

Verwertungspotenzial für Kunststoffteile aus Altfahrzeugen in Deutschland

Gutachten

angefertigt für das
Umweltbundesamt
Fachgebiet III 2.4 K
Seecktstr. 6-10
13581 Berlin

von

Dipl.-Ing. Jörg Woidasky
Dipl.-Ing. Andreas Stolzenberg
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7
76327 Pfinztal

Mai 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Veranlassung und Aufgabenstellung.....	2
3	Aufkommen von Kunststoffteilen zur Verwertung	2
4	Kapazitäten für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen aus Altfahrzeugen in Deutschland	6
5	Kapazitätzubau für die werkstoffliche Verwertung	8
6	Derzeitige und zukünftige Marktsituation für Produkte und Werkstoffe aus der werkstofflichen Kfz-Verwertung	9
7	Zusätzlich zu erwartende Kosten für Demontage	10
8	Vorschläge für weitere potenzielle Zielbauteile	12
9	Schlussfolgerungen und Einschätzungen	13
9.1	Demontage der großen Kunststoffbauteile	13
9.2	Verwertungskapazitäten	14
9.3	Rezyklatabsatz und Rezyklatqualitäten	15
10	Anhang: Übersicht über Verwertungskapazitäten	17
11	Anhang: Firmenadressen	20
12	Literaturverzeichnis.....	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Pkw-Bestandes [KBA 2003].....	3
--	---

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abschätzung der Material-/Produktmengen der großen Kunststoffbauteile ...	4
Tabelle 2: Übersicht über Polymerstoffe der großen Kunststoffbauteile.....	4
Tabelle 3: Abschätzung des Werkstoffpotenzials.....	5
Tabelle 4: Maximales Werkstoffdargebot aus großen Kunststoffbauteilen nach Werkstoffgruppen.....	6
Tabelle 5: Verwerter für Stoßfänger (werkstoffspezifisch).....	7
Tabelle 6: Verwerter für Kühlergrille (werkstoffspezifisch)	7
Tabelle 7: Verwerter für Radkappen (werkstoffspezifisch).....	8
Tabelle 8: Marktsituation für Pflichtbauteil-Kunststoffsorten	9
Tabelle 9: Spannweite der Demontagezeiten und -kosten	10
Tabelle 10: Abschätzung der Demontage- und Gesamtkosten für die Demontage großer Kunststoffbauteile	10
Tabelle 11: Demontage- und Gesamtkosten pro Kfz für die großen Kunststoffbauteile	11
Tabelle 12: Übersicht über Aufwand und Erlöse bei der Verwertung von großen Kunststoffbauteilen (Schätzung)	11
Tabelle 13: Übersicht über Gesamt-Verwertungskapazitäten in Deutschland (Stand Februar 2003)	17
Tabelle 14: Übersicht über Anlagentechnik	18

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer
ASA	Acrylnitril-Styrolester-Acrylester-Copolymer
PA	Polyamid
PA6	Polyamid aus Caprolactam
PA66	Polyamid aus Hexamethyldiamin und Adipinsäure
PC	Polycarbonat
GF	Glasfaser (Verstärkungstoff), zum Teil mit Angabe des Massenanteils in % wie z. B. GF30
PBT	Polybutylenterephthalat
PET	Polyethylenterephthalat
PP	Polypropylen
T	Talkum (Füllstoff), zum Teil mit Angabe des Massenanteils in % wie z. B. T20
EPDM	Terpolymer aus Ethylen, Propylen und einem Dien
lack	lackiert
unlack.	unlackiert
PUR	Polyurethan
RIM	Reaction Injection Moulding; Reaktionsspritzgießen
RRIM	Reinforced Reaction Injection Moulding; Reaktionsspritzgießen mit Verstärkungsmaterialien
SMC	Sheet Moulding Compound; Schichtpreßstoff aus duroplastimprägnierten Harzmatten

1 Zusammenfassung

Das vorliegende Gutachten dient der Ermittlung der in Deutschland vorhandenen Verwertungskapazitäten für die im Anhang der AltfahrzeugV unter Nr. 3.2.3.3 als Beispiele für große Kunststoffbauteile genannten Teile Stoßfänger, Kühlergrill und Radkappen aus Altfahrzeugen. Die AltfahrzeugV verpflichtet die Demontagebetriebe, diese Bauteile vor dem Schreddern der Karosserie zu entfernen und vorrangig der Wiederverwendung oder stofflichen Verwertung zuzuführen, es sei denn, die Werkstoffe der Kunststoffbauteile werden nach dem Schredderprozess in einer Weise wiedergewonnen, die die stoffliche Verwertung ermöglicht.

Im Rahmen einer telefonischen und schriftlichen Befragung von Unternehmen in Deutschland, die Kunststoffteile aus Altfahrzeugen zur Verwertung annehmen, wurden insgesamt acht Unternehmen identifiziert, die diese Teile verwerten. Sechs dieser Unternehmen erklärten sich mit der Veröffentlichung von Daten zur Kapazität, zur eingesetzten Anlagentechnik sowie zu ihren Produkten bereit (Tabelle 14).

Die Angaben der Unternehmen wurden aufbereitet und in Form von Anhängen in der vorliegenden Studie dokumentiert. Insbesondere wurde eine Differenzierung des Materialangebots sowie der Verwertungskapazitäten nach Polymerwerkstoffen vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass für PP sowie für weitere Werkstoffe (ABS, SMC, PC mit den jeweiligen Modifikationen bzw. Blends) rechnerisch ausreichende Verwertungskapazitäten zur Verfügung stehen (Tabelle 13), Märkte jedoch nach Kenntnis der Verfasser derzeit nur für PP (einschließlich seiner Modifikationen bzw. Blends) und ABS bestehen. Einige der Unternehmen nutzen die vorgehaltene Verfahrenstechnik darüber hinaus für mehrere unterschiedliche Teile bzw. Werkstoffe. Über die tatsächliche Nutzung der Kapazitäten durch die Materialien aus großen Kunststoffbauteilen von Altfahrzeugen konnten im Rahmen dieses Gutachtens keine Zahlen ermittelt werden.

Es erscheint aufgrund der rechnerischen Abschätzungen wahrscheinlich, dass für die relevanten Werkstoffe der großen Kunststoffbauteile ausreichende Verwertungskapazitäten bereits jetzt zur Verfügung stehen. Dies wurde für PP einschließlich Modifikationen bzw. Blends auch explizit von einigen befragten Unternehmen bestätigt. Darüber hinaus sind weitere Kapazitätserhöhungen bei einem Teil der befragten Unternehmen geplant.

2 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das vorliegende Gutachten dient der Ermittlung der in Deutschland vorhandenen Verwertungskapazitäten für die im Anhang der AltfahrzeugV unter Nr. 3.2.3.3 genannten Teile (Stoßfänger, Kühlergrill, Radkappen; im Folgenden als "große Kunststoffbauteile" bezeichnet) aus Altfahrzeugen.

