



KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE DER KUNSTSTOFFVERWERTUNG

**Volkswirtschaftliche Bewertung der stofflichen Verwertung
von Kunststoffabfällen in Österreich unter Einschluß
ökologischer Effekte**

Harald HUTTERER
Harald PILZ

MONOGRAPHIEN
Band 98
M-098

Wien, 1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



Projektleitung

Isabella Kossina

Autoren

Harald Hutterer, Harald Pilz (GUA – Gesellschaft für umweltfreundliche Abfallbehandlung GmbH)

Übersetzung

Ulrike Stärk

Titelphoto

Kunststoffverwertung im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie
(ÖKK – Österreichischer Kunststoff Kreislauf AG)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt (Federal Environment Agency)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, 1998
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-460-6

EXECUTIVE SUMMARY

Ziel der Studie

Das Ziel dieser Arbeit war die Ermittlung des Potentials und der Grenzen der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen auf Basis der derzeitigen Produkt- und damit auch Abfallzusammensetzung in Österreich unter ökologischen, betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten. Ökologische Lenkungsmaßnahmen bzw. -effekte für eine zukunftsorientierte Stoffbewirtschaftung konnten noch nicht berücksichtigt werden.

Vorgangsweise

1. Ermittlung der Kunststoffeinsatzmengen, gegliedert nach Kunststoffsorten und Einsatzbereichen.
2. Ermittlung der Kunststoffabfallmengen in verschiedenen Abfallfraktionen, wenn möglich gegliedert nach Kunststoffsorten und Abfallherkunft.
3. Erhebung der gegenwärtigen Verwertungsmengen und Abschätzung von zukünftig möglichen Verwertungspotentialen unter Beibehaltung der derzeitigen Produkt- bzw. Materialzusammensetzung.
4. Festlegung von Verwertungswegen, die die getrennte Sammlung, Sortierung, Aufbereitung und Verwertung von Kunststoffabfällen umfassen. Dabei wurden sowohl die heute bestehenden als auch zukünftig mögliche Verwertungswege untersucht.
5. Modellierung des übrigen Gesamtsystems, das die Erzeugung und Verarbeitung der gesamten Kunststoff-Einsatzmenge sowie die Sammlung und Entsorgung der nicht verwerteten Kunststoff-Abfallmenge beinhaltet.
6. Zusammenstellung aller Daten für die Berechnung der Güterbilanzen, der ausgewählten ökologischen Parameter (Energiebilanz, CO₂-Emissionen, TOC-Emissionen und Deponiemengen in Reaktordeponien) sowie für die betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Analyse.
7. Erstellung eines Rechenmodells, das auf Basis dieser Daten die genannten Bewertungsparameter für die untersuchten Verwertungswege einschließlich der resultierenden Veränderungen im übrigen System errechnet und in der volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse zusammenführt.

Die Angaben zu zukünftigen Verwertungspotentialen und Verwertungswegen erfolgen unter der Annahme, dass keine Veränderungen im Bereich des Marktinputs stattfinden. Im Rechenmodell wurden viele Einflussgrößen als variable Inputparameter aufgenommen (z. B. der verbrannte Anteil des Systemmülls oder die Wirkungsgrade der Müllverbrennung hinsichtlich der Erzeugung von Strom und Wärme). Zusätzlich wurde zur Aufrechterhaltung einer konstanten Strom- und Dampfproduktion im System ein Prozess „konventionelle Energieumwandlung“ in Form einer Gas- und Dampfturbine eingeführt.

Zur **ökologischen Analyse** der untersuchten Verwertungswege wurden folgende Kriterien aus der Güterbilanz des Systems errechnet: *die Summe der verbrauchten Primärenergieträger, die CO₂-Emissionen, die TOC-Emissionen und die Deponiemengen in Reaktordeponien*. Diese vier Kriterien können als die wichtigsten ökologischen Parameter für die betrachteten Verwertungswege angesehen werden.¹ Weder aus der Sichtung anderer Studien zur stoffli-

¹ Diese Feststellung beruht auf folgenden Grundannahmen: a) Die Verlängerung der Einsatzdauer von Kunststoffadditiven durch die stoffliche Verwertung erhöht – unter der Annahme der Umsetzung der Deponieverordnung – die Wahrscheinlichkeit, dass die Kunststoffabfälle samt den enthaltenen Additiven letztlich in einer Müllverbrennungsanlage anstatt auf einer Deponie landen. b) Eventuelle negative Effekte beim Gebrauch der Sekundärprodukte sind nicht größer als beim Gebrauch der entsprechenden Primärprodukte.

chen Kunststoffverwertung noch aus der intensiven Diskussion dieser Thematik in einem begleitenden Expertenbeirat ergaben sich konkrete Anhaltspunkte für weitere relevante Kriterien. Die ökologischen Auswirkungen der stofflichen Verwertung des Sortierrests der getrennten Haushaltssammlung wurden in dieser Studie allerdings nicht bewertet.

Bei der **betriebswirtschaftlichen Analyse** wurden die **Kosten** aller Stufen der untersuchten Verwertungswege auf Basis der Preissituation von 1997/98 ermittelt. Diesen Kosten wurden die ersparten Kosten der alternativen Restmüllsammlung und -behandlung gegenübergestellt. Sowohl für die produzierten Sekundärrohstoffe als auch für die erzeugten Strom- und Dampfmen gen wurden erzielbare **Erlöse** berücksichtigt.

Die volkswirtschaftliche Betrachtung erfolgt mit Hilfe der **volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse**. Den **Veränderungen der Kosten** des Gesamtsystems durch die Realisierung eines Verwertungswe ges (meist Mehrkosten) werden dabei die monetär bewerteten **Nutzeffekte** dieses Verwertungswe ges gegenübergestellt. Folgende Nutzeffekte wurden berücksichtigt: substituierte Primärproduktion von Kunststoffen, substituierte konventionelle Strom- und Wärmeproduktion, Reduktion der CO₂-Emissionen, Reduktion der TOC-Emissionen und Reduktion der Deponiemengen in Reaktordeponien.

