

Rothgang, Michael; Dehio, Jochen; Janßen-Timmen, Ronald

Research Report

Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings: Die Rolle des dualen Systems

RWI Materialien, No. 118

Provided in Cooperation with:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Suggested Citation: Rothgang, Michael; Dehio, Jochen; Janßen-Timmen, Ronald (2017) : Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings: Die Rolle des dualen Systems, RWI Materialien, No. 118, ISBN 978-3-86788-820-2, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/167318>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Materialien

Michael Rothgang
Jochen Dehio
Ronald Janßen-Timmen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings - die Rolle des dualen Systems

Impressum

Herausgeber

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany
Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: rwi@rwi-essen.de
www.rwi-essen.de

Vorstand

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)
Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)
Prof. Dr. Wim Kösters

© RWI 2017

Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet.

RWI Materialien Heft 118

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt
Konzeption und Gestaltung: Julica Bracht, Claudia Lohkamp, Daniela Schwindt

Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings - die Rolle des dualen Systems

ISSN 1612-3573
ISBN 978-3-86788-820-2

Die Studie entstand im Auftrag der dualen System Deutschland GmbH. Wir danken Magdalena Franke, Jacqueline Manhold und Daniela Schwindt (Grafik) und Christina Brüggemann (technische Redaktion) für die Unterstützung bei der Durchführung des Projekts, sowie Chiara Isabella Anselmetti, Maja Guseva, Simon Kleffner und Tobias Larysch.

Materialien

Michael Rothgang, Jochen Dehio und Ronald Janßen Timmen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings - die Rolle des dualen Systems

Heft 118

Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings - die Rolle des dualen Systems

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



Das RWI wird vom Bund und vom Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

ISSN 1612-3573

ISBN 978-3-86788-820-2

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Kurzfassung	8
1. Untersuchungsauftrag	19
2. Untersuchungskonzept und Datengrundlage	22
2.1 Untersuchungskonzept	22
2.2 Daten- und Informationsgrundlage	24
3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990	28
3.1 Vorgehensweise bei der Analyse der Entwicklung seit 1990.....	28
3.2 Das Gesamtsystem: Elemente und Treiber	28
3.3 Rahmenbedingungen und technologische Entwicklung	33
3.4 Mengengerüst für die Verwertung von Kunststoff- Verkaufsverpackungen	37
3.5 Preisentwicklung für Primär- und Sekundärkunststoffe	44
3.6 Gesamtbewertung	49
4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems	51
4.1 Vorgehensweise bei der Bestimmung von Nutzen und Kosten	51
4.2 Recycling im EU-Vergleich.....	54
4.3 Identifizierung und Quantifizierung zentraler Nutzenaspekte.....	60
4.4 Energetische Verwertung von Mischkunststoffen und LVP- Sortierresten	74
4.5 Quantifizierung der Systemkosten	83
4.6 Gesamtbewertung	88
5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings im Rahmen des dualen Systems	93
5.1 Fragestellungen und Untersuchungsansatz	93
5.2 Technologische Entwicklungen und Marktpotenziale	95
5.3 Marktentwicklung, Corporate Social Responsibility und die Möglichkeiten von Produkt-Ökobilanzen	101
5.4 Entwicklungsperspektiven	123
6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030.....	128
6.1 Szenarien und Technological Foresight: theoretische Grundlagen	128
6.2 Ausgangssituation: Marktentwicklung für Primär- und Sekundärkunststoffe	130
6.3 Basisszenario	132
6.4 Alternativszenarien.....	138

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

6.5 Gegenüberstellung der Ergebnisse in den Einzenszenarien	149
6.6 Analyse der Gesamtentwicklung der Märkte in den einzelnen Szenarien	153
Literatur	157
Anhang: Leitfaden für die Gespräche mit Recyclingunternehmen	166

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4.1	Anfall von Siedlungsabfällen in ausgewählten europäischen Ländern und Anteile der verschiedenen Verwertungsformen für diese Abfälle im Jahr 2013.....	56
Tabelle 4.2	Zeitpunkt der Einführung der Herstellerverantwortung für die Entsorgung von Verkaufsverpackungen, Anzahl der daran beteiligten Systeme, Recyclingquoten und Höhe der Lizenzgebühren in den einzelnen EU-Ländern im Jahr 2010	58
Tabelle 4.3	Kosteneinsparung bei der Restmüllentsorgung durch das duale System in 2014	62
Tabelle 4.4	Berechnung des Umsatzvolumens von Kunststoff-Rezyklaten aus dem dualen System im Jahr 2014.....	65
Tabelle 4.5	CO ₂ -Vermeidungskosten des dualen Systems	70
Tabelle 4.6	Ausgangsdaten der Ersatzbrennstoffaufbereitung für das Jahr 2014	76
Tabelle 4.7	Einsparung von Brennstoffkosten durch EBS-Einsatz 2014	77
Tabelle 4.8	Höhe der Transaktionskosten für LVP und der daraus abzuleitenden zusätzlichen Kosten des dualen Systems	87
Tabelle 6.1	Status Quo und Szenarien für 2030: Ergebnisse im Überblick.....	153

Verzeichnis der Schaubilder

Schaubild K.1	Ökonomische Nutzen und Kosten des dualen Systems im Jahr 2014.....	13
Schaubild K.2	Auswirkungen verschiedener Faktoren auf das Marktvolumen im Jahr 2030.....	15
Schaubild 3.1	Gesamtsystem des Kunststoffrecyclings im Rahmen des dualen Systems	30
Schaubild 3.2	Verbrauch und Verwertung von Verpackungen nach Abfallarten	38
Schaubild 3.3	Verwertungsquoten differenziert nach Abfallarten	39
Schaubild 3.4	Verwertung der Kunststoffe privater und nicht-privater Endverbraucher nach Verwertungsarten	40
Schaubild 3.5	Rücknahmesysteme für Post-Consumer-Kunststoffverpackungen	43
Schaubild 3.6	Umsatzentwicklung der Recyclingbranche differenziert nach Abfallarten.....	44
Schaubild 3.7	Preisentwicklung bei Rohöl und Primärkunststoffen	46

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 3.8	Durchschnittliche Preisentwicklung bei Primär- und Sekundärkunststoffen	48
Schaubild 4.1	Kunststoffverwertungsmengen, Kunststoffpreise und Kunststoffrecycling	64
Schaubild 4.2	Höhe der CO ₂ -Vermeidungskosten im Vergleich	71
Schaubild 4.3	Ökonomisch relevante Faktoren der energetischen Verwertung in Form von EBS	79
Schaubild 4.4	Lizeneinnahmen des dualen Systems	83
Schaubild 4.5	Ökonomische Nutzen und Kosten des dualen Systems im Jahr 2014	88
Schaubild 5.1	Potential für Premium-Rezyklate	93
Schaubild 5.2	CSR-Themen in ausgewählten Unternehmen	116
Schaubild 5.3	Recycling-Aktivitäten ausgewählter Unternehmen	117
Schaubild 6.1	Preisprognosen für Primär- und Sekundärkunststoffe: alternative Verfahren	136
Schaubild 6.2	Mengenprognosen für den Verbrauch an Kunststoff-Verkaufsverpackungen insgesamt und von privaten Endverbrauchern: alternative Verfahren	137
Schaubild 6.3	Annahmen für die Monte Carlo-Simulation in Szenarios 1 und 2	141
Schaubild 6.4	Schätzung der Preisspanne in Szenarien 1 und 2: Monte-Carlo-Simulation	144
Schaubild 6.5	Preisprognose in Szenario 3	145
Schaubild 6.6	Preisprognose: Annahmen für die Monte Carlo-Simulation in Szenario 3	146
Schaubild 6.7	Schätzung der Preisspanne in Szenario 3: Monte-Carlo-Simulation	148
Schaubild 6.8	Auswirkungen verschiedener Faktoren auf das Marktvolumen im Jahr 2030	154
Schaubild 6.9	Erwartetes Marktvolumen 2030 nach Kunststoffarten in Szenario 3	154
Schaubild 6.10	Potential für hochwertige Rezyklate	155

Verzeichnis der Kästen

Kasten 4.1	Einsatz von EBS aus Mischkunststoffen und Resten aus der LVP-Sortierung in Hochöfen und Zementwerken	74
Kasten 4.2	Energetische Einordnung der Restmüllentsorgungsanlagen	81
Kasten 5.1	Gesellschaftlicher Kontext von CSR: Nachhaltiges Wirtschaften und Unternehmenshandeln	102
Kasten 5.2	Erstellung von Produkt-Ökobilanzen: Verfahren, Vorgehensweise und Einsatzmöglichkeiten	118

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 2.1	Datenquellen und Art der Daten	25
Übersicht 3.1	Position und Treiber der Sekundärkunststoffmärkte und deren Auswirkungen	30
Übersicht 3.2	Markt- und Technologieentwicklung sowie Rahmenbedingungen für Produkte aus dem Recycling von Post-Consumer-LVP	34
Übersicht 3.3	Mengengerüst bei der Verwertung von Kunststoffverkaufsverpackungen (2013/14)	41
Übersicht 3.4	Zuordnung der Preisreihen für Primär- und Sekundärkunststoffarten	47
Übersicht 4.1	Schematische Darstellung der Nutzen- und Kostengrößen des dualen Systems	53
Übersicht 4.2	Beschäftigung durch die Sekundärkunststoffnachfrage aus dem dualen System	66
Übersicht 5.1	Industrie- und innovationsökonomische Charakteristika des Bereichs Sortierung/Trennung	97
Übersicht 5.2	Industrie- und innovationsökonomische Charakteristika des Recycling-Marktes	99
Übersicht 6.1	Vorgehensweise beim Basisszenario	133
Übersicht 6.2	Basisszenario – Ergebnisse der Tests zur Bestimmung der Schätzmodelle	134
Übersicht 6.3	Vorgehensweise bei den Alternativszenarien	138
Übersicht 6.4	Monte Carlo Simulation: Hypothesen zur Markt- und Preisentwicklung für Sekundärkunststoffe bis 2030	140
Übersicht 6.5	Prognose des Basisszenarios	149
Übersicht 6.6	Szenario 1 – Optimierte Sortierung und Aufbereitung von Verpackungen (Mengen- und technische Potenziale)	150
Übersicht 6.7	Szenario 2 – Optimierte Sortierung und Aufbereitung von Verpackungen (Mengen- und technische Potenziale) sowie Nutzung stoffgleicher Nichtverpackungen	152
Übersicht 6.8	Szenario 3 – Mengenpotenziale, technische Potenziale, günstige Marktentwicklung	152

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Kurzfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Analyse und Bewertung des ökonomischen Nutzens des Recyclings von Leichtverpackungen (LVP) im Post-Consumer-Bereich, also aus der haushaltsnahen Sammlung gebrauchter Verkaufsverpackungen gemäß der Verpackungsverordnung (VerpackV). Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Recycling von Kunststoff-LVP. Es werden aber auch das Recycling von Aluminium und Weißblech, soweit sie in der gelben Tonne gesammelt werden, sowie die energetische Verwertung von Mischkunststoffen und LVP-Resten mit in den Blick genommen. Im ersten Schritt wird die Entwicklung der Märkte für Sekundärrohstoffe aus Post-Consumer-LVP für den Zeitraum von 1990 bis 2014 analysiert. Im zweiten Schritt wird die aktuelle Situation des dualen Systems unter Nutzen- und Kostengesichtspunkten betrachtet. Im dritten Schritt werden schließlich die Einflussfaktoren der künftigen Entwicklung sowie wahrscheinliche Szenarien für die weitere Marktentwicklung bis zum Jahr 2030 untersucht.

In der vorliegenden Studie wird die bisherige und voraussichtliche künftige Entwicklung des bestehenden dualen Systems ökonomisch bewertet. Die Untersuchung basiert auf dem bestehenden rechtlichen Rahmen, wie er aus der VerpackV resultiert. Auf dieser Basis können keine Aussagen darüber getroffen werden, wie das derzeitige System im Vergleich zu alternativ möglichen Entsorgungs- bzw. Verwertungssystemen ökonomisch zu bewerten ist.

Vergangenheitsbetrachtung: Entwicklung des LVP-Recyclings von 1990 bis 2014

Für die **Entwicklung des Recyclings von LVP im Zeitraum von 1990 bis 2014** ergeben sich die folgenden Befunde:

- Innerhalb des gesetzlichen Rahmens der VerpackV führte das Anfang der 1990er Jahre in Deutschland etablierte duale System nach einer längeren Anlaufphase zu einer **Etablierung eines funktionierenden Marktes für Produkte aus Post-Consumer-LVP**. Dies wurde bewirkt durch Verbesserungen bei der

Trennung und seit Mitte der 2000er Jahre der Wettbewerb zwischen verschiedenen dualen Systemen.

- Dies zeigt sich – bezogen auf deren Verbrauch – in einem **Anstieg der Verwertungsquote gebrauchter Verkaufsverpackungen** von 37% (1991) auf 96% (2013). Bei Kunststoffverpackungen, deren Menge sich seit Mitte der 1990er Jahre annähernd verdreifachte, stieg die Verwertungsquote im gleichen Zeitraum von 3% auf nahezu 100%, wobei inzwischen etwa die Hälfte davon in die stoffliche, die andere Hälfte in die energetische Verwertung geht.
- **Das duale System hat hierzu einen entscheidenden Beitrag geleistet.** Die in der gelben Tonne gesammelten Wertstoffe (Kunststoff, Weißblech und Aluminium) werden derzeit zu rund 40% stofflich verwertet, indem sie als Recyclingmaterialien in neue Produkte eingehen. Von den verbleibenden LVP-Resten wird der größte Teil zu Ersatzbrennstoffen (EBS) aufbereitet und in Hochöfen oder Zementwerken energetisch verwertet, ein kleinerer Teil wird in Müllverbrennungsanlagen (MVA) entsorgt. Von den Post-Consumer-Kunststoffen geht ebenfalls ein Anteil von 40% in die stoffliche Verwertung ein, wobei im nachfolgenden Recyclingprozess bei der Verarbeitung zu Rezyklaten (Sekundärkunststoffen, also wiederverwerteten Kunststoffen aus Post Consumer-Abfällen) noch einmal Verluste in Höhe von etwa 30% anfallen.
- Zentrale Einflussfaktoren dieser Entwicklungen waren der **technische Fortschritt**, insbesondere die Einführung der automatischen Trennung und Sortierung ab Beginn der 2000er Jahre, ferner die durch die VerpackV vorgegebenen **Quoten für die stoffliche Verwertung** und die **gestiegene Akzeptanz von Recyclingprodukten**.

Die Etablierung des dualen Systems hat zusammen mit anderen komplementären Maßnahmen und technologischen Entwicklungen (etwa neuer Sortier- und Trenntechnologien und dem zunehmenden Einsatz von LVP als EBS) somit zu einem fundamentalen Wandel geführt. Während es zu Beginn der 1990er Jahre noch primär um die Entsorgung ging, entwickelten sich Kunststoff-LVP seitdem zu einer ökonomisch zunehmend wertvoller werdenden Ressource, die in verschiedenen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Einsatzfeldern Verwendung findet. Seit dem Jahr 2000 kam es dann zu einer deutlichen Ausdifferenzierung des Marktes für Post-Consumer-Rezyklate mit steigenden Qualitäten und einer zunehmenden Zahl von Produkten, bei deren Herstellung diese Rezyklate Verwendung finden konnten.

Während unter den gegebenen Bedingungen also ein funktionierendes Recyclingsystem erfolgreich etabliert werden konnte, sind die Anreize für die Vermeidung von Verpackungen im bestehenden System nach wie vor nicht ausreichend, so dass hier über eine Optimierung nachgedacht werden sollte. Die Mülltrennung der Haushalte stößt zwar auf Akzeptanz, dennoch ist der Anteil der Fehlwürfe sowohl in der grauen wie auch der gelben Tonne immer noch recht hoch. Die Betreiber von Sortieranlagen haben eher ein Interesse daran, diese aus wirtschaftlichen Gründen mit einem möglichst hohen Durchsatz zu betreiben, was aber zu Lasten der Qualität der Recyclingmaterialien gehen kann. Die gegenwärtig vorherrschenden Marktbedingungen begünstigen eine kurzfristige Orientierung der Marktteilnehmer, was längerfristig wirksame Investitionen in neue Sortieranlagen daher wenig rentabel erscheinen lässt. Die Potenziale in Hinblick auf die Sammlung und Sortierung sowie das Recycling sind demnach unter den derzeitigen Rahmenbedingungen bei weitem noch nicht vollständig ausgeschöpft.

Gegenwartsbetrachtung: Nutzen und Kosten des gegenwärtigen dualen Systems

Die Bewertung des gegenwärtigen ökonomischen Nutzens und der Kosten des dualen Systems bezieht sich auf die Auswirkungen der VerpackV auf das Recycling von Post-Consumer-LVP. Dabei wird als Vergleichssituation angenommen, dass die in der gelben Tonne gesammelten LVP ansonsten im Restmüll verblieben wären. In der Vergleichssituation wären die Systemkosten für den Aufbau des dualen Systems nicht angefallen, aber auch nicht der damit verbundene Nutzen. Es wäre alternativ natürlich auch der Aufbau eines anderen Entsorgungs- bzw. Verwertungssystems denkbar gewesen, wie z.B. der zusätzliche Bau von Anlagen zur Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA). Es ist allerdings zu bedenken, dass ein Bau von zusätzlichen MBA mit entsprechend hohen Investitionen verbunden gewesen wäre, zudem hätte es dann in Deutschland keine nennenswerte Ent-

wicklung eines Recyclings gegeben. Da sehr viele alternative Systeme außer diesem denkbar sind und es sehr aufwändig wäre, Kosten und Nutzen für diese Alternativen zu bestimmen, wird aus pragmatischen Gründen davon ausgegangen, dass die in der Gelben Tonne gesammelten LVP im Restmüll gelandet wären. Auf dieser Grundlage wurden folgende Nutzen- und Kostengrößen identifiziert:

- Die **Kostensenkung bei der Restmüllentsorgung** der durch die getrennte LVP-Sammlung des dualen Systems verringerte Restmüllmenge liegt bei **ca. 550 Mill. €**.
- Durch die stoffliche Verwertung von LVP durch das duale System werden Primärmaterialien eingespart: 318 kt **Kunststoff**, 62 kt **Aluminium** und 285 kt **Weißblech**. Das sich daraus ergebende Marktvolumen der Recyclingwirtschaft beträgt **ca. 315 Mill. €**. Der resultierende Nutzen ergibt sich aus der Preisdifferenz zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen in Höhe von 40% bei Kunststoffen sowie 30% bei Aluminium und Weißblech. Die entsprechende Kosteneinsparung und damit der Nutzen für das duale System liegt demzufolge bei **ca. 180 Mill. €**. Das duale System leistet somit auch einen **Beitrag zur Versorgungssicherheit**, da die Abhängigkeit von zu importierenden Primärmaterialien verringert wird.
- In der Recyclingbranche wird durch das duale System ferner **Beschäftigung** für **ca. 10.000 Personen** geschaffen, während die eingesparte Beschäftigung in der Primärproduktion zum Teil das Ausland betrifft.
- Durch das duale System werden insgesamt **ca. 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent** eingespart. Das schließt zum einen verminderte Emissionen durch das Recycling bzw. die energetische Verwertung ein, zum anderen die nicht anfallenden Emissionen der ansonsten erforderlichen Entsorgung mit dem übrigen Restmüll. Dies führt – bewertet mit dem Durchschnitt der CO₂-Vermeidungskosten von Maßnahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) in Höhe von etwa 85 €/t CO₂-Äquivalent – zu einem Nutzen von **ca. 230 Mill. €**.
- Ein weiterer ökonomischer Nutzen der LVP-Sammlung aus dem dualen System resultiert aus der **energetischen Verwertung von EBS**, die hauptsächlich in Hochöfen und Zementwerken erfolgt. EBS substituieren ansonsten zum

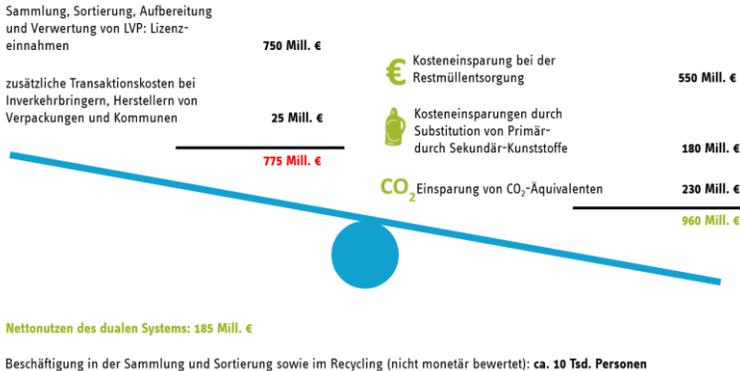
Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Einsatz kommende fossile Energieträger wie Braunkohle, Petrolkoks oder Steinkohle. Der ökonomische Nutzen besteht einerseits in den geringeren Zuzahlungen an die EBS-Aufbereiter im Vergleich etwa zu MVA in Höhe von **ca. 70 Mill. €** und der Einsparung von CO₂-Äquivalenten von **ca. 120 Mill. €**. Diese Nutzenaspekte sind bereits in der Nutzen-Kosten-Betrachtung berücksichtigt. Andererseits werden durch EBS fossile Energieträger substituiert; 2014 waren dies rund 1,3 Mill. t Kohle (32 Mill. GJ) mit einem Marktwert von **ca. 150 Mill. €**. Letzterem steht aber eine geringere energetische Ausbeute in MVA in Form von Fernwärme und Strom gegenüber, sodass insgesamt für die EBS-Nutzung kein expliziter Zusatznutzen ausgewiesen werden muss bzw. kann.

