



# Sortierung von Abfällen aus Haushalten

## 1 Einführung

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) hat in einer Studie die Zusammensetzung von Restmüll aus 15 bayerischen Gebietskörperschaften untersucht [1]. Die durchgeführten Sortieranalysen zeigen, dass der Abfall im Durchschnitt fast 20 Massenprozent Papier, Pappe, Kartonagen, Kunststoffe und Glas enthielt. Von den im Restmüll enthaltenen Verpackungsmaterialien waren mehr als zwei Drittel Verkaufsverpackungen mit dem Grünen Punkt. Der untersuchte Restmüll enthielt zudem ca. 20 Massenprozent organische Bestandteile, die nach Berichtsangaben zu etwa 90 % aus Küchenabfällen bestanden.

Diese und weitere Ergebnisse führten zu der Feststellung, dass der untersuchte Restmüll ein „Wertstoffpotenzial“ – im Wesentlichen bestehend aus den Fraktionen Organik, Papier, Pappe, Kartonagen, Kunststoffverpackungen und Behälterglas – in Höhe von etwa 55 kg pro Einwohner und Jahr aufwies [1]. Dabei wird jedoch einschränkend darauf hingewiesen, dass die tatsächliche „Verwertbarkeit“ der sogenannten Wertstoffe im Restmüll durch Verschmutzungen bzw. hygienische Aspekte eingeschränkt sein wird.

Zur Gewinnung von Wertstoffen aus Haushaltsabfällen sind in Bayern für die meisten der o.g. Abfallfraktionen separate Erfassungssysteme fast flächendeckend verfügbar. Als Alternative ist eine nachträgliche Sortierung gemischter Haushaltsabfälle vorstellbar – von einigen Fachleuten wird mittlerweile die getrennte Erfassung von Abfällen aus Haushalten in Frage gestellt und vorgeschlagen, stattdessen Wertstoffe aus Abfallgemischen maschinell abzutrennen.

Da sich die Sortiertechnik in den vergangenen Jahren stark weiterentwickelt hat, hat das LfU moderne Sortieranlagen für Abfälle in Deutschland besichtigt und Gespräche mit den Betriebsleitern über die Leistungsfähigkeit ihrer Anlagen geführt. Die folgenden Ausführungen sollen dazu beitragen, die Möglichkeiten und Grenzen von verfügbaren Sortiertechnologien realistisch einzuordnen.

## 2 Aktuelle abfallwirtschaftliche Diskussion

In jüngerer Zeit wird in zunehmendem Maße über Weiterentwicklungen bei modernen Sortieranlagen für Abfälle und mögliche Auswirkungen dieser Technologien auf etablierte Abfallentsorgungssysteme diskutiert. Untersuchungen zu Wertstoffgehalten in Restabfällen, aktuelle Berichte zur Leistungsfähigkeit moderner Sortieranlagen und die z.T. erheblichen Fremdstoffanteile in getrennt gesammelten Fraktionen leiten mittlerweile in die Fragestellung über, wie bestehende Systeme zur Verwertung von Abfällen aus Haushalten optimiert werden können.

Beispielsweise argumentieren die Autoren Kaimer und Schade, dass stetig gestiegene Anforderungen an die Bürger zur getrennten Sammlung und Bereitstellung von Abfällen nicht zu stagnierenden oder gar sinkenden Kosten bzw. Gebühren im Bereich der Hausmüllentsorgung geführt haben [2]. Sie empfehlen, zur organisatorisch-logistischen und ggf. auch finanziellen Entlastung der Bürger Hausmüll (Restabfall und getrennt gesammelte Fraktionen) haushaltsnah weniger differenziert zu erfassen und die Trennung in (verwertbare) Fraktionen in modernen automatisierten Sortieranlagen für Abfälle durchführen zu lassen.

Für Aufsehen sorgten von der Fa. RWE-Entsorgung im Frühjahr 2003 durchgeführte Versuche zur Sortierung von Restmüll in einer modifizierten Sortieranlage für Leichtverpackungen in Essen. Als Fazit wurde in vielen Veröffentlichungen und Medienberichten zitiert, dass „die Quoten der Verpackungsverordnung unter Einsatz innovativer Verfahrenstechnik allein durch die Sortierung von Hausmüll erreichbar seien“. Somit sei die Notwendigkeit der etablierten getrennten Erfassung und Behandlung von Restmüll bzw. Leichtverpackungen in Frage zu stellen.

