert. Abschließend kann zur Fördertechnik der Vergärungsanlage gesagt werden, dass diese auf die konsequente und qualitativ hochwertige Abscheidung von schweren, harten und langen Abfallbestandteilen aus dem Inputmaterial angewiesen ist. Hier reicht eine einfache Absiebung

nicht, denn besonders durch das Durchrutschen von Langteilen treten vermehrt massive Störungen auf.

Allgemein muss jedoch festgestellt werden, dass dieser Typ der Teilstromvergärung mit relativ trockenem Gärgut zu beherrschen ist. Lediglich die Fördertechnik ist genauestens auf die Inputströme zu dimensionieren. Weiterhin muss schon in der Projektion berücksichtigt werden, dass Störungen und Wartungen eintreten sowie der Wechsel ganzer Aggregate, wie zum Beispiel der Schnecken, möglich sein muss.

Im Fall der MBA Pohlsche Heide gibt es hier Bereiche, in denen der Aufwand minimiert werden könnte. Seit dem Abschluss der Inbetriebnahme und Übergabe an den Betreiber läuft die Vergärungsanlage störungsfrei. Die Gasmengen sind so, dass bereits eine zusätzliche BHKW-Anlage angeschlossen wurde.

## **7      Rotte**

Die Rotte, die zunächst als einfache Tafelmiete geplant und ausgeschrieben wurde, ist im weiteren Verfahren aufgrund eines Nebenangebotes als Tunnelrotte mit 16 Tunneln vergeben worden. Die aerobe Stufe der Rotte soll das Produkt der Teilstromvergärung mit einem TS-Gehalt von ca. 48 % aufnehmen. Durch die im Rahmen der Teilstromvergärung erforderliche Zumischung von ca. 30 % frischen Feinkorns, steigen die in der Vergärung erzielten Abbauergebnisse wieder auf das bereits oben erläuterte Ergebnis an. Auf der Basis dieser Werte ist eine siebenwöchige Rotte vorgesehen, bei der zunächst in die Eintragstunnel ca. 280 Mg Gemisch pro Tunnel eingetragen werden und eine intensive Belüftung vorgesehen ist. Hier soll in der Intensivbelüftung zunächst der Übergang zwischen anaeroben und aeroben Verhältnissen hergestellt werden. Nach eintägiger Aufenthaltszeit in den Eintragstunneln erfolgt der erste Umtrag mittels Radlader. Die nächsten Umträge finden ca. im wöchentlichen Rhythmus statt. Die letzten beiden Wochen in der Tunnelrotte dienen nur noch der Trocknung und Abkühlung des Materials. Es zeigt sich sehr deutlich, dass die Rotte auch mit Klärschlamm in der Lage ist, die geforderten Abbauwerte sicher einzuhalten.

Der verfahrenstechnische Aufbau der Rotte folgt dem klassischen System der geschlossenen Tunnelrotte mit regelmäßigem Umsetzen des Materials. Das Umsetzen erfolgt nach einer vorgegebenen Tunnellogistik. Im Rahmen der Inbetriebnahme wurde diese Tunnellogistik auch aus Mangel an Zeit vom Anlagenlieferanten nicht vollständig optimiert und entwickelt, sodass dieses vom Betreiber nach der Abnahme erfolgte. Die einzelnen Tunnel sind mit einem dicht schließenden zweiteiligen Tor, das im oberen Drittel geteilt ist, ausgestattet. Der Materialeintrag erfolgt mittels zwei Eintragsgeräten, die im Bereich der Tunneldecke in den jeweils zu befüllenden

Tunnel gefahren werden. Diese Eintragsgeräte werden von einem Förderbandsystem auf der Tunneldecke mit Material versorgt.



Bild 3: Tunnelrotte

Das ein- oder umzutragende Material muss gleichmäßig in dünnen Lagen in die Tunnel gefördert werden. Zu diesem Zweck ist in der Tunneldecke eine Öffnung mit dicht schließendem Deckel. Dieser Deckel ist, bevor der Tunnel befüllt wird, durch eine Deckelaushebemaschine zu öffnen und seitlich zu halten. Die Tunnelbefüllung dauert für den Eintragstunnel ca. zwei Tage, für die Rottetunnel ca. drei Stunden. Der Umtrag und Austrag aus dem Rotteprozess findet entgegen der üblichen Praxis für diesen Anlagentyp mit einem Radlader statt. Die Entscheidung des Betreibers, diese Variante zu wählen, ist ausgiebig und kontrovers mit dem Anlagenbauer und den planenden Ingenieurbüros diskutiert worden. Die Entscheidung zugunsten dieser Austragsart ist mit dem geringeren Technisierungsgrad gegenüber dem automatischen Austrag mit Schubboden und Dekompaktierer getroffen worden und hat sich bereits als sehr störungsunempfindlich und flexibel herausgestellt.

Beispielsweise kann der Radlader sehr schnell gegen den Radlader in der Anlieferungshalle getauscht werden. Voraussetzung für den Einsatz eines Ersatzradladers ist jedoch die unbedingt erforderliche Schutzbelüftungsanlage. Die Umträge erfolgen in jeder Phase der Rotte durch das komplette Öffnen der bereits oben genannten geteilten Tore mittels Radlader, der mit Dieselpartikelfilter und Schutzbelüftungsanlage ausgestattet in die Tunnel hineinfährt und das Material in einen Kratzkettenförderer mit nachgeschaltetem Dekompaktierer aufgibt. Vom Dekompaktierer wird das aufgelockerte Material auf ein Förderbandsystem gegeben, mit diesem auf die Tunneldecke transportiert und dort in den für die nächste Rottephase erforderlichen Rottetunnel transportiert.

Die Lüftung der Rottetunnel erfolgt an allen Tunneln gleich nach dem Prinzip der Umluft, es wird über Lüfter die Abluft unter der Tunneldecke abgesaugt und unter dem Tunnel in einen Düsenboden geleitet. Die Überschussluft, nach der Zugabe von Frischluft, wird über ein Klappensystem an die regenerative thermische Oxidation (RTO) abgegeben.