Das erstellte Rechenmodell bietet die Möglichkeit, in Zukunft zusätzliche Verwertungswege aufzunehmen oder aber die bereits enthaltenen Verwertungswege weiter zu untergliedern. Da außerdem alle Daten miteinander verknüpft sind, ist eine Vielzahl von Sensitivitätsanalysen möglich.

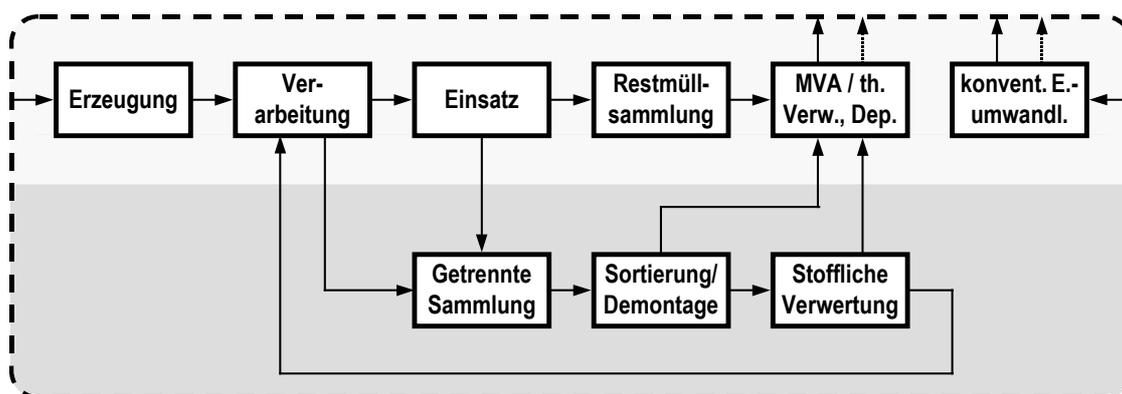


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der Systemidentifikation für die Untersuchung der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen. Die strichlierten Pfeile repräsentieren die Abgabe von Strom und Wärme. Abkürzungen: Müllverbrennungsanlage (MVA), thermische Verwertung (th. Verw.), Deponierung (Dep.), konventionelle Energieumwandlung (konvent. E.-umwandl.).

Kunststoffeinsatz

Der Marktinput an neuen Kunststoffwaren dürfte 1995 in Österreich etwa **700.000 - 760.000 Tonnen** betragen haben, das sind ca. 90 kg pro Einwohner und Jahr. Kunststoffuntypische Polymeranwendungen wie Fasern, Leime, Kleber, Lacke, Farben und Beschichtungen sowie Kautschuke und Elastomere sind in dieser Menge und auch in allen folgenden Betrachtungen nicht berücksichtigt.

Die Unsicherheit resultiert vor allem aus Abgrenzungsproblemen zu den kunststoffuntypischen Anwendungen, aus geheimgehaltenen Produktionsmengen, statistisch nicht erfassten Verarbeitungsmengen des Kleingewerbes sowie Importen und Exporten von Gütern, die nur teilweise aus Kunststoff bestehen. 90 % der eingesetzten Kunststoffe sind Thermoplaste.

Etwa die Hälfte der Gesamtmenge lässt sich Einsatzbereichen zuordnen, in denen die Produkte überwiegend langlebig sind, und ca. ein Drittel sind Verpackungen.

Tabelle 1: Kunststoffeinsatz nach Sorten und Einsatzbereichen (Österreich 1995)

	KFZ	Elektro	Verpack.	Bau	Sonstiges	Gesamt
HDPE	2	2	54	15	18	91
L/LDPE	0	6	106	6	32	149
PP	20	11	36	6	28	102
PVC	8	15	3	113	12	150
PS	1	15	24	1	18	58
EPS	0	0	5	11	1	17
PET	2	3	10	0	2	16
ABS	7	10	0	0	6	23
andere Thermopl.	12	12	1	3	11	40
PUR	10	4	1	12	25	53
andere Duromere	4	10	0	4	14	31
Gesamt	66	86	241	171	165	730

Kunststoffabfall

Die Letztverbraucher-Kunststoffabfallmenge dürfte 1995 in Österreich etwa 470.000 t betragen haben. In dieser Menge sind allerdings Haftschmutz und Feuchtigkeit auf den Kunststoffabfällen enthalten. Insgesamt machen diese Verunreinigungen etwa 70.000 t aus. Die Menge der „sauberen“ Kunststoffabfälle beträgt somit 400.000 t/a oder 50 kg pro Einwohner und Jahr. Zusätzlich fielen bei der Produktion und Verarbeitung von in Österreich eingesetzten Kunststoffen ca. 50.000 t Produktionsabfälle an. Die größten Datenunsicherheiten bestehen in den Bereichen Gewerbemüll, Baustellenabfall und Sperrmüll.