Die verwendeten Informationen stammen - soweit nicht anders gekennzeichnet - aus einer Verwerterbefragung in Deutschland in der zweiten Jahreshälfte 2002 und im ersten Quartal 2003. Dabei wurden die Kunststoffverwerter in halbstrukturierten Interviews i. d. R. telefonisch zu ihren Dienstleistungen und Produkten befragt. Zu Beginn des Jahres 2003 fand eine unterstützende schriftliche Befragung ausgewählter Betriebe aus den Bereichen Kunststoff-Verwertung sowie Demontage zur Verifikation der bis dahin erhobenen Daten statt.

Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig. Im vorliegenden Gutachten werden Firmen nur nach deren Einwilligung namentlich genannt.

Die Autoren danken den genannten Unternehmen (siehe Seite 20) für die Kooperationsbereitschaft und die Bereitstellung von Angaben zum Unternehmen.

3 Aufkommen von Kunststoffteilen zur Verwertung

In Deutschland wurden 2001 3.023.777 Pkw aus dem Kraftfahrzeug-Zentralregister gelöscht [KBA 2003]. Diese Anzahl entspricht in etwa der im Monitoringbericht der Arge Altauto [Arge 2001] genannten Anzahl von 3 Mio Fahrzeugen für 1999. Im Monitoringzeitraum (1997-1999) lag das jährliche Altautoaufkommen etwa zwischen 1,1 bis 1,7 Mio Kfz, entsprechend einem Anteil von 37 bis 57 % der gelöschten Fahrzeuge. Die Ermittlung exakter Daten im Bereich der Altfahrzeugentsorgung stößt auf große methodische Schwierigkeiten, so dass auch im vorliegenden Gutachten mit Spannbreiten gearbeitet werden muss.

Die Angaben dieser Studie zu Stoßfängern beziehen sich jeweils auf die Stoßfängerverkleidung, nicht auf das Gesamtsystem. Darüber hinaus sei insbesondere für den Stoßfänger darauf hingewiesen, dass etwa 10 bis 20 % der Stoßfängerproduktion als Ersatzteile verwendet werden, so dass aus der Werkstattentsorgung erhebliche Mengen bereits demontierter Bauteile für eine Verwertung zur Verfügung stehen [Woidasky 1995].

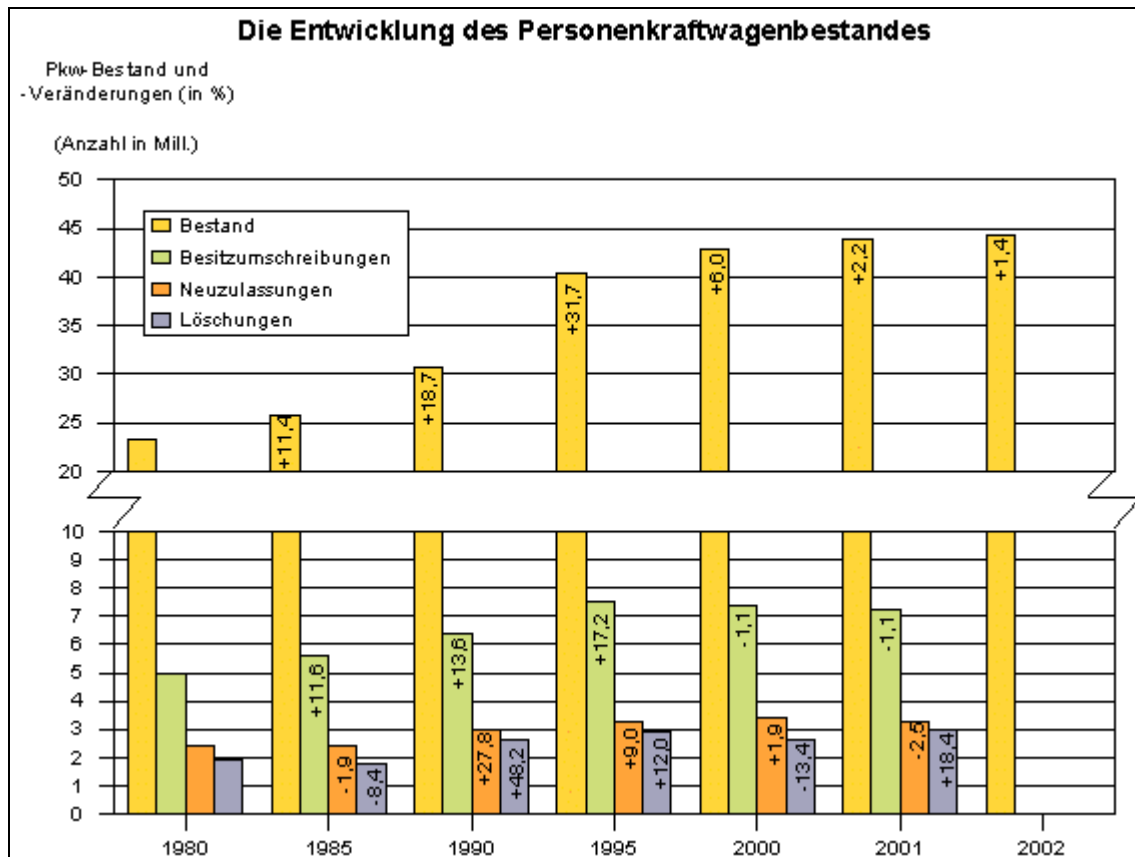


Abbildung 1: Entwicklung des Pkw-Bestandes [KBA 2003]

Für die Berechnung der zur Verfügung stehenden Mengen an großen Kunststoffbauteilen kann die in Tabelle 1 wiedergegebene Abschätzung getroffen werden. Dabei wurde eine Variation der Stückzahlen (Anzahl der Kfz zur Verwertung) vorgenommen, jedoch nur mit einem mittleren Stückgewicht der großen Kunststoffbauteile gerechnet.

Somit ergeben sich Werkstoffpotenziale von etwa 7.000 bis 11.000 Mg/a für Stoßfänger, 450 bis 690 Mg/a für den Kühlergrill und etwa 340 bis 520 Mg/a für Radkappen. Erfahrungen von Kfz-Demontagebetrieben zeigen, dass im Mittel eine Radkappe an Altfahrzeugen zu finden ist, so dass hier mit 25 % Rücklaufquote gerechnet wurde. Hinsichtlich der Stoßfänger und Kühlergrille wird von einer Rücklaufquote von 80 % ausgegangen, da z. B. aufgrund von Unfällen oder Demontagen zur Wiederverwendung kein vollständiger Rücklauf erwartet werden kann.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Blick auf die Zusammensetzung der zur Verwertung gelangenden Altfahrzeuge (Vorhandensein von Radkappen, Stoßfängern oder anderen Bauteilen/Baugruppen) weiterer Untersuchungsbedarf besteht, um das Materialdargebot und auch die Erfassungsquoten der Bauteile exakt zu quantifizieren.