- Die **Systemkosten für die Sammlung, Sortierung, Aufbereitung und energetische – und zum Teil auch stoffliche – Verwertung der LVP** halbierten sich im Vergleich zum Jahr 2000 durch technischen Fortschritt und die Einführung des Wettbewerbs trotz seitdem verdoppelter LVP-Verwertungsmenge. Seit Mitte der 1990er Jahre kam es zu einer Halbierung der **Lizeneinnahmen**, die für LVP 2011 nur noch **ca. 750 Mill. €** betragen. Zudem fallen u.a. bei Inverkehrbringern von Verkaufsverpackungen sowie kommunalen und privaten Entsorgern **Transaktionskosten** in Höhe von **ca. 25 Mill. €** als zusätzliche Systemkosten an, die separat berücksichtigt werden müssen, da sie nicht durch Lizeneinnahmen des dualen Systems gedeckt sind.
- Der **Gesamtnutzen** des dualen Systems im LVP-Bereich liegt bei **ca. 960 Mill. €**, die **Systemkosten** in Form der Lizeneinnahmen sowie den anrechenbaren Transaktionskosten bei **ca. 775 Mill. €** (Schaubild K.1). Derzeit übersteigt demnach der Nutzen des dualen Systems die damit einhergehenden Kosten. Während der ökonomische Nutzen im Zeitablauf stetig zunahm, verringerten sich aufgrund des technischen Fortschritts und der Einführung des Wettbewerbs die Systemkosten zunehmend. Es kam somit im Zeitverlauf zu **Effizienzsteigerungen** und in dessen Folge zu einem mittlerweile deutlich **günstigeren Nutzen-Kosten-Verhältnis**.

Schaubild K.1

Ökonomische Nutzen und Kosten des dualen Systems im Jahr 2014



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Der Nutzen des dualen Systems lässt sich alternativ auch darstellen, indem man fragt, welche Kosten die Vermeidung von CO₂ durch das duale System verursachen würde. Dabei zeigt sich, dass die CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems – Saldo der Nutzen und Kosten ohne Berücksichtigung des Nutzens der CO₂-Verminderung in Relation zu den eingesparten CO₂-Äquivalenten – bei **ca. 17 € je/t CO₂-Äquivalent** liegen und damit deutlich unter denen der speziell unter Klimaschutzgesichtspunkten geförderten Maßnahmen des EEG. Sie entsprechen demnach in etwa den Kosten der günstigsten Maßnahme des EEG (Wind Onshore), das nach einer der vorliegenden Studien mit Kosten in Höhe von 19 € je t CO₂-Äquivalent verbunden ist.

Bei einer Erhöhung der Quoten gemäß dem neuen Verpackungsgesetz, der ursprünglich im Wertstoffgesetz geplanten flächendeckenden Einbeziehung der stoffgleichen Nichtverpackungen und einer gleichzeitigen Optimierung von Sortierung und Aufbereitung läge der ökonomische Nutzen des dualen Systems sogar bei **ca. 1.330 Mill. €**. In dem Fall würden sich dann aufgrund der steigenden Mengen aber auch die Lizenzeinnahmen und somit die Kosten des dualen Systems erhöhen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Die Studie zeigte im Übrigen auf, dass Deutschland im **EU-Vergleich in Bezug auf die Verwertung von LVP eine Vorreiterrolle** einnimmt. Dadurch wurde eine Infrastruktur in der Sammlung und Sortierung sowie im Recycling geschaffen, die es ermöglichen wird, auch künftig einen **nachhaltig positiven Nettonutzen** zu realisieren.

Zukunftsbetrachtung: technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings im Rahmen des dualen Systems

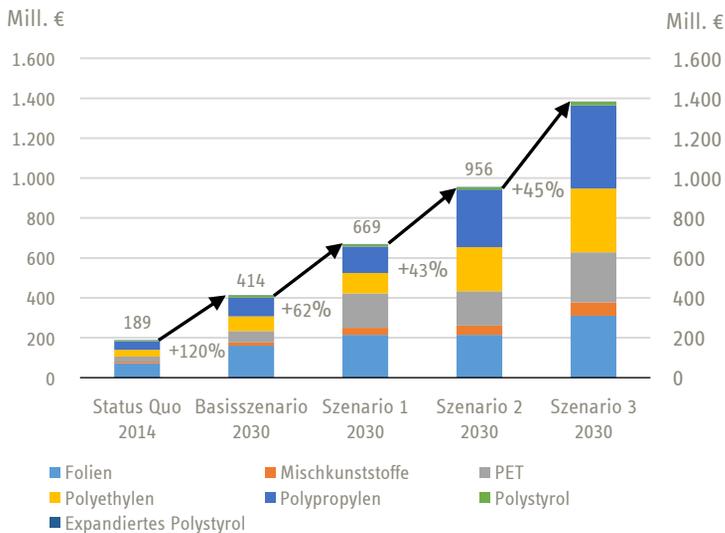
Ziel der Analyse der künftigen Entwicklung des dualen Systems ist es, bestehende **technologischer und marktliche Potenziale** zu erkunden sowie die Einflussfaktoren zu analysieren, welche die Entwicklung des dualen Systems und dessen Auswirkungen bestimmen. Dazu werden auf Basis der vorhandenen Literatur und von Expertengesprächen diese mutmaßlichen Entwicklungsprozesse untersucht. Zeitlicher Rahmen ist der Zeitraum bis zum Jahr 2030. Die berechneten Werte sind als Obergrenzen anzusehen, deren Erreichung bei einer günstigen Marktentwicklung möglich ist. Für die Preisentwicklung werden Schätzungen auf der Grundlage einer Monte-Carlo-Simulation und plausibler Annahmen vorgenommen. Für die folgenden Szenarien ergeben sich jeweils Abschätzungen für Marktmengen und Preise (Schaubild K.2):

- Im **Basisszenario** wächst der Markt für Rezyklate bei unveränderten Strukturen und Nachfragebedingungen bis 2030 durch kontinuierlich steigende Preise und ein deutliches Mengenwachstum bei Verkaufsverpackungen um 120% auf 414 Mill. €.
- Durch die Nutzung der technischen Möglichkeiten, verbesserte Rahmenbedingungen und eine günstige Nachfrageentwicklung ist gegenüber dem Status Quo eine Verdreifachung des Marktvolumens möglich (**Szenario 1**). Entscheidend ist dabei, ob neue Kundengruppen erschlossen werden können. Aus heutiger Sicht ist das Potenzial für die Ausweitung des Marktvolumens vorhanden, denn der Markt für Sekundärkunststoffe umfasst bei den relevanten Kunststoffarten schätzungsweise 5% des Marktes für Primärkunststoffe. Gleichzeitig steigt die Bereitschaft der Verpackungshersteller, auch aus Nachhaltigkeitsgründen Sekundärkunststoffe einzusetzen, deutlich.

- In **Szenario 2** wird das Recycling stoffgleicher Nichtverpackungen mitberücksichtigt, wie es im neuen Verpackungsgesetz ursprünglich angedacht war. Dies würde gegenüber einer Situation, in der die technischen Potenziale ausgereizt werden, noch einmal zu einer Erhöhung der Rezyklate-Menge um 38% und der Umsätze um 43% führen.
- Bei **Szenario 3** steigt der Preis für Recyclingkunststoffe deutlich (bei einzelnen Sorten auf 80 bis 90% des Preises für Neuware). Bis 2030 ergibt sich eine Zunahme des Marktvolumens gegenüber dem Basisszenario um 230% auf 1,4 Mrd. €. Voraussetzung hierfür ist aber eine deutliche Verbesserung der Qualität der Rezyklate.

Schaubild K.2

Auswirkungen verschiedener Faktoren auf das Marktvolumen im Jahr 2030



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Insgesamt zeigen die Szenarien, dass beim Kunststoffrecycling aus Post-Consumer-LVP bei geeigneten Rahmenbedingungen eine weiterhin positive Marktentwicklung zu erwarten ist. Diese resultiert aber nicht in erster Linie aus der – aus

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

ökologischen Gründen auch nicht wünschenswerten – Ausweitung des Einsatzes von Kunststoffverpackungen, sondern der Nutzung bestehender Möglichkeiten, das duale System effizienter zu gestalten. Um dieses Potenzial zu realisieren, müssen Fehlanreize in verschiedenen Bereichen der Recyclingkette beseitigt werden. So besteht bei den Verpackungsherstellern bislang nur ein geringes Interesse, recyclingfähige LVP herzustellen. Für die Verbraucher sollte es zudem durch entsprechende Anreize interessanter werden, Kunststoffabfälle zu trennen. Schließlich wären bei der Sortierung der LVP-Abfälle stärkere Anreize wünschenswert, um eine höhere Recyclingquote zu realisieren.

Gesamtperspektive: Wendepunkt im Recycling von Post-Consumer-LVP

Das **Recycling von Post-Consumer-LVP steht in Deutschland an einem wichtigen Wendepunkt**. Der Impuls durch die VerpackV und ihre verschiedenen Novellierungen führte zur Etablierung eines funktionierenden Marktes für Post-Consumer-Rezyklate geringerer und mittlerer Qualität, gleichzeitig sind im bestehenden System noch **Fehlanreize** festzustellen, die mit dafür verantwortlich gemacht werden können, dass sich noch kein Markt für hochwertige Rezyklate etabliert hat. In der Sammlung und Sortierung werden die Potenziale nicht ausgeschöpft und beim Recycling haben sich Hersteller etabliert, die in der Regel Polyolefine (PO) zu Rezyklaten niedriger bis mittlerer Qualitäten verarbeiten. Der Trend zu höherwertigen Rezyklaten hat sich dagegen aufgrund der Marktbedingungen – fehlende Sicherheit in Hinblick auf Qualität und Menge der Inputmaterialien, nicht vorhandene Vertriebskanäle und Kunden – nur langsam entwickelt.

Auch das Thema **Nachhaltigkeit oder Corporate Social Responsibility (CSR)** hat in den vergangenen Jahren bei vielen für das Kunststoffrecycling potenziell wichtigen Kunden an Bedeutung gewonnen, insbesondere bei *Brand Owners* und Einzelhandelsunternehmen. Die gestiegene Fokussierung auf CSR hat zu einer größeren Offenheit und einem gewachsenen Interesse der Unternehmen verschiedener Wertschöpfungsstufen am Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten geführt. Diese Entwicklung ist keine „Eintagsfliege“ und wird auch in Zukunft zu einer steigenden Akzeptanz gegenüber Produkten aus Post-Consumer-Rezyklaten beitragen. Aufgrund von CSR beschäftigen sich Unternehmen intensiver mit dem möglichen

Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten in neuen Marktfeldern, in denen diese bislang noch nicht zum Einsatz kommen. In den Marktfeldern, in denen bereits Rezyklate eingesetzt werden, sind die künftigen Wachstumschancen überwiegend begrenzt, daher muss nach neuen Einsatzfeldern gesucht werden. Rezyklate werden dann verstärkt zum Einsatz kommen, wenn deren Verfügbarkeit bei konstanten Qualitäten mit Kostenvorteilen gegenüber Primärmaterialien verbunden ist.

Produkt-Ökobilanzen wurden von der Deutschen Gesellschaft Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH (DKR) für Produkte erstellt, die unter der Marke Systalen angeboten werden. Dabei wird der gesamte Produktlebensweg von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung des Produktes in Hinblick auf Umweltwirkungen erfasst. Die Erstellung von Produkt-Ökobilanzen ist als sinnvoll zu erachten und stellt ein zusätzliches Verkaufsargument am Markt für Systalen und für die Kunden dar. Insbesondere die Kommunikation der Produkt-Ökobilanzen wird dabei als sehr positiv für den Vertrieb von Produkten aus Rezyklaten angesehen, gegenüber Preis- und Kostenaspekten sind sie für den Einsatz von Rezyklaten allerdings von eher nachrangiger Bedeutung.

Für die **weitere Marktentwicklung und die Entwicklung neuer Marktfelder** sind zusätzliche Impulse erforderlich, die durch geänderte Rahmenbedingungen ausgelöst werden könnten. Das neue **Verpackungsgesetz** könnte dies leisten. Die erhöhten stofflichen Verwertungsquoten würden den Marktdruck auf ineffiziente Sortieranlagen erhöhen und damit deren Modernisierung bzw. Ausscheiden aus dem Markt zur Folge haben. Ferner würde dies zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit von Materialien für das stoffliche Recycling führen. In Verbindung mit einer ökologischen Gestaltung der Beteiligungsentgelte würden zudem Anreize für eine verbesserte Rezyklierbarkeit von Verpackungen und die Erhöhung des Einsatzes von Rezyklaten geschaffen.

Zu erwarten ist, dass bei der Umsetzung des Verpackungsgesetzes zunächst das Recyclingmaterial für qualitativ einfachere Produkte deutlich steigt, um die Quoten zu erreichen. Damit sind aber auch die Voraussetzungen für die Etablierung eines Marktes für Premium-Rezyklate günstig:

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

1. Die erforderlichen **Technologien im Bereich des Recyclings** (etwa Heißwaschen und Farbsortierung von Flakes) sind bereits heute vorhanden und werden in anderen Bereichen des Kunststoffrecyclings schon mit Erfolg eingesetzt.
2. Der **Trend zu mehr Nachhaltigkeit** (CSR, ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte) führt z.B. auf der Seite der Einzelhandelsketten und *Brand Owner* zu einer erhöhten Aufgeschlossenheit gegenüber Rezyklaten.
3. Die **ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte** schafft einen zusätzlichen monetären Anreiz für den Einsatz von Rezyklaten. Auch wenn das Ausmaß dieses Anreizes von der tatsächlichen Preisgestaltung abhängig wäre, ist das Signal, das damit verbunden wäre, nicht zu unterschätzen.
4. Durch die **steigende Menge an Kunststoffen für das Recycling**, die aus dem neuen Verpackungsgesetz resultieren werden, wird von der Angebotsseite her Druck entstehen, in neue und gleichzeitig höherwertige Marktfelder vorzustoßen.
5. Auch ein Teil der bereits **etablierten Kunden** würde Premium-Rezyklate nachfragen, wenn diese im Vergleich zu Primärware preislich attraktiv sind und die nachgefragten Eigenschaften aufweisen (etwa in Hinblick auf Geruch, Farbe und Konsistenz).
6. Es gibt schon **Aktivitäten von Primärkunststoffherstellern, die auf ein Interesse an der Erstellung großindustrieller Anlagen für die Herstellung von Rezyklaten** hinweisen. Erfahrungen aus anderen Bereichen (z.B. dem Papierrecycling) zeigen, dass die Industrialisierung des Recyclings mit einhergehenden höheren Produktqualitäten eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

Die vorliegende Untersuchung kommt zu dem Schluss, dass all dies über die gezielte Weiterentwicklung und Optimierung des bestehenden Systems erreicht werden kann. An den Grundsätzen, die bereits der VerpackV zugrunde liegen – insbesondere dem Vorrang der Vermeidung vor der Verwertung –, sollte dabei festgehalten werden.

1. Untersuchungsauftrag

1. Untersuchungsauftrag

Ziel der Etablierung eines dualen Systems als zweite Säule neben der kommunalen Müllentsorgung war es, außer Altglas sowie Papier, Pappe und Karton (PPK) auch Leichtverpackungen (LVP) aus dem Post-Consumer-Bereich getrennt zu sammeln und zu sortieren, um daraus Recyclingmaterialien wie Kunststoff, Aluminium und Weißblech zu gewinnen und wieder in den Wirtschaftskreislauf einfließen zu lassen. Grundlage für die Sammlung und Verwertung gebrauchter Post-Consumer-Verkaufsverpackungen war die Verpackungsverordnung (VerpackV), die auf dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) basierte und deren ursprüngliche Fassung aus dem Jahr 1991 stammt (zuletzt geändert im Jahr 2014). Am 1.1.2019 wird die VerpackV ersetzt durch das „Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen“, kurz Verpackungsgesetz (VerpackG), das am 30.3.2017 vom Deutschen Bundestag beschlossen wurde (zur Beschlussfassung siehe BMUB 2017).

Durch diese zweite Säule der Abfallentsorgung sollten zudem Produkt- und Prozessinnovationen im Bereich der Wertstoffrückgewinnung aus Post-Consumer-Verpackungsabfällen generiert werden, verbunden mit positiven Umweltwirkungen, einer Verringerung der Abhängigkeit von Rohstoffimporten und einer Einsparung fossiler Energieträger. Das duale System ist nach § 6 Abs. 3 der VerpackV ein Systembetreiber, welcher die Abholung gebrauchter Verpackungen bei den Endverbrauchern sicherstellen und die in seinem Sammelsystem erfassten Verpackungen einer stofflichen oder energetischen Verwertung zuführen soll. Es war dabei nicht von vornherein auf die Optimierung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ausgerichtet, im Vordergrund stand zunächst vielmehr die Etablierung einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Kreislaufwirtschaft, wobei schon zu Beginn klar war, dass dies anfänglich mit in Relation zum Nutzen recht hohen Kosten verbunden sein würde.