Zwischenzeitlich werden von verschiedenen Firmen und Institutionen Versuche zur Leistungsfähigkeit moderner Sortiertechnologien durchgeführt. Dabei soll untersucht werden,

Dr. Manfred Harant  
Tel.: 0821/9071-5354,  
[manfred.harant@lfu.bayern.de](mailto:manfred.harant@lfu.bayern.de)

Werner Kröger  
Tel.: 0821/9071-5357,  
[werner.kroeger@lfu.bayern.de](mailto:werner.kroeger@lfu.bayern.de)

zu welchen Resultaten beispielsweise die gemeinsame Erfassung von Restabfall und Leichtverpackungen (sog. „Zebratonne“) oder die gemeinsame Erfassung von Leichtverpackungen und trockenen Wertstoffen (Gegenstände aus Metall oder Kunststoff sowie Elektrokleingeräte) in einer „Gelben Tonne plus“ [3], jeweils in Verbindung mit einer anschließenden automatisierten Sortierung, führt. In einem aktuellen Modellversuch in NRW wird u.a. auch die gemeinsame Erfassung von Leichtverpackungen und Altpapier mit anschließender Sortierung untersucht.

Das Umweltbundesamt hat in einem kürzlich veröffentlichten „Sachstandspapier zur getrennten Sammlung von Abfällen aus Haushalten“ Stellung zu der anhaltenden Diskussion genommen [5].

### 3 Verfahrenstechnik bei modernen Sortieranlagen

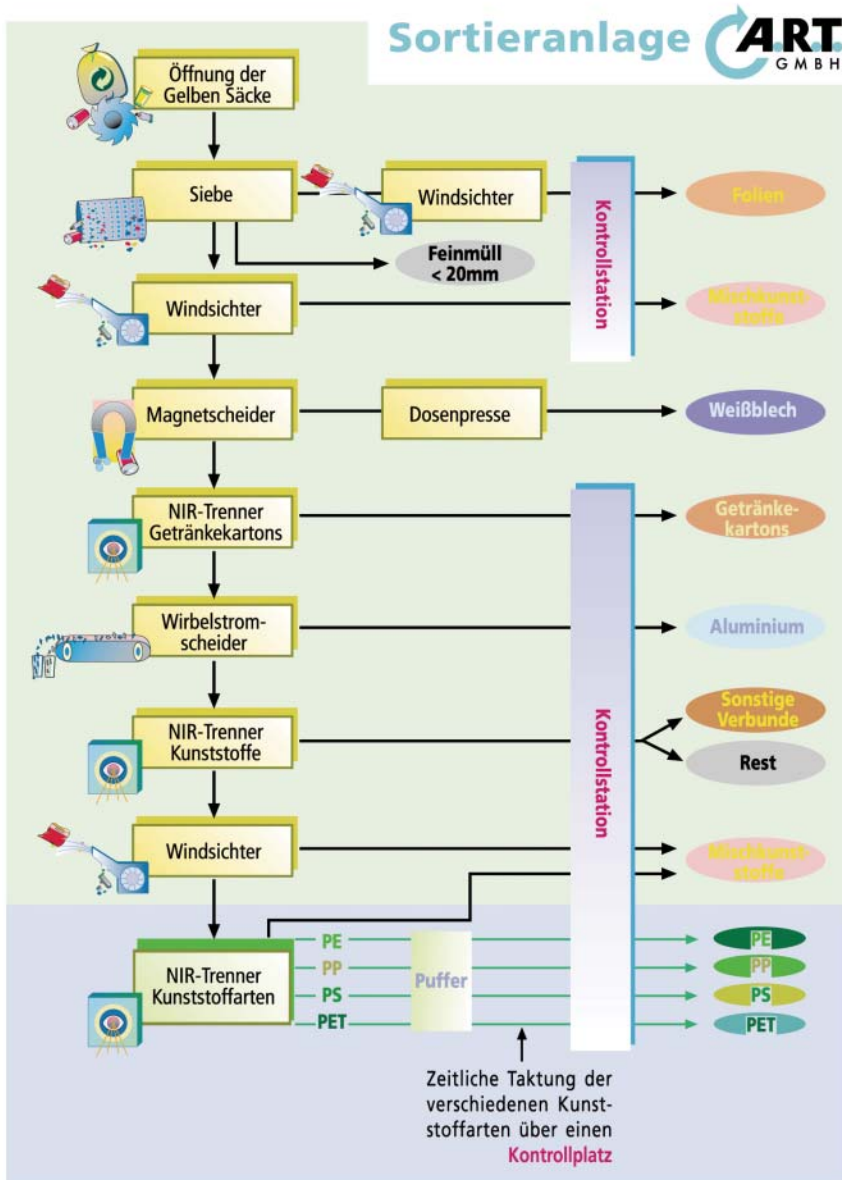
Die Sortierung von Abfällen soll nachfolgend am Beispiel von Sortieranlagen für Leichtverpackungen (LVP) beschrieben werden, da diese einen hohen technologischen Entwicklungsstand aufweisen.