Die RTO erzeugt durch vorgeschaltete Lüfter einen Unterdruck, der die Überschussluft aus dem System abzieht. Der Düsenboden ermöglicht das Einblasen von unten, somit erfolgt der Kompostierungsprozess bei einer Durchströmung mit bis zu 10.000 m<sup>3</sup> pro Stunde. Die Wartung und Pflege des Düsenbodens stellte schon in den frühen Inbetriebnahmephasen einen besonderen Arbeitsschwerpunkt dar. Durch den Radladerbetrieb beim Austragen wird das Material in den Düsenboden gedrückt und muss gelegentlich mit Werkzeugeinsatz unter Verwendung von Atemschutz manuell entfernt werden. Damit sind zwei Mitarbeiter ca. 20 Minuten beschäftigt. Bei Verzicht auf diese Reinigung ist das Rotteergebnis mit dem Erreichen der Ablagerungswerte nicht sicher zu erzielen. Nachdem die Rotte mit 16 Rottetunnel im Volllastbetrieb war, stellte sich heraus, dass die Ablagerungswerte bei nur kleinen Prozessabweichungen gefährdet sind und Abluftwerte nach 30. BIMSCHV ebenfalls nicht erreicht werden konnten. Aus diesem Grund wurde über Nachverhandlungen mit dem Anlagenlieferanten eine Erweiterung der Rotte geplant. Dabei sollten die Anzahl der Tunnel auf 23 Tunnel erhöht werden. Was gleichzeitig einer Kapazitätserweiterung der gesamten MBA gleichkam. Trotzdem zeigt die Erfahrung, dass sich Klärschlämme wegen der großen Freisetzung von Ammoniak an verschiedenen diffusen, nicht vollständig zu kapselnden Quellen, im Prozess in eine nach der 30 BIMSCHV geschlossenen MBA-Halle schwer händeln lassen.

Schon in der Inbetriebnahme traten große Probleme durch die Freisetzung von Ammoniak beim Arbeitsschutz für die Mitarbeiter auf. Dem konnte in unserem Fall nur durch den Verzicht auf die Mitbehandlung von direkt in die Rotte eingetragenen Klärschlämmen entgegnet werden. Zwecks Abtransport des fertigen Deponats (Rotteoutput) ist eine Verladestation mit vier Containern gebaut worden, die über Förderbänder mit dem bereits oben erwähnten Kratzkettenförderer und Dekompaktierer verbunden ist. Der Abtransport erfolgt mittels Hakenlift-LKW. Für den Abtransport eines Tunnelaustrages werden ca. 2 - 3 Stunden und zwei LKW benötigt. Zu verschiedenen Zeiten sind bereits Austräge mit Traktoren und Muldenanhängern gefahren worden. Diese wurden dann von dem in der Rotte arbeitenden Radlader direkt beladen. Es hat sich gezeigt, dass gerade hier die Flexibilität der Bewirtschaftung mittels Radlader von großem Vorteil ist.

Die Abluft der Rotte ist gemäß 30. BIMSCHV zu behandeln, sodass die entsprechenden Werte einzuhalten sind. Hierzu ist das System der regenerativen thermischen Oxidation mit drei Vociboxen installiert. Die Boxen werden bei ca. 1.000 °C Temperatur gehalten. Die Temperaturen werden durch Biogas aus der Vergärungs-

anlage, das der Prozessabluft beigemischt wird und durch den in der Prozessabluft enthaltenen Kohlenstoff, gehalten. Der Anteil des in der RTO verwendeten Biogases ist erheblich und entspricht der halben Menge, die im BHKW verwertet wird.

Abschließend kann zur RTO gesagt werden, dass diese sehr störanfällig mit einem hohen Wartungsaufwand und großem Energieaufwand betrieben wird. 80 % der Bereitschaftseinsätze für die MBA Pohlsche Heide finden aufgrund von RTO-Störungen statt. Diese sind überwiegend auf zu hohe Temperaturen im Keramikbett, durch mechanische oder steuerungstechnische Probleme verursacht. Die RTO ist aber zu beherrschen und an vielen Stellen bereits verbessert.

## **8 Reinigung und Wartung**

Nachdem die mechanische Stufe der MBA Pohlsche Heide in Betrieb ging, stellte sich schnell heraus, dass die Verfügbarkeit der vielen hintereinander geschalteten Einzelkomponenten die Verfügbarkeit der gesamten Anlage sehr weit nach unten ziehen können. Die erste Regel, die für die MBA Pohlsche Heide galt, war, dass die Anlage immer sauber sein sollte. Damit verbunden ist ein hoher Reinigungsaufwand, der sich aber bei der Verfügbarkeit bezahlt macht. Weiterhin ist das Ergebnis der Stoffstromtrennung einzelner Aggregate von ihrem Reinigungs- und Pflegezustand abhängig. Erläutert werden soll dieses an der Trommelsiebmaschine, die in den Mittagstunden und nach Feierabend gereinigt wird. Dabei wird der Betrieb mittags für ca. 20 Minuten unterbrochen und die Siebmaschine per Hand von innen mit verschiedenen Werkzeugen gereinigt. Von immenser Wichtigkeit ist, dass die komplette Fördertechnik (Förderbänder, Schnecken und Mischer) ständig gereinigt und gewartet werden. Während des Betriebes können diese Aggregate nicht gereinigt und gewartet werden. Dann müssen, um eine Zugänglichkeit zu schaffen, erst die auf den Bändern und in den Schnecken vorhandenen Abfallströme in sehr aufwendiger Handarbeit beseitigt werden. Um diesem zu entgehen, bieten sich eine sogenannte Vorlaufzeit und eine Nachlaufzeit an. In der MBA Pohlsche Heide beginnt die Vorlaufzeit um 6:00 Uhr, der Betrieb beginnt dann um ca. 8:00 Uhr. Die Nachlaufzeit beginnt um 18:00 Uhr und endet um ca. 20:00 Uhr. Nur so ist die Verfügbarkeit der MBA in den eigentlichen Betriebszeiten aufrechtzuerhalten.

Insbesondere im biologischen Teil der Rotte muss während der Vorlaufzeit die Reinigung in den Bereichen, in denen der Materialtransport erfolgt, erledigt werden. Hier steht der Arbeits- und Gesundheitsschutz der Mitarbeiter soweit im Vordergrund, dass die Material fördernden Bereiche, welche gesondert abzusaugen sind, um die 30. BIMSCHV einzuhalten, nicht unter Betriebsbedingungen betreten werden dürfen. Somit gilt für diese und andere exponierte Bereiche der MBA, dass hier eine qualifizierte Reinigung zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes morgens um 4:00 Uhr beginnt und der Betrieb der Rotte dann von 6:00 Uhr bis 18:00 Uhr

störungsfrei läuft. Geplante Wartungen werden allerdings trotzdem innerhalb der eigentlichen Betriebszeiten erfolgen. Hierzu haben wir sogenannte Wartungstage eingeführt. Diese erfolgen alle vier Wochen in einer schwachen Hausmüllwoche. Dabei wird das gesamte Personal auf die einzelnen Aggregate aufgeteilt und erledigt die turnusgemäßen Wartungen, ersetzt Verschleißteile und führt Reparaturen aus. Um die Kosten für Fremdfirmen nicht unnötig zu erhöhen, werden an diesen Wartungstagen auch Arbeiten durch Fremdfirmen durchgeführt, die andernfalls am Wochenende durchgeführt werden würden. In der Diskussion und bei höheren Abfallmengen auch sinnvoll, ist die Einführung einer eigenen Wartungsschicht, die wesentliche Arbeiten nachts durchführen kann. Bei weiterer Betriebserfahrung wird dieser Punkt noch optimiert werden müssen.