In den vergangenen Jahren wurde das duale System im Rahmen verschiedener Studien untersucht. Aspekte waren in dem Zusammenhang zum einen Evaluierungen der VerpackV (z.B. bifa 2011), zum anderen Untersuchungen der Auswirkungen des dualen Systems auf die Umwelt und den Klimaschutz (Öko-Institut

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

2002; Steinfeld 2002; Dehoust et al. 2014): Ferner wurden auch die Auswirkungen geänderter Rahmenbedingungen untersucht, wie z.B. höherer Verwertungsquoten durch die VerpackV (Schlitte et al. 2012; Dehoust und Christiani 2012). Die Bundesregierung betonte in einer Antwort auf eine Kleine Anfrage die ökologische Effektivität und ökonomische Effizienz des dualen Systems (Deutscher Bundestag 2013). Vertiefende Untersuchungen, etwa der Technologieentwicklung in der Mülltrennung, der Auswirkungen des Recyclings auf die Marktentwicklung oder des Nutzens bzw. der Kosten der dualen Systeme, erfolgten im Rahmen der meisten Studien aber bestenfalls sporadisch. Prognos (2002) fokussierte sich dabei auf den Beitrag des dualen Systems zu einer nachhaltigen Entwicklung, weniger auf Nutzen-Kosten-Überlegungen. Schulze und Straubhaar (2010) legten den Schwerpunkt auf die Rolle ökonomischer Grundsätze zur Erreichung der ökologischen Ziele der Abfallgesetzgebung. Darauf basierend wurden zur Verbesserung des gesamten Systems eine Umgestaltung des institutionellen Rahmens und das Zulassen eines stärkeren Wettbewerbs im Recycling empfohlen, um Anreize zur Nutzung technischer Potentiale und zur Steigerung der Kosteneffizienz des gesamten Systems zu schaffen. Eine Untersuchung zu den Auswirkungen der Wettbewerbsöffnung für weitere Unternehmen im Rahmen des dualen Systems wurde vom Bundeskartellamt durchgeführt (Bundeskartellamt 2012).

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel der Untersuchungen in dieser Studie, die im Auftrag der Duales System Deutschland GmbH (DSD) vom RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung erstellt wurde, den ökonomischen Nutzen der haushaltsnahen Sammlung, Sortierung und Verwertung von Post-Consumer-LVP durch das duale System zu analysieren und zu bewerten sowie mögliche künftige Entwicklungslinien aufzuzeigen. Zur Sicherstellung der wissenschaftlichen Qualität wurde die Erstellung der Studie einem *Critical Review*-Prozess unterzogen, in dessen Rahmen Prof. Dr. Jens Horbach (Hochschule Augsburg) Datengrundlage und Vorgehensweise einer kritischen Prüfung unterzog. In der Studie wird wie folgt vorgegangen:

- *Kapitel 2* stellt **das Untersuchungskonzept und die Datengrundlage** vor.
- *Kapitel 3* skizziert die Entwicklung des dualen Systems seit dessen Etablierung zu Beginn der 1990er Jahre (**Vergangenheitsbetrachtung**). Dabei wird

1. Untersuchungsauftrag

auch der Einfluss von Rahmenbedingungen, technologischen Entwicklungen sowie Preis- und Mengenentwicklungen in den vom dualen System adressierten Märkten aufgezeigt.

- *Kapitel 4* analysiert die gegenwärtige Situation des dualen Systems (**Gegenwartsbetrachtung**). Die zentralen Nutzenaspekte und die Systemkosten werden identifiziert und – soweit möglich – quantifiziert. Auf dieser Grundlage wird eine Gesamtbewertung der gegenwärtigen Situation des dualen Systems vorgenommen.
- *Kapitel 5* betrachtet die Einflussfaktoren der künftigen Markt- und Technologieentwicklung (**erster Teil der Zukunftsbetrachtung**). Dabei wird gefragt, welche konkreten Verbesserungen sich aus dem technischen Fortschritt in der Sammlung, Sortierung und im Recycling ergeben, welche Marktentwicklungen bereits jetzt absehbar sind und worin die Herausforderungen bestehen, die sich aus deren Entwicklung in den kommenden Jahren ergeben werden. Eine wichtige Frage ist in diesem Zusammenhang, wie relevant Corporate Social Responsibility und Produkt-Ökobilanzen für Rezyklate (Sekundärkunststoffe, also wiederverwertete Kunststoffe aus Post Consumer-Abfällen) in Hinblick auf die künftige Entwicklung sein werden.
- *Kapitel 6* untersucht die in längerfristiger Perspektive erkennbaren Zusammenhänge zwischen Rahmenbedingungen, Innovationen und Technologieentwicklungen sowie ökonomischen Kenngrößen der Marktentwicklung für Rezyklate aus dem dualen System bis zum Jahr 2030 (**zweiter Teil der Zukunftsbetrachtung**). Dabei werden anhand verschiedener Szenarien mögliche Entwicklungslinien skizziert und die Voraussetzungen für deren Eintreten diskutiert.

Aus diesen Betrachtungen und Analysen ergibt sich schließlich ein Gesamtbild der ökonomischen Auswirkungen des dualen Systems in Bezug auf die Markt- und Technologieentwicklung seit Anfang der 1990er Jahre, von der gegenwärtigen Effektivität des Systems sowie den möglichen künftigen Entwicklungslinien.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

2. Untersuchungskonzept und Datengrundlage

2.1 Untersuchungskonzept

Bei der Durchführung der vorliegenden Studie werden Methodik und Herangehensweise in den einzelnen Untersuchungsmodulen an die zu untersuchenden Fragestellungen und die Datenverfügbarkeit angepasst. Während die verfügbaren quantitative Kenngrößen den Rahmen darstellen, gehen aus den geführten 17 Expertengesprächen wichtige Aussagen über Zusammenhänge und Einschätzungen hervor.¹ Darüber hinaus wird zu Einzelaspekten auf die Ergebnisse vorliegender Studien Bezug genommen. Untersuchungsleitend sind dabei die folgenden Forschungsfragen relevant:

- Welche Entwicklungen haben sich in Bezug auf die Verwertung von Sekundärrohstoffen aus LVP in den Bereichen Sammlung, Sortierung, Trennung, Recycling und Verarbeitung in der Vergangenheit gezeigt?
- Wie hat sich das duale System in Bezug auf die Verwertung von LVP auf die verschiedenen gegenwärtigen Nutzen- und Kostenaspekte ausgewirkt?
- Wie sehen die künftigen Entwicklungslinien aus und welche Auswirkungen sind von unterschiedlichen Rahmenbedingungen auf ökonomische Kenngrößen zu erwarten?

Die zuvor skizzierten drei Untersuchungsmodule betreffend wird methodisch wie folgt vorgegangen:

- **Methodik im Rahmen der Vergangenheitsbetrachtung:** Zunächst wird auf Basis der Expertengespräche ein Gesamtmodell des Kunststoffrecyclings gezeichnet, das die Interdependenzen zwischen den beteiligten Akteuren und die Rolle der relevanten Märkte aufzeigt. Auf dieser Grundlage werden die

¹ Die Namen der Interviewpartner werden nicht genannt, da den Gesprächspartnern Vertraulichkeit zugesichert wurde. Die Protokolle sind von 1 bis 17 durchnummeriert und werden in der vorliegenden Studie an den entsprechenden Stellen, an denen aus den Gesprächen gewonnene Erkenntnisse verwendet werden, als Quellen angeführt.

2. Untersuchungskonzept und Datengrundlage

verschiedenen Determinanten der Technologie- und Marktentwicklung herausgearbeitet. Darauf aufbauend wird die Entwicklung der Sekundärrohstoffmärkte im Post-Consumer-Bereich skizziert, wobei ein besonderer Fokus auf die vom dualen System gesammelten Post-Consumer-Kunststoffe gerichtet wird, für einige zentrale Indikatoren aber auch auf die aus der gelben Tonne wiedergewonnenen Metalle (Aluminium und Weißblech) sowie auf PPK und Glas. Die Entwicklungen werden für den Zeitraum von 1990 bis 2014 dargestellt und dabei die Rolle der dafür maßgebenden rechtlichen, technologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen untersucht.

- **Methodik im Rahmen der Gegenwartsbetrachtung:** Die gegenwärtigen ökonomischen Auswirkungen des dualen Systems werden anhand einer Bewertung der verschiedenen Nutzen- und Kostenkomponenten der Verwertung von Post-Consumer-LVP aus der gelben Tonne analysiert. Die Untersuchungen stützen sich dabei im Wesentlichen auf eigene Berechnungen, zum Teil aber auch auf die Ergebnisse vorliegender anderer Studien. Als Vergleichssituation wird angenommen, dass die Abfallmengen, die zurzeit in der gelben Tonne gesammelt werden, ansonsten im Restmüll verblieben wären. Als Ergebnis wird die Frage beantwortet, inwieweit und in welcher Größenordnung das duale System in Bezug auf die Verwertung von LVP zu einem positiven Nettonutzen führt.
- **Methodik im Rahmen der Zukunftsbetrachtung (I):** Die Untersuchung der Einflussfaktoren von Markt- und Technologieentwicklung und von der Rolle von CSR und Produktökobilanzen basierte auf einem qualitativen Methodenmix. Dabei spielte einerseits eine Untersuchung und Darstellung der umfangreichen betriebswirtschaftlichen und umweltökonomischen Literatur zu CSR und Produktökobilanzen eine wichtige Rolle. Darüber hinaus wurden technische wie marktliche Besonderheiten des Kunststoffrecyclings, die häufig implizites Wissen darstellen und vielfach nicht in Publikationen zu finden sind, auf Basis von Expertengesprächen eruiert. Zur Nutzung von Produktökobilanzen und CSR durch wichtige Brandowner und Lebensmitteleinzelhandelsketten wurde eine Analyse der im Internet verfügbaren Informationen vorgenommen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- **Methodik im Rahmen der Zukunftsbetrachtung (II):** Die Analyse der zu erwartenden künftigen Entwicklungen ist für die Bewertung der ökonomischen Auswirkungen des dualen Systems essentiell. Für die Szenarien ist dabei die Berücksichtigung des Einflusses der Rahmenbedingungen auf die Technologieentwicklung sowie die Interdependenz zwischen der Technologie- und Marktentwicklung von besonderer Bedeutung. Zur Projektion der Entwicklungstendenzen unter alternativen Rahmenbedingungen kommen ökonometrisch basierte Prognosen und Monte-Carlo-Simulationen zum Einsatz. Aus der Gegenüberstellung der Simulationsergebnisse der verschiedenen Szenarien wird abgeleitet, welche Auswirkungen mit der Veränderung von Parametern auf das Gesamtsystem verbunden sind. Neben einem Basisszenario, das die trendmäßige Fortschreibung des Status Quo umfasst, werden drei Alternativszenarien entwickelt, um die Auswirkungen der Änderungen von Markt- und Rahmenbedingungen sowie von Technologieentwicklungen aufzuzeigen.

2.2 Daten- und Informationsgrundlage

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Studie stützen sich auf diverse Datenquellen. Dabei wird sowohl auf amtliche und private Daten als auch auf solche von Verbänden sowie Informationen aus Expertengesprächen zurückgegriffen (Übersicht 2.1).

Im Folgenden noch einige ergänzende Informationen zu einigen der im Rahmen der vorliegenden Studie genutzten Datenquellen:

- **Destatis – Statistisches Bundesamt:** Für die Abgrenzung der Recyclingbranche wurde die Klassifikation der Wirtschaftszweige WZ 2008 des Statistischen Bundesamts herangezogen (Destatis 2008). In der WZ 2008 ist das duale System Teil des Bereichs Rückgewinnung sortierter Werkstoffe (WZ-Position 38.32). Die Auswertung von Daten nach dieser Gliederung war allerdings insofern eingeschränkt, da aus Geheimhaltungsgründen Angaben zu Produktion, Umsatz und Beschäftigung nur auf 3-Stellerebene für den Bereich Rück-

2. Untersuchungskonzept und Datengrundlage

gewinnung (WZ-Position 38.3) bereitgestellt werden, wozu auch die Zerlegung von Schiffs- und Fahrzeugwracks und anderen Altwaren zählt. Aus der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes wurden Daten zu Mengen und Preisen von Primärkunststoffen herangezogen. Da diese Daten sehr tief nach einzelnen Gütern gegliedert sind, konnten hieraus auch Informationen über die Preisentwicklung von Primärkunststoffen entnommen werden.

Übersicht 2.1 Datenquellen und Art der Daten

Datenquellen	Art der Daten
Daten aus amtlichen Quellen	
Destatis – Statistisches Bundesamt	Umsätze der Recyclingwirtschaft (Umsatzsteuerstatistik), Input-Output-Tabellen
Eurostat	Abfallanfall und -verwertung, Recyclingquoten und Lizenzgebühren in der EU
Bundeskartellamt	Lizenzumsätze des dualen Systems
Umweltbundesamt	Aufkommen und Herkunft von Abfällen
Daten privater Anbieter	
KI – Kunststoff Information	Primär- und Sekundärkunststoffpreise
HWWI	Transaktionskosten der VerpackV
DKR Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH	Preise der Rezyklate und der Sekundärrohstoffe Aluminium und Weißblech
DSD Duales System Deutschland GmbH	Unternehmensdaten zum dualen System, Branchendaten
Öko-Institut	Mengengerüst und CO ₂ -Bilanz für LVP
GVM – Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH	Verwertungsmengen für Kunststoff, Aluminium, Weißblech, PPK und Altglas
Experteneinschätzungen	
Gespräche mit Experten aus verschiedenen Bereichen des LVP-Recyclings	Technologie- und Marktentwicklungen

Quelle: Eigene Darstellung.

- **KI – Kunststoff Information:** Die Preise für Primär- und Sekundärkunststoffe wurden von der Internet-Plattform der „KI – Kunststoff Information“ durch

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

ein Internet-Abonnement bezogen („KI – Kunststoffinformation“ 2015).² Die Preisdaten wurden bei der Bewertung der Marktentwicklung in der Vergangenheit verwendet. Darüber hinaus sind sie in die Bewertung des Marktvolumens eingeflossen und bildeten eine wichtige Ausgangsgröße für die Entwicklung der Zukunftsszenarien.

- **Öko-Institut:** Das LVP-Mengengerüst und die durch das duale System hervorgerufenen CO₂-Einsparungen wurden vom Öko-Institut mit DSD abgestimmt. Sie werden vom RWI für die Untersuchung des Nutzens und der Kosten sowie die Simulationen der Szenarien übernommen. Weiterhin wird das Mengengerüst der vom Öko-Institut angenommenen technologischen Potenziale übernommen, das sich aus der Optimierung des Gesamtsystems ergibt.
- **GVM:** Die Verwertungsmengen werden aus den Studien über das Aufkommen und die Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland entnommen, welche die GVM im Auftrag des Umweltbundesamtes jährlich erstellt (GVM 2010 und 2015).
- **Expertengespräche:** Die im Rahmen der Erstellung der Studie geführten Gespräche mit ausgewählten Experten ermöglichten es, Informationen über die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Märkte für Sekundärkunststoffe sowie über deren Entwicklung zu erlangen. Darüber hinaus konnte auf dieser Basis die Rolle von Rahmenbedingungen untersucht sowie der Einfluss des bisherigen und künftigen technischen Fortschritts bewertet werden. Weiterhin waren die Gespräche von großer Bedeutung, um fehlende statistische Angaben zu ergänzen und Zwischenergebnisse zu diskutieren. Neben je drei Expertengesprächen mit Vertretern von DSD und DKR wurden in einer ersten Gesprächswelle Interviews mit Vertretern von drei Recyclingunternehmen aus dem Bereich des dualen Systems, zwei Recyclingunternehmen aus dem Post-Industrial-Bereich und einem Vertreter einer für das duale System tätigen Sortieranlage geführt. In einer zweiten Welle von Expertengesprächen

² Die Autoren danken an dieser Stelle der „KI – Kunststoff Information“ für die Genehmigung, ihre Daten für die vorliegende Studie nutzen zu dürfen.

2. Untersuchungskonzept und Datengrundlage

wurden neun weitere Expertengespräche geführt, u.a. mit Vertretern des dualen Systems, mit Recyclingunternehmen, mit Herstellern von Recycling- und Sortieranlagen sowie mit Vertretern der Chemischen Industrie und von Dienstleistern. Somit flossen die Erkenntnisse aus insgesamt mehr als 20 Expertengesprächen in die Durchführung der Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Studie ein (zu den Leitfäden für die Gespräche mit den Unternehmen siehe Anhang), darüber hinaus aus zehn projektbegleitenden Gesprächen mit dem Auftraggeber.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

3.1 Vorgehensweise bei der Analyse der Entwicklung seit 1990

Die Untersuchung der Entwicklung seit dem Jahr 1990 verfolgt das Ziel, die Elemente im Gesamtsystem des Kunststoffrecyclings, welche im Rahmen des dualen Systems zusammenwirken, zu analysieren. Auf diese Weise lässt sich die Funktionsweise des dualen Systems darstellen, auf deren Basis dann die Gegenwart (Kapitel 4) und die Zukunft (Kapitel 5 und 6) betrachtet werden. Zudem lassen sich der Einfluss und das Zusammenwirken von institutionellen Rahmenbedingungen und technischem Fortschritt im Kunststoffrecycling auf dieser Basis untersuchen, um zu zeigen, welche Bedeutung die Rahmenbedingungen haben und welche technologischen Potenziale in der Vergangenheit bereits genutzt wurden. Schließlich wird noch die Entwicklung der relevanten Mengen- und Preisgrößen beim LVP-Recycling betrachtet.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich letztendlich ein Bild, wie die verschiedenen Einflussgrößen der Marktentwicklung in der Vergangenheit zusammenwirkten. Die Untersuchung der Elemente und Treiber des Gesamtsystems sowie der Rolle des technischen Fortschritts und der Rahmenbedingungen basiert dabei hauptsächlich auf Experteninterviews und Ergebnissen anderer Studien. Demgegenüber werden bei der Analyse der Entwicklung der Mengen- und Preisgrößen in der Vergangenheit verschiedene Datenquellen genutzt und – wo sich dies als sinnvoll erweist – miteinander kombiniert.

3.2 Das Gesamtsystem: Elemente und Treiber

Die Technologie- und Marktentwicklung ist in der Abfallwirtschaft – genauso wie in allen anderen Wirtschaftsbereichen – auch abhängig von den jeweiligen gesetzlichen und marktlichen Rahmenbedingungen. In Bezug auf das Recycling hat das KrWG mit seiner Priorisierung von Müllvermeidung und vor den sonstigen Verwertungswegen dem Recycling sowie die entsprechende Umsetzung in der VerpackV zu gänzlich neuen Rahmenbedingungen geführt, die sowohl das Markt-

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

als auch das Innovationsgeschehen in diesem Bereich in erheblichem Maße beeinflusst haben. Durch die Etablierung des dualen Systems als Systembetreiber für die Sammlung und Verwertung von gebrauchten Verpackungsabfällen im Post-Consumer-Bereich wurde die Grundlage für die Entstehung eines Marktes aus recycelten LVP geschaffen.