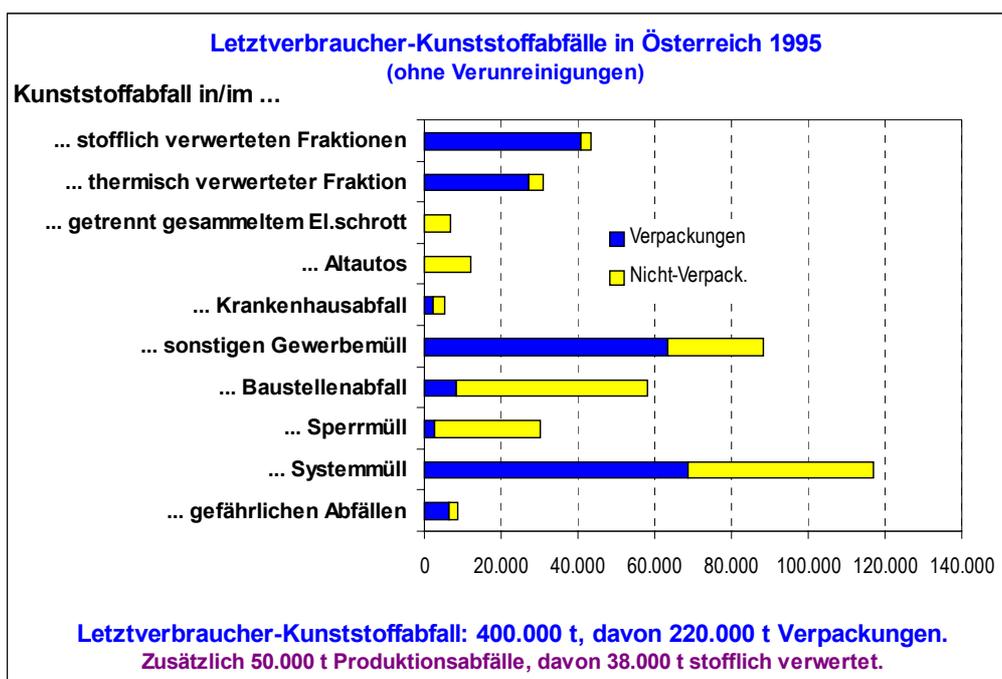


Abbildung 2: Zusammensetzung und Verteilung des Letztverbraucher-Kunststoffabfalls in Österreich

Von den insgesamt 450.000 t Kunststoffabfall wurden im Jahr 1995 82.000 t stofflich und 31.000 t thermisch verwertet. Von den nicht verwerteten Abfällen gelangten 17 % in Müllverbrennungsanlagen und 83 % auf Deponien.

IST-Zustand der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen

Im Jahr 1995 wurden ca. 38.400 t der Produktionsabfälle und 2.500 t Nicht-Verpackungsabfälle aus Kunststoff stofflich verwertet. Die verwerteten Nicht-Verpackungen stammen vor allem aus den Bereichen KfZ, Landwirtschaft und Bau.

Bei der Verwertung von Kunststoffverpackungen wurden die Mengen des Jahres 1996 verwendet, um einen möglichst aktuellen Zustand abzubilden. Im Jahr 1996 wurden insgesamt 44.200 t Kunststoffverpackungen (ohne Verunreinigungen) stofflich verwertet. Davon stammen 19.100 t aus der Haushaltssammlung, der Rest kommt aus dem Gewerbebereich. Die gesamte Abfallmenge aus Kunststoffverpackungen wurde für 1996 auf 227.000 t geschätzt.

1995 bzw. 1996 wurden damit 46.600 t (oder 11,5 %) der Letztverbraucher-Kunststoffabfälle bzw. 85.000 t (oder 19 %) der gesamten Kunststoffabfallmenge (inkl. Produktionsabfälle) stofflich verwertet.

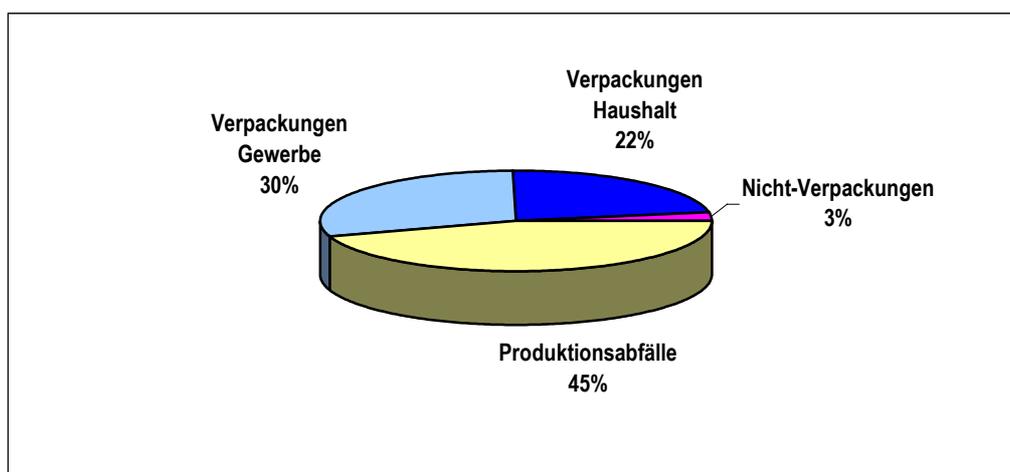


Abbildung 3: Herkunft der stofflich verwerteten Kunststoffabfallmengen

Definition zukünftiger Verwertungswege

Die Angaben zu zukünftigen Verwertungswegen erfolgen ebenfalls unter der Annahme, dass keine Veränderungen im Bereich des Marktinputs stattfinden. Folgende neue Verwertungswege wurden im Rahmen dieser Arbeit untersucht:

Im Bereich der **gewerblichen Verpackungen** wurde die Verwertung von zusätzlichen 25.000 t/a (inkl. Verunreinigungen) geprüft. Dies entspricht einem Drittel der noch im Gewerbemüll und im Baustellenabfall enthaltenen Mengen („Verpackungen Gewerbe PLUS“). Die anschließende Analyse und Bewertung der stofflichen Verwertung zeigte, dass damit das sinnvolle Potential im Bereich der gewerblichen Verpackungen jedenfalls erschöpft wäre. Im Falle einer Realisierung dieses Verwertungsweges würde sich die getrennte Erfassung von Kunststoffverpackungen im gewerblichen Bereich um 73 % und die stofflich verwertete Menge um 85 % erhöhen.

Die volkswirtschaftliche Analyse in dieser Arbeit zeigte, dass die stoffliche Verwertung von **Verpackungen aus dem Haushalt** auf dem heutigen Mengenniveau nicht rentabel ist. Da-

her wurde für den Haushaltsbereich eine optimierte Situation modelliert, in der möglichst nur solche Kunststoffverpackungen gesammelt würden, die sich nach einer weitgehend automatischen Sortierung auch großteils stofflich verwerten lassen („Verpackungen Haushalt NEU“). Eine solche Sammlung würde sich auf Hohlkörper und große Folien konzentrieren. Bei dieser „neuen“ Haushaltssammlung würde die zu erwartende Sammelmenge ca. 34.000 t/a (inkl. Verunreinigungen) betragen, wovon 23.000 t/a stofflich verwertet würden. Dies würde zwar eine Reduktion der heutigen Sammelmenge um 40 %, trotzdem aber eine leichte Steigerung der stofflich verwerteten Menge bedeuten.