Festzustellen ist, dass die Reinigung und Wartung der Aggregate ein nicht zu unterschätzender Personalaufwand ist, der aber unerlässlich ist, um einen störungsfreien Betrieb zu realisieren. Weiterhin hat sich in der MBA Pohlsche Heide ausgezahlt, dass grundsätzlich nach Feierabend keine Abfälle in der Anlage verbleiben. Damit ist die Gefahr der Verkeimung der Anlage minimiert, der Brandschutz deutlich erhöht und der Nagetierbefall der Anlage wesentlich geringer. Dieses Procedere ist aber nur durchzuhalten, wenn eine entsprechende Zwischenlagerung zum Bunkermanagement vorhanden ist. Solch ein Bunkermanagement wurde von den zuständigen Behörden im Regierungsbezirk Detmold genehmigt. Somit ist die MBA Pohlsche Heide in der Lage, nach Feierabend überschüssige Abfallmengen ins Zwischenlager und für die Verarbeitung an den nächsten Tagen bereitzustellen.

Die im Entsorgungszentrum Pohlsche Heide vorhandenen Sozialanlagen waren nach der Inbetriebnahme mit dem doch gestiegenen Bedarf an Schwarz-Weiß-Einrichtungen nicht mehr ausreichend. Der gesamte Sozialbereich wird derzeit erweitert, sodass die notwendigen Möglichkeiten für die Körperpflege der Mitarbeiter dem doch extrem hohen Bedarf einer MBA angepasst und den gesetzlichen Forderungen Rechnung getragen wird.

## **9 Personal**

Die Vorgaben zur Personalausstattung der gesamten MBA wurden durch den Auftragnehmer mit 23 Mitarbeitern vorgegeben. Nicht enthalten war dabei das Personal für die Logistik und die Reinigung. Zunächst ist, insbesondere bei der Logistik, ein sehr hoher Aufwand erforderlich gewesen, da die Verladung dieses erforderte. Seit hier der Umbau erfolgte, ist der Aufwand dafür erheblich eingedämmt.

Für die Anlagenreinigung ist der Weg über Personaldienste gewählt worden, um Optimierungspotenziale zu ermöglichen. Es zeigte sich, dass das Reinigungspersonal bei ausreichender Erfahrung schnell in der Lage ist, Defizite bei den Wartungen

aufzudecken. Bei Planungsgesprächen hat die GVoA zunächst versucht, mit weniger Personal in der Anlage zu arbeiten. Dieses hat aber, auch wegen der Vorgaben der ARGE, nicht funktioniert. Hier wurde das Personal von 19 Mitarbeitern auf die vorgegebenen 23 erhöht. Diese wurden nach einer Staffellung, gemäß der gestaffelten Inbetriebnahme, über den Zeitraum Dezember 2004 bis Mai 2006 eingestellt. Für die Erweiterung der MBA im Jahre 2006 auf 23 Tunnel wurden dann weitere 3 Mitarbeiter eingestellt.

## 10 Fazit

- Es zeigt sich, dass die Gewerbemüllsortieranlagen durch die Produktion von Unterkorn in der Größenordnung 0 bis 15/25 mm Feinkorn biologische Kapazitäten benötigen. Die heutigen MBA-Konzepte sind auch für diese Stoffe bestens geeignet.

Wenn wir heute, z.B. TOC-Werte von ca. 2.000 mg/l in unsere biologischen Stufen eingeben, bringt das in Rede stehende Feinkorn ca. 1.000 mg/l mit. Das heißt für die MBA Pohlsche Heide, dass hier noch die Möglichkeit zum qualifizierten Eintrag dieser Stoffe in die Rotte, die aus der Vergärung einen TOC von ca. 1.000 mg/l bekommt, möglich ist. Die Kosten schlagen dann nicht mit den vollen MBA-Kosten, sondern nur mit dem Teil der Rotte zu Buche.

- Die MBA-Technik mit ihren vielen Einzelaggregaten läuft sehr schnell Gefahr, nur schwer die erforderliche Verfügbarkeit zu garantieren. Wichtig ist eine gute Wartung und Reinigung, damit nicht einzelne Aggregate die gesamte Anlage ausfallen lassen. Hier war der Personalbedarf höher als zunächst angenommen. Jedoch ist diese neue Technik in den Jahren gerade auf diesem Gebiet weiter optimiert worden. Bei den hohen Investitionen für Abfallbehandlungs- und Entsorgungsanlagen sind die Personalkosten nicht die wesentlichen Stellschrauben für die Kostenminimierung.

Weiteren erheblichen Entwicklungsbedarf sehe ich noch im Bereich des Arbeitsschutzes. Die Einhaltung der Ablagerungswerte der Anhänge gemäß der Abfallablagerungsverordnung sehe ich bei dem jetzigen Entwicklungsstand, zumindest für Anlagen vom Typ der Teilstromvergärung mit nachgeschalteter Rotte und Anlagen mit einer vollständigen Rotte, eingehalten. Die Biologie läuft insgesamt stabil. Optimierungen sind auch bei der Rottesteuerung erfolgt. Dabei hat entsprechende Messtechnik zu besseren Ergebnissen geführt.

Bei der Abluftbehandlung ist ebenfalls durch Nachrüstungen und Optimierungen der regenerativen thermischen Oxidation ein stabiler Betrieb erreicht worden. Jedoch muss diese noch durch längere Betriebserfahrungen weiter optimiert werden. Hier hat die MBA mit vorgeschalteter Vergärung den Vorteil, dass bei richtiger Fahrweise wesentlich längere Standzeiten für die Keramikbetten erzielt werden.

Letztendlich krankt die RTO jedoch noch an technischen Details, die dazu führen, dass erheblicher Aufwand für Personalbereitschaft und Kundendienste erforderlich wird. Darüber hinaus ist die CO<sub>2</sub>-Bilanz durch den hohen Energieeinsatz fraglich. Hier ist weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf erforderlich.