Auf dieser Grundlage entstand beispielsweise für das Kunststoffrecycling ein interdependentes System, in dem unterschiedliche Akteure zusammenwirken und dessen Anreizstruktur innerhalb des Gesamtsystems angelegt ist, wie Schaubild 3.1 zeigt. Hierin sind für die jeweiligen Positionen die Treiber der Marktentwicklung aufgeführt. Die Erkenntnisse über das Zusammenwirken der Elemente des Gesamtsystems gehen insbesondere auf Expertengespräche zurück. Die ersten vier Positionen zeigen den Weg der Verpackungsabfälle auf, der vom dualen System mit dem Ziel der Verwertung der Kunststoffverpackungen organisiert wird. Die Verpackungen der von den privaten **Haushalten** als Endverbraucher konsumierten Produkte, die in der gelben Tonne bzw. dem gelben Sack erfasst werden, verringern dabei deren Entsorgungskosten für die übrigen Haushaltsabfälle in der grauen Tonne (Position 1 in Schaubild 3.1 und Übersicht 3.1).

Menge und Qualität der gesammelten Stoffe werden durch den Informationsgrad und die Motivation der Haushalte sowie verfügbare Sammelsysteme und Anreize zur Abfalltrennung determiniert. Die gesammelte Wertstoffmenge bestimmt die wiederverwertbare Menge und im weiteren Verlauf des Verwertungsprozesses die Menge und Qualität der Rezyklate. Die Menge an verfügbaren Wertstoffen wird letztendlich durch den Umfang bei der **Sammlung** bestimmt (Position 2). Eine entscheidende Rolle beim Kunststoffrecycling nehmen die **Sortierung** und die dabei verwendeten Technologien zur Wertstofftrennung ein (Position 3). Die Anreize für die Qualität der Sortierung (z.B. Erlösaspekte) beeinflussen dabei die Sortenreinheit und Zusammensetzung der Fraktionen, die aus den Sortieranlagen hervorgehen. Bis zu diesem Punkt entscheidet sich auch, ob mit den realisierten Recyclingquoten die vorgegebenen Ziele der VerpackV erreicht werden. Die sortierten Wertstoffe gehen dabei in der Regel als Ballenware in das **Recycling** ein und die Recyclingunternehmen erstellen daraus Rezyklate, die dann als Sekundärkunststoffe für die Herstellung neuer Produkte zur Verfügung stehen (Position 4).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 3.1

Gesamtsystem des Kunststoffrecyclings im Rahmen des dualen Systems



Quelle: Eigene Darstellung.

Übersicht 3.1

Position und Treiber der Sekundärkunststoffmärkte und deren Auswirkungen

Position	Treiber	Auswirkungen auf den Sekundärrohstoffmarkt
1 Haushalte	Wertstofftrennung	Regranulate-Qualität/Menge
2 Sammlung	Umfang der Erfassung (Wertstofftonne, Zuführung zur Trennung)	Menge an Wertstoffen, Regranulate
3 Sortierung	Trenntechnologie, Trennprozess, Recyclingquoten (kaum: Marktsituation)	Menge, Qualität an Wertstoffen, Regranulate
4 Recycling	Technologie, Preise, kaum Interdependenzen mit anderen Marktfeldern	Menge/Qualität an Sekundärkunststoff
5 Kunststoffverarbeitung	Preise für Primär- versus Sekundärkunststoff	Nachfragemenge, nachgefragte Qualitäten
6 Abnehmer der Sekundärkunststoffprodukte	Akzeptanz durch Abnehmer (Konsumenten, andere Branchen)	veränderte Nachfrage nach Sekundärkunststoffprodukten
7 Erst-Inverkehrbringer von Verpackungen	Menge, Zusammensetzung der Verpackungen, Lizenzgebühren	teilweise: Nachfrage nach Sekundärkunststoffen, Recyclingfähigkeit der Produkte

Quelle: Eigene Darstellung.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Auf dem Markt für Sekundärkunststoffe stehen dann Rezyklate aus verschiedenen Materialien und unterschiedlicher Herkunft zur Verfügung – Reste aus der Industrieproduktion, Gewerbe- oder Post-Consumer-Verpackungen. Neben Rezyklaten werden in diesem Marktsegment aber auch Kunststoff-Flakes und Kunststoff-Mahlgut zur weiteren Verarbeitung angeboten. Menge und Qualität der angebotenen Sekundärkunststoffe sind abhängig von der Sortenreinheit der Ballenware und bestimmen entscheidend die weiteren Verwendungsmöglichkeiten. Das Angebot an den jeweiligen Kunststoffen setzt sich jedoch nicht nur aus dem Output des Kunststoffrecyclings aus dem dualen System zusammen, sondern darüber hinaus auch aus dem Recycling aus anderen Systemen – etwa dem Recycling von Polyethylenterephthalat (PET) und dem Output von Industriekunststoffen. Hierzu gehören Produktionsreste, die teilweise einen höheren Reinheitsgrad als Kunststoffe aus dem dualen System aufweisen, und sich daher auch besser recyceln lassen. Die Sekundärkunststoffe werden von der kunststoffverarbeitenden Industrie nachgefragt und gehen dann in die **Kunststoffverarbeitung** ein (Position 5).

Die im Rahmen der Untersuchungen geführten Expertengespräche ergaben, dass die Märkte für Sekundärkunststoffe aus dem dualen System und aus Industriekunststoffen in der Vergangenheit eher voneinander getrennt waren, obwohl die verwendeten Technologien der in den einzelnen Segmenten tätigen Unternehmen recht ähnlich sind. Der Grund dafür liegt u.a. darin, dass es sich bei den Industriekunststoffen häufig um höherwertige technische Kunststoffe handelt (beispielsweise aus der Automobilindustrie).³

Auch die Nachfrage nach Sekundärkunststoffen differenziert sich in verschiedene Marktsegmente. Für die hier durchgeführte Untersuchung sind nur die Segmente für Volumenkunststoffe relevant, die bei LVP Verwendung finden. In diesem Bereich setzt immer noch ein erheblicher Teil der Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie keine Sekundärkunststoffe ein. Das hat damit zu tun, dass es

³ *Der Markt für das Recycling von Industriekunststoffen existiert – anders als der für Post-Consumer-Kunststoffe – schon seit mehr als 50 Jahren und weist daher eine relativ stabile Marktentwicklung auf.*

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

erstens aufgrund bestehender lebensmittelrechtlicher Bestimmungen nur unter strengen Auflagen möglich ist, Recyclingkunststoffe bei Verpackungen von Lebensmitteln einzusetzen (Europäische Kommission 2008). Zweitens sind in vielen Bereichen die Anforderungen an die Qualität der Kunststoffe für den Einsatz von Recyclingkunststoffen aus Post-Consumer-LVP hoch. Drittens sind mit dem Einsatz von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP bestimmte Anforderungen an den Produktionsprozess verbunden, die ein entsprechendes Wissen über Materialeigenschaften und die Verarbeitung von Kunststoff-Rezyklaten voraussetzen. Gegenüber der Ware aus Primärkunststoffen ist die Qualität der Recyclingprodukte (physikalische Eigenschaften, Geruch, Farbkonstanz usw.) immer noch geringer, auch wenn die Qualität in der Vergangenheit deutlich zugenommen hat. Diese Aspekte führen letztendlich dazu, dass die Vergrößerung des Marktvolumens durch die Gewinnung neuer Unternehmen in der kunststoffverarbeitenden Industrie eine intensive Marktbearbeitung bei den Recyclingunternehmen erfordert. In welchem Umfang Sekundärkunststoffe in der Kunststoffverarbeitung zum Einsatz kommen, hängt neben deren Preis und dem für Primärkunststoffe auch davon ab, ob die erforderlichen Qualitäten auch verfügbar sind. Da der Preis für Primärware aufgrund der hohen Korrelation mit dem Rohölpreis im Zeitablauf starken Schwankungen unterliegt, wirken sich diese kurzfristigen Fluktuationen (etwa in Form variierender Nachfrage) auch auf den Markt für Sekundärkunststoffe aus. Insbesondere bei einem stark sinkenden Preis für Primärware kann die Nachfrage nach Sekundärkunststoffen vorübergehend zurückgehen.

Hinsichtlich der Nutzung von Sekundärkunststoffen ist zudem von Bedeutung, dass die Nachfrage nach Recyclingmaterialien in unterschiedliche Segmente zerfällt. Mit der Verfügbarkeit von Mischkunststoffen ist ein Marktsegment entstanden, das den zu einem sehr geringen Preis verfügbaren Mischkunststoff für die Herstellung einfacher Produkte nutzt. Dieses Segment weist aufgrund des hohen Preisunterschieds zu anderen Kunststoffen nur eine geringere Substituierbarkeit mit anderen Bereichen des Sekundärkunststoffmarkts auf. Bei anderen Kunststofffraktionen gibt es je nach Anwendungsfeld unterschiedliche Anforderungen an die Qualität des Materials, was dann auch zu unterschiedlichen Preisen führt. Darüber hinaus sind für die Nachfrage nach Recyclingkunststoffen zunehmend

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

auch die Unternehmensstrategien relevant, die immer häufiger eine Orientierung an einem nachhaltigen Wirtschaften als Unternehmensziel beinhalten, was zu einer Ausweitung der Nachfrage nach Sekundärkunststoffen führt.

Relevant sind schließlich die **Abnehmer der Sekundärkunststoffprodukte** (Position 6). Hier kommt es auf die Akzeptanz dieser Produkte an, wobei nicht nur private Endverbraucher angesprochen sind, sondern auch Unternehmen, die Produkte aus Sekundärkunststoffen für ihre Zwecke nutzen. In dem Maße, in dem Produkte aus Sekundärkunststoffen auch als Verpackungsmaterial genutzt werden, gelangen sie schließlich wieder über die sogenannten **Erst-Inverkehrbringer von Verpackungen** zu den Konsumenten (Position 7). Wichtige Treiber sind an dieser Stelle neben der verfügbaren Menge von Verpackungsmaterialien aus Sekundärkunststoffen auch die Lizenzgebühren des dualen Systems, die für die in Verkehr gebrachten Verpackungen zu entrichten sind. Ein weiterer Aspekt, der zunehmende Bedeutung erlangt, ist die Zusammensetzung der Verpackungen, die maßgeblich deren spätere Recyclingfähigkeit prägt.

3.3 Rahmenbedingungen und technologische Entwicklung

Richtung und Ausmaß der technologischen Entwicklung werden maßgeblich durch die institutionellen Rahmenbedingungen bestimmt. Dabei handelt es sich nicht um einen deterministischen Prozess, denn es bestehen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich möglicher Potenziale und Grenzen des Fortschritts. Dies gilt allgemein, aber natürlich auch für die relevanten Technologien im Bereich des Kunststoffrecyclings. Übersicht 3.2 zeigt die Entwicklung dieser Technologien im Zeitablauf auf und stellt sie den Marktentwicklungen und zentralen Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen gegenüber.⁴

⁴ Die Entwicklung der Märkte und Rahmenbedingungen wurde auf der Basis von Internetrecherchen nachgezeichnet.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Übersicht 3.2

Markt- und Technologieentwicklung sowie Rahmenbedingungen für Produkte aus dem Recycling von Post-Consumer-LVP



Einflussfaktoren: Technologien, rechtliche Rahmenbedingungen

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Entwicklung und Ausdifferenzierung des Marktes für Post-Consumer-LVP verlief über einen längeren Zeitraum. Bereits vor der Einführung des dualen Systems gab es, wie auch die Expertengespräche ergaben, vereinzelt Anstrengungen zur Sammlung und zum Recycling von Post-Consumer-LVP. Diese Aktivitäten waren allerdings nicht systematisch und die Mengen im Vergleich zu heute zu vernachlässigen. In den ersten Jahren wurde gemessen an den Lizenzeinnahmen des dualen Systems mit einem vergleichsweise hohen Aufwand ein Recyclingsystem aufgebaut. Die Etablierung des Marktes verlief zunächst mühsam und brachte zunächst Produkte geringer Qualität hervor. Die 1990er und anfänglichen 2000er Jahre waren darüber hinaus durch hohe Exporte von Post-Consumer-LVP nach Fernost gekennzeichnet. Erst mit dem technologischen Fortschritt bei der Trennung verbesserte sich die Sortierreinheit, wodurch eine größere Bandbreite an Produkten möglich wurde, bei deren Produktion z.B. Post-Consumer-Rezyklate Verwendung fanden. Verstärkt wurde dieser Trend durch eine im Zeitablauf zunehmende Akzeptanz und Nachfrage nach Rezyklaten etwa durch die kunststoffverarbeitende Industrie, aber auch durch deren Kunden.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Dieser Entwicklungsprozess auf dem Markt für Post-Consumer-LVP, für den der **technische Fortschritt** eine zentrale Rolle spielt, ist noch nicht abgeschlossen. Ein Teil dieser Technologien, die im Bereich des Recyclings Anwendung finden, ist bereits seit längerem ausgereift und wird Post-Consumer-LVP genutzt. Fortschritte erfolgen hier in Hinblick auf die kontinuierliche Weiterentwicklung der Verfahren und damit auch der Produktqualität. Demgegenüber wurden die Kunststoffabfälle zu Beginn der 1990er Jahre zunächst ausschließlich manuell und mit hohem Aufwand sortiert, sodass der Output nur relativ wenige Kunststoffarten mit einer vergleichsweise geringen Sortenreinheit umfasste (Bosewitz 2013: 30-31).

Der entscheidende Anstoß für die technologische Entwicklung gab ab dem Jahr 2000 die Einführung der automatischen Trennung und Sortierung, die zu einer Effizienzverbesserung und einer höheren Sortenreinheit führte. Mittlerweile ist die Technik in diesem Bereich ausgereift, weitere Optimierungspotentiale werden insbesondere durch Verbesserungen in der computergestützten Sensortechnik eröffnet. Technischer Fortschritt hilft vor allem, den Anteil der Sortierreste zu verringern und die Qualität der Ballenware, die aus der Sortierung resultiert, zu erhöhen. Sortenreine Vorprodukte sind wiederum die Voraussetzung für Innovationen bei der Herstellung von Rezyklaten, denn sie ermöglichen die Erschließung weiterer Anwendungsfelder für Rezyklate höherer Qualitäten. Neben zunehmender Qualität und ausreichender Verfügbarkeit ist für die Zukunft bedeutsam, dass die Eigenschaften der Rezyklate wie z.B. Farbechtheit, Geruch und andere physikalische Eigenschaften weiter verbessert werden. Die Richtung des technischen Fortschritts wird dabei u.a. von den vorgegebenen Verwertungsquoten und den Qualitätsanforderungen an den Output des Verwertungsprozesses beeinflusst.

Die Technologie- und Marktentwicklung wurde seit Beginn der 1990er Jahre von Änderungen der **institutionellen Rahmenbedingungen** beeinflusst. Die vorgegebenen Quoten der VerpackV nehmen Einfluss auf den zentralen Bereich der Trennung und Sortierung von Kunststoffabfällen und sind mitentscheidend für Menge und Qualität der Rezyklate. Ab dem Jahr 2003 haben die Wettbewerbsöffnung und der Markteintritt weiterer Betreiber in das duale System die Markt- und Wettbewerbsbedingungen verändert, was in Richtung einer Reduzierung der Lizenzentgelte wirkte. In Anschluss an die erste Fassung der VerpackV haben zahlreiche

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

rechtliche Regelungen in unterschiedlicher Art und Weise direkt oder indirekt Einfluss auf die Marktentwicklung genommen. Zu diesen Regelungen gehörte beispielsweise die Einführung des Pflichtpfandes für Bier und bierhaltige Getränke, Mineralwasser und Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure im Januar 2003 sowie die Einführung eines einheitlichen Pfandsystems ab Mai 2006, was schließlich zu einem getrennten Sammelsystem für pfandpflichtige PET-Flaschen führte.

Neben den stofflichen haben auch die **marktlichen Rahmenbedingungen** – insbesondere die Interdependenz der Märkte für Primär- und Sekundärprodukte – einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung des Marktes für Post-Consumer-Rezyklate. Der Markt für Primärkunststoffe ist durch eine höhere Qualität und einen Preisaufschlag von ca. 40% gegenüber dem Sekundärkunststoffpreis gekennzeichnet. Der Markt für Primärkunststoffe wird dabei durch eine mittelfristig recht enge Korrelation mit dem Rohölpreis geprägt, was eine vergleichsweise hohe Volatilität der Preise zur Folge hat. Dies führt dazu, dass bei sinkenden Preisen (genauer: bei einem sinkenden Preisniveau der Primärkunststoffpreise) in der kunststoffverarbeitenden Industrie zum Teil eine Substitution von Sekundär- durch Primärkunststoffe erfolgt. Darüber hinaus ist der Markt für Primärkunststoffe einerseits durch eine leichte Substituierbarkeit der Produkte verschiedener Anbieter, andererseits durch oligopolistische Marktstrukturen charakterisiert, was mitunter zu einem strategischen Verhalten der Anbieter führt.

Insgesamt hat sich das Kunststoffrecycling im dualen System positiv entwickelt. Durch die Untersuchungen wurde zugleich deutlich, dass an zahlreichen Stellen des Systems noch Effizienzpotenziale bestehen, deren Nutzung zu einer höheren Effektivität des Kunststoffrecyclings führen kann. Hierzu gehört, dass die gegenwärtigen Rahmenbedingungen für das Kunststoffrecycling vorhandene Potenziale ungenutzt lassen. Insbesondere sind die Verwertungsquoten nicht hoch genug, um Anreize zur vollen Ausschöpfung der technologischen Potenziale zu schaffen. Dies führt auch dazu, dass Ballenware nur eine suboptimale Qualität aufweist und daher weniger Recyclingkunststoffe gewonnen werden als möglich wäre. Ein weiteres Mengenpotenzial ließe sich durch positive Anreize zur Kunststofftrennung und ein effizienteres Sammelsystem bei den Haushalten erschließen.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Die Möglichkeiten, die sich durch die Nutzung der existierenden Effizienzpotenziale künftig ergeben könnten, werden in Kapitel 6 anhand von Simulationen zu verschiedenen Zukunftsszenarien untersucht. In den Expertengesprächen wurde deutlich, dass zahlreiche Faktoren die künftige Entwicklung des Marktes für Recyclingkunststoffe aus dem dualen System beeinflussen. Veränderungen an diesen Stellschrauben führen einerseits zu einer erhöhten Kunststoffmenge bzw. -qualität, andererseits wird ein Impuls zur Weiterentwicklung des Marktes für Sekundärkunststoffe gegeben.

3.4 Mengengerüst für die Verwertung von Kunststoff-Verkaufsverpackungen

Die Verwertung von Wertstoffen umfasst im hier gemeinten Sinne die Mengen an gebrauchten Verkaufsverpackungen privater Endverbraucher, die entweder einer stofflichen oder energetischen Verwertung zugeführt werden. Dies betrifft die Verpackungsmaterialien Altglas, PPK und LVP (Kunststoff, Aluminium und Weißblech). Für die **stoffliche Verwertung** von Kunststoffen werden diese möglichst sortenrein aufbereitet, um Rezyklate und daraus letztendlich neue Produkte herstellen zu können. Für die **energetische Verwertung** kommen zwei Möglichkeiten in Betracht: Entweder werden die Kunststoffe nach einer speziellen Wärmebehandlung zu petrochemischen Grundstoffen aufbereitet, um sie für die Substitution von energetischen Rohstoffen einzusetzen – z.B. in Hochöfen als Reduktionsmittel bzw. Zementwerken als Ersatzbrennstoff (EBS) – oder zur Energiegewinnung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) bzw. nach einer Bearbeitung in Anlagen zur Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) verbrannt.