Die im Rahmen des Dualen Systems in gelben Säcken, Tonnen oder Containern separat erfassten Leichtverpackungen aus Metall, Kunststoffen, Papier oder Verbunden werden in speziell dafür entwickelten Sortieranlagen in etwa fünf bis zehn verschiedene Fraktionen getrennt. Die Jahresbehandlungskapazität von LVP-Sortieranlagen liegt häufig bei etwa 10.000 bis 20.000 Mg; Großanlagen haben Kapazitäten von etwa 50.000 bis 100.000 Mg pro Jahr. Bei kleineren Anlagen wird in der Regel im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH (DKR) nach deren Abnahmekriterien und Qualitätsanforderungen sortiert; bei Großanlagen wird z.T. in eigener Regie sortiert.

Den prinzipiellen Aufbau einer modernen Sortieranlage für Leichtverpackungen zeigt Abbildung 1.

Seit einigen Jahren werden Sortiereinheiten mit Nah-Infrarot-Detektoren (NIR) und rechnergesteuerten Druckluftdüsen in Abfallsortieranlagen eingesetzt (vgl. Abb. 2). Sie können als wesentliche innovative Verfahrenskomponente moderner LVP-Sortieranlagen angesehen werden. NIR-Einheiten ermöglichen bei vergleichsweise hohen Durchsätzen eine form- oder materialbezogene Trennung von Stoffströmen, z.B. die automatisierte Erkennung und Ausschleusung kunststoffbeschichteter Kartons (z.B. TetraPak). Voraussetzung für gute Trennleistungen ist, dass die zu sortierenden Stoffströme einer NIR-Einheit auf einem Förderband „vereinzelt“ zugeführt werden; über die Breite des Bandes verteilte Materialien werden simultan erfasst und identifiziert.

Eine NIR-Einheit kann jeweils eine Stoffart oder eine definierte Gruppe von Stoffen abtrennen. Über ein Bedienfeld kann die Programmierung einer Einheit schnell und einfach verändert werden. Die mit einer Einheit jeweils erzielbare Sortenreinheit liegt – bei wirtschaftlich vertretbaren Durchsätzen – bei maximal etwa 90 %. Zur Sicherstellung einer ausreichenden Sortenreinheit für stofflich verwertbare Fraktionen (> 95 %) ist in der Regel eine manuelle Nachsortierung erforderlich.



Grafik: Duales System/Stand: September 2001

Abb. 1: Verfahrensfließbild einer modernen LVP-Sortieranlage [4]



Abb. 2: NIR-Modul in einer LVP-Sortieranlage

In modernen LVP-Sortieranlagen sind mindestens zwei, in der Regel jedoch drei oder vier NIR-Einheiten in Kombination mit anderen Sortieraggregaten installiert.

Für die Abtrennung von kunststoffbeschichteten (Getränke-)Kartons und von Mischkunststoffen werden regelmäßig zwei NIR-Module eingesetzt.

Eine dritte NIR-Einheit dient häufig zur Aus-sortierung der Fraktion Papier/Pappe/Kartonnagen (PPK). Eine Sortierung der Fraktion Mischkunststoffe (MK) nach Kunststoffarten mit NIR-Modulen ist möglich, wird aber in der Regel aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchgeführt.