- Abschließend ist festzustellen, dass die Technik der MBA in ihrer mechanischen Stufe ein umfangreiches Stoffstrommanagement mit dem Ziel der Erzeugung von Brennstoff aus Müll (BRAM bereits aus den 80er Jahren bekannt) durchführt. Dabei werden z.B. dezentrale Heizkraftwerke, wie im Falle der MBA Pohlsche Heide beliefert. Hier werden 100 % der Fraktion > 60 mm der Dampfproduktion für Fernwärme zur Belieferung von Industrieanlagen genutzt. Hierdurch wird aktiv an der Ressourcenschonung und dem Ersatz von Primärbrennstoffen gearbeitet. Dadurch ist letztendlich auch ein gewisser Vorteil der MBA-Technik mit nachgeschaltetem Heizkraftwerk gegenüber der klassischen Müllverbrennung gegeben. Insbesondere, wenn noch erhebliche Abfallströme für die Gewinnung von Biogas genutzt werden.

Besonders für die Verarbeitung von Hausmüll bewährt sich die MBA Pohlsche Heide, wie die MBA-Technik insgesamt.

Durch die zwischenzeitlich stattgefundenen Weiterentwicklungen und Optimierungen ist die dritte Generation von MBAs entstanden, diese zeichnen sich durch hohe Verfügbarkeiten, extreme Flexibilität bei den Eingangsstoffen und sehr gute Trennschärfen aus.

Wir können heute auf wechselnde Inputstoffe sofort reagieren und die Mechanik so steuern, dass die Biologie optimal läuft, insbesondere bei der zweistufigen Biologie der MBA Pohlsche Heide mit einer vorgeschalteten Vergärungsanlage ist eine hohe Energieeffizienz gegeben. Die Herstellung von optimalen Mischungsverhältnissen für die Rotte ist durch die Teilstromvergärung möglich.

Die Produktion von Brennstoffen für die thermische Verwertung ist bei der MBA Pohlsche Heide durch die Ausschleusung und qualitativ hochwertige Weiterbehandlung zu Ersatzbrennstoff gegeben, schließt alle Abfallfraktionen



bei der Abfallverwertung ein und erfüllt im Fall der MBA Pohlsche Heide mit dem Heizkraftwerk Minden das System der Verwertung.



A. I. Urban, G. Halm (Hrsg.)

## **Die anderen Tonnen**

Prof. Dr. Helmut Rechberger  
Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,  
Technische Universität Wien

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel  
Kassel 2009

## 1 Einleitung

Eine Veranstaltung, die sich mit der zielorientierten Sammlung von Haushaltsabfällen auseinandersetzt, und in der viel von gelben, grünen, nassen und trockenen Tonnen die Rede ist, wirft mit diesem Vortrag einen Blick auf die anderen Tonnen – jene, mit denen die physikalische Einheit der Masse quantifiziert wird. Im Folgenden wird gezeigt, dass die massenmäßig wichtigsten Produkte und Abfälle einer hochentwickelten Volkswirtschaft vergleichsweise noch wenig gut erforscht sind und noch nicht optimal bewirtschaftet werden können.

## 2 Die Masse des anthropogenen Lagers

Das sogenannte anthropogene Lager (ohne Deponien) besteht aus der Summe aller vom Menschen erzeugten und genutzten Produkte. Es besteht massenmäßig im Wesentlichen aus Bauwerken und Infrastruktur. Die Masse dieses Lagers wird auf ca. 350 - 400 t/Einwohner geschätzt [Daxbeck et al. 1996; Wittmer 2006]. Die materielle Zusammensetzung ist nur ungefähr bekannt: sie besteht hauptsächlich aus mineralischen Materialien (Steine, Kies, Beton, Ziegel), Stahl (5-10 t/E), Holz (5 t/E), Aluminium und Kunststoffen (je 1 t/E), und weiteren NE-Metallen (< 1% der Gesamtmasse) (Bild 1).

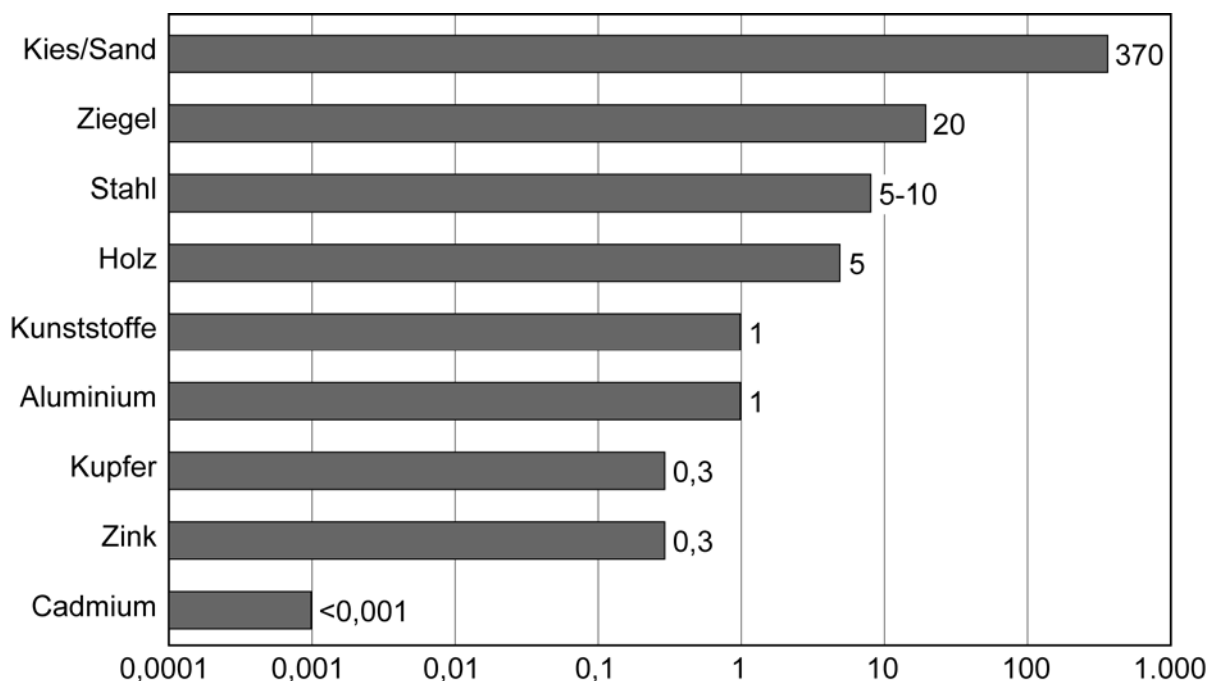


Bild 1: Zusammensetzung des anthropogenen Lagers in kg pro Einwohner [Wittmer 2006]