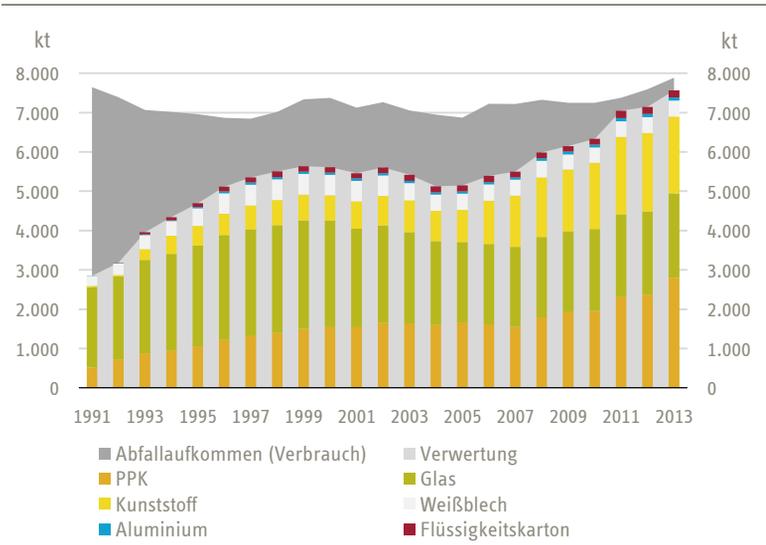
Für die Verwertung dieser Post-Consumer-Verkaufsverpackungen gibt die VerpackV **Verwertungsquoten** vor, die mindestens einzuhalten sind (quotierte Verpackungsmaterialien): Glas 75%, PPK 70%, Aluminium 60% und Weißblech 70%; bei Kunststoffen werden für die stoffliche Verwertung 36% und für die Gesamtverwertung 60% vorgegeben (VerpackV, Anhang I Nr. 1 Abs. 2). Diese Quoten beziehen sich auf die lizenzierte Abfallmenge, die von Unternehmen als Inverkehrbringer mit den Betreibern des dualen Systems vertraglich festgelegt werden (Lizenzmenge). In der vorliegenden Studie wird dagegen nicht auf die Lizenzmenge, sondern auf den jeweiligen Verpackungsverbrauch Bezug genommen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Das **Post-Consumer-Aufkommen an gebrauchten Verpackungen** lag im Jahr 1991 bei 7,6 Mill. t und sank in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre und noch einmal Mitte der 2000er Jahre unter die Marke von 7 Mill. t, ehe es bis 2013 auf den bisherigen Höchstwert von 7,9 Mill. t stieg (Schaubild 3.2). Der durchschnittliche Anstieg lag in diesem Zeitraum demnach bei 0,14% p.a. Da in Deutschland im Jahr 2013 insgesamt gut 17 Mill. t an Verpackungen verbraucht wurden, stammten demnach 47% von privaten Endverbrauchern (GVM 2015).⁵

Schaubild 3.2

Verbrauch und Verwertung von Verpackungen nach Abfallarten in kt



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2010 und 2015); kt = Kilotonnen.

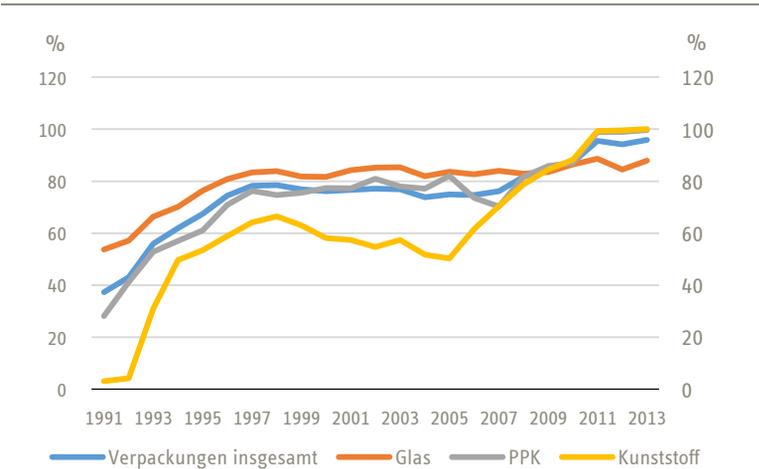
⁵ Die Verpackungen insgesamt schließen verpackungsähnliche Materialien ein, die keine Verpackungen im eigentlichen Sinne darstellen (nicht-quotierte Verpackungsmaterialien wie z.B. Gefrierbeutel oder langlebige Verpackungen), die Verpackungen privater Verbraucher umfassen dagegen nur quotierte Verpackungsmaterialien.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Die Verwertungsmenge nahm im gleichen Zeitraum sehr viel stärker zu, und zwar in zwei Schüben von 2,8 Mill. t im Jahr 1991 auf 7,6 Mill. t im Jahr 2013, die Verwertungsquote demzufolge von 37% auf 96% (Schaubild 3.3).

Schaubild 3.3

Verwertungsquoten differenziert nach Abfallarten
in %



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2010 und 2015). – Ab 2011 einschließlich der energetischen Verwertung in MVA und der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Verwertungsquoten: Anteil der stofflichen und energetischen Verwertungsmengen an der Gesamtmenge des jeweiligen Verpackungsverbrauchs privater Endverbraucher. Verwertungsmenge: quotierte Verpackungsmaterialien aus Abfällen privater Endverbraucher.

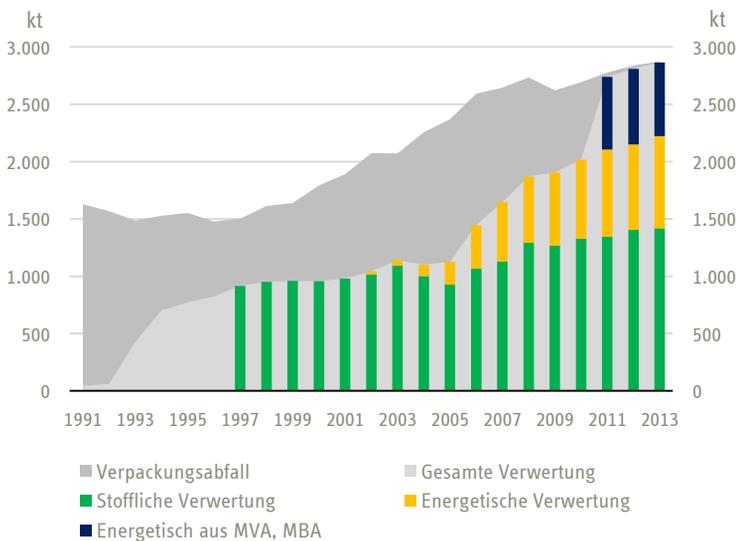
Die verwertete Altglasmenge stieg nur moderat von 2,0 auf 2,2 Mill t. Das hängt auch damit zusammen, dass Glasflaschen in den 2000er Jahren zunehmend durch PET-Flaschen substituiert wurden. Dennoch nahm die Verwertungsquote seit 1991 (54%) – bei rückläufigem Glasverbrauch – deutlich zu und lag seit 1996 durchgehend bei über 80% (2013: 88%). Bei PPK stieg die verwertete Menge kontinuierlich von 0,5 auf 2,8 Mill. t, die Verwertungsquote erhöhte sich von 28% auf fast 100%. Kunststoffverpackungen aus dem Post-Consumer-Bereich werden erst seit Einführung der gelben Tonne in nennenswertem Umfang verwertet. Von den rund 977 kt Kunststoffabfällen im Jahr 1991 wurden nur 3% oder 30 kt verwertet, bis

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

2013 verdoppelte sich die Kunststoffabfallmenge auf fast 2 Mill. t, die inzwischen nahezu vollständig verwertet werden.

Schaubild 3.4 weist aus, wie sich die Arten der Verwertung der Kunststoffverpackungen privater und nicht-privater Endverbraucher in Bezug auf die stoffliche und energetische im Zeitverlauf entwickelten.

Schaubild 3.4
Verwertung der Kunststoffe privater und nicht-privater Endverbraucher nach Verwertungsarten



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2010 und 2015).

Die Etablierung des dualen Systems führte bis Mitte der 1990er Jahre zu einem deutlichen Anstieg der verwerteten Kunststoffmenge. Bis Mitte der 2000er Jahre stagnierte die Verwertungsmenge dann, da sich zunächst eine entsprechende Recyclingwirtschaft etablieren musste. Der technische Fortschritt – insbesondere die Einführung der automatisierten Sortierung – sowie die Öffnung des Marktes für Wettbewerber im Rahmen des dualen Systems trugen dann ab Mitte der 2000er Jahre zu einer kontinuierlichen Erhöhung der stofflichen Kunststoffverwertung

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

bei. Es setzte zudem eine verstärkte energetische Kunststoffverwertung ein, wozu das Deponieverbot beitrug, aufgrund dessen zuvor deponierte Kunststoffabfälle nunmehr in MVA oder MBA entsorgt wurden. Bis 2002 wurde ein Teil der Kunststoffabfälle in MVA entsorgt, ohne dass deren energetisches Potential genutzt worden wäre. Von 2003 bis 2010 wurde dieses energetische Potential dann besser genutzt, die Verwertung in den Verbrennungs- und Behandlungsanlagen zählte statistisch zunächst jedoch noch nicht zur energetischen Verwertung. Erst seit 2011 werden diese Anlagen, sofern sie gewisse Standards erfüllen, ebenfalls der energetischen Verwertung zugerechnet. Die Kunststoffabfälle werden heute somit zu nahezu 100% verwertet, je etwa zur Hälfte stofflich und energetisch.

Vom gesamten Verpackungsverbrauch von gut 17 Mill. t entfielen 2013 3,1 Mill. t auf Kunststoffverpackungen privater und nicht-privater Endverbraucher (Übersicht 3.3). Nach Abzug von nicht-quotierten Verpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen verblieben hiervon 2,9 Mill. t Kunststoffabfälle aus LVP (neben Kunststoff zählen zu den Materialien aus LVP auch Weißblech, Aluminium, PPK, Verbunde aus diesen Stoffen und Flüssigkeitskartons). Bezogen auf den gesamten Verpackungsverbrauch entspricht dies einem Anteil von knapp 17%.

Übersicht 3.3

Mengengerüst bei der Verwertung von Kunststoffverkaufsverpackungen (2013/14)

Kunststoff-Verkaufsverpackungen	Menge	Definition/Unterschiede
in Verkehr gebrachte Menge	3,1 Mio. t	von privaten und nicht-privaten Endverbrauchern einschließlich stoffgleiche Nichtverpackungen und nicht ins Recycling gehende Verpackungen (GVM)
verbrauchte Menge	2,9 Mio. t	ohne stoffgleiche Nichtverpackungen (GVM)
stofflich verwertete Menge	1,3 Mio. t	ohne Mengen für die energetische Verwertung (47% der verbrauchten Menge; GVM)
Kunststoff-LVP – Sammlung durch das duale System	1,15 Mio. t	Mengengerüst vom Öko-Institut
Kunststoff-LVP – stoffliche Verwertung (Ballenware)	0,46 Mio. t	duales System ohne energetische Verwertung (0,69 Mio. t)
Regranulate (Sekundärkunststoffe)	0,32 Mio. t	Abfälle beim Recycling 30%

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2015) und Öko-Institut (2016).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Von den Kunststoffabfällen aus LVP stammten gut zwei Drittel von privaten Endverbrauchern (2013: rund 2 Mill. t). Der Teil, der im dualen System gesammelt wurde, betrug 2014 laut Angaben des Öko-Instituts 1,15 Mill. t. (ohne Mengen aus Branchenlösungen). Die übrigen Abfälle aus Post-Consumer-Kunststoffen bestehen aus Verkaufsverpackungen, die in anderer Form verwertet wurden, etwa über das PET-Flaschenrecycling oder Branchenrücknahmesysteme. Von den im dualen System gesammelten Kunststoffabfällen wurden etwa zwei Fünftel (0,46 Mill. t) stofflich verwertet, rund drei Fünftel (0,69 Mill. t) als EBS in Hochöfen und Zementwerken eingesetzt. Beim Recycling der Kunststoffabfälle gehen rund 30% der Menge verloren, aus der stofflich verwerteten Kunststoffmenge werden daher rund 0,32 Mill. t Sekundärkunststoffe als Rezyklate gewonnen. Mengenmäßig entsprechen die aus dem Recycling resultierenden Rezyklate demnach 28% der im Rahmen des dualen Systems gesammelten Kunststoffabfälle aus LVP.⁶

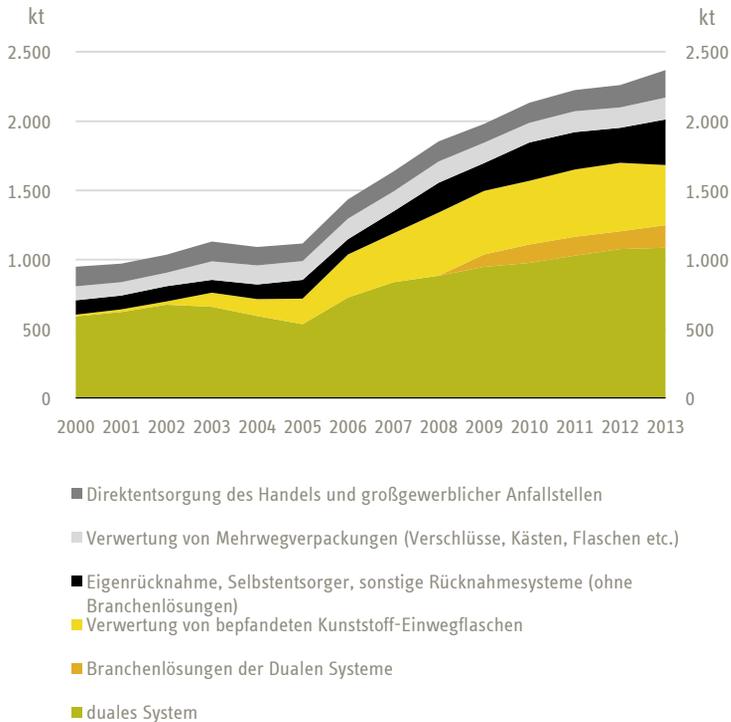
Der größte Teil der Kunststoffverpackungen, die durch Rücknahmesysteme entsorgt werden, entfällt mittlerweile auf LVP von privaten Endverbrauchern (private Haushalte, Gastgewerbe, öffentliche Stellen, Kultur-/Freizeitbereich). Sie werden durch das duale System, durch Branchenlösungen und durch Rücknahmesysteme für bepfandete Einwegflaschen erfasst, wobei der Anteil des dualen Systems (einschließlich deren Branchenlösungen) an den durch alle Rücknahmesysteme verwerteten Post-Consumer-Kunststoffen 2013 bei rund 57% lag (Schaubild 3.5). Für Kunststoffabfälle gewerblicher und industrieller Endverbraucher erfolgt die Entsorgung entweder über die Direktentsorgung des Handels, die Systeme zur Verwertung von Mehrwegverpackungen sowie Eigenrücknahmesysteme, Selbstentsorger oder sonstige Rücknahmesysteme.

⁶ Der Wert zeigt auf, welcher Anteil der gesammelten Menge nach dem Recycling als Wertstoff genutzt wird. Er darf daher nicht mit den oben diskutierten Recyclingquoten verwechselt werden.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Schaubild 3.5

Rücknahmesysteme für Post-Consumer-Kunststoffverpackungen



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2010 und 2015); kt = Kilotonnen. – Verwertungsmenge der Post-Consumer-Kunststoffe der privaten Endverbraucher (private Haushalte, Gastgewerbe, öffentliche Stellen, Kultur- und Freizeitbereich) ohne die energetische Verwertung aus MVA und MBA.

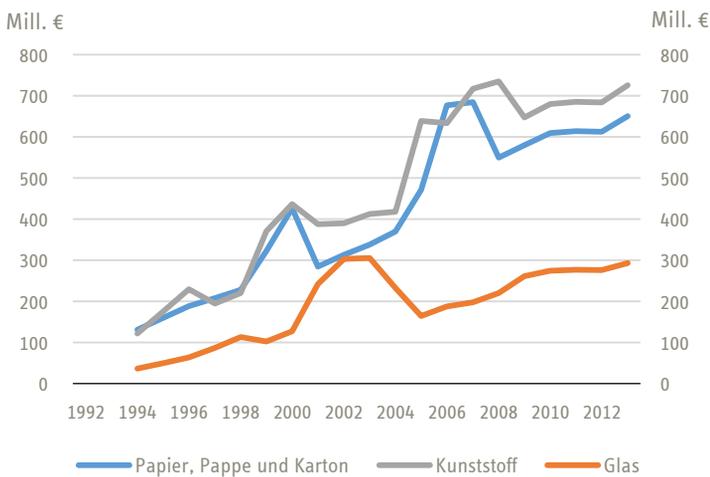
Die zuvor skizzierte Steigerung der Verwertungsmengen und -quoten zeigt, dass durch die Einführung des dualen Systems Strukturen etabliert wurden, die eine nachhaltige Wertstoffrückgewinnung ermöglichen. Die dargelegten Entwicklungen werden auch durch die Umsätze in der Recyclingbranche reflektiert (Schaubild 3.6). Während die Umsatzentwicklung bei Glas aufgrund der Substitution von Glas- durch PET-Flaschen seit Anfang der 2000er Jahre eher verhalten ausfiel,

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

verzeichneten das PPK- und Kunststoffrecycling einen relativ kontinuierlichen Aufwärtstrend.

Schaubild 3.6

Umsatzentwicklung der Recyclingbranche differenziert nach Abfallarten
1994 bis 2013; in Mill. €



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten des Statistischen Bundesamts (Destatis 2014).