In modernen LVP-Sortieranlagen mit NIR-Modulen wird häufig in folgende Fraktionen sortiert (Anhaltswerte):

	Massenprozent	Sortierung	Verwertung
• <b>Kunststoffe</b>			
- Gemisch	20 – 27	NIR-Modul	rohstofflich/energetisch
- Folien	5 – 12	Windsichter	werkstofflich/energetisch
- PET	3 – 5	NIR-Modul	werkstofflich
• <b>Weißblech</b>	6 – 19	Magnet	werkstofflich
• <b>Getränkeverbunde</b>	10 – 11	NIR-Modul	werkstofflich/energetisch
• <b>Aluminium</b>	2 – 3	Wirbelstrom	werkstofflich
• <b>Glas</b>	0 – 3		werkstofflich
• <b>Sonst. Verbunde</b>	2 – 4	---	energetisch
• <b>Sortierreste</b>	25 – 30	---	energetisch

Durch den Einsatz von NIR-Modulen konnten sowohl die Trennleistung – z.B. bei der Sortierung nach Kunststoffarten – als auch die Wirtschaftlichkeit von Sortieranlagen – vor allem durch verringerten Personalbedarf für die manuelle (Nach-)Sortierung – deutlich optimiert werden.

Bei Verpackungsabfällen führen Erfassungssysteme (z.B. Hol- oder Bringsystem, Behälterart) und Einzugsgebiete (z.B. ländlich, großstädtisch) zu unterschiedlich zusammengesetztem „Anlageninput“.

Die mengenmäßigen Anteile verschiedener Fraktionen aus der Sortierung von LVP in verschiedenen Anlagen sind deshalb nicht direkt miteinander vergleichbar und erlauben keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die Qualität einer Anlage oder deren Komponenten.

In einzelnen Anlagen werden auch weitere Kunststoffsorten aussortiert, z.B. PP oder PS. Abbildung 3 zeigt zu Ballen gepresste Kunststoffe aus einer LVP-Sortieranlage.



Abb. 3: Gepresste Kunststoffe aus der LVP-Sortierung

## 4 Wertstoffgewinnung aus Haushaltsabfällen

Die vom LfU durchgeführten Recherchen und Anlagenbesichtigungen erlauben derzeit noch keine abschließenden Aussagen über Möglichkeiten und Grenzen einer Sortierung von gemischten Haushaltsabfällen – insbesondere im Hinblick auf Ausbeuten an werkstofflich verwertbaren Fraktionen. An einigen, für die Sortierung gemischter Haushaltsabfälle modifizierten Anlagen werden derzeit entsprechende Untersuchungen durchgeführt; umfassende Ergebnisse sind jedoch noch nicht verfügbar.

Mit NIR-Modulen kann in Sortieranlagen für Abfälle unabhängig von Form oder bestimmten physikalischen Eigenschaften auch gezielt nach Materialien getrennt werden. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass derartige Sortieranlagen (i.d.R. für Leichtverpackungen) ein durch separate Erfassung definiertes (vorsortiertes) und trockenes Abfallgemisch verarbeiten und dass die Sortierung mit NIR-Einheiten z.B. bei Kunststoff- und Verbund-Verpackungen mit spezifischen Kosten in einer Größenordnung von etwa 450 bis 650 € je Mg verbunden ist [6]. Sollen die erforderlichen Sortenreinheiten (i.d.R. > 95 %) bei wirtschaftlichen Durchsätzen erreicht werden, ist regelmäßig eine Nachsortierung per Hand erforderlich.

Beim derzeitigen Kenntnisstand ergibt sich folgende Einschätzung zur nachträglichen Sortierung von gemischten Haushaltsabfällen:

- Die verfügbaren **modernen** Sortieranlagen sind für Leichtverpackungen ausgelegt. Sie weisen in der Regel wesentlich kleinere Behandlungskapazitäten auf als Restabfallbehandlungsanlagen und verarbeiten ein definiertes und trockenes Abfallgemisch. Ohne erhebliche Modifikationen sind diese Anlagen zur Verarbeitung von feuchtem Müll oder zur Abtrennung von (werkstofflich) verwertbaren Fraktionen aus Restmüll nicht geeignet. Betriebserfahrungen mit Versuchsanlagen bleiben abzuwarten.
- Werden **Bioabfälle** zusammen mit anderen Abfällen eingesammelt und aus derartigen Gemischen nachträglich abgetrennt, ist in daraus gewonnenem Kompost eine höhere Schadstoffbelastung zu erwarten als bei separater Erfassung. Zudem verursacht der hohe Wassergehalt von Bioabfall auch eine Durchfeuchtung und Verunreinigung der anderen Abfallfraktionen. Eine (automatisierte) Sortierung von feuchten Abfallgemischen ist nach Betreiberangaben technisch kaum möglich.