Im Bereich der **Nicht-Verpackungen** stützen sich die Abschätzungen der möglichen Verwertungspotentiale auf eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes Berlin, in der Kunststoffabfallmengen in verschiedenen Abfallfraktionen nach Sorten und Produktgruppen erhoben wurden. Insgesamt ergab sich in diesem Bereich ein zusätzliches Verwertungspotential von ca. 27.600 t/a (Agrar- und Baufolien, Hart-PVC-Profile und -Platten, PUR-Weichschaum, große Formteile aus Elektroaltgeräten und Alautos etc.). Die mögliche Steigerung der Verwertung von **Produktionsabfällen** wurde mit 6.400 t/a abgeschätzt.

Die Kombination der bestehenden und der zusätzlich möglichen Verwertungswege bzw. der Ersatz der bestehenden Haushaltssammlung durch die „neue“ Haushaltssammlung ergäbe in Summe eine stoffliche Verwertungsmenge von 138.000 t/a an sauberen Kunststoffabfällen, das sind 30 % der gesamten Kunststoffabfallmenge.

Tabelle 2: Übersicht über die getrennt gesammelten und stofflich verwerteten Mengen (ohne Verunreinigungen) im IST- und im SOLL-Zustand. Für den Zustand „Verpackungen Haushalt SOLL“ wird der Verwertungsweg „Verpackungen Haushalt IST“ durch den Verwertungsweg „Verpackungen Haushalt NEU“ ersetzt. Die anderen SOLL-Zustände ergeben sich durch einen Ausbau des IST-Zustandes.

Sauberer Kunststoffabfall [t/a]	Abfall gesamt	getrennt ¹⁾ gesammelt	stofflich verwertet	stoffliche Verw.quote
Verpackungen Gewerbe IST	102.000	26.600	25.200	24,7%
Verpackungen Gewerbe SOLL		49.500	43.600	42,7%
Verpackungen Haushalt IST	125.000	49.200	19.100	15,3%
Verpackungen Haushalt SOLL		30.400	20.700	16,6%
Nicht-Verpackungen IST	180.000	2.400	2.400	1,3%
Nicht-Verpackungen SOLL		28.600	28.600	15,9%
Summe Letztverbraucher-Abfall - IST	407.000	78.200	46.700	11,5%
Summe Letztverbraucher-Abfall - SOLL		108.500	92.900	26,7%
Produktionsabfall IST	50.000	38.400	38.400	76,8%
Produktionsabfall SOLL		44.800	44.800	89,6%
Summe Kunststoffabfall gesamt - IST	457.000	116.600	85.100	18,6%
Summe Kunststoffabfall gesamt - SOLL		153.300	137.700	30,1%

¹⁾ Bei Verpackungsabfällen inklusive mitgesamelter Nicht-Verpackungen

Ergebnisse

Die Bewertung der untersuchten Verwertungswege mit Hilfe des beschriebenen Modells führte unter den heutigen abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu folgenden Ergebnissen:

Ökologische Parameter

Bei den Kriterien Energie, CO₂, TOC und Reaktordeponiegut verursachen alle Verwertungswege positive Wirkungen im Gesamtsystem. So kann z. B. die Primärenergiebilanz pro Tonne Kunststoff durch die stoffliche Verwertung anstelle der alternativen Entsorgung um 35 % bis 90 % verbessert werden. Die Summe aller Verwertungswege (mit „Haushalt-NEU“ statt „Haushalt-IST“) senkt den Primärenergieeinsatz des Gesamtsystems allerdings nur um 15 %.

Abfallwirtschaftliche Nettokostenanalyse

Im Bereich der Produktionsabfälle und der Nicht-Verpackungen liegen die aktuellen Kosten für die getrennte Sammlung, Aufbereitung und Verwertung von Kunststoffabfällen niedriger als die Kosten der alternativen Restmüllsammlung und Entsorgung. Im Gegensatz dazu kostet die gewerbliche Verpackungssammlung und -verwertung mehr bzw. die Sammlung und Verwertung der Haushaltsverpackungen deutlich mehr als die alternative Restmüllsammlung und Entsorgung.

Volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse

Mit Hilfe der Kosten-Nutzen-Analyse wurde untersucht, ob die genannten ökologischen Vorteile die betriebswirtschaftlichen Mehrkosten der Verwertung rechtfertigen. Das Ergebnis einer derartigen Kosten-Nutzen-Analyse setzt sich aus folgenden Positionen zusammen:

Positionen der Kosten-Nutzen-Analyse für Prozesse der stofflichen Verwertung

- Kosten der getrennten Sammlung und Sortierung
- Nettokosten der stofflichen und thermischen Verwertung
- + Ersparte Kosten der Restmüllsammlung
- + Ersparte Nettokosten der Restmüllbehandlung
- = Ergebnis der abfallwirtschaftlichen Nettokostenanalyse**

- + Ersparte Kosten der Primärproduktion und konventionellen Energieumwandlung
- + Ersparte Kosten von Emissionsvermeidung und Deponiesanierung
- = Ergebnis der volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse**

Bei **Produktionsabfällen** und den untersuchten **Nicht-Verpackungs-Abfällen** verbessert die Kosten-Nutzen-Analyse der derzeitigen stofflichen Verwertung die bereits positive Bilanz der abfallwirtschaftlichen Nettokostenanalyse. Der volkswirtschaftliche Vorteil der zusätzlichen Verwertung von Nicht-Verpackungs-Abfällen anstelle ihrer Entsorgung belief sich auf insgesamt 220 Mio ATS/a.

Die Kosten-Nutzen-Analyse der **Verpackungsverwertung** zeigte, dass **im gewerblichen Bereich** im IST-Zustand die Nutzeffekte größer sind als die Mehrkosten (= positiver Kosten-Nutzen-Saldo). Die **stoffliche Verwertung von Kunststoffverpackungen aus dem Gewerbe** kann also als **volkswirtschaftlich rentabel** angesehen werden.