3.5 Preisentwicklung für Primär- und Sekundärkunststoffe

Der Zusammenhang zwischen dem Rohöl- und dem Primärkunststoffpreis erscheint auf den ersten Blick weniger eng als häufig angenommen. Während zwischen dem Ölpreis und den Preisen für Kraftstoffe bzw. für Heizöl eine direkte Kopplung besteht, sodass Ölpreisänderungen meist unmittelbar überwältigt werden, ist das bei den Primärkunststoffen – einem der Endprodukte der Petrochemie – meist erst mit einer gewissen Zeitverzögerung von einigen Monaten der Fall, und auch dann nicht in vollem Ausmaß. Dafür sind insbesondere die folgenden Aspekte ausschlaggebend:

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

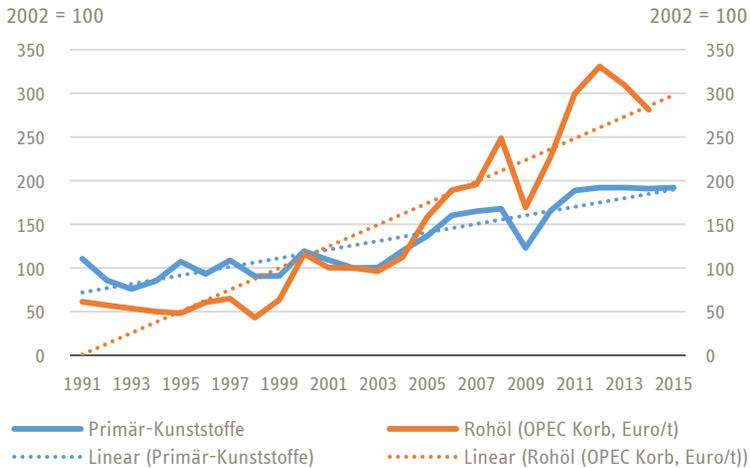
- Kunststoffe stellen eine Nebenverwertung von Reststoffen der Raffinerien dar. Es dauert daher Zeit, bis Preisänderungen und daraus resultierende Änderungen der Kosten des Grundstoffs Öl durch die Wertschöpfungskette der Petrochemie dringen.
- Rohöl ist zwar eine der maßgeblichen Kostenkomponenten bei der Herstellung von Primärkunststoffen, aber die Kapitalkosten werden nur in einem relativ geringen Maße bzw. gar nicht von Ölpreisveränderungen tangiert, so dass diese nur zu einem Teil überwälzt werden. Eine Ölpreisänderung um 10% führt somit zu einer deutlich geringeren Änderung des Primärkunststoffpreises. Wie hoch diese Steigerungsrate dann genau ausfällt, hängt auch von der Kunststoffart ab, da die jeweiligen Kostenanteile von Rohöl variieren, zudem sind sie von der jeweiligen Marktsituation und den entsprechenden Nachfrageelastizitäten abhängig. Die Preise von Polypropylen (PP) sind z.B. im Zuge des anhaltenden Ölpreisverfalls aufgrund der hier zu verzeichnenden Nachfrageschwäche stärker gesunken als etwa die von Polyethylen (PE).
- Zu bedenken sind schließlich auch noch Wechselkursänderungen, denn die Rohölpreise werden in der Regel in US-Dollar fakturiert, während die Primärkunststoffe je nach Absatzmarkt auch in anderen Währungen gehandelt werden.
- Dennoch zeigen die Kurvenverläufe des Ölpreises und der Primärkunststoffpreise – jeweils basierend auf Preisen in € –, dass es einen engen Preiszusammenhang gibt, da Primärkunststoffe u.a. auf der Basis von Rohöl hergestellt werden, folglich ist der Rohölpreis auch eine wichtige Determinante des Preises für Primärkunststoffe (Schaubild 3.7). Der Rohölpreis folgt allerdings seit 1991 einem deutlich steileren Aufwärtstrend. Zudem weist er im Jahresdurchschnitt größere Schwankungen auf als der Primärkunststoffpreis. Korrelationsanalysen und auch ökonometrisch basierte bivariate Zeitreihenanalysen zeigen trotzdem auf, dass der Preiszusammenhang zwischen dem Primärkunststoff- und dem Ölpreis relativ eng und somit eine der wesentlichen Erklärungsgrößen ist.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 3.7

Preisentwicklung bei Rohöl und Primärkunststoffen

1991 bis 2015; 2002 = 100



Quelle: Eigene Berechnungen nach KI – Kunststoff Information (2015) (Kunststoffpreise) sowie BMWi (2015) und EIA (2015) (Ölpreise).

Für die Preise der Primär- und Sekundärkunststoffe werden monatliche Angaben des privaten Anbieters „KI – Kunststoff Information“ für den Zeitraum von Januar 2002 bis September 2015 herangezogen (die Preise für das vierte Quartal 2015 wurden geschätzt). Es sind dabei nur Preisreihen berücksichtigt worden, die sich auf Sekundärkunststoffe beziehen, die also für das Recycling von LVP aus dem Post-Consumer-Bereich relevant sind. Hierzu zählen PE in Folienqualitäten (*low density*, PE-LD) und in Blasformqualitäten (PE-HD) sowie Copolymere und Homopolymere aus PP (PP-C, schwarz, und PP-H, schwarz). Diesen Kunststoffarten wurden korrespondierende Preisreihen für Primärkunststoffe zugeordnet (Übersicht 3.4). Darüber hinaus wurden nur solche Kunststoffarten in die Studie einbezogen, für die es über den gesamten Zeitraum 01/2002 bis 12/2015 Preisangaben gab. Aus urheberrechtlichen Gründen wurde ein Durchschnittspreis für die ausgewählten Primär- bzw. Sekundärkunststoffe gebildet.

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Übersicht 3.4

Zuordnung der Preisreihen für Primär- und Sekundärkunststoffarten

Primärkunststoffarten	Sekundärkunststoffarten
PE-LD (Folienqualitäten)	RE PE-LD (Folienqualitäten)
PE-HD (Blasformqualitäten Standard) PE-HD (Standard-Spritzgussqualitäten)	PE-HD (Rohr >930 schwarz, Blasformqualitäten)
PP Copolymere (Spritzgussqualitäten) PP Homopolymere (Spritzgussqualitäten)	PP-C Copolymere schwarz PP-H Homopolymere schwarz

Quelle: Eigene Darstellung.

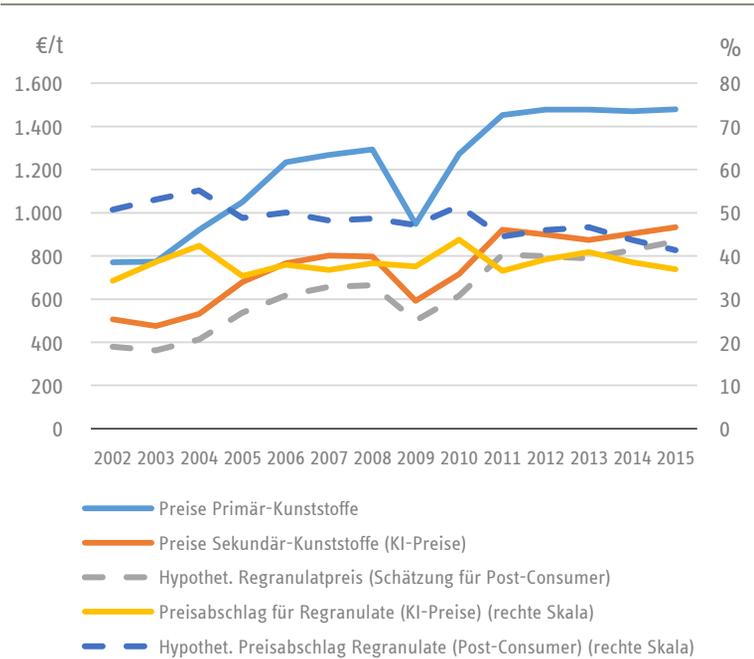
Die KI-Sekundärkunststoffpreise geben, wie die Expertengespräche ergaben, nicht die Preise für Post-Consumer-Rezyklate wieder, da hier die Preise für Industriekunststoffe (Produktionsreste aus dem Post-Industrial-Bereich) Berücksichtigung finden, die aufgrund der höheren Sortenreinheit und durchschnittlich geringeren Verunreinigungen höher sind. Um Aussagen zum Markt für die hier betrachteten Post-Consumer-Sekundärkunststoffe treffen zu können, wurde mit Hilfe von Expertengesprächen die Differenz zwischen den Preisen für Sekundärkunststoffe aus dem Post-Industrial- und dem Post-Consumer-Bereich nachgezeichnet. Die Entwicklung der KI-Preise reflektiert, dass im Post-Industrial-Bereich seit vielen Jahren ein etablierter Markt für Sekundärkunststoffe besteht. Die Differenz zwischen den Primär- und Sekundärkunststoffpreisen ist seit 2002 mit rund 40% relativ gleichbleibend hoch (Schaubild 3.8).

Im Post-Consumer-Bereich ist der Markt für Rezyklate durch eine geringere Qualität des Outputs der Sortierung und Trennung der Kunststoffe gekennzeichnet. Dies liegt vor allem daran, dass bis Anfang der 2000er Jahre nur eine manuelle Sortierung erfolgte, die mehr auf Verpackungsformen als auf Kunststoffarten ausgerichtet war (Bosewitz 2013: 30f.). Die so gewonnenen Rezyklate waren nur für einfache Anwendungen nutzbar. Die dargestellte Entwicklung der Preise für Post-Consumer-Rezyklate beruht nicht auf tatsächlichen Marktwerten, sondern auf Plausibilitätsannahmen über die relative Entwicklung dieses Marktsegments im Vergleich zu den KI-Preisen. Erst nach und nach standen automatisierte Sortier- und Trennverfahren zur Verfügung, die sich – auch bedingt durch die Wettbewerbsöffnung – zunehmend durchsetzen (Bundeskartellamt 2012: 38). Hierdurch konnte die Qualität der Rezyklate erheblich gesteigert werden, wodurch höhere

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Preise erzielbar wurden, die sich gegenwärtig bereits bis auf 5-10% an die Preise für Rezyklate aus dem Post-Industrial-Bereich angenähert haben. Dazu hat nicht unerheblich auch die stärkere Professionalisierung des Vertriebs beigetragen.

Schaubild 3.8
Durchschnittliche Preisentwicklung bei Primär- und Sekundärkunststoffen
in €/t und in %



Quelle: Eigene Berechnungen nach KI – Kunststoff Information (2015). – Berücksichtigte Kunststoffarten: PE und PP. – Die Preisangaben für das 4. Quartal 2015 wurden geschätzt.

Auch gegenüber Primärkunststoffen konnte der Preisabschlag für Rezyklate aus dem Post-Consumer-Bereich durch höhere Qualitäten, bessere Vertriebswege und eine hinreichende Mengenverfügbarkeit verringert werden; derzeit beträgt er 45-50% des Preises für Neuware. Weitgehend unabhängig von anderen Marktsegmenten hat sich für Rezyklate aus Mischkunststoffen ein ganz neues Marktsegment entwickelt. In den Expertengesprächen hat sich gezeigt, dass es bei den

3. Vergangenheit: Das duale System seit 1990

Kunststoffmengen in diesem Markt dennoch zwei gegenläufige Trends gibt: Einerseits steigt die Nachfrage nach Kunststoffprodukten, andererseits wird die Produktion immer effizienter, sodass das Recycling von Kunststoffen direkt im Produktionsprozess zunimmt. In Deutschland werden jährlich ca. 100 Tsd. t hauptsächlich technische Kunststoffe produziert, wobei der größte Teil der Primärkunststoffe für die Massenproduktion aus dem Ausland bezogen wird.

3.6 Gesamtbewertung

- Die Etablierung des dualen Systems Anfang der 1990er Jahre war, wie die Untersuchungen zeigen, maßgeblich für die Entwicklung des Kunststoffrecyclings: Nach einer längeren Anlaufphase ist insbesondere seit dem Jahr 2000 ein Markt für Recyclingkunststoffe aus Post-Consumer-LVP entstanden, der zu einer Vielfalt an differenzierten Produkten geführt hat, bei deren Produktion Recyclingkunststoffe Verwendung finden. Durch Verbesserungen bei der Trennung sowie den Recyclingprozessen konnte der Markt bei steigenden Mengen verstetigt werden. Zuletzt wurden verstärkt auch höherwertige Marktsegmente erschlossen.
- Maßgeblichen Anteil an der skizzierten Marktentwicklung hatte demnach der technologische Fortschritt bei den Trenn- und Recyclingtechnologien. Vor allem der Übergang von der manuellen zur automatischen Sortierung der Abfälle hat dazu geführt, dass die Qualitäten der getrennten Kunststoffe stiegen und erhebliche Effizienzpotenziale in der Sortierung realisiert werden konnten. In den vergangenen Jahren konnte die Effizienz und Produktqualität durch weitere technologische Verbesserungen und ein Realisieren von Skalenerträgen bei größeren Trennanlagen zusätzlich erhöht werden, wobei der Einsatz neuester Verfahren in technologisch fortschrittlichen Anlagen (Ausreizen der Skalenerträge, Farbsortierung, Heißwaschen der Kunststoffe usw.) darauf hindeutet, dass bei der Diffusion dieser Technologien noch weitere Potenziale realisiert werden könnten.
- Diese Entwicklung hat zu einer Erhöhung des Anteils des stofflichen Recyclings geführt, also einem steigenden Anteil an Kunststoffabfällen, die in

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

neuen Produkten Verwendung finden. Nach Angaben des Öko-Instituts wurden 2014 im dualen System rund 1,15 Mill. t Kunststoffabfälle aus LVP gesammelt, von denen 455 Tsd. t bzw. 40% für die Herstellung von Rezyklaten verwendet wurden. Da im Recycling noch einmal ca. 30% des Ausgangsmaterials verloren geht, liegt der Anteil des Ausgangsmaterials, das in Form von Rezyklaten oder in anderen Formen für neue Produkte genutzt werden kann, bei 28% der gesammelten Post-Consumer-Kunststoffe.

- Die Preisentwicklung im Post-Consumer-Bereich lässt sich nur bedingt an den von „KI – Kunststoff Information“ zur Verfügung gestellten Preisdaten ablesen, da diese insbesondere Kunststoffe aus Industrieanlagen berücksichtigen, die bereits seit längerem in einem etablierten Markt gehandelt werden und deren Preisentwicklung somit weitgehend stabil verläuft. Die Kunststoffe aus Post-Consumer-LVP weisen im Durchschnitt eine geringere Qualität auf, sodass ihre Preise niedriger liegen als die KI-Preise. Expertengespräche haben gezeigt, dass sich diese Preise in den vergangenen Jahren durch die technologischen Verbesserungen im Recycling an die Preise für Industrie-Rezyklate annäherten, sodass sie inzwischen im Durchschnitt jeweils nur noch ca. 10% unterhalb der KI-Preise liegen.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der Untersuchungen darauf hin, dass noch erhebliche Effizienzpotenziale im Kunststoffrecycling verblieben sind. Diese können durch eine Optimierung der verschiedenen Elemente des Gesamtsystems genutzt werden (Trennung bei den Haushalten, Sammlung, Sortierung und Recycling). Voraussetzung dafür ist die Verbesserung der Rahmenbedingungen und eine weitere Diffusion bestehender Technologien bzw. deren Weiterentwicklung in Zusammenhang mit der Erschließung neuer Marktsegmente für Produkte aus Recyclingmaterialien.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

4.1 Vorgehensweise bei der Bestimmung von Nutzen und Kosten

Hintergrund

Im Folgenden werden die gegenwärtigen ökonomischen Auswirkungen des dualen Systems in Deutschland analysiert und bewertet. Ziel ist es dabei nicht, die Effizienz des dualen Systems vor dem Hintergrund alternativer Lösungen für eine nachhaltige Abfallwirtschaft zu untersuchen, sondern die Effizienz des gegebenen Systems im Vergleich zu einem Verbleib der gesammelten LVP im Restmüll.

Zu diesem Zweck werden die mit dem dualen System verbundenen zentralen Nutzen- und Kostenaspekte identifiziert und quantifiziert (zur Kosten-Nutzen-Analyse der Kunststoffverwertung siehe auch Hutterer und Pilz 1998). Der Fokus richtet sich dabei auf LVP aus dem Post-Consumer-Bereich, insbesondere auf die vom dualen System gesammelten Post-Consumer-Kunststoffe.

Die mit dem dualen System verbundenen Nutzen und Kosten werden für das Jahr 2014 quantifiziert, es finden aber auch, um ein aussagekräftiges Gesamtbild zu zeichnen, Veränderungen der Nutzen- und Kostengrößen Berücksichtigung, indem zum Teil Entwicklungen in der Vergangenheit und mögliche künftige Entwicklungen in den Blick genommen und bewertet werden. Im Rahmen der Untersuchungen sind sowohl eigene Berechnungen durchgeführt als auch Wertgrößen aus anderen Studien berücksichtigt worden. Einige der Aspekte, die ökonomisch schwer zu bewerten sind, wie etwa der Aufwand zur Mülltrennung bei den privaten Haushalten, werden in die Bewertung nicht mit einbezogen.

Vergleichssituation

Als Vergleichssituation wird angenommen, dass die Abfallmenge, die zurzeit in der gelben Tonne gesammelt wird, ansonsten im Restmüll verblieben wäre. Die Entsorgung der LVP zusammen mit dem Restmüll stellt eine von interessierter Seite, etwa den kommunalen Entsorgern, häufig genannte Forderung dar. Die

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Systemkosten für das duale System würden dann zwar nicht anfallen, aber auch nicht der damit verbundenen Nutzen.

Natürlich wäre alternativ auch der Aufbau eines anderen Entsorgungs- bzw. Verwertungssystems für Restsiedlungsabfälle denkbar gewesen, wie z.B. der zusätzliche Bau von MBA zur Trennung von Abfällen etwa durch die Nahinfrarot-Spektroskopie-Technologie, um bestimmte Kunststofffraktionen zur Erhöhung der energetischen Verwertung in Form von Ersatzbrennstoffen zu separieren (Grundmann und Balher 2013: 827). Es ist allerdings zu bedenken, dass ein Bau von zusätzlichen MBA über das Ausmaß der schon bestehenden Behandlungsanlagen hinaus mit entsprechend hohen Investitionen verbunden gewesen wäre.⁷ Zudem hätte es dann in Deutschland keine nennenswerte Entwicklung eines Kunststoffrecyclings gegeben.

Vor diesem Hintergrund erscheint die hier gewählte pragmatische Herangehensweise in Bezug auf die Wahl der Vergleichssituation als naheliegend. Zur Einschätzung der Rolle des dualen Systems in Bezug auf eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Kreislaufwirtschaft und zur Einordnung in die entsprechenden internationalen Entwicklungen bzw. Erfahrungen erfolgt eingangs eine – zum Teil qualitative – Auseinandersetzung mit der Abfallentsorgung in Deutschland im Vergleich zu der in den anderen EU-Ländern.

Dimensionen ökonomischer Nutzen- und Kostenaspekte des dualen Systems

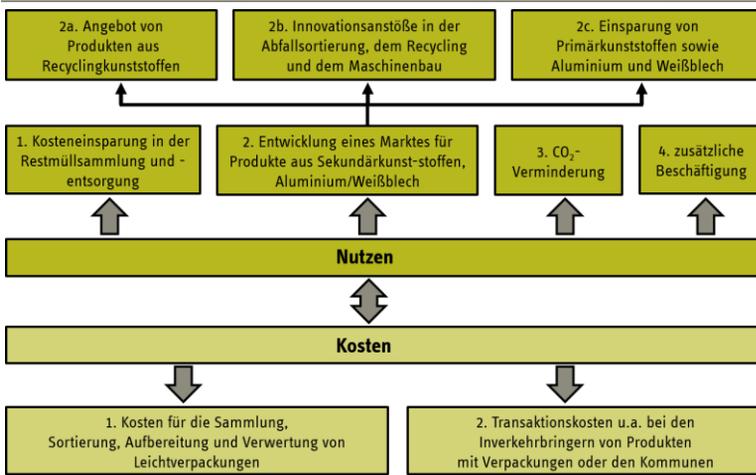
Das duale System ist mit verschiedenen Nutzendimensionen, aber auch mit zusätzlichen Kosten verbunden, die im Vergleich zur Referenzsituation auftreten. Einen skizzenhaften Überblick über diese Nutzen- und Kostengrößen vermittelt Übersicht 4.1.