Somit erscheint eine getrennte Erfassung von Bioabfall (und Grüngut) vorteilhaft, wenn eine gütegesicherte Verarbeitung – i.d.R. zu Kompost – und eine umweltverträgliche Verwertung möglich sind.

Mit einer optimierten getrennten Bioabfallererfassung und -verwertung wird zudem ein guter Teil des in [1] beschriebenen „Wertstoffpotenzials“ von Restmüll genutzt. Darüber hinaus ist eine getrennte Erfassung, Behandlung und Verwertung von Bioabfall – ca. 12 % der bayerischen Hausmüllmenge – nach derzeitiger Kenntnis kostengünstiger als eine Entsorgung von Bioabfall mit dem Restabfall über MBA/Deponie bzw. thermische Behandlung.

- Aus feuchten Abfallgemischen aussortiertes **Altpapier** sowie Pappe und Kartonagen (PPK) ist mehr oder weniger stark verunreinigt. Beispielsweise hat in mechanisch-biologischen Anlagen aus Restabfällen sortiertes Altpapier wegen gesteigerter Qualitätsanforderungen der Papierindustrie keinen positiven Marktwert und kann kaum mehr abgesetzt werden. Ähnliches gilt für die aus LVP-Sortieranlagen stammenden Verpackungsmaterialien aus PPK.

Denkbar ist eine gemeinsame Erfassung von PPK mit anderen trockenen Wertstoffen mit einer nachfolgenden Sortierung. Dabei muss jedoch damit gerechnet werden, dass durch verunreinigte andere Wertstoffe und durch „Fehlwürfe“ Qualitätseinbußen auftreten, welche die stoffliche Verwertbarkeit der Fraktion Altpapier bzw. PPK einschränken.

Somit ist die getrennte Erfassung von Altpapier bzw. PPK vorteilhaft, um das etablierte stoffliche Recycling in großen Mengen und in hoher Qualität sicherzustellen. Wegen des bedeutsamen Anteils von etwa 16 % PPK im bayerischen Hausmüll erscheint die getrennte Erfassung von PPK auch wirtschaftlich.

- Eine nachträgliche Abtrennung von **Glas** (Behälterglas) aus Restmüll ist in Sortieranlagen technisch möglich. Sie ist aber aufwändig und wegen der vergleichsweise kleinen Mengen (ca. 6 % des Hausmülls, Tendenz fallend) – insbesondere in Verbindung mit einer weiteren nachträglichen Farbsortierung – absehbar unwirtschaftlich.

Eine gemeinsame Erfassung von Glas mit anderen trockenen Wertstoffen ist denkbar. Durch die materialspezifischen Eigenschaften von glashaltigen Abfallgemischen ist jedoch mit zusätzlichem Aufwand bei der weiteren Behandlung – z.B. Erfassung und Handhabung scherbenhaltiger Gemische, Auslegung von

Zerkleinerungsaggregaten in Sortieranlagen, nachträgliche Farbsortierung – zu rechnen.

Eine getrennte und farbsortierte Erfassung von Altglas ist somit vorteilhaft, um das etablierte stoffliche Recycling in hoher Qualität sicherzustellen.

- Eine getrennte Erfassung von **Alttextilien** erscheint notwendig, wenn die etablierten stofflichen Verwertungsmöglichkeiten, z.B. für karitative Zwecke, beibehalten werden sollen.
- Nicht sperrige **Metallteile** und **Leichtverpackungen aus Metall** können vergleichsweise einfach aus Abfallgemischen abgetrennt werden.  
Der Metallanteil der Abfälle aus Haushalten beträgt jedoch nur etwa vier Massenprozent (ohne Leichtverpackungen) bzw. etwa sechs Massenprozent (mit LVP). Bei einer nachträglichen Abtrennung von Metallen aus Restmüll muss die gesamte Abfallmenge sortiert werden, um den Metallanteil zurückzugewinnen.  
Bei der thermischen Behandlung von metallhaltigem Restmüll in einer Verbrennungsanlage wirken die Eisen- und Nichteisenmetalle als thermischer Ballast bei der Verbrennung und müssen bei der Aschen-/ Schlackenaufbereitung abgeschieden werden.  
Zur Optimierung der Metallrückgewinnung wäre eine gemeinsame Erfassung von metallischen Abfällen mit einer anderen getrennt erfassten Fraktion möglich. Vorstellbar wäre beispielsweise eine gemeinsame Erfassung mit Altglas, dessen Anteil am Hausmüllaufkommen bei etwa 6 % (mit fallender Tendenz) liegt.
- Die etablierte getrennte Erfassung, Sortierung und Aufbereitung von **Leichtverpackungen** (LVP) – insbesondere aus Kunststoffen, PPK und Verbunden – ist vergleichsweise aufwändig und teuer. Bei der Verarbeitung von Verpackungsabfällen, die in Großbehältern erfasst wurden, sind „Fehlwürfe“ – beispielsweise in Form von Rest- oder Sperrmüll – mit Anteilen von 30 bis 50 Massenprozent realistisch. Andererseits zeigen aktuelle Abfallanalysen in Bayern und Nordrhein-Westfalen, dass trotz getrennter Erfassung/Sammlung von LVP etwa ein Drittel der Verpackungsabfälle über die Restmülltonne entsorgt werden.  
Reformbestrebungen im Bereich der Erfassung bzw. Sortierung von Abfällen aus Haushalten sollten sich aus fachli-