Tabelle 1: Abschätzung der Material-/Produktmengen der großen Kunststoffbauteile

Abschätzung der Material-/Produktmengen der großen Kunststoffbauteile			
Jährliche Fahrzeuglöschungen	3.023.777	Pkw/a (Stand 1999)	
Anteil Kfz zur Verwertung minimal	37%		
Zahl Kfz zur Verwertung minimal	1.118.797	Stück	
Anteil Kfz zur Verwertung maximal	57%		
Zahl Kfz zur Verwertung maximal	1.723.553	Stück	
	Minimal	Maximal	
Massenannahme Stoßfänger	4		kg
Produktpotential Stoßfänger (2 St./Kfz)	2.237.595	3.447.106	Stück
Werkstoffpotential Stoßfänger	8.950	13.788	Mg
Erfassbare Menge (80%)	7.160	11.031	Mg
Massenannahme Kühlergrill	0,5		kg
Produktpotential Kühlergrill (1 St./Kfz)	1.118.797	1.723.553	Stück
Werkstoffpotential Kühlergrill	559	862	Mg
Erfaßbare Menge (80%)	448	689	Mg
Massenannahme Radkappen (1 Stück)	0,3		kg
Produktpotential Radkappen (4 St./Kfz)	4.475.190	6.894.212	Stück
Werkstoffpotential Radkappen	1.343	2.068	Mg
Erfaßbare Menge (25%)	336	517	Mg

Tabelle 2: Übersicht über Polymerwerkstoffe der großen Kunststoffbauteile

Bauteil	Kunststoffe
Stoßfänger	PP/EPDM, PC/PBT, PC/PET, SMC, PUR-(R)RIM
Kühlergrill	ABS, ABS/ASA, ASA, PA, PP, SMC
Radkappen	PA, ABS, ABS/PC, PP-T, sonstige

Eine ausschließliche Untersuchung der Recyclingkapazitäten auf Bauteilebene greift zu kurz. Zur Wiedereinschleusung in Stoffkreisläufe sind Kenntnisse über die verwendeten Polymerwerkstoffe für die Bauteile erforderlich (Tabelle 2). Nur deren Kenntnis kann belastbare Ergebnisse für die zur Verfügung stehenden werkstofflichen Verwertungskapazitäten liefern. Auch hier besteht Untersuchungsbedarf hinsichtlich der Marktanteile der für die großen Kunststoffbauteile verwendeten Werkstoffe. Für das vorliegende Gutachten wurden auf der Basis von Expertenbefragungen Annahmen getroffen (Tabelle 3).

Generell ist bei der Materialauswahl für die großen Kunststoffbauteile im Neuwagenbereich eine Einschränkung der Polymervielfalt zu beobachten: Für Stoßfänger wird vor allem PP/EPDM eingesetzt, für den Kühlergrill ABS oder ABS/ASA sowie für die Radkappen vor allem PA.

Diese Tendenz ist aus Sicht des werkstofflichen Recyclings sehr zu begrüßen, da so das Werkstoffdargebot ansteigt und weniger Aufwand für die Trennung bzw. Identifikation getrieben werden muss.

Tabelle 3: Abschätzung des Werkstoffpotenzials

	Anteil in ELV [%] (Abschätzung nach Experten- befragung)	Werkstoff- potenzial minimal (Mg)	Werkstoff- potenzial maximal (Mg)
Stoßfängerwerkstoffe			
PP/EPDM T lack	17	1.217	1.875
PP/EPDM T unlack.	5	358	552
PP/EPDM lack	6	430	662
PP/EPDM unlack.	24	1.718	2.647
PC/PBT	12	859	1.324
PC/PET	3,3	236	364
PP/EPDM T lack/unlack. m. Schaum	6	430	662
PP/EPDM T20	9	644	993
SMC	17	1.217	1.875
PUR-RIM	0,5	36	55
PUR-RRIM	0,2	14	22
<i>SUMME Stoßfänger</i>	<i>100</i>	<i>7.160</i>	<i>11.031</i>
Kühlergrillwerkstoffe			
ABS	42	188	290
ABS/ASA	24	107	165
ASA	15	67	103
PA	10	45	69
PP T	4	18	28
SMC	5	22	34
<i>SUMME Kühlergrill</i>	<i>100</i>	<i>448</i>	<i>689</i>
Radkappenwerkstoffe			
PA6	15	50	78
PA66	13	44	67
ABS	28	94	145
ABS/PC	17	57	88
PP T	5	17	26
Sonstige	22	74	114
<i>SUMME Radkappen</i>	<i>100</i>	<i>336</i>	<i>517</i>

Eine Zusammenfassung verschiedener Werkstoffströme im Falle von ABS mit ABS/ASA sowie der verschiedenen PP-Modifikationen zur gemeinsamen Verwertung ist werkstofftechnisch möglich.

Tabelle 4 zeigt das maximale Werkstoffdargebot pro Werkstoff aus allen großen Kunststoffbauteilen in aggregierter Darstellung. Nach den Angaben in Tabelle 3 bestehen etwa 60 % des Werkstoffdargebots der großen Kunststoffbauteile aus PP (einschließlich Blends, Lackierungen

sowie Füll- und Verstärkungsstoffen). Etwa je 15 % des Dargebots sind SMC und PC bzw. PC-Blends. Von geringerer Bedeutung ist ABS mit seinen Modifikationen, die insgesamt knapp 6 % des Werkstoffdargebots ausmachen. Die genannten Kunststoffe PP, SMC, PC und ABS (z. T. als Blends) machen somit bereits mehr als 90 % des Werkstoffdargebots der großen Kunststoffbauteile aus.

Tabelle 4: Maximales Werkstoffdargebot aus großen Kunststoffbauteilen nach Werkstoffgruppen

Werkstoffe	maximales Werkstoffdargebot aus großen Kunststoffbauteilen [Mg/a]	Anteil an Gesamt-Werkstoffdargebot der großen Kunststoffbauteile
PP*	7.444	61%
SMC	1.910	16%
PC*	1.688	14%
ABS*	688	6%
PA (verschiedene)	214	2%
Sonstige	114	1%
ASA*	103	1%
PUR-(R)RIM	77	1%
SUMME	12.237	100%
*Kunststoffe zum Teil lackiert, gefüllt, verstärkt oder als Blends		

4 Kapazitäten für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen aus Altfahrzeugen in Deutschland

Tabelle 5 bis Tabelle 7 geben eine unternehmensgenaue Übersicht über die derzeit in Deutschland verfügbaren Verwertungsverfahren für die einzelnen Kunststoffbauteile. Die Zuordnung der Werkstoffe zu den Unternehmen gibt die Einschätzung der Verfasser aufgrund der eingesetzten Verfahrenstechnik (Tabelle 14) wieder und geht daher zum Teil über die Unternehmensangaben hinaus. Grundsätzlich können alle Unternehmen neben Altteilen auch Produktionsabfälle mit ihrer Anlagentechnik verarbeiten, zum Teil ist eine Aufbereitung noch optional in der installierten Anlagentechnik möglich.

Diese Zusammenstellung wird ergänzt durch die Verfahrensübersicht mit Kapazitätsangaben in Tabelle 13.