⁷ Von 2001 bis 2005 wurden im Vorgriff auf das bevorstehende Deponierungsverbot 46 MBA-Anlagen mit einer Kapazität von etwa 6 Mill. t Abfall pro Jahr und weitere 20 Anlagen zur mechanischen Herstellung von Ersatzbrennstoffen mit einer Kapazität von 2-3 Mill. t Abfall in Betrieb genommen (Nelles, Morschek und Grünes 2012: 2).

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Übersicht 4.1

Schematische Darstellung der Nutzen- und Kostengrößen des dualen Systems



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Einzelnen handelt es sich dabei um folgende zentrale Aspekte:

- Die aufgrund des dualen Systems sinkenden Restmüllmengen sind mit **Kosteneinsparungen bei der Sammlung und Entsorgung des Restmülls** verbunden.
- Zudem führt das duale System zur **Entwicklung eines Marktes für Produkte aus Sekundärrohstoffen** und es bildeten sich neue Märkte zur **Bereitstellung von Recyclingmaterialien** heraus, die bei der Herstellung von Produkten Verwendung finden.
- Hierdurch induzierte **Produkt- und Prozessinnovationen** führen zu Effizienzsteigerungen in der Sortierung und im Recycling.
- Es kommt dadurch zur **Einsparung von Primärrohstoffen** und einer verringerten Abhängigkeit von Rohstoffimporten.
- Darüber hinaus kommt es durch die LVP-Sammlung des dualen Systems im Vergleich zur Entsorgung der LVP mit dem Restmüll zu einer **Verminderung**

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- von CO₂-Emissionen** und damit zu positiven Umwelt- bzw. Klimaschutzeffekten.
- Die Sammlung und Sortierung von LVP durch das duale System, die Etablierung der Recyclingwirtschaft und die Verarbeitung von Sekundärrohstoffen sind auch mit **Beschäftigungseffekten** verbunden.
 - Durch **Lizeneinnahmen** werden die anfallenden Kosten des dualen Systems für die Sammlung, Sortierung und Verwertung der LVP abgedeckt.
 - Zusätzliche **Transaktionskosten** entstehen darüber hinaus z.B. bei den Inverkehrbringern von Produkten, durch die Verkaufsverpackungen in Umlauf kommen, oder bei den Entsorgern.

4.2 Recycling im EU-Vergleich

Zunächst wird der Frage nachgegangen, wie sich das Recycling im EU-Vergleich darstellt und welche Entsorgungssysteme dem zugrunde liegen. Dabei richtet sich der Fokus auf die Entsorgung gebrauchter Verkaufsverpackungen.

Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle führt aus (Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union 1994): „Die unterschiedlichen Maßnahmen der Mitgliedstaaten im Bereich der Verpackungen und der Verpackungsabfallbewirtschaftung sind zu harmonisieren, um Auswirkungen dieser Abfälle auf die Umwelt zu vermeiden. ... Die beste Art, Verpackungsabfall zu vermeiden, ist die Verringerung der Gesamtmenge an Verpackungen. ... Aus umweltpolitischer Sicht ist die stoffliche Verwertung als ein wesentlicher Teil der Verwertung anzusehen, insbesondere um den Verbrauch an Energie und an Primärrohstoffen zu verringern und die einer endgültigen Beseitigung zuzuführenden Abfälle zu reduzieren. Die energetische Verwertung ist eine wirksame Methode zur Verwertung von Verpackungsabfällen.“

In Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle heißt es in Artikel 11 („Wiederverwendung und Recycling“; Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union 2008): „Die Mitgliedstaaten ergreifen Maßnahmen zur Förderung eines qualitativ

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

hochwertigen Recyclings. Hierzu führen sie die getrennten Sammlungen von Abfällen ein, soweit sie technisch, ökologisch und ökonomisch durchführbar und dazu geeignet ist, die für die jeweiligen Recycling-Sektoren erforderlichen Qualitätsniveaus zu erreichen. ... Bis 2020 wird die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Abfallmaterialien wie Papier, Metall, Kunststoff und Glas aus Haushalten und gegebenenfalls aus anderen Quellen, soweit die betreffenden Abfallströme Haushaltsabfällen ähnlich sind, auf mindestens 50 Gewichtsprozent insgesamt erhöht.“

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Recyclingsysteme und Recyclingquoten sich in den EU-Ländern inzwischen herauskristallisiert haben. In Tabelle 4.1 sind zunächst die durch die privaten Haushalte sowie Kleinunternehmen und öffentlichen Einrichtungen (ohne Landwirtschaft und Industrie) pro Kopf anfallenden Mengen an Siedlungsabfällen und die jeweiligen Anteile verschiedener Verwertungsformen ausgewiesen. Demnach überstieg das Siedlungsabfallaufkommen in Deutschland 2013 mengenmäßig den Pro-Kopf-Durchschnitt der EU um 28%.

Dies dürfte u.a. mit den im EU-Vergleich relativ hohen Pro-Kopf-Einkommen in Deutschland zusammenhängen, die um mehr als ein Drittel über dem EU-Durchschnitt liegen. Allerdings verzeichnen einige Länder mit einem höheren Pro-Kopf-Einkommen als in Deutschland ein deutlich geringeres Pro-Kopf-Abfallaufkommen (z.B. Großbritannien, die Niederlande, Finnland oder Schweden). Möglicherweise könnte dies ein Indiz dafür sein, dass das relativ hohe Siedlungsabfallaufkommen in Deutschland auch mit bislang noch nicht hinreichend hohen ökonomischen Anreizen zur Müllvermeidung zusammenhängt. In Deutschland liegt aber auch die Quote von Recycling und energetischer Verwertung mit zusammen 82% ziemlich deutlich über dem EU-Durchschnitt in Höhe von nur 54%.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Tabelle 4.1

Anfall von Siedlungsabfällen in ausgewählten europäischen Ländern und Anteil der verschiedenen Verwertungsformen für diese Abfälle im Jahr 2013

	Anfall an Siedlungs- abfällen in kg/Kopf	Anteile der Verwertungsform ...			
		Recycling	Verbrennung	Kompostierung	Deponierung
EU-Länder (Auswahl):					
Belgien	439	34%	44%	21%	1%
Bulgarien	432	25%	2%	3%	70%
Dänemark	747	28%	54%	17%	2%
Deutschland	617	47%	35%	17%	0%
Finnland	493	19%	42%	13%	25%
Frankreich	530	21%	34%	17%	28%
Griechenland	506	16%	0%	4%	81%
Großbritannien	482	28%	21%	16%	35%
Irland	586	34%	18%	6%	42%
Italien	491	26%	21%	15%	38%
Luxemburg	653	28%	35%	20%	17%
Niederlande	526	24%	49%	26%	1%
Österreich	578	24%	37%	35%	4%
Polen	297	16%	8%	13%	63%
Portugal	440	13%	24%	13%	50%
Rumänien	272	3%	0%	0%	97%
Schweden	458	33%	50%	16%	1%
Slowakei	304	4%	12%	8%	77%
Spanien	449	20%	10%	10%	60%
Tschechien	307	21%	20%	3%	56%
Ungarn	378	21%	9%	5%	65%
EU insgesamt	481	28%	26%	15%	31%
Nicht-EU-Länder zum Vergleich (Auswahl):					
Norwegen	496	24%	58%	16%	2%
Schweiz	702	34%	49%	17%	0%
Türkei	406	0%	0%	1%	99%

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Eurostat (2015).

In der EU werden im Durchschnitt immer noch mehr als drei Zehntel der Siedlungsabfälle deponiert, was in Deutschland aufgrund des Deponierungsverbots bereits seit Mitte der 2000er Jahre nicht mehr erlaubt ist. Außer in Deutschland wurde bislang nur in Österreich, in den Benelux-Staaten und in einigen skandinavischen Ländern die Deponierung beendet (Friege 2014). Aus diesen Befunden ist der Schluss zu ziehen, dass Deutschland zwar ein vergleichsweise (zu) hohes

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Abfallaufkommen verzeichnet, diese Abfälle aufgrund des ausgeprägten Recyclings und der guten Ausstattung mit modernen MVA und MBA aber auch nachhaltiger verwertet werden.

In Bezug auf das Recycling ist Deutschland Vorreiter, wozu das duale System einen wesentlichen Beitrag leistet. Deutschland war das erste EU-Land, das ein LVP-Sammelsystem mit dem Prinzip der Herstellerverantwortung eingeführt hat, das auch zum Vorzeigemodell für die Ausrichtung der EU-Verpackungsrichtlinie wurde. Inzwischen ist der Grüne Punkt in vielen EU-Ländern etabliert, auch wenn die Mitgliedstaaten letztendlich selbst festlegen, wie sie die Ziele der Richtlinie erreichen wollen und in welcher Form sie entsprechende Systeme organisieren (PricewaterhouseCoopers AG WPG 2011: 80). Die Art dieser Systeme unterscheidet sich in den verschiedenen EU-Ländern daher mitunter deutlich, etwa in Bezug auf die Anzahl der Systembetreiber und den Wettbewerb sowie die Höhe der Recyclingquoten und Lizenzgebühren (Tabelle 4.2). Die Herstellerverantwortung stellt dabei eine Verpflichtung der Hersteller dar, die erforderlichen Maßnahmen vorzunehmen, mit deren Hilfe sichergestellt werden kann, dass gebrauchte Verkaufsverpackungen gesammelt und in sinnvoller Weise verwertet werden.

In den meisten EU-Ländern wurden, um dem nachzukommen, entsprechende Organisationen etabliert, die diese gesetzliche Verpflichtung für die Hersteller gegen Entgelt übernehmen. Die Tabelle weist allerdings aus, dass der Wettbewerb meist noch nicht sonderlich ausgeprägt ist, denn nur in einem Viertel der Länder gibt es bereits mehr als zwei Systemanbieter. Die Zahlen zu den Recyclingquoten und den mengenbezogenen Lizenzgebühren werden von Eurostat veröffentlicht und stellen somit amtliche Daten dar. Deutschland verzeichnete demnach im Jahr 2010 nach Belgien, Dänemark und den Niederlanden die vierthöchste Recyclingquote in Bezug auf die Verwertung gebrauchter Verkaufsverpackungen. Allerdings weist Deutschland unter den EU-Ländern auch den fünfthöchsten Wert an Lizenzgebühren pro t in Verkehr gebrachter Verpackungen auf (Kunststoff, Altglas und PPK für Haushalte und Industrie insgesamt).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Tabelle 4.2

Zeitpunkt der Einführung der Herstellerverantwortung für die Entsorgung von Verkaufsverpackungen, Anzahl der daran beteiligten Systeme, Recyclingquoten und Höhe der Lizenzgebühren in den einzelnen EU-Ländern im Jahr 2010

EU-Länder	Hersteller- verantwortung	Anzahl der Systeme	Recycling- quote 2010	Lizenz- gebühren in €/t
Belgien	seit 1994	2	80%	77
Bulgarien	seit 2004	1	62%	57
Dänemark	regierungsgeleitetes System		84%	n.a.
Deutschland	seit 1990	9	73%	130
Estland	seit 2004	4	56%	174
Finnland	seit 1997	n.a.	55%	19
Frankreich	seit 1992	1	61%	154
Griechenland	seit 2001	n.a.	59%	45
Großbritannien	seit 1997	22	61%	14
Irland	seit 1997	1	66%	45
Italien	seit 1997	1	64%	34
Kroatien	seit 2006	n.a.	n.a.	n.a.
Lettland	seit 2000	n.a.	49%	66
Litauen	seit 2002	1	60%	22
Luxemburg	seit 1995	1	66%	54
Malta	seit 2005	1	29%	90
Niederlande	seit 2013	1	74%	119
Österreich	seit 1993	6	67%	199
Polen	seit 2000	1	39%	n.a.
Portugal	seit 1996	1	56%	90
Rumänien	seit 2004	7	43%	20
Schweden	Mischsystem		54%	106
Slowakei	seit 2003	11	46%	n.a.
Slowenien	seit 2003	4	61%	80
Spanien	seit 1996	2	62%	152
Tschechien	seit 2002	1	70%	127
Ungarn	regierungsgeleitetes System		52%	82
Zypern	seit 2006	1	50%	56

Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Bio et al. 2014: 43f. und 50f.

Die angeführten Eurostat-Daten zu den Recyclingquoten und Lizenzgebühren geben nur einen groben Überblick über die mutmaßliche Situation in Bezug auf die Entsorgung gebrauchter Verkaufsverpackungen im EU-Vergleich, da die Angaben aufgrund der unterschiedlich gehandhabten Bedienung der zugrunde liegenden Indikatoren nur eingeschränkt aussagekräftig sind (Sismega S.L. Consultores and Ffact 2013; European Commission 2014). Aus den ausgewiesenen Lizenzgebühren je t Verpackungsabfall kann daher auch nicht auf die tatsächlichen Systemkosten

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

geschlossen werden, schon gar nicht auf die Effizienz der verschiedenen Systeme, da hieraus keinerlei Rückschlüsse auf den jeweiligen Nutzen ableitbar sind, auch nicht in Verbindung mit den Recyclingquoten, die sich auf die lizenzierte Abfallmenge beziehen und nicht auf den jeweiligen Verpackungsverbrauch. Eine vertiefende Analyse und Bewertung kann an dieser Stelle aber nicht erfolgen, da dies den Rahmen der vorliegenden Studie sprengen würde.

Festzuhalten bleibt, dass Deutschland als erstes ein duales System einführte, das daher am weitesten entwickelt ist und eine vergleichsweise hohe Wettbewerbsintensität aufweist. Inzwischen wurde in etwa der Hälfte der EU-Länder ein mit dem deutschen vergleichbares duales System eingeführt, wobei die entsprechenden Sammel- und Verwertungssysteme vielfach noch im Aufbau befindlich sind.

Zur Abrundung des gezeichneten Bilds der derzeitigen Situation der Abfallentsorgungssysteme in der EU werden noch die Systeme zweier bedeutender EU-Länder kurz skizziert, und zwar von Frankreich und Großbritannien.

Frankreich: Das mit dem dualen System in Deutschland vergleichbare Sammel- und Entsorgungssystem *Eco-Emballages* wurde in Frankreich nur wenige Jahre später eingeführt. Es gibt aber nach wie vor nur einen Systemanbieter und somit noch keinen wirklichen Wettbewerb. Im Bereich Kunststoff werden bislang nur Flaschen getrennt gesammelt, andere Kunststoffverpackungen landen dagegen auch weiterhin im Restmüll. Inzwischen gibt es aber eine Reihe von Pilotprojekten (die knapp 4 Mill. hierin einbezogenen Verbraucher sollen alle Verpackungen aus Kunststoff in der gelben Tonne sammeln), von deren Durchführung man sich eine Ausweitung des Kunststoffrecycling erhofft.

Großbritannien: In Großbritannien wurde auf die Einführung eines dualen Systems wie in Deutschland verzichtet. Stattdessen stellen Verwertungsunternehmen sog. *Packaging Waste Recovery Notes* aus, das sind handelbare Nachweise, die von den Inverkehrbringern von Verpackungen gekauft werden müssen. Es handelt sich also um ein Marktmodell. Den Grünen Punkt gibt es allerdings auch in Großbritannien. Die britische Verpackungsrecycling-Organisation Valpak gewährleistet, dass nur autorisierte Unternehmen Verpackungen mit dem Grünen Punkt auf

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

den Markt bringen. Die bisherigen Erfahrungen lassen darauf schließen, dass das britische Modell zwar das eine oder andere Problem mit sich bringt, z.B. in Bezug auf Steuerung und Kontrolle, es aber als durchaus erfolgreich angesehen werden kann (bifa 2011: 20ff.). Die Verwertungsquoten fallen zwar niedriger aus als in Deutschland und einigen anderen EU-Ländern, dafür sind aber auch die Systemkosten geringer und die Wettbewerbsintensität ist höher.

4.3 Identifizierung und Quantifizierung zentraler Nutzenaspekte

Kosteneinsparung bei der Restmüllentsorgung

Durch die Etablierung des dualen Systems in Deutschland kommt es zu einer gewichtsmäßigen Reduzierung des Restmülls um die Menge, die in der gelben Tonne gesammelt wird. 2014 wurden 2,49 Mill. t LVP in der gelben und 13,1 Mill. t Restmüll in der grauen Tonne gesammelt. Ohne die Einführung des dualen Systems hätte der Restmüllanfall demnach – bei gleicher Gesamtmenge, also unter der Annahme, dass es durch das duale System zu keiner Vermeidung des Verpackungsaufkommens etwa aufgrund der Lizenzierung gekommen ist – 15,6 Mill. t betragen. Durch die in der gelben Tonne erfassten LVP reduzierte sich der Restmüllanfall somit 2014 um rechnerisch 16%, volumenmäßig geht die Reduzierung wegen der geringeren Dichte von LVP sogar deutlich darüber hinaus. Die infolge der LVP-Sammlung des dualen Systems sinkende Restmüllmenge führt somit zu Kosteneinsparungen bei der Sammlung und Entsorgung des Restmülls. Für die Bezifferung des Ausmaßes dieser Kostensenkung ist zu klären, wie hoch die Kosten der Restmüllentsorgung sind und inwieweit sich eine Reduzierung der Restmüllmenge in Hinblick auf eine Senkung der Kosten der Restmüllsammlung und -entsorgung auswirkt.

Die Kosten für die Sammlung und Entsorgung des Restmülls können aus den Abfallgebühren oder direkten Kostenschätzungen abgeleitet werden. Laut Angaben des Statistischen Bundesamts lagen die Abfallgebühren im Bundesdurchschnitt im Jahr 2008 bei 294 €/t (Destatis 2016). Da sich der Preisindex der Müllabfuhrgebühren in Deutschland 2014 gegenüber 2008 trotz der zurückgehenden inländi-

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

schen Restmüllmenge geringfügig erhöht hat, sind durchschnittliche Restmüllgebühren in Höhe von ca. 300 €/t in etwa realistisch. Zum Vergleich: 2011 wurden vom dualen System bezogen auf die Erfassungsmenge Lizenzeinnahmen in Höhe von 317 €/t LVP erzielt, nach Abzug der Rohmarge des dualen Systems waren es noch 281 €/t LVP (Bundeskartellamt 2012: 61). Direkten Kostenschätzungen zufolge liegen die regionalen Kosten der Sammlung zwischen 68 und 180 €/t Restmüll, die Kosten der Müllentsorgung in einer MVA zwischen 70 und 340 €/t und in einer MBA zwischen 70 und 230 €/t (IGES et al. 2009: 90ff.).

Die Kosten der Restmüllsammmlung und -entsorgung gehen also infolge der durch das duale System hervorgerufenen Reduzierung der Restmüllmenge zurück. Eine Untersuchung dieses Effekts unmittelbar nach der Einführung der ALBA Gelbe Tonne^{plus} in Berlin kam zu dem Ergebnis, dass bereits kurzfristig die Hälfte der Kosten, die bei der Sammlung und Entsorgung der eingesparten Restmüllmenge ansonsten angefallen wären, eingespart werden (Hasucha 2007: 104ff.). Längerfristig betrachtet dürfte dieser Anteil jedoch noch wesentlich höher ausfallen.