### 3 Die Bedeutung des anthropogenen Lagers

Stellt man die erwähnten 350 - 400 t/E bspw. dem Aufkommen an Restmüll und separat gesammelten Abfällen wie Altpapier, Altmetallen, Kunststoffen etc. gegenüber (350 - 450 kg/E\*a), so erkennt man, welch großes Rohstoffpotenzial in den Siedlungen enthalten ist. Bild 2 zeigt den Eisenhaushalt für Österreich. Die Menge an gesammelten Altmetallen (40.000 t/a) ist im Vergleich zu den anderen Abfallflüssen (1,3 Mio t/a) bzw. zum Bestand (44 Mio t) gering. Eine Abschätzung des globalen Kupferhaushalts ergibt, dass ca. 300 Mio. Tonnen an Kupfer derzeit genutzt werden. Auf Grund der ungleichen Verteilung von Besitz muss dieser Kupferbestand ca. 1,5 Mrd. Menschen zugerechnet werden, was auf einen spezifischen „Besitz“ von ca. 200 kg Cu/E führt. Diese Zahl wird von diversen Studien bestätigt, welche auf ein Kupferlager von 170 - 300 kg Cu/E kommen [Sörme et al. 2001; Landner & Lindeström 1998; Zeltner et al. 1999; Wittmer 2006]. Die Reserven an Kupfer betragen ca. 490 Mio. Tonnen [USGS 2008]. Wenn man annimmt, dass diese Reserven zumindest in gleichem Maße für alle 6 Mrd. Erdbewohner reserviert sind, so verbleiben weniger als 100 kg Cu/E. Diese einfache Abschätzung zeigt, dass bzgl. Kupfer, die anthropogenen Bestände, welche in Infrastruktur, Bauwerken und mittellanglebigen Produkten enthalten sind, den natürlichen Reserven massenmäßig ebenbürtig sind. Es ist davon auszugehen, dass ein ähnlicher Sachverhalt für eine Vielzahl anderer Ressourcen vorliegt. Es ist daher zu fordern, dass, im Sinne einer gerechten Verteilung von Ressourcen, der Rohstoffbedarf von hochentwickelten Volkswirtschaften zukünftig hauptsächlich durch die Gewinnung von Sekundärressourcen zu decken ist (Urban Mining) und die Primärlagerstätten den Entwicklungsländern zur Verfügung stehen.

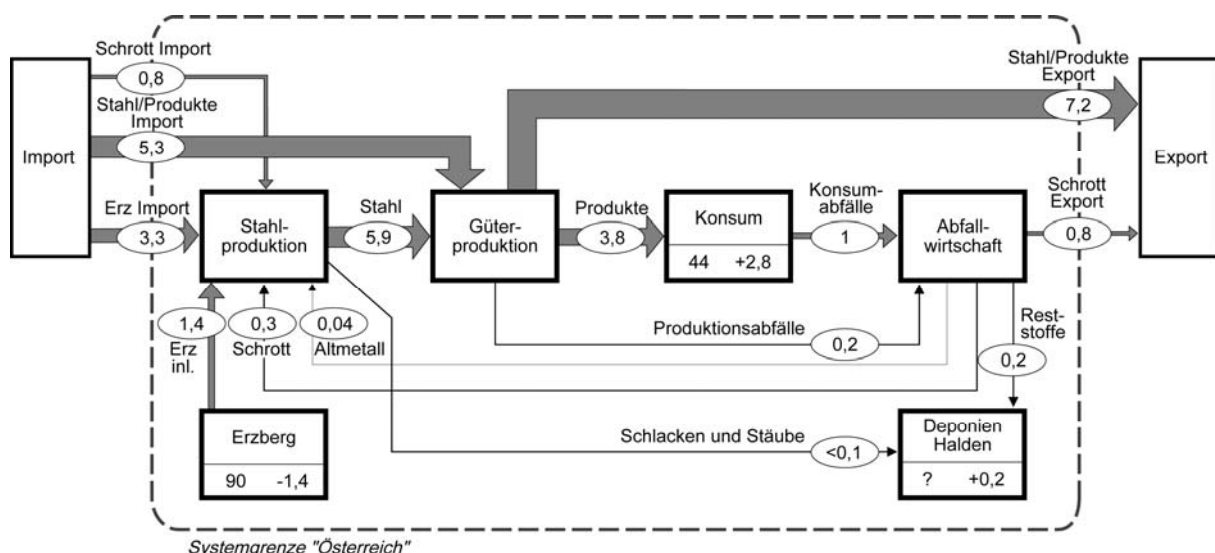


Bild 2: Eisenhaushalt für Österreich; Flüsse in Mio. t/a, Lager in Mio. t [Rechberger 2004]

Weiter ist zu bedenken, dass infolge der Dynamik des anthropogenen Stoffhaushaltes zukünftig mit einem Anstieg an Abfällen aus den längerfristigen Nutzungen zu rechnen ist. Bild 3 zeigt schematisch den Anstieg in der Nutzung von festen Gütern,

hauptsächlich in der Form von Baumaterialien. Diese werden einige Jahrzehnte genutzt (40 - 100+ Jahre), wobei die Nutzungszeiten im Bauwesen tendenziell kürzer werden. Sofern Baumaterialien nach der Nutzung nicht im Bestand verbleiben, fallen sie als Baurestmassen an. Das Aufkommen an Baurestmassen ist vergleichsweise schlecht dokumentiert, man muss jedoch heute bereits mit einem spezifischen Anfall von ca. 2 Tonnen pro Einwohner und Jahr rechnen. In den kommenden Jahrzehnten ist mit zumindest einer Verdoppelung zu rechnen. In Folge der begrenzten Deponiekapazitäten ergibt sich auch daraus die Notwendigkeit Bauwerke als Rohstofflager zu erkennen und effektives Recycling zur Entlastung der Deponien zu betreiben.