Tabelle 5: Verwerter für Stoßfänger (werkstoffspezifisch)

Stoßfänger-werkstoff	BSB (Produkt: Granulat)	Ercom (Produkt: Mahlgut)	Grannex (Produkt: Mahlgut)	Polymer- chemie (Produkt: Granulat)	WIPAG (Produkt: Granulat)	Unterneh- men 1 (Produkt: Granulat)
PP/EPDM T lack	X	-	X	X	X	X
PP/EPDM T unlack.	X	-	X	X	X	X
PP/EPDM lack	X	-	X	X	X	X
PP/EPDM unlack.	X	-	X	X	X	X
PC/PBT	-	-	X	-	-	X
PC/PET	-	-	X	-	-	X
PP/EPDM T lack/un- lack. m. Schaum	X	-	X	X	-	X
PP/EPDM T20	X	-	X	X	-	X
SMC	-	X	-	-	-	-
PUR-RIM	-	-	-	-	-	-
PUR-RRIM	-	-	-	-	-	-

X = Werkstoff wird angenommen; - = Werkstoff wird nicht angenommen

Tabelle 6: Verwerter für Kühlergrille (werkstoffspezifisch)

Kühlergrill- werkstoff*	Ercom (Produkt: Mahlgut)	Euretec (Produkt: Granulat)	Grannex (Produkt: Mahlgut)	Polymer- chemie (Produkt: Granulat)	Unternehmen 2 (Produkt: Granulat)
ABS	-	X	X	-	X
ABS/ASA	-	X	X	-	X
ASA	-	X	X	-	X
PA**	-	-	-	-	-
PP T	-	-	X	X	-
SMC	X	-	-	-	-

X = Werkstoff wird angenommen; - = Werkstoff wird nicht angenommen
 *lackierte oder unlackierte Teile. Lackierte Teile haben schlechtere Marktchancen.
 **keine Verwertung bekannt.

Tabelle 7: Verwerter für Radkappen (werkstoffspezifisch)

Radkappen- Werkstoff	Euretec (Produkt: Granulat)	Grannex (Produkt: Mahlgut)	Polymer- chemie (Produkt: Granulat)	Unternehmen 2 (Produkt: Granulat)
ABS	X	X	-	X
ABS/PC	X	X	-	X
PA6*	-	X	-	-
PA66	-	X	-	-
PP T	-	X	X	-
Sonstige	-	-	-	-
X = Werkstoff wird angenommen; - = Werkstoff wird nicht angenommen *Die technische Machbarkeit konnte in einem Projekt gezeigt werden, aber keine großtechnische Verwertung aufgrund des zu geringen Materialaufkommens.				

5 Kapazitätzubau für die werkstoffliche Verwertung

Einen Vergleich der vorhandenen mit den benötigten Verwertungs-kapazitäten enthält Tabelle 13. Allerdings ist einschränkend darauf hinzuweisen, dass die Tabellenwerte ausschließlich die Gesamtkapazitäten der Unternehmen bzw. deren Summen wiedergeben, da eine werkstoffspezifische Aussage über Verwertungskapazitäten nicht zu erhalten war.

Im Rahmen der Befragung wurde von Fa. Wipag mitgeteilt, dass eine Kapazitätsausweitung der mechanischen Aufbereitung um 2.000 auf 10.000 Mg in 2003 für PC/PBT und PP/EPDM geplant ist. Daneben plant die Fa. BSB eine Erweiterung der Kapazität für PP und PP-Modifikationen um etwa 6.000 Mg in 2003/04. Euretec wird die ABS-Verarbeitung um 1.500 Mg/a aufstocken. Andere Betriebe warten die Effekte der modifizierten Altfahrzeug-Verordnung ab. Über weitere konkrete Kapazitätserhöhungen ist den Verfassern nichts bekannt.

Unter der Annahme des Vorhandenseins eines Investors für den (Zu-)Bau weiterer Verwertungskapazitäten muss mit einer Bau- und Inbetriebnahmezeit von wenigen Monaten gerechnet werden.

6 Derzeitige und zukünftige Marktsituation für Produkte und Werkstoffe aus der werkstofflichen Kfz-Verwertung

Generelle, belastbare Aussagen zum Marktvolumen und zur Marktentwicklung von Rezyklaten sind schwer zu treffen, da Einsatzfelder stets von den Materialkennwerten abhängig sind. Beide (Anforderungen an Werkstoffe im Automobilbau und Rezyklatqualitäten) verändern sich derzeit stark. Ein wichtiger Aspekt zur Zeit scheint hier das Emissionsverhalten von Rezyklaten zu sein, das momentan noch nicht sicher beherrschbar ist [Hauf 2003].

Bei der Untersuchung der Absatzbarkeit der Rezyklate ist es jedoch sinnvoll, sich nicht nur auf die Anwendung Automobil zu beschränken: Auch in anderen Märkten gibt es eine Vielzahl von Produktbeispielen aus Werkstoffen der großen Kunststoffbauteile.

Tabelle 8: Marktsituation für Pflichtbauteil-Kunststoffsorten

Kunststoff-Sorten	Einkauf Altteile*	Verkauf v. Mahlgut**	Verkauf v. Granulat*****	Verkauf v. Compounds***
PP/EPDM lack	0-75,00	350-390	k. A.	600-690
PP/EPDM unlack	0-80,00	370-420	k. A.	650-780
PP T	0-40,00	320-340	k. A.	540-580
PC/PBT lack	0,00****	250-320	k. A.	620-720
PC/PBT unlack	0,00****	250-320	620-720	k. A.
SMC	z. Zt. keine Annahme; Annahme wird als Entsorgung bezahlt			
ABS lack	k. A.	180-210	670-700	k. A.
ABS unlack	90,00	370-440	670-700	980-1150
PA6/6.6 lack	Radkappen: Annahme wird als Entsorgungsdienstleistung bezahlt			
PA6/6.6 unlack	Radkappen: Annahme wird als Entsorgungsdienstleistung bezahlt			
Angaben in €/Mg aus Sicht der werkstofflichen Verwerter von Kunststoff-Altteilen. Datenstand: Februar 2003. Zu Aufbereitungskosten siehe Tabelle 12. k. A. = Es existiert kein den Verfassern bekannter Markt/Absatz. *Zahlung an den Anlieferer bei Anlieferung der Teile frei Haus auf Basis der unternehmensspezifischen Annahmekonditionen. ** Erlöse für technisch sortenreines Mahlgut, das direkt zu Endprodukten verspritzt oder als Rohstoff für Compounds eingesetzt werden kann. ***Erlös für Compounds, wobei der Sekundärrohstoff-Anteil im Compound i. d. R. unter 100 % liegt. ****Ein Betrieb in Deutschland hat Stoßfänger aus PC/PBT zu 0 € frei geliefert angenommen, nimmt aber gegenwärtig wegen ungeklärter Absatzwege keine mehr an. *****Regranuliertes Mahlgut ohne bestimmte Additivierung oder weitere Rohstoffzumischung.				

Rezyklate werden in der Regel mit einem Preisabschlag gegenüber Neumaterial gehandelt. Aus Sicht des Kunststoffverwerterers müssen die Kosten für den Ankauf der Materialien (bei PP-EPDM derzeit etwa 75 €/Mg) und die Aufbereitung gedeckt werden. Der Verkaufspreis für technisch sortenreines Mahlgut mit mechanischer Sortierung aus PP/EPDM T lackiert liegt gegenwärtig bei ca. 400 €/Mg, in Sonderformen auch darüber.