cher Sicht auf diesen Bereich konzentrieren. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz hat hierzu eine Arbeitsgruppe mit Vertretern aus Behörden und Verbänden eingerichtet.

## 5 Zusammenfassung

Moderne Sortiertechnologien für Abfälle haben einen hohen Leistungsstand erreicht, sind jedoch auch mit hohen Kosten gekoppelt und erscheinen deshalb in der Abfallwirtschaft nur in speziellen Bereichen angemessen.

Bei feuchten und inhomogenen Abfallgemischen wie Restabfall aus Haushalten sind auch modernen automatisierten Sortiertechnologien enge Grenzen gesetzt.

Eine Abtrennung von Wertstoffen aus Restmüll durch nachträgliche Sortierung erscheint nach den durchgeführten Recherchen aus verschiedenen Gründen nicht erfolversprechend.

Dem gegenüber stellt sich die etablierte getrennte Erfassung und Behandlung einiger Abfallfraktionen als vorteilhaftes abfallwirtschaftliches System für die Hausmüllentsorgung dar.

Die zur Wertstoffgewinnung aus Haushaltsabfällen in Kapitel 4 beschriebenen Überlegungen lassen sich mit einem Holsystem für die drei mengenrelevanten Fraktionen Restmüll, PPK und Bioabfall sowie mit einer – im Vergleich zu bestehenden Strukturen ggf. geringfügig modifizierten – Erfassung im Bringsystem für die in kleineren Mengen anfallenden Fraktionen Behälterglas/Metalle und Alttextilien realisieren.

Reformüberlegungen sollten sich auf das Erfassungs- und Entsorgungssystem für Leichtverpackungen – insbesondere aus Kunststoffen, PPK und Verbunden – konzentrieren.

Konzepte, die eine Sortierung von 100 % Restabfall zur Gewinnung von vier Massenprozent Leichtverpackungsanteil vorsehen, sind dabei fachlich wenig überzeugend.

Hingewiesen werden soll in diesem Zusammenhang auch auf die aktuellen Entwicklungen in vielen Landesteilen Österreichs. Hier wird das etablierte System der getrennten Erfassung und Behandlung von Leichtverpackungen derzeit umfassend reformiert [7].

## 6 Literatur / Quellen

- [1] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Siedlungsabfällen. Augsburg, 2003.
- [2] Kaimer / Schade: Zukunftsfähige Hausmüllentsorgung – Effiziente Kreislaufwirtschaft durch Entlastung der Bürger. Berlin 2002
- [3] [www.gelbe-tonne-plus.de/](http://www.gelbe-tonne-plus.de/) (20.09.2004)
- [4] [www.gruener-punkt.de/Bilddatenbank.117+B6Jkw9.0.html](http://www.gruener-punkt.de/Bilddatenbank.117+B6Jkw9.0.html), Grafiken/Fotonummer: 0084 (21.01.2005)
- [5] [www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/) (21.01.2005)
- [6] Pitschke; Roth; Hottenroth; Rommel: Ökoeffizienz von öffentlichen Entsorgungsstrukturen. BfA-Text Nr. 30. Augsburg, August 2004
- [7] [www.arasystem.at/fileadmin/download/Trennt1\\_04.pdf](http://www.arasystem.at/fileadmin/download/Trennt1_04.pdf) (07.10.2004)