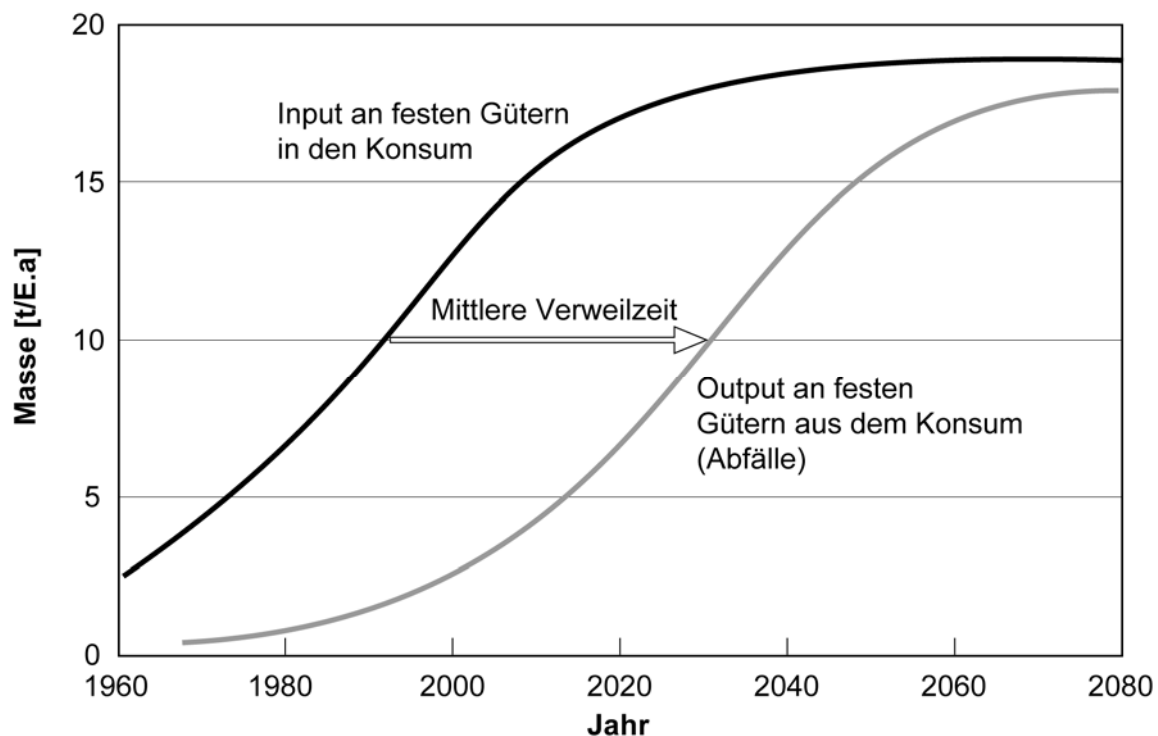


Bild 3: Schematische Darstellung der Prognose für die zukünftige Abfallentwicklung

#### 4 Die Bedeutung der Produktzusammensetzung

Um effizientes und effektives Recycling von Produktgruppen betreiben zu können, ist es notwendig deren materielle Zusammensetzung zu kennen. Einerseits ist dies aus technischen Gründen erforderlich, um effiziente Recyclingstrategien und -technologien entwickeln zu können und andererseits, um langfristige Ressourcenbewirtschaftung und Erfolgskontrolle betreiben zu können. Ebenso erfordert die Festsetzung von Recyclingquoten ein sehr genaues Wissen über die materielle Zusammensetzung zumindest von Produktgruppen. Derzeit ist dieses Wissen noch kaum vorhanden. Eine Studie der TU Wien [Laner & Rechberger 2007] zeigte am Beispiel Kühlgeräte, dass eine vom Gesetzgeber vorgeschriebene Recyclingquote von 85% zu hoch festgesetzt ist und dadurch eine stoffliche Verwertung von Materialfraktionen erforderlich wird, die man besser thermisch verwerten würde (Bild 4). Es ist daher

unbedingt erforderlich, dass die materielle Zusammensetzung von Produkten wesentlich besser, als dies heute der Fall ist, bekannt ist. Besonders gilt dies für die massenmäßig wichtigsten Produkte – die Bauwerke. Dass hier die Wissenslücke besonders groß ist, liegt an zweierlei Besonderheiten: Erstens sind Bauwerke in der Regel Unikate, jedes Bauwerk unterscheidet sich vom nächsten. Zweitens werden Bauwerke meist für eine Nutzungsdauer von einigen Jahrzehnten ausgelegt und somit ist der Verwertungsgedanke im Planungsprozess nicht so nahe liegend wie dies in etwa bei einem kurzlebigen Elektronikprodukt der Fall ist.

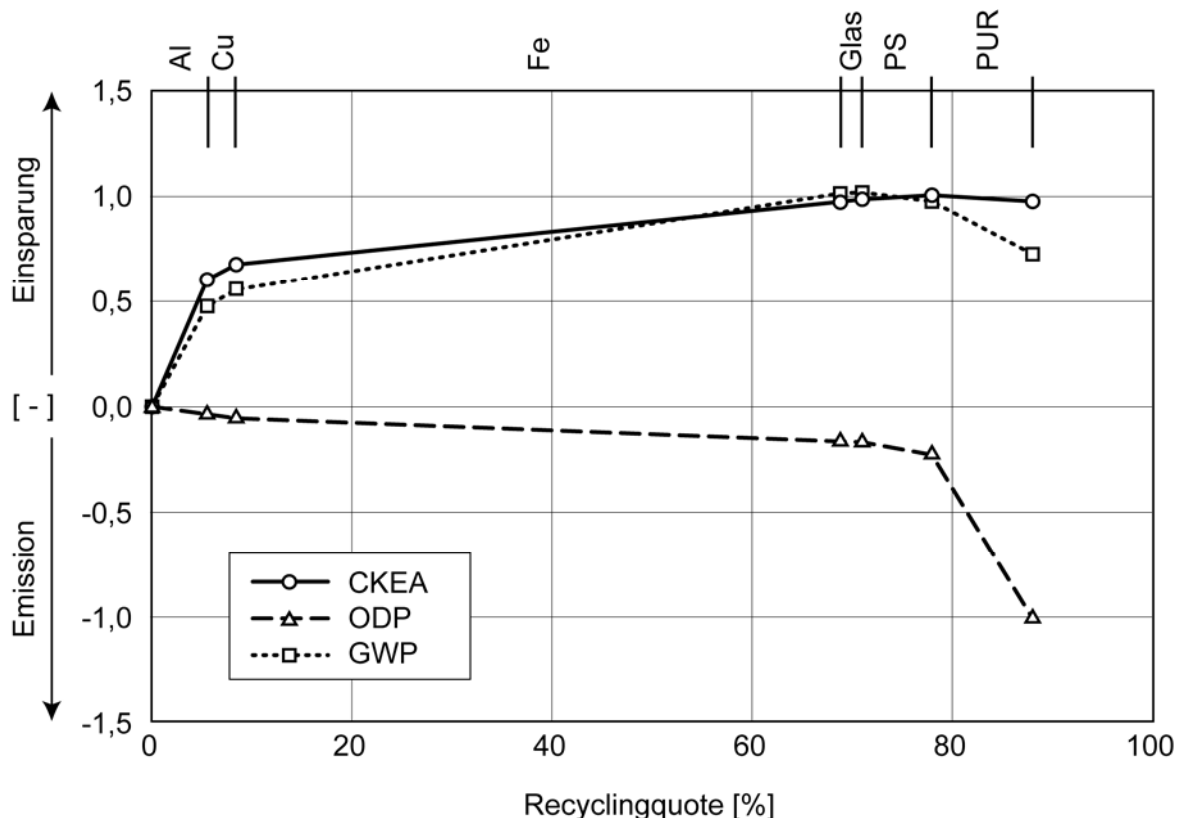


Bild 4: Gutschriften und Belastungen bei der Behandlung von Kühlgeräten in Abhängigkeit der stofflichen Verwertungsquote [Laner & Rechberger 2007]; KEA - Kumulierter Energieaufwand, ODP - Ozone Depletion Potential, GWP - Global Warming Potential