Tabelle 8 gibt Aufschluss über die zu erzielende Erlöse bzw. Preise.

7 Zusätzlich zu erwartende Kosten für Demontage

Durch eine Befragung mehrerer Kfz-Demontagebetriebe im ersten Quartal 2003 wurden Erfahrungswerte für die zusätzlich zu erwartenden Kosten für die Demontage der großen Kunststoffbauteile erfaßt. Die Betriebe gaben übereinstimmend 0,5 €/min als Kostensatz sowie die in Tabelle 9 zusammengestellten Demontagezeit-Spannweiten an. Zum Vergleich wurden Literaturangaben für diese Arbeiten recherchiert.

Zusätzlich zur Demontage ist ein "Zusatzaufwand" nicht nur zur Berücksichtigung der Fixkosten, sondern u. a. für Sortierung, Getrennhaltung, Lagerhaltung und Versand der einzelnen großen Kunststoffbauteile bzw. auch von Teilchargen zu berücksichtigen. Im Vergleich zum reinen Demontageaufwand geben die Demontagebetriebe diesen Aufwand etwa mit 100 bis 300 % zusätzlich an.

Tabelle 9: Spannweite der Demontagezeiten und -kosten

Demontagezeiten (sec)	Stoßfänger	Kühlergrill	Radkappen
Verwerterangaben 2003	300-420	10-40	40-60
Literaturangaben [FAT 80, FAT 100, Rose 1996, Kühne 1996]	90-580	40-205	30-60
Zusatzaufwand	Verhältnis 1:1 bis 1:3 zur Demontage		

Tabelle 10: Abschätzung der Demontage- und Gesamtkosten für die Demontage großer Kunststoffbauteile

Demontagezeiten	Stoßfänger	Kühlergrill	Radkappen
minimal (sec)	90	10	40
Mittel (sec)	360	40	50
maximal (sec)	580	205	60
mittlere demontierte Masse (kg)	4	0,5	0,3
Demontagekosten minimal [€/Mg]	187,50	166,67	1111,11
Demontagekosten Mittel [€/Mg]	750,00	666,67	1388,89
Demontagekosten maximal [€/Mg]	1208,33	3416,67	1666,67
Gesamtkosten minimal [€/Mg]	375,00	333,33	2222,22
Gesamtkosten Mittel [€/Mg]	2250,00	2000,00	4166,67
Gesamtkosten maximal [€/Mg]	4833,33	13666,67	6666,67

Legt man die Demontagezeiten aus Tabelle 9, die Massenannahmen für die großen Kunststoffbauteile aus Tabelle 1 sowie den Kostensatz von 0,5 €/min zugrunde, so erhält man die Kostenabschätzung in Tabelle 10. Durch die Berücksichtigung des Zusatzaufwandes (Tabelle 9) sind darüber hinaus die Gesamtkosten für die Kfz-Demontagebetriebe rechnerisch abschätzbar (Tabelle 10). Einschränkend sei jedoch mit Blick auf die Maximalwerte darauf hingewiesen, dass diese "Worst-case"-Angaben von Demontagezeiten aus Quellen stammen, die zum einen eine zerstörungsfreie Demontage betrieben und zum anderen Fahrzeuge untersucht haben, die mit hoher Wahrscheinlichkeit noch nicht demontagegerecht konstruiert waren. Zur Zeit erscheint die Spannweite zwischen "minimal" und "Mittel" in Tabelle 10 als praxisnah. Gleiches gilt für die Zeile "Gesamtkosten pro Kfz incl. Zusatzaufwand lt. Verwerterangaben 2003 (€/Kfz)" in Tabelle 11.

Tabelle 11: Demontage- und Gesamtkosten pro Kfz für die großen Kunststoffbauteile

Demontageaufwand pro Kfz (falls Teile vorhanden und demontierbar)			
Kosten pro Kfz	Stoßfänger	Kühlergrill	Radkappen
Demontagekosten lt. Verwerterangaben 2003 (€/Kfz)	2,5-3,5	0,08-0,33	0,33-0,5
Gesamtkosten pro Kfz incl. Zusatzaufwand lt. Verwerterangaben 2003 (€/Kfz)	5-14	0,16-1,32	0,55-2
Gesamtkosten pro Kfz incl. Zusatzaufwand lt. Literaturangaben (€/Kfz)	1,5-19,33	0,33-6,83	0,5-2

Unter Berücksichtigung der Demontagezeiten (Tabelle 9) lassen sich ebenfalls Aussagen zu den zusätzlich pro Fahrzeug auftretenden Kosten für die Verwertung der großen Kunststoffteile treffen: Aufgrund der Verwerterangaben aus dem Jahr 2003 ist mit zusätzlichen Gesamtkosten von 5,71 - 17,32 €/Kfz für die Demontage und Bereitstellung zur Verwertung zu rechnen, die Literaturwerte ergeben eine Spannweite von 2,33 - 28,16 €/Kfz (Tabelle 11).

Ergänzend dazu enthält Tabelle 12 den Vergleich von Aufwand und Erlösen bei der werkstofflichen Verwertung der großen Kunststoffbauteile. Die möglichen Erlöse bzw. Preise für Altmaterialien, Mahlgüter und Compounds wurden aus Tabelle 8 entnommen. Die Übersicht zeigt, dass die Verwertung der großen Kunststoffbauteile derzeit nur in Einzelfällen wirtschaftlich sein kann.

Tabelle 12: Übersicht über Aufwand und Erlöse bei der Verwertung von großen Kunststoffbauteilen (Schätzung)

Aufwand und Erlöse (Spannweiten-Schätzung) der Verwertungsschritte für gr. Kunststoffteile [€/Mg]	
Demontage (kpl., bis Versand)	333-4167
Transport (200 km, unzerkleinert)	250-300
(naß)mechanische Aufbereitung	150-250
Granulierung/Compoundierung	200-300
Summe Aufwand	933-5017
Erlös Verkauf demontierter Bauteile	0-90
Erlös Verkauf Mahlgut oder Granulat	180-1150

8 Vorschläge für weitere potenzielle Zielbauteile

Die Demontage von Kunststoff-Bauteilen aus Altfahrzeugen kann sinnvoll sein, wenn sie leicht zugänglich sind und ein verhältnismäßig großes Gewicht aufweisen. Neben diesen Parametern entscheidet der Marktwert des demontierten Werkstoffs und z. T. dessen demontierbare Menge über die Wirtschaftlichkeit. Die Kombination von Materialströmen aus der Werkstattentsorgung und der Altfahrzeugverwertung kann sich hier als sinnvoll erweisen. Im optimalen Fall werden Kunststoffbauteile nur aus sehr wenigen Polymeren eingesetzt und werden aus Zugänglichkeitsgründen per se entfernt (z. B. Batterieabdeckung, Radkappe). Die angegebenen Massen der Bauteile stammen aus [FAT 80] (Limousine Bj. 12/1987) oder eigenen Messungen an aktuellen Fahrzeugen.