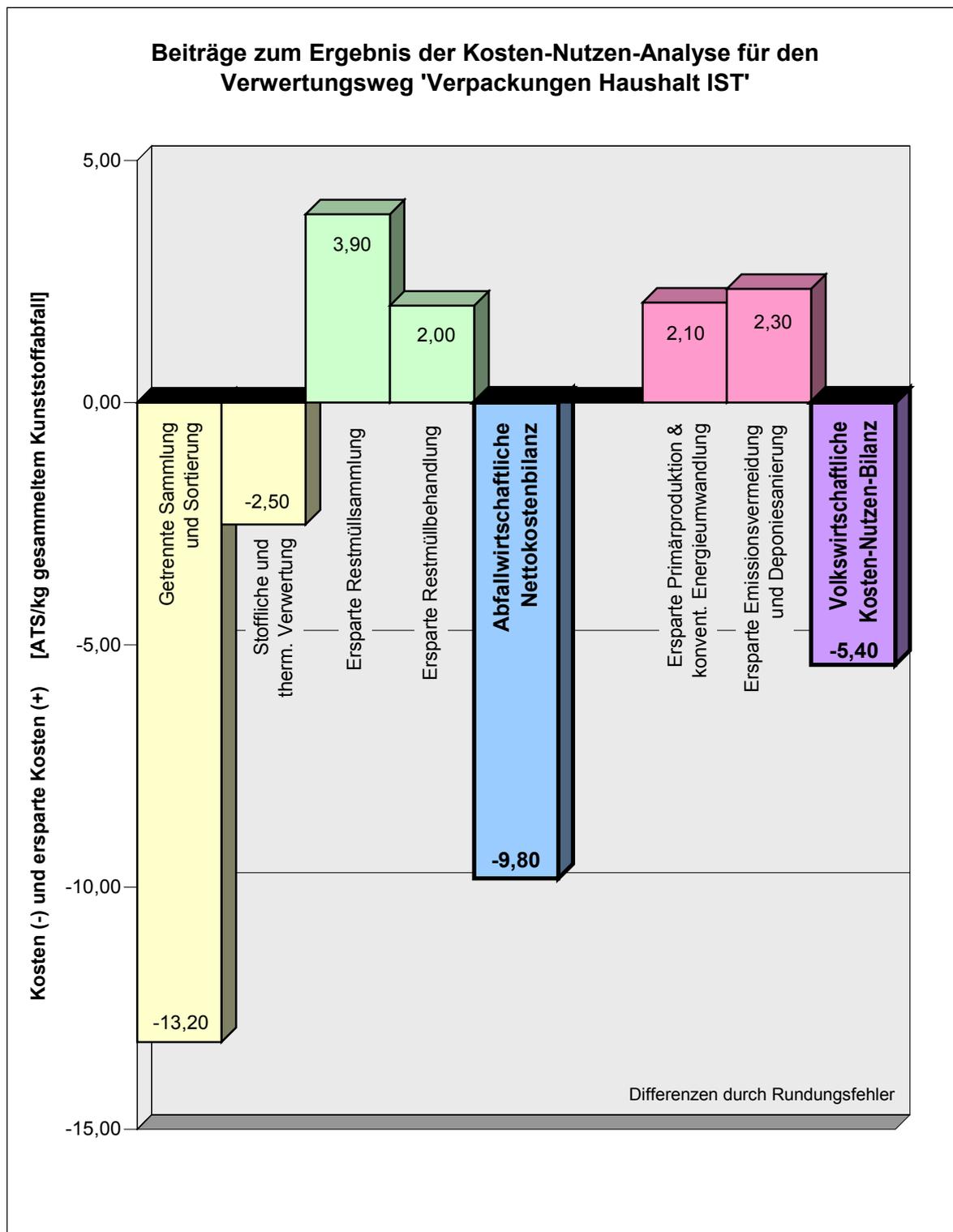


Abbildung 4: Teilbeiträge der abfallwirtschaftlichen Nettokostenbilanz und der darauf aufbauenden volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Bilanz am Beispiel der stofflichen Verwertung von Kunststoffverpackungen aus Haushalten, IST-Zustand 1995. Alle angegebenen Kosten beziehen sich einheitlich auf die **getrennt gesammelte** Menge an Kunststoffabfällen.