## 5 Produzentenverantwortung im Bauwesen

Derzeit wird an der TU Wien daran gearbeitet die Produzentenverantwortung zukünftig besser in das Bauwesen zu integrieren. Dabei werden zwei Ansätze verfolgt: In einem ersten Schritt soll die materielle Zusammensetzung eines neu entstehenden Bauwerkes in Form eines Gebäudepasses dokumentiert werden. Man geht dabei von der Hypothese aus, dass die materielle Zusammensetzung in der Planungsphase sehr genau bekannt ist. Diese prinzipiell vorhandene Information soll derart aufbereitet und dokumentiert werden, dass sie im Falle des vollständigen oder teilweisen Abbruchs des Bauwerkes als Planungsgrundlage zur Verfügung steht. Es wäre dann möglich das Rohstoffpotenzial eines Bauwerkes abzuschätzen und die Effizienz des

Rückbaus zu kontrollieren. Der flächendeckende Einsatz des materiellen Gebäudepasses würde zu einer Art Rohstoffkataster führen, in der Art, dass man wüsste welche Massen an ausgewählten potenziellen Sekundärrohstoffen in einer Siedlung gespeichert sind und welche Mengen auf Grund von Um- und Rückbau wann zu erwarten sind. Dies ist im Sinne des oben geforderten Urban Mining für die Recycling-Industrie als Planungsgrundlage von großer Bedeutung. Es ist durchaus davon auszugehen, dass bei steigenden Energiepreisen zukünftig ganze Branchen in Europa ihren gesamten Rohstoffbedarf aus Schrotten abdecken werden (z.B. Aluminium- und Kupferindustrie).

In einem weiteren Schritt sollen Design for Recycling Ansätze, wie sie aus dem Bereich der Gestaltung von Elektronik- und Automotivprodukten bekannt sind in den Planungsprozess von Bauwerken integriert werden. Dadurch soll die Rezyklierbarkeit von Bauwerken verbessert werden – eine wesentliche Grundlage dafür, dass hohe Recyclingziele zukünftig ökonomisch und ökologisch umgesetzt werden können.

## **6 Zusammenfassung**

Die Abfallwirtschaft ist (nicht nur) in Deutschland und Österreich auf dem Sektor der haushaltsähnlichen Abfälle auf einem sehr hohen Niveau, teilweise werden hier bereits Feinjustierungen durchgeführt. Volkswirtschaftliche Materialflussanalysen zeigen jedoch, dass die massenmäßig wichtigsten Produkte (Bauwerke) und Abfälle (Baurestmassen) noch nicht in ausreichendem Maße Berücksichtigung in der Güter- und Stoffbewirtschaftung finden. Eine Erklärung dafür ist, dass Bauwerke Charakteristika aufweisen (lange Lebensdauer, Unikate), die sie in Bezug auf Maßnahmen weniger zugänglich machen. Weiterhin sind Bauabfälle in der öffentlichen Wahrnehmung weniger vertreten als Restmüll, mit dem man täglich befasst ist. Zukünftig sind jene Maßnahmen und Ansätze, wie sie für kurz- und mittellebige Güter entwickelt wurden und werden auch auf Bauwerke anzuwenden bzw. Methoden und Maßnahmen zu entwerfen, die eine effiziente und effektive Kreislaufwirtschaft im Bauwesen ermöglichen. Erst dann kommen wir von den „Kilogramms“ zu den Tonnen.

## **7 Literatur**

- Daxbeck, H., Lampert, Ch., Morf, L., Obernosterer, R., Rechberger, H., Reiner, I., Brunner, P.H., Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien. N, C, Pb (Projekt: PILOT), Inst. f. Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU Wien, 1996.
- Landner, L., Lindeström, L., Copper in society and in the environment. An account of the facts on fluxes, amounts and effects of copper in Sweden, 2nd. Rev. ed.. Swedish Environmental Research Group MFG, 1998.



- Laner, D., Rechberger, H., Treatment of cooling appliances: Interrelations between environmental protection, resource conservation, and recovery rates. *Resources, Conservation and Recycling*, 2007, Vol 52, No. 1, 136-155.
- Rechberger, H., Ressourcenmanagement findet Stadt, Antrittsvorlesung an der TU Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, 12. November 2004.
- Sörme, L., Bergbäck, B., Lohm, U., Century Perspective of Heavy Metal Use in Urban Areas, *Water, Air and Soil Pollution, Focus* 1 (3/4), 2001, 197-211.
- USGS, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2008, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/copper/mcs-2008-coppe.pdf>, accessed March 2009.
- Wittmer, D., Kupfer im regionalen Ressourcenhaushalt. Ein methodischer Beitrag zur Exploration urbaner Lagerstätten, Diss.ETH Nr. 16'325, vdf Hochschulverlag, Zürich, 2006.
- Zeltner, C., Bader, H.-P., Scheidegger, R., Baccini, P., Sustainable metal management exemplified by copper in the USA, *Regional Environmental Change*, 1(1), 1999, 31-46.