Mögliche weitere Zielbauteile der Fahrzeugdemontage können sein:

- **Rammschutzleisten:** Sie sind im Regelfall bei den heute zur Verwertung anstehenden Fahrzeugen aus unlackiertem PP oder Modifikationen, hochwertig, leicht demontierbar und können als Monomaterial angesprochen werden, sieht man von Metallclipsen ab. Beispiel Passat: 1884 g Gesamtmasse. Bei einem Werkstoffpotenzial von 1,5 kg/Kfz und 1,1 Mio Kfz ergibt sich ein Werkstoffpotenzial von 1.650 Mg.
- **Motorabdeckungen:** Sie werden in zunehmend mehr Fahrzeugen eingesetzt. Sie zeichnen sich durch einfache Zugänglichkeit nach dem Öffnen/Entfernen der Motorhaube aus. Als Werkstoff wird wärmostabilisiertes Polyamid 6 mit Glasfasern bzw. Mineralzusatz eingesetzt. Produktbeispiel: Lupo TDI Abdeckung aus PA6 GF10M20 mit 2,1 kg Produktmasse. Bei einem Werkstoffpotenzial von 1,5 kg/Kfz, einem Anteil von 40 % bei den Abdeckungen und 1,1 Mio Kfz ergibt sich ein Werkstoffpotenzial von 660 Mg.
- **Weitere Kunststoffbauteile im Motorraum:** Sie werden u. a. für Luftführungen vor allem aus Polyamid gefertigt. Sie sind nach der Motordemontage (Gewinnung des Kernschrotts) vergleichsweise gut zugänglich. Beispiel: Luftansaugmodul eines Audi A6 aus PA6 GF30 mit 3650 g Kunststoffanteil (Gesamtmasse montiert ca. 5,8 kg). Luftfiltergehäuse Passat 1,7 kg. Bei einem Werkstoffpotenzial von 3 kg/Kfz, einem Kunststoffanteil von 25 % bei den Saugrohren und 1,1 Mio. Kfz ergibt sich ein Werkstoffpotenzial von 825 Mg.
- **Radlaufschalen:** Sie sind nach Demontage der Räder, die zum Erreichen der Radbremszylinder entfernt werden müssen, ebenfalls gut zugänglich. Sie sind im Regelfall aus PP/EPDM schwarz unlackiert, PP oder PE gefertigt, jedoch u. U. stark verschmutzt und können auch zerstörend demontiert werden

(Abreißen). Beispiel: Passat-Radlaufschale PP 1470 g. Bei einem Werkstoffpotenzial von 4 kg/Kfz und 1,1 Mio. Kfz ergibt sich ein Werkstoffdargebot von etwa 4.400 Mg.

- Kunststoff-Kraftstoffbehälter: Sie weisen einen Kunststoffanteil von etwa 6 bis 8 kg auf. Sie sind vom Unterboden her zugänglich und können - eine Verwertungstechnik vorausgesetzt, die die eindiffundierten Kraftstoffe entfernt - werkstofflich verwertet werden. Ein entsprechendes Verfahren ist derzeit Gegenstand eines BMBF-geförderten Forschungsvorhabens. Das Werkstoffpotenzial dieses Bauteils liegt nach Angaben von [Schmiemann 1998] etwa zwischen 3.000 und 7.000 Mg/a aus Altfahrzeugen, da nur ein Teil der Altfahrzeuge mit Kunststoff-Kraftstoffbehältern ausgestattet ist.
- Große Karosseriebauteile: Kunststoff-Klappen finden z.B. bei Heckklappen (DaimlerChrysler A-Klasse mit Noryl-Heckklappe oder Smart mit großen PC/PBT-Außenteilen) zunehmend Einsatz. Ihr Werkstoffpotenzial ist momentan aufgrund des geringen Rücklaufs solcher Fahrzeuge vernachlässigbar, jedoch erscheint ein Anstieg auf mehrere tausend Mg Jahrespotenzial möglich.

Generell wurde bei der Befragung festgestellt, dass Bedarf nach der Fortentwicklung der Identifikationstechnik für industrielle Anwendungen bei der Altfahrzeugdemontage besteht.

9 Schlussfolgerungen und Einschätzungen

9.1 Demontage der großen Kunststoffbauteile

Es ist aus Sicht der Verfasser zutreffend, dass Stoßfänger, Kühlergrills und Radkappen gegenwärtig in keinem Betrieb in Deutschland in einem nennenswertem Anteil demontiert und einer werkstofflichen Verwertung zugeführt werden. Die Demontage der Teile ist technisch unproblematisch und wäre sofort umsetzbar, sie scheitert jedoch aus wirtschaftlichen Gründen. Nach Einschätzung vieler Befragter liegt das Haupthemmnis der Kreislaufführung der drei Bauteile derzeit vor allem im Bereich der Demontage, da die Materialerlöse für die demontierten Teile die Demontage- und Transportkosten in der Regel nicht decken können (siehe Tabelle 9 bis Tabelle 12). Daher liefern derzeit nur Demontagebetriebe in nächster Nachbarschaft zu einem Verwertungsbetrieb die genannten Materialien dort an.

Unter Wirtschaftlichkeitsaspekten muss bei der Kreislaufführung von Stoßfängern, Kühlergrill und Radkappen klar zwischen Werkstättensorgung und Bauteilen aus der Altfahrzeug-Demontage unterschieden werden: Gelangen Kunststoff-Stoffströme aus der Werkstättensorgung in die Kunststoffverwertung, so ist diese Verwertung eine Entsorgungsdienstleistung, für die im Regelfall Zuzahlungen geleistet werden

könnten. Die Demontage dieser Teile wird im Rahmen von Reparaturen vom Kunden bezahlt. Demontagebetriebe hingegen müssen mit ihren demontierten Teilen Erlöse erzielen, die u. a. die Demontagekosten decken, oder die durch die Demontage zusätzlich anfallenden Kosten über die Annahmepreise abwälzen.

Bei der Altfahrzeugverwertung steht die Demontage in Konkurrenz zum Verbleib der Kunststoffteile am bzw. im Altfahrzeug. Dieser Verbleib führt zu einer Erhöhung der Masse des Schreddervormaterials, das massenabhängig vergütet wird. Nach Auskunft von Altfahrzeugdemontageunternehmen ist die Qualität des Schreddervormaterials (Anteil der Nichtmetalle wie z. B. Kunststoffbauteile) gegenwärtig kaum preisrelevant und entfaltet so praktisch keine Lenkungswirkung, obwohl durch einen höheren Kunststoffanteil im Vormaterial für den Schredderbetrieb höhere Entsorgungskosten für die Schredderabfälle entstehen. Hinzu kommt, dass beim Demontagebetrieb neben der Demontagearbeit für die großen Kunststoffbauteile u.a. weiterer Aufwand für Identifikation, Sortierung, Lagerung und Logistik erforderlich ist. Dies erklärt, warum Altteile in Deutschland nicht ausgebaut werden, sondern im Fahrzeug verbleiben und über den Verkaufserlös als Schreddervormaterial für den Demontagebetrieb noch einen positiven Ertrag bringen.