Kosten-Nutzen-Analyse für den Maximalzustand der stofflichen Verwertung

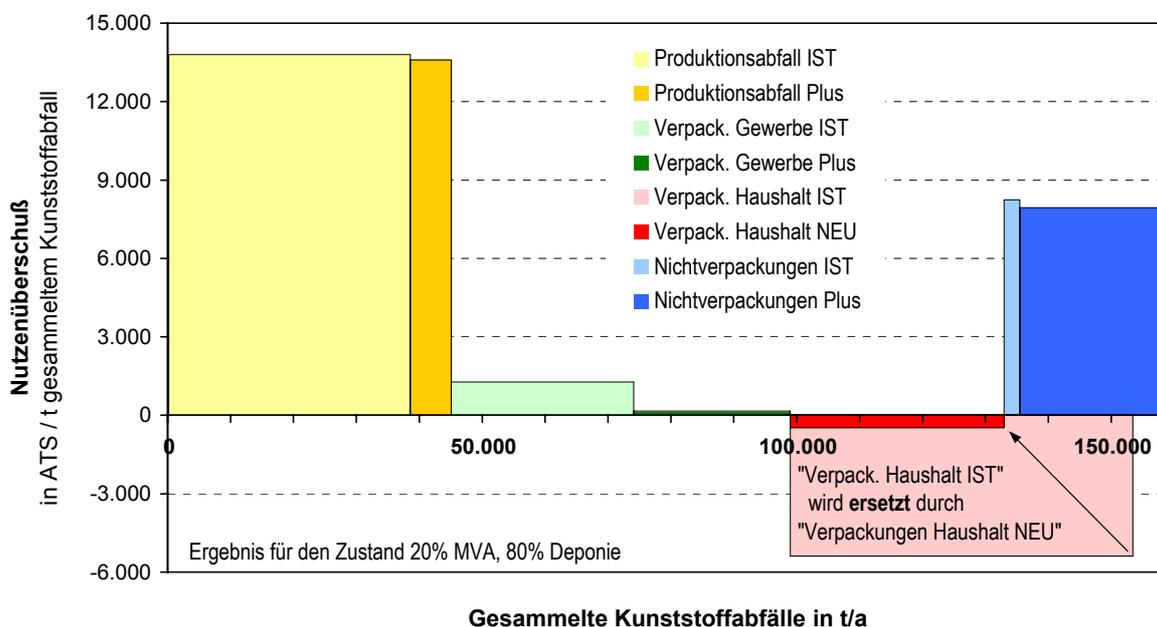


Abbildung 5: Die volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse der stofflichen Kunststoffverwertung ergibt, dass im IST-Zustand die Verwertung von Produktionsabfällen mit einem bedeutenden volkswirtschaftlichen Nutzen und die Verwertung von Kunststoffverpackungen aus Haushalten mit einem negativen volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Saldo verbunden ist. Die wichtigsten Maßnahmen zur Weiterentwicklung der stofflichen Kunststoffverwertung sollten die Optimierung der Haushaltssammlung und der Ausbau der Verwertung von Nicht-Verpackungen sein.

Die **Breite** der Flächen im Diagramm entspricht der **Sammelmenge** jedes Verwertungsweges. Die **Höhe** der Flächen zeigt die **Kosten-Nutzen-Bilanz** pro Tonne getrennt gesammeltem Kunststoffabfall. Damit entsprechen die **Flächen** dem **volkswirtschaftlichen Gesamteffekt** eines Verwertungsweges. Die Kosten-Nutzen-Bilanz für „Verpackungen Gewerbe PLUS“ kann durch Variation verschiedener Basisdaten innerhalb ihrer Unsicherheitsbereiche Werte zwischen -1,- bis +1,- ATS/kg annehmen.

Für das **zusätzlich lukrierbare Potential** im gewerblichen Bereich ist der **Nutzenüberschuss** hingegen nur noch **marginal**. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dieses Zusatzpotential aus einer Mischung von rentablen Anteilen (mit teilweise neuen Erfassungslösungen) und bereits unrentablen Teilen (mit haushaltsähnlicher Erfassung) besteht.

An dieser Stelle muss grundsätzlich festgehalten werden, dass die Kosten-Nutzen-Bilanzen aller Verwertungswege von einer Reihe von Parametern abhängen, die sich entweder durch zukünftige Entwicklungen in der Abfallwirtschaft verändern können (Beispiel: Müllverbrennungsanteil bei der Restmüllbehandlung) oder die aufgrund mangelnder Datenqualität mit einem bestimmten Unsicherheitsbereich verbunden sind (Beispiel: monetäre Bewertung der externen Nutzeneffekte durch Vermeidung von Emissionen und Deponiegut). In der Regel bleibt die Größenordnung der Ergebnisse bei einer Variation der Werte innerhalb der möglichen Bereiche jedoch erhalten.

Im Fall der zusätzlichen Sammlung von Kunststoffverpackungen im gewerblichen Bereich sind diese Unsicherheiten deshalb besonders kritisch, weil die Kosten-Nutzen-Bilanz durch relativ geringe Änderungen der verwendeten Werte entweder positiv oder negativ ausfallen kann. Wann die volkswirtschaftlich sinnvolle Grenze der getrennten Sammlung und Verwer-

tung von Kunststoffverpackungen aus dem Gewerbe tatsächlich erreicht ist, kann daher nur mit realen Daten der jeweils existierenden Erfassungsschienen und nur für die gerade bestehenden abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen genauer ermittelt werden.

Für die stoffliche Verwertung von **Verpackungen aus dem Haushaltsbereich** ergab die Kosten-Nutzen-Analyse für den **IST-Zustand ein negatives Ergebnis** (-5,- bis -6,- ATS pro kg getrennt gesammeltem Kunststoffabfall). Das heißt, dass die Nutzeffekte der stofflichen Verwertung die Mehrkosten nicht aufwiegen. Oder anders ausgedrückt: Die Nutzeffekte der stofflichen Verwertung der Haushaltsfraktion könnten auf andere Weise (z. B. durch effiziente Strom- und Wärmeproduktion, Altlastensanierung und Primärproduktion von Kunststoffen) mit geringeren Kosten erzielt werden.

Für die optimierte Haushaltssammlung „Haushalt NEU“ (Hohlkörper und große Folien) verbessert sich die Kosten-Nutzen-Bilanz deutlich, sie bleibt aber noch immer leicht negativ (0,- bis -1,- ATS/kg getrennt gesammeltem Kunststoffabfall). Es ist jedoch anzunehmen, dass eine detailliertere Untersuchung der Möglichkeiten für eine Neugestaltung der Haushaltsschiene auf Basis der in der gegenständlichen Arbeit gewonnenen Erkenntnisse Lösungen mit weiter verbesserter Kosten-Nutzen-Relation liefern würde. Außerdem konnten im Rahmen dieser Studie noch nicht alle Nutzeffekte der getrennten Sammlung und eventuelle Schadeffekte auf andere getrennte Sammlungen im Falle einer völligen Auflassung der Kunststoffsammlung im Haushaltsbereich einbezogen werden. Als weiterer wesentlicher Einflussfaktor für zukünftige Entscheidungen sollte auch die Wirkung steigender Energie- und Rohstoffpreise untersucht werden. Der volkswirtschaftliche Gewinn durch die vorgeschlagene Optimierung der Haushaltssammlung beträgt unter den heutigen Rahmenbedingungen etwa 280 Mio ATS/a.

Die folgende Tabelle zeigt die ermittelten Obergrenzen volkswirtschaftlich sinnvoller Verwertungspotentiale für Kunststoff-Verpackungsabfälle in Österreich. Die vorgeschlagene Kombination erfüllt die in der „Zielverordnung Verpackungsabfälle“ vorgegebene Mindestquote von 20 % für die stoffliche Verwertung von Kunststoff-Verpackungsabfällen.