## Autoren- und Referentenverzeichnis

Dr.-Ing. Gabriele Becker  
INFA Institut für Abfall, Abwasser und  
Infrastruktur- Management GmbH  
Beckumer Straße 36  
D-59229 Ahlen

Dr.-Ing. Joachim Christiani  
Ingenieurgesellschaft für  
Aufbereitungstechnik und  
Umweltverfahrenstechnik PartG  
Maria-Theresia-Allee 35  
D-52064 Aachen

Alfred Ehrhard  
AVR Abfallverwertungsgesellschaft  
des Rhein-Neckar-Kreises mbH  
Muthstraße 4  
D-74871 Sinsheim

Edgar Freund  
Hessisches Ministerium für Umwelt,  
Ländlicher Raum und  
Verbraucherschutz  
Mainzer Straße 80  
D-65189 Wiesbaden

Dr. Henning Friege  
AWISTA Gesellschaft für  
Abfallwirtschaft  
und Stadtreinigung mbH  
D-40233 Düsseldorf

RA Hartmut Gaßner  
Gaßner, Groth, Siederer & Coll.  
Rechtsanwälte  
Stralauer Platz 34  
D-10243 Berlin

Dipl.-Ing. Gerhard Halm  
Die Stadtreiniger Kassel  
Am Lossewerk 15  
D-34123 Kassel

Bürgermeister Thomas-Erik Junge  
Stadt Kassel  
Obere Königsstraße 8  
D-34117 Kassel

Dipl.-Ing. Thomas Kropp  
GVoA mbH & Co. KG Gesellschaft  
zur Verwertung organischer Abfälle  
Pohlsche Heide 1  
D-32479 Hille

Dipl.-Ing. Rüdiger Oetjen-Dehne  
Oetjen-Dehne & Partner  
Umwelt- und Energie-Consult GmbH  
Levetzowstr. 10a  
D-10555 Berlin

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut  
Rechberger  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13 / 226  
A-1040 Wien

Dipl.-Geogr. Niklas Schiel  
Die Stadtreiniger Kassel  
Am Lossewerk 15  
D-34123 Kassel

Dipl.-Ing. Ramona Schröer  
Universität Kassel  
Mönchebergstrasse 7  
D-34127 Kassel

Dipl.-Ing. Stefan Stremme  
Die Stadtreiniger Kassel  
Am Lossewerk 15  
D-34123 Kassel

Prof. Dr.-Ing. Arnd I. Urban  
Universität Kassel  
Mönchebergstrasse 7  
D-34127 Kassel

Dipl.-Ökon. Katja Weiß  
Die Stadtreiniger Kassel  
Am Lossewerk 15  
D-34123 Kassel

Michael Wieczorek  
Lobbe Entsorgung GmbH  
Hegestück 20  
D-58640 Iserlohn

**Schriftenreihe**  
Fachgebiet Abfalltechnik an der Universität Kassel

Herausgeber: Arnd I. Urban

**Dissertationen**

- Band 1    Konsequenzen für die thermische Restabfallbehandlung verursacht durch die TASI und das KrW-/AbfG  
M. Friedel  
Kassel 2001, ISBN 3-89792-057-3
- Band 2    Angepasste Abfallentsorgung für Schwellen- und Entwicklungsländer  
A. Mohamad  
Kassel 2002, ISBN 3-937022-00-7
- Band 5    Untersuchungen zur Bestimmung des Verbrennungsverhaltens von festen Abfallstoffen  
H. Seeger  
Kassel 2005, ISBN 3-89958-144-X
- Band 6    Hygienisierung von Kompost – Möglichkeiten zum Nachweis einer erfolgreichen Abtötung von Pathogenen und Unkrautsamen  
M. Idelmann  
Kassel 2005, ISBN-10: 3-89958-203-9
- Band 8    Abfalltausch Reduzierung von Siedlungsabfalltransporten mit Lkw unter ökologischen und ökonomischen Aspekten  
M. Weber  
Kassel 2007, ISBN 978-3-89958-363-2

Information:

Universität Kassel

Fachgebiet Abfalltechnik

34109 Kassel

[www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik](http://www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik)

**Schriftenreihe**  
Fachgebiet Abfalltechnik an der Universität Kassel

Herausgeber: Arnd I. Urban

**UNIKAT**

- Band 3    Verwertung von Baustellenabfällen  
            Hrsg.: A. I. Urban, I. Hetz-Yousseau  
            Fachtagung  
            Kassel 2004, ISBN 3-937722-03-1
- Band 4    Optimierung der Abfall-Logistik  
            Kasseler Abfall-Logistik-Tage  
            Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, M. Weber  
            Fachtagung  
            Kassel 2005, ISBN 3-89958-145-8
- Band 5    Stoffströme der Kreislaufwirtschaft  
            Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, R. M. Morgan  
            Fachtagung  
            Kassel 2006, ISBN 978-3-89958-244-4
- Band 7    Weiterentwicklung der Abfallsammlung  
            Abfallwirtschaft ohne Duale Systeme?  
            Hrsg.: A. I. Urban, G. Halm, R. M. Morgan  
            Fachtagung  
            Kassel 2007, ISBN 978-3-89958-300-7

Information:

Universität Kassel  
Fachgebiet Abfalltechnik  
34109 Kassel  
[www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik](http://www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik)

## **Schriftenreihe**

### **Fachtagung Thermische Abfallbehandlung**

Herausgeber: Bernd Bilitewski, Martin Faulstich, Arnd I. Urban

- Band 1    Thermische Restabfallbehandlung  
ISBN 3-503-03915-5, 1. Fachtagung, Dresden, 1996
- Band 2    Thermische Abfallbehandlung  
Entwicklung von Technik und Kosten in einer Kreislaufwirtschaft  
ISBN 3-88122-892-6, 2. Fachtagung, Kassel, 1997
- Band 3    Thermische Abfallbehandlung  
ISSN 0942-914X, 3. Fachtagung, Garching bei München, 1998
- Band 4    Thermische Abfallbehandlung  
Co-Verbrennung  
ISBN 3-9805174-7-0, 4. Fachtagung, Dresden, 1999
- Band 5    Thermische Abfallbehandlung  
Zukunft in Deutschland und Europa  
ISBN 3-89792-003-6, 5. Fachtagung, Kassel, 2000
- Band 6    Thermische Abfallbehandlung  
ISSN 0942-914X, 6. Fachtagung, Garching bei München, 2001
- Band 7    Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 3-934253-09-1, 7. Fachtagung, Berlin, 2002
- Band 8    Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 3-937022-01-5, 8. Fachtagung, Berlin, 2003
- Band 9    Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 3-937022-02-3, 9. Fachtagung, Berlin, 2004
- Band 10   Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 3-934253-33-4, 10. Fachtagung, Berlin, 2005
- Band 11   Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 978-3-89958-198-0, 11. Fachtagung, München, 2006
- Band 12   Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 978-3-89958-274-1, 12. Fachtagung München, 2007
- Band 13   Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 978-3-89958-384-7, 13. Fachtagung München, 2008
- Band 14   Thermische Abfallbehandlung  
ISBN 978-3-89958-662-6, 14. Fachtagung München, 2009

Information:

Universität Kassel

Fachgebiet Abfalltechnik

34109 Kassel

[www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik](http://www.uni-kassel.de/fb14/abfalltechnik)