9.2 Verwertungskapazitäten

Die befragten Betriebe verarbeiten derzeit fast ausschließlich Produktionsabfälle und Teile aus der Werkstattentsorgung und lasten damit die Produktionsleistung so weit wie möglich aus. Es besteht kein Anreiz, diese Auslastung durch Altfahrzeugteile zu ersetzen, solange weder technische noch wirtschaftliche Vorteile dadurch zu realisieren sind.

Aus technischer Sicht betrachtet existieren allerdings noch Kapazitätsreserven bei den befragten Unternehmen, die für die Verwertung der großen Kunststoffbauteile genutzt werden können. Bei einer rein rechnerischen Betrachtung ohne Berücksichtigung der unterschiedlichen Werkstoffe kann aus den vorliegenden Angaben gefolgert werden, dass einem maximalen Werkstoffdargebot von etwa 12.000 Mg/a freie Kapazitäten von etwa 20.000 Mg gegenüberstehen. Die werkstoffspezifische Betrachtung zeigt, dass etwa 60 % des Werkstoffdargebots aus PP und PP-Modifikationen besteht, je etwa 15 % aus SMC und PC bzw. PC-Blends, und 6 % aus ABS bzw. ABS-Blends.

Verwertungstechniken existieren für (bevorzugt unlackierte) PP und ABS-Modifikationen bzw. -Blends. Diese werden derzeit auch tatsächlich genutzt und haben nach Einschätzung der Verfasser für die Aufnahme der großen Kunststoffbauteile ausreichende Kapazitätsreserven. Für SMC existiert eine technische Option zur Verwertung, d. h. ein Verwertungsbetrieb, und für PC und PC-Blends existieren positive Er-

fahrungen und auch technische Verwertungsoptionen für PC/PBT, die aber nach Kenntnis der Verfasser derzeit nicht genutzt werden.

Für PP einschließlich Modifikationen bzw. Blends wurde auf Nachfrage sowohl von Wipag, Polymerchemie als auch von BSB explizit bereits zum heutigen Zeitpunkt das Vorhandensein ausreichender Verwertungskapazitäten bestätigt.

9.3 Rezyklatabsatz und Rezyklatqualitäten

Entscheidend für die tatsächliche Verwertung von Bauteilen ist neben dem Vorhandensein der Anlagentechnik zur Material- bzw. Bauteilauflbereitung ebenfalls das Vorhandensein eines Marktes. Dieser Markt ist gegenwärtig nach Kenntnis der Verfasser z. B. im Fall von PC/PBT oder auch von SMC nicht vorhanden. Unter den derzeitigen wirtschaftlichen Randbedingungen besteht ein Markt für Bauteile aus PP bzw. deren Modifikationen, insbesondere unlackierte Materialien, sowie ABS. Kfz-Demontagebetriebe können durch die Weitergabe von entsprechenden großen Kunststoffbauteilen an Verwertungsbetriebe Erlöse erzielen: Bei Anlieferung frei Werk zahlen die Kunststoff-Verwertungsbetriebe eine Vergütung (Stoßfänger aus PP/EPDM von beispielsweise 75 €/Mg), oder der Verwertungsbetrieb übernimmt die Transportkosten bei einer dann entsprechend reduzierten Vergütung. Vergleicht man diese möglichen Erlöse mit der Abschätzung für die Demontage-Gesamtkosten, die im günstigsten Fall für Stoßfänger bei 375 €/Mg (Tabelle 12) liegen, so wird schnell der geringe Anreiz zur Demontage der Bauteile aus Altfahrzeugen deutlich.

Zur Aufbereitung von *Stoßfängern* kommen primär Stoßfänger aus PP/EPDM in allen Modifikationen. Insbesondere lassen sich unlackierte Stoßfänger gut vermarkten, da keine Beschränkungen des Wiedereinsatzes durch Lackanteile bekannt sind. Stoßfänger aus PC/PBT und Modifikationen sind nur in Ausnahmefällen, d.h. bei spezieller Anwendung, wirtschaftlich zu verwerten. Es ist absehbar, dass die Teilegröße und somit auch das Werkstoffdargebot pro Fahrzeug zukünftig steigen wird.

Den Verfassern ist nicht bekannt, dass der *Kühlergrill* werkstofflich verwertet wird. Erfahrungen mit dieser Fraktion liegen jedoch bei Grannex sowie Euretec vor.

Radkappen sind nur in der Fraktion PA auf werkstoffliche Weise wirtschaftlich mit der installierten Technik bei Grannex und Polymerchemie zu verarbeiten. Technische Möglichkeiten liegen darüber hinaus bei einem weiteren, in dieser Studie nicht dokumentierten Unternehmen vor. Im Vergleich zum geringen Stückgewicht besteht am Markt eine sehr hohe Werkstoff- bzw. Sortenvielfalt, die einen großen Aufwand hinsichtlich der Werkstoffidentifikation und Trennung erfordert. Die Polyamid-Werkstoffe werden mit Mineralien und Glasfasern unterschiedlich gefüllt bzw. verstärkt, so dass dies zu einer weiteren Er-

höhung der Werkstoffvielfalt beiträgt. Auch sind in der Regel Radkappen lackiert, so dass bei der Aufbereitung eine Entlackung erforderlich ist, um in hochwertige Anwendungen gelangen zu können. Durch Abrieb während der Nutzung ist eine Verunreinigung mit Stäuben aus den Bremsbelägen möglich, die sich auf der Radkappen-Innenseite anreichern können. Die Radkappen werden zunehmend durch Aluminium-Felgen ersetzt. Derzeit sind nur Pilotprojekte zur werkstofflichen Verwertung bekannt. Rückschlüsse aus den Herstellungs- bzw. Verkaufsdaten von Radkappen auf das Werkstoffangebot in Altfahrzeugen sind aufgrund der großen Verlust- bzw. Austauschraten während der Nutzungszeit nur sehr eingeschränkt möglich, jedoch führt der Ersatz der Radkappen mit Sicherheit zu einer Erhöhung der Werkstoffvielfalt.

10 Anhang: Übersicht über Verwertungskapazitäten

Tabelle 13: Übersicht über Gesamt-Verwertungskapazitäten in Deutschland (Stand Februar 2003)

Übersicht über Gesamt-Verwertungskapazitäten			Stoßfänger		Kühlergrill		Radkappen	
Stand 2/2003	Max. Materialdargebot [Mg/a]		11.031		689		517	
Unternehmen	angenommene Werkstoffe	Auslastung (Schätzung) [%]	mechan./naßmechan. Aufbereitg. [Mg/a]	Regranuliertg./Compoundiertg. [Mg/a]	mechan./naßmechan. Aufbereitg. [Mg/a]	Regranuliertg./Compoundiertg. [Mg/a]	mechan./naßmechan. Aufbereitg. [Mg/a]	Regranuliertg./Compoundiertg. [Mg/a]
BSB	PP, PP-T, PP/EPDM	90	12.000	22.000	-	-	-	-
Ercom	SMC	30	4.000	-	-	-	-	-
Euretec	ABS, ABS/ASA	95	-	-	1.500	1.500	-	-
Grannex	PP/EPDM, PC/PBT, ABS, ABS/ASA, PA	50	7.000	7.000	s. Stoßfänger	s. Stoßfänger	s. Stoßfänger	s. Stoßfänger
Polymerchemie	PP/EPDM, PC/PBT, ABS, ABS/ASA	80	7.000	15.000	-	-	-	-
Wipag	PP/EPDM, PC/PBT	70	8.000	2.000	-	-	-	-
Unternehmen 1	PP, PP-T, PP/EPDM	60	18.000	10.000	-	-	-	-
Unternehmen 2	ABS	65	6.000	4.500	-	-	-	-
SUMME IST		-	62.000	60.500	1.500	1.500	-	-
Geplante Kapazitätserweiterungen 2003/2004								
BSB	PP, PP-T, PP/EPDM		6.000	6.000	-	-	-	-
Euretec	ABS, ABS/ASA		-	-	-	1.500		
Wipag	PP/EPDM, PC/PBT, PPO		2.000	-	-	-	-	-
SUMME IST UND PLANUNG			70.000	66.500	1.500	3.000	-	-