Tabelle 3: Obergrenzen volkswirtschaftlich sinnvoller Verwertungspotentiale für Kunststoff-Verpackungsabfälle in Österreich

Volkswirtschaftlich sinnvolle Verwertungspotentiale	Verpack.-abfall	Sammlung		stoffliche Verwertung	
		Menge	Quote	Menge	Quote
Mengen ohne Verunreinigungen	1996 [1000 t]	Menge [1000 t]	Quote %	Menge [1000 t]	Quote %
Haushalt & Kleingewerbeanteil	125	30,4	24%	20,7	17%
(Groß-) Gewerbe, Industrie, etc.	102	49,5	49%	43,6	43%
Gesamt	227	79,9	35%	64,3	28%
	<i>"sauber"</i>	<i>"sauber" = ohne Feuchtigkeit und Haftschutz!</i>			

Bemerkung zu den Sammelmengen:

- Inklusive mitgesamelter Nicht-Verpackungen.
- Die angegebene sinnvolle Maximalmenge im Haushaltsbereich kann sich im Fall von steigenden Rohölpreisen ebenfalls erhöhen.
- Gewerbe einschließlich heute verwerteter Mengen.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Umsetzung der Forderung des Abfallwirtschaftsgesetzes nach einer volkswirtschaftlich sinnvollen bzw. zweckmäßigen Verwertung verlangt nach einer Weiterentwicklung der heute bestehenden Abfallwirtschaft. Dabei müssen jedenfalls auch Lenkungswirkungen zur Erfüllung der Ziele Schadstoffe zu minimieren sowie Rohstoff-, Energie- und Deponievolumen-

verbrauch so gering als möglich zu halten Beachtung finden. Durch die vorliegende Arbeit hat sich bestätigt, dass die Methodik der volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Analyse ein ausgezeichnetes Instrument zur Ermittlung sinnvoller Verwertungsquoten und generell zur Beurteilung der volkswirtschaftlichen Zweckmäßigkeit abfallwirtschaftlicher Maßnahmen ist.

Mit Hilfe der Kosten-Nutzen-Analyse konnten alle relevanten ökonomischen Effekte und die wichtigsten ökologischen Auswirkungen verschiedener Wege der getrennten Sammlung und Verwertung von Kunststoffabfällen zu einem einzigen Bewertungsparameter zusammengeführt werden. Bei eindeutig positiver oder negativer Kosten-Nutzen-Bilanz (volkswirtschaftlicher Nutzen oder Schaden) eines Verwertungsweges oder einer abfallwirtschaftlichen Maßnahme lassen sich klare Handlungsempfehlungen ableiten, die sowohl ökologische als auch ökonomische Effekte berücksichtigen.

Mit der Erstellung von Kosten-Nutzen-Analysen für die Kunststoffverwertung wurde ein zwar ökonomisch bedeutender, aber mengenmäßig nur kleiner Teil der gesamten Altstoffverwertung untersucht. Zur Optimierung des Gesamtsystems der getrennten Sammlung und Altstoffverwertung wäre daher eine analoge Analyse der stofflichen Verwertung anderer Altstoffe zielführend.

Aus den Ergebnissen der volkswirtschaftlichen Bewertung der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen in Österreich - rein abfallseitig betrachtet, ohne Berücksichtigung von Lenkungsmaßnahmen bzw. -effekten beim Marktinput - können folgende Handlungsprioritäten abgeleitet werden:

1. Optimierung der Verpackungssammlung aus Haushalten

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist eine Optimierung der Sammlung von Kunststoffverpackungen aus Haushalten dringend notwendig. Diese Optimierung besteht darin, nur mehr jene Kunststoffverpackungen getrennt zu sammeln, die sich für eine kostengünstige (automatische) Sortierung und anschließende sortenreine werkstoffliche Verwertung eignen. Im wesentlichen sind dies Hohlkörper und große Folien. Hauptziel sollte es sein, den Erfassungsaufwand aus Haushalten generell und besonders im Einzugsbereich von Müllverbrennungsanlagen zu reduzieren und dabei gleichzeitig treffsicherer zu sammeln, so dass das Sammelgut in wesentlich höherem Ausmaß stofflich verwertet werden kann.

2. Verwertung von Nicht-Verpackungs-Kunststoffabfällen

Durch den Ausbau der stofflichen Verwertung von Nicht-Verpackungs-Kunststoffabfällen könnte die heute stofflich verwertete Letztverbraucher-Kunststoffabfallmenge um 56 % gesteigert werden. Um die entsprechende getrennte Sammlung und die stoffliche Verwertung auch tatsächlich ins Leben zu rufen, müssten aber erst konkrete, für die Praxis geeignete Maßnahmen entwickelt werden. Diese Maßnahmen reichen von der Auswahl der besten Art der getrennten Erfassung über die Marktentwicklung für Sekundärprodukte bis hin zu Lenkungsmaßnahmen durch den Gesetzgeber oder Selbstverpflichtungen der Wirtschaft. Der größte Teil dieses Zusatzpotentials müsste über Sammlungen im gewerblichen Bereich zu erfassen sein. Ob bestimmte Nichtverpackungs-Abfälle aus Haushalten gemeinsam mit Kunststoffverpackungen oder besser getrennt erfasst werden sollten, müsste noch untersucht werden.

3. Ausbau der Verwertung von Produktionsabfällen

Das geschätzte Potential für die zusätzliche stoffliche Verwertung von Abfällen aus der Kunststoffverarbeitung ist mit 6.400 t/a mengenmäßig zwar relativ unbedeutend. Durch die stark positive spezifische Kosten-Nutzen-Bilanz dieses Verwertungsweges ergibt sich dennoch ein beachtlicher volkswirtschaftlicher Vorteil von etwa 87 Mio ATS/a.

4. Ausbau der Verpackungssammlung aus dem Gewerbe

Eine Steigerung der stofflichen Verwertungsquote der Kunststoffverpackungsabfälle insgesamt ist fast ausschließlich durch zusätzliche Sammelmengen aus dem Gewerbe zu erreichen. Der Ausbau der getrennten Sammlung von Kunststoffverpackungen im gewerblichen Bereich ist unter den heutigen abfallwirtschaftlichen Bedingungen volkswirtschaftlich zweckmäßig, allerdings nur in einem begrenzten Ausmaß. Die Obergrenze hängt unter anderem von abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie dem Müllverbrennungsanteil bei der Restmüllbehandlung und von der monetären Bewertung der externen Nutzeffekte ab. In der derzeitigen Situation beträgt das sinnvolle Ausbaupotential höchstens 25.000 t/a, das sind etwa 75 % der heutigen Sammelmenge. Mit zunehmendem Müllverbrennungsanteil wird sich das volkswirtschaftlich rentabel verwertbare Potential allerdings verringern.