Anhang: Übersicht über verfügbare Anlagentechnik zur Verwertung von großen Kunststoffbauteilen in Deutschland

Tabelle 14: Übersicht über Anlagentechnik

angenommene Produkte	Verfahren	Endprodukte
Stoßfänger: PP, PP-T, PP/EPDM weitere Kfz-Bauteile	BSB: Trockenvermahlung vorzerkleinerter Kunststoffteile, nassmechanische Aufbereitung (Wäsche, Dichtentrennung) Verarbeitung der Mahlgüter zu Compounds.	Granulat mit Werksprüfzeugnis; 100 % Rezyklatanteil
Stoßfänger: SMC weitere SMC-Kfz-Bauteile	Ercom: Trockenmechanische Aufbereitung ganzer Kunststoffteile aus dem Außen- und Innenbereich von PKW und LKW zu Faser- und Pulverfraktionen.	Faser- und Pulverfraktion mit Werksprüfzeugnis ca. 10 % Rezyklat im Endprodukt (originäre Anwendungsbereiche)
Kühlerschutzgitter: ABS, ABS/ASA weitere Kfz-Bauteile	Euretec: Nasschemische Aufbereitung von ganzen und vorgeschredderten Bauteilen mit Regranulierung.	Pulver und Granulat mit Werksprüfzeugnis und 100 % Rezyklatanteil
Stoßfänger: PP/EPDM, PC/PBT Kühlerschutzgitter: ABS, ABS/ASA Radkappen: PA weitere Kfz-Bauteile	Grannex: Nassmechanische Aufbereitung von Kunststoffbauteilen zu homogenisiertem Mahlgut (Trockencompound).	Mahlgutsorten (Trockencompound) mit Werksprüfzeugnis mit 100 % Rezyklatanteil

Fortsetzung auf Folgeseite....



...Fortsetzung von vorhergehender Seite

angenommene Produkte	Verfahren	Endprodukte
Stoßfänger: PP/EPDM weitere Kfz-Bauteile	Polymerchemie: Nassmechanische Aufbereitung von Kunststoffbauteilen zu Mahlgut und Compoundierung	Granulat mit Werksprüfzeugnis und etwa 100 % Rezyklatanteil
Stoßfänger: PP/EPDM, PC/PBT weitere Kfz-Bauteile	Wipag: Mechanische Aufbereitung ganzer/großer Kunststoffteile aus dem Außen- und Innenbereich PKW zu Mahlgut und zum Teil zu Granulat. Entlackung lackierter Teile.	Mahlgut und Granulat mit Werksprüfzeugnis und 90 bis 100 % Rezyklatanteil
Stoßfänger: PP, PP-T, PP/EPDM weitere Kfz-Bauteile	Unternehmen 1: Nassmechanische Aufbereitung von unsortiertem Schredder- und Mahlgut zu technisch sortenreinem Mahlgut und anschließender Compoundierung zu Granulat.	Granulat mit Werksprüfzeugnis
k. A.	Unternehmen 2: Zweistufige Zerkleinerung mit Metallabtrennung, Windsichtung, naßchemische Aufbereitung (Lösen/Fällen) und anschließende Compoundierung	Granulat mit Werksprüfzeugnis.

11 Anhang: Firmenadressen

BSB Recycling GmbH
Emser Str. 11
56338 Braubach
Tel. 02627/981-111
Fax 02627/981-175

Ercom Fibertec GmbH
Werkstr. 2
76437 Rastatt
Tel. 07222/9890-32
Fax 07222/9890-87

Euretec GmbH
Industriegebiet Eisen
Kladenfloß
66625 Nohfelden/Eisen
Tel. 06852/8090-176
Fax 06852/8090-178

Grannex Recyclingtechnik GmbH
Dornierstr. 11
49090 Osnabrück
Tel. 0541/77040-0
Fax 0542/77040-78

Polymer-Chemie GmbH
Am Gefach
55566 Bad Sobernheim
Tel. 06751/84-0
Fax 06751/84-42

Wipag Süd GmbH & Co.KG
Nördliche Grünauer Str. 31
86633 Neuburg/Donau
Tel. 08431/4336-0
Fax 08431/4336-22

12 Literaturverzeichnis

- [Arge 2001] Arbeitsgemeinschaft Altauto (Hrsg.):
1. Monitoringbericht.
vorgelegt am 31.03.2001. Frankfurt
- [FAT 100] Mast, P., Horsch, G.: Demontage und
Verwertung von Kunststoffbauteilen aus
Automobilen.
Hrsg.: Forschungsvereinigung Automobiltechnik
(FAT), FAT-Schriftenreihe Nr. 100
Frankfurt/Main, 1993
- [FAT 80] Mast, P., Strobel, K.: Demontagefreundliche
Gestaltung von Automobilen, Teil I.
Hrsg.: Forschungsvereinigung Automobiltechnik
(FAT), FAT-Schriftenreihe Nr. 80
Frankfurt/Main, 1991.
- [Hauf 2003] Hauf, G.:
Müssen Rezyklate schlecht riechen?
In: Plastverarbeiter 54 (2003), Nr. 1, S. 50-52
- [KBA 2003] Kraftfahrtbundesamt: Löschung von
Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern
nach Fahrzeugarten.
<http://www.kraftfahrtbundesamt.de/>, aufgerufen
30.01.2003
- [Kühne 1996] Kühne, R., Mechel, K.: Errichtung einer Anlage
zur industriellen typenoffenen Entsorgung und
Verwertung von Altfahrzeugen. Abschlußbericht
UBA 30441-15/3. Bitterfeld, September 1996
- [Rose 1996] Rose, H.: Errichtung einer Altauto-Demontage-
anlage zur Vermeidung von Abfällen aus
Altautos. UBA-Abschlußbericht 30441-9/1, Berlin
1996
- [Schmiemann 1998] Schmiemann, A.:
Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Recycling
von Kunststoff-Kraftstoffbehältern.
Vorstudie des VDA/ FAT AK -10 Recycling.
Wolfsburg, 22.07.1998
- [Woidasky 1995] Woidasky, J.:
Kreislauflührung von Verbundwerkstoffen aus
dem Automobilbau am Beispiel von Stoßfängern
und Karosseriebauteilen.
Diplomarbeit, Berlin 1995