Der Ausbau der gewerblichen Sammlung von Kunststoffverpackungen betreffe in erster Linie mittlere und kleinere Anfallstellen. Es müssten daher neue Erfassungsmethoden eingesetzt werden, die im wesentlichen die Bündelung von Mengen kleiner Anfallstellen, die Verdichtung des Materials an der Anfallstelle und einen möglichst direkten Transport von der Anfallstelle und Verwerter zum Ziel haben. Für die Berechnungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden solche neue Methoden modellhaft festgelegt und als Berechnungsgrundlagen verwendet.

Der zu erwartende volkswirtschaftliche Gewinn gegenüber dem IST-Zustand aus der Optimierung der Haushaltssammlung von Kunststoffverpackungen und der zusätzlichen Verwertung von Nicht-Verpackungs-Kunststoffabfällen beträgt insgesamt etwa 500 Mio ATS/a.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass bei der stofflichen Verwertung von Kunststoffen vor allem die Erfassbarkeit für die getrennte Sammlung und die volkswirtschaftliche Rentabilität die limitierenden Faktoren sind. Die Grenzen des Möglichen bzw. Sinnvollen sind hier viel früher erreicht als die technischen und ökologischen Grenzen bzw. die Grenzen der Aufnahmefähigkeit des Marktes für Sekundärrohstoffe. Unter Vorgabe einer positiven Kosten-Nutzen-Relation werden jedenfalls maximal 30 % aller Kunststoffabfälle (inklusive Produktionsabfälle) einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können. In diesem Maximalzustand würde die eingesetzte Recyclatmenge 16 % der gesamten verarbeiteten Kunststoffmenge ausmachen.

Ein Faktor für langfristige Überlegungen, der in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht wurde, ist eine Verbesserung der Kosten-Nutzen-Bilanz aufgrund von steigenden Energie- und Rohstoffpreisen. Insbesondere für die Verwertungswege mit schlechter Kosten-Nutzen-Relation (Haushaltsschiene, Teile der Gewerbesammlung, einzelne Nicht-Verpackungen) könnten sich dadurch veränderte Entscheidungsgrundlagen ergeben.

Bei der Bewirtschaftung von Kunststoffabfällen bestehen die wichtigsten Aufgaben mittelfristig in folgenden Punkten:

- Entwicklung von Bewertungsgrundlagen und -modellen, die die Quantifizierung der abfallwirtschaftlichen Auswirkungen von Produktgestaltung und Materialauswahl und die damit verbundene volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse ermöglichen.
- Schrittweise Optimierung der operativen Umsetzung der Verpackungsverordnung.
- Einführung einer umfassenden Stoffbewirtschaftung der gesamten Kunststoffabfälle. Das bedeutet, dass die Bemühungen um eine stoffliche Verwertung auch auf den Bereich der Nicht-Verpackungs-Kunststoffe auszudehnen und die nicht stofflich verwertbaren Kunststoffabfälle einer geeigneten thermischen Behandlung oder Verwertung zuzuführen sind.

Cost-benefit analysis of the recycling of plastic waste – Abstract

In this study, the potential and the limits of the recycling of plastic wastes in Austria were investigated and assessed by ecological, micro- and macro-economic criteria.

The market input for new plastic products was estimated at 700,000 to 760,000 Mg or 90 kg per capita. (Atypical plastic products as fibres, glues, dyes and coatings as well as rubber and elastomers were not considered.) Ultimate consumer plastic wastes were estimated at 400,000 Mg or 50 kg p.c. (adhering dirt and moisture excluded). In addition, about 50,000 Mg wastes were produced (inside Austria as well as abroad) during production of plastics resp. plastic goods used in Austria.

Out of these 450,000 Mg plastic wastes, 82,000 Mg (18 %) were recycled and 31,000 Mg (7 %) energetically recovered in 1995. 17 % of the remaining wastes were disposed of in waste incineration plants, the rest in disposal sites. Wastes for material recycling included 38,000 Mg production wastes, 2,500 Mg non-packaging wastes and 44,000 Mg packaging wastes. 19,000 Mg (43 %) of the recycled packaging wastes originate from household collection, the rest from factories.

In addition to the actual status, the following new recycling routes were investigated:

- an expansion of the material recycling of commercial packaging wastes by 25,000 Mg; this would mean an increase of the quantities collected by 73 %, of recycled quantities by 85 %
- a limitation of household collections to automatically sortable and recyclable wastes (hollow bodies, large foils); this would mean a reduction of the quantity collected by 40 %, but a slight increase of the quantity recycled
- recycling of additional 28,000 Mg p.a. of non-packaging plastic wastes and of 6,000 Mg p.a. of production wastes

It became evident, that for all recycling routes the ecological parameters selected (energy, CO₂ and TOC emissions, quantities disposed of in disposal sites) proved positive effects within the system investigated. Costing proved positive only for production and non packaging wastes, recycling of commercial packaging wastes amounted to slightly negative, of household packaging wastes to clearly negative costs. The combination of the assessed ecological and the economic effects by means of the macro-economic cost benefit analysis lead to the the following results:

- The cost-benefit balance of the separate collection and material recycling of plastic household packaging wastes would improve remarkably by the new system suggested, but would still remain slightly negative. This measure would considerably improve macro-economic rentability at slightly increased recycled quantities.
- A considerable additional potential of non-packaging plastic wastes could be recycled in an economically feasible way.
- For production wastes, additional recycling is profitable even for small amounts, given the high specific profitability of the recycling of these wastes.
- The expansion of material recycling of commercial packaging wastes by the quantities suggested (25,000 Mg p.a.) would be identical to the upper limit of macro-economic profitability. However, it must be considered, that these quantities are both composed of profitable and non profitable shares. In addition, the reasonable additional potential would result lower in case of an increasing incineration share of garbage.