Bezüglich der Sammlung ist gleichwohl zu bedenken, dass der vorzuhaltende Fuhrpark und der damit einhergehende Aufwand der Restmüllsammmlung auch langfristig nicht vollständig proportional zur sinkenden Restmüllmenge reduzierbar ist, da zur Leerung der grauen Tonne auch weiterhin in regelmäßigen Abständen (meist ein- oder zweiwöchentlich) sämtliche Haushalte angefahren werden müssen. Allerdings sind dann weniger Fahrten erforderlich, da die Müllfahrzeuge sich nicht so schnell füllen und daher pro Fahrt mehr Haushalte angefahren werden können. Zudem haben LVP im Vergleich zum Restmüll ein höheres Volumen, sodass das Restmüllvolumen noch stärker sinkt als das Gewicht. Der Restmüll wird in den Fahrzeugen der Müllabfuhr zwar ohnehin zusammengepresst, Haushalte können aber das Volumen der grauen Tonne entsprechend stärker reduzieren und damit einen Teil der Abfallgebühren sparen. Für die Kosten der Restmüllentsorgung ist das Volumen indes nicht relevant, da die Entsorgungs- bzw. Behandlungsanlagen nach Gewicht abrechnen (BBR 2006: 65).

In Bezug auf das Ausmaß der Kostenreduzierung in der Entsorgung muss zwischen kurz- und mittelfristigen Effekten unterschieden werden. Kurzfristig können

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

bestenfalls variable Grenzkosten eingespart werden, zumal die MVA zeitweise durch Überkapazitäten gekennzeichnet waren. Die Kapazitätsauslastung hat sich zuletzt aber wieder verbessert, auch weil 2014 zur besseren Auslastung mehr als eine Mill. t Abfall importiert wurden (der Spotpreis dafür war zwischenzeitlich auf 40 €/t gesunken, hat sich danach dann aber wieder verdoppelt). Während kurzfristig die variablen Grenzkosten maßgebend sind, muss die mittel- bis längerfristig eintretende Kostenreduzierung mit Durchschnittskosten kalkuliert werden, da sich die Kapazitäten sowohl im Bereich der Restmüllsammlung als auch in der Restmüllentsorgung an die geänderten Marktbedingungen anpassen werden, so dass mit einer weitgehend vollständigen Kostenreduzierung entsprechend der durch das duale System verminderten Restmüllmenge zu rechnen ist.

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Kosten der Restmüllsammlung und -entsorgung wird angenommen, dass infolge der durch die LVP-Sammlung hervorgerufene Verminderung der Restmüllmenge (2,49 Mill. t) bei der Sammlung und Entsorgung Kosteneinsparungen von jeweils 110 €/t reduzierten Restmülls resultieren (Tabelle 4.3). Bei der Sammlung liegen die 110 €/t LVP etwa 10% unter dem Mittelwert der oben genannten Kostenspanne, bei der Entsorgung entsprechen sie dem langjährigen Durchschnitt der Abnahmepreise der deutschen MVA für Restmüll (Obermeier 2016: 23).

Tabelle 4.3
Kosteneinsparung bei der Restmüllentsorgung durch das duale System in 2014

Faktor		Summe
hypothetische Restmüllmenge einschließlich der LVP-Mengen des dualen Systems	13,1 Mill. t Restmüll + 2,5 Mill. t LVP	15,6 Mill. t
Reduzierung der Restmüllmenge durch das duale System	16%	2,5 Mill. t
Einsparung bei der Restmüllsammlung	ca. 110 €/t	275 Mill. €
Einsparung bei der Restmüllentsorgung	ca. 110 €/t	275 Mill. €
Gesamteinsparung durch das duale System		550 Mill. €

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Der MVA-Abnahmepreis von 110 €/t liegt somit über dem Spotpreis, der jedoch nur als Grenzkostenpreis für einen kurzfristigen Zeithorizont und für vergleichsweise geringe Mengen anzusehen ist, längerfristig ist dagegen zumindest ein Teil der Fixkosten aufgrund der ansonsten erforderlich werdenden höheren Erhaltungs- oder Neuinvestitionen zu berücksichtigen. Auch negative Skaleneffekte durch sinkende Mengen dürften eine Rolle spielen, die aber zum Teil kompensiert werden, da – wie zurzeit auch der Fall – die ineffizienteren, meist kleineren MVA und MBA geschlossen und die effizienteren, meist größeren Anlagen dann entsprechend besser ausgelastet werden. Unter Zugrundelegung der genannten Annahmen zur Kostenentlastung bei der Sammlung und Entsorgung resultiert aus der verringerten Restmüllmenge eine dadurch bedingte Kosteneinsparung von insgesamt **ca. 550 Mill. €**, die als Nutzen für das duale System anzusehen ist.

Nutzen der Initiierung eines Marktes für Sekundärrohstoffe

Der gesetzliche Rahmen der VerpackV hat maßgeblich zur Etablierung eines Marktes für Recyclingprodukte aus Post-Consumer-LVP beigetragen. Die Entwicklung der Sekundärrohstoffmärkte wurde dabei von der Entwicklung der Primärrohstoffmärkte, der Nachfrage nach Verkaufsverpackungen und Sekundärrohstoffen, dem technischen Fortschritt (etwa die Einführung der automatischen Trennung und Sortierung) und der steigenden Akzeptanz für Produkte aus recycelten Post-Consumer-LVP bestimmt. Förderlich war auch der – im Übrigen u.a. von der EU eingeforderte – Markteintritt zusätzlicher Wettbewerber im Rahmen des dualen Systems, verbunden mit der Herausbildung konkurrierender Unternehmen. Dies trug entscheidend zum Anstieg der Verwertungsquote bei Verkaufsverpackungen (siehe Kapitel 3), zur Weiterentwicklung der Sekundärrohstoffmärkte und zum deutlichen Sinken der Kosten für das duale System bei (siehe Kapitel 4.5).

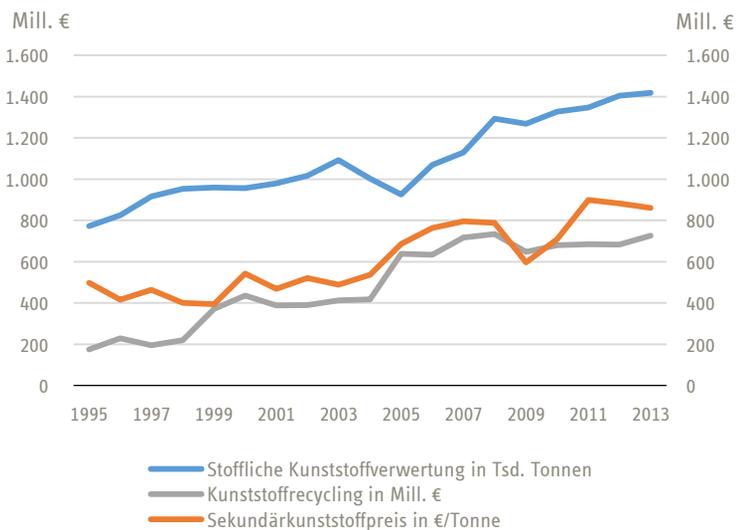
Im Kunststoffbereich setzte der Anstieg der Verwertungsmenge Mitte der 1990er Jahre u.a. durch die Entfaltung von Aktivitäten des zunächst nur aus einem Unternehmen bestehenden dualen Systems ein, wobei bis zum Beginn der 2000er Jahre bei Post-Consumer-Rezyklaten die manuelle Sortierung vorherrschte. Bis Mitte der 2000er Jahre nahm die Kunststoffverwertung (insgesamt, also einschließlich

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

dem dualen System) zunächst verhalten zu, da sich erst eine Recyclingwirtschaft etablieren musste, danach kam es zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Rezyklate-Qualitäten. Der technische Fortschritt und der einsetzende Wettbewerb im dualen System trugen ab Mitte der 2000er Jahre zu einer weiteren Erhöhung der stofflichen Kunststoffverwertung bei, das Deponierungsverbot führte zudem dazu, dass zuvor deponierte Kunststoffabfälle fortan energetisch verwertet wurden. Die Kunststoffverwertungsmenge und die Sekundärkunststoffpreise verdoppelten sich etwa seit Mitte der 1990er Jahre, entsprechend vervierfachte sich das Umsatzvolumen des Kunststoffrecyclings (Schaubild 4.1).

Schaubild 4.1

Kunststoffverwertungsmengen, Kunststoffpreise und Kunststoffrecycling



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (2010 und 2015), „KI – Kunststoff Information“ (2015) und Destatis (2014). – Die Preise wurden ab 2001 entsprechend dem Verlauf der Primärkunststoffpreise mit einem Abschlag von 45% zurückgerechnet.

Das duale System hat zu dieser Entwicklung einen wesentlichen Beitrag geleistet. Von den Post-Consumer-Kunststoffabfällen von 1.150 kt, die 2014 über das duale System gesammelt wurden, sind 40% oder 455 kt in die Verarbeitung zu Rezyklaten eingegangen (diese Mengen basieren auf den von DSD und vom Öko-Institut

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

gemachten Angaben aus den Stoffstromanalysen, wobei es sich dabei um für alle Systembetreiber des dualen Systems hochgerechnete Werte handelt). Zur Berücksichtigung der Verluste im Zuge des Recyclingprozesses ist ein Mengenabschlag von 30% vorzunehmen, sodass letztendlich 318 kt als Rezyklate gewonnen werden, die als Ausgangsmaterial in die Herstellung neuer Produkte aus Recyclingkunststoffen eingehen. Hieraus resultiert unter Zugrundelegung der – von DKR übermittelten – Rezyklate-Preise in der Recyclingwirtschaft ein Umsatzvolumen von knapp 190 Mill. € (Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4
Berechnung des Umsatzvolumens von Kunststoff-Rezyklaten aus dem dualen System im Jahr 2014

Material	Preis in € je t	Mengen in kt	Umsatzvolumen in Mill. €
Folie (Agglomeration, Regranulate)	630	116	73
Mischkunststoffe	120	60	7
PET zu Flakes	750	35	26
PE-Regranulierung	760	43	33
PP-Regranulierung	760	57	43
PS-Regranulierung	850	6	6
EPS-Trockenaufbereitung	1000	1	1
Summe		318	189

Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben von DSD, Öko-Institut und DKR. – Aufgrund einer anderen Berechnungsmethode weicht die Sekundärkunststoffmenge von der vom Öko-Institut berechneten Menge in Höhe von 269 kt ab (Öko-Institut 2016: 21).

Das Umsatzvolumen für die aus den Stoffstromanalysen abgeleiteten 62 kt recyceltes Aluminium und die 285 kt recyceltes Weißblech, die im Jahr 2014 vom dualen System in der gelben Tonne gesammelt wurden, beträgt – legt man die von DKR übermittelten Preise zugrunde – ca. 125 Mill. €. In entsprechendem Umfang werden hierdurch – wie auch durch die zuvor ermittelten 320 kt an Kunststoff-Rezyklaten – Primärmaterialien substituiert. Insgesamt liegt das Marktvolumen des Wertstoffrecyclings aus LVP somit bei rund 315 Mill. €. Zur Bestimmung des daraus resultierenden Nutzens wird die Preisdifferenz zwischen Primär- und Se-

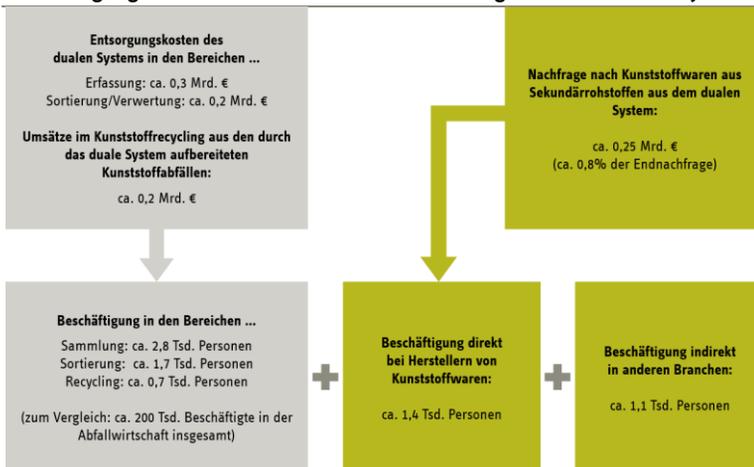
Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

kundärrohstoffen in Höhe von etwa 40% bei Kunststoffen sowie 30% bei Aluminium und Weißblech zugrunde gelegt; die resultierende Kostenersparnis durch die Substitution von Primärmaterialien liegt somit bei **ca. 180 Mill. €**.

Die mit dem dualen System verbundene LVP-Sammlung und -Verwertung schafft auch Beschäftigung, die anhand von Annahmen geschätzt werden muss (Übersicht 4.2). Aufgrund der Relation der Höhe der Kosten des dualen Systems für die Erfassung und die Sortierung/Verwertung (Bundeskartellamt 2012: 44) sowie den einer anderen Studie entnommenen Beschäftigungsrelationen (GIB und ARGUS 2009: 149) werden die hier jeweils entfallenden Beschäftigtenzahlen hochgerechnet. Für diese Hochrechnung wird als Basis die Zahl der Beschäftigten in der Sortierung zugrunde gelegt, die wiederum aus dem Verpackungsanfall und der Arbeitsproduktivität abgeleitet werden kann (Zwirner 2014). Die Beschäftigten in der Recyclingwirtschaft wurden ebenfalls anhand der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität der Unternehmen geschätzt, die Sekundärkunststoffe aus dem dualen System für die kunststoffverarbeitende Industrie aufbereiten.

Übersicht 4.2

Beschäftigung durch die Sekundärkunststoffnachfrage aus dem dualen System



Quelle: Eigene Darstellung.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Demnach sind in den Bereichen Sammlung und Sortierung der Post-Consumer-Kunststoffabfälle aus der gelben Tonne des dualen Systems schätzungsweise 4,5 Tsd. Personen beschäftigt, weitere rund 0,7 Tsd. Arbeitnehmer arbeiten im Recycling. Insgesamt sind dadurch in der Kunststoff-Recyclingwirtschaft also gut 5 Tsd. Arbeitsplätze entstanden (zu einer ähnlichen Größenordnung – wenn auch mit einer etwas abweichenden Verteilung – kommt auch eine andere Studie; IFEU 2007: 11 und 15).

Zudem sind rund 2,5 Tsd. Personen in der kunststoffverarbeitenden Industrie sowie indirekt hiermit verbundenen Branchen damit beschäftigt, die aus der gelben Tonne bereitgestellten Sekundärkunststoffe in Produkte eingehen zu lassen. Dies ergibt sich daraus, dass der Anteil der Sekundärkunststoffe am Absatzvolumen der Kunststoffe insgesamt (Primär- und Sekundärkunststoffe) bei etwa 0,8% liegt. Zwar beträgt der mengenmäßige Anteil knapp 2%, aufgrund der vergleichsweise geringeren Qualitäten und des notwendigen Preisabschlags bei den Sekundärkunststoffen entspricht der Anteil am gesamten monetären Marktvolumen aber weniger als der Hälfte des Mengenanteils. Basierend auf dem Anteil am Marktvolumen der Kunststoffe insgesamt wird ein entsprechender Anteil der Sekundärkunststoffe des dualen Systems an der gesamten Endnachfrage der kunststoffverarbeitenden Industrie in Höhe von ca. 30 Mrd. € angenommen. Die damit einhergehende Beschäftigung direkt bei den Herstellern von Kunststoffwaren sowie die indirekt hiermit verbundene Beschäftigung in anderen Branchen werden aus den Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts abgeleitet.

Bezieht man auch das Recycling von Aluminium und Weißblech mit ein, sind den durchgeführten Berechnungen zufolge **ca. 10 Tsd. Arbeitsplätze** geschaffen worden. Dies stellt allerdings keine Beschäftigungswirkung dar, denn von einem gesamtwirtschaftlichen Netto-Beschäftigungseffekt wäre nur dann auszugehen, wenn es sich dabei um zusätzlich geschaffene Beschäftigung handeln würde. Die zusätzlich geschaffene Beschäftigung durch die Etablierung des Systems der Rückgewinnung von Wertstoffen aus Verpackungsabfällen im LVP-Bereich entspricht aber nur einem Teil der ermittelten Beschäftigtenzahlen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass es sich hierbei nicht alleine um Substitutionseffekte handelt, sondern dass per Saldo tatsächlich zusätzliche Beschäftigung geschaffen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

wurde, zumal die eingesparte Produktion von Primärmaterialien vornehmlich Hersteller im Ausland betrifft.

Zusätzliche Beschäftigung dürfte sowohl im Bereich der Sammlung und Sortierung als auch in der Recyclingwirtschaft sowie im Zuge der Kreierung neuer Produkte und Märkte infolge von Produktinnovationen in der kunststoffverarbeitenden Industrie geschaffen worden sein. Die gestiegene Effizienz seit dem Jahr 2000 insbesondere im Bereich der Sortierung, in der zuvor noch deutlich mehr manuell gearbeitet worden war, hat hier allerdings bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu einer deutlichen Verminderung der Beschäftigtenzahl geführt, wobei in diesem Bereich noch von weiteren Potenzialen für eine Erhöhung der Effizienz auszugehen ist. Daher dürfte ein Teil der positiven Netto-Beschäftigungseffekte vor allem in der Sortierung nur vorübergehender Natur sein, da Prozessinnovationen in diesem Bereich zu einer weiteren Verringerung der Beschäftigung führen dürften, was dann aber auch zu einer Senkung der Systemkosten und damit einer Steigerung der Effizienz des dualen Systems beiträgt.

CO₂-Verminderung

Durch die LVP-Sammlung des dualen Systems kommt es im Vergleich zur Entsorgung der LVP zusammen mit dem Restmüll zu einer Verminderung von CO₂-Emissionen und damit zu positiven Umwelt- bzw. Klimaschutzeffekten. Nach Berechnungen des Öko-Instituts (Öko-Institut 2016) werden durch das duale System aufgrund der stofflichen Verwertung der LVP im Recycling bzw. der energetischen Nutzung als EBS in Hochöfen und Zementwerken im Vergleich zu einer alternativ erfolgenden Entsorgung zusammen mit dem Restmüll erhebliche Mengen an CO₂-Äquivalenten eingespart.

Dieser Entlastungseffekt rührt zum einen daher, dass 1 t Kunststoff aus LVP etwa 2 t Kohle substituiert (bei gleichem Brennwert aber deutlich niedrigerer CO₂-Belastung), zudem verursacht die Förderung der Kohle eine CO₂-Belastung. Daraus ergibt sich eine Einsparung von gut 1,9 Mill. T CO₂-Äquivalent (Öko-Institut 2016: 45). Dies entspricht einer Entlastung von 782 kg je t LVP, wohingegen die Entlastung beim Restmüll – ohne die LVP-Mengen aus der gelben Tonne – nur bei 41 kg

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

je t Restmüll liegt. Würden LVP dagegen nicht vom dualen System verwertet bzw. entsorgt, sondern – entsprechend der den Nutzen-Kosten-Betrachtungen zugrunde liegenden Vergleichssituation – im Restmüll verbleiben, ergäbe sich bei der Verbrennung in MVA zum anderen eine zusätzliche Belastung von knapp 0,8 Mill. t CO₂-Äquivalent. Diese würde aus den sich dann ergebenden vergleichsweise weniger guten Verbrennungsbedingungen, höheren Aufwendungen für die Rauchgasreinigung und niedrigeren regenerativen Anteilen von etwa 20% bei LVP gegenüber 60% beim übrigen Restmüll resultieren. Im Vergleich dazu, dass LVP im Restmüll verblieben wären, ergeben sich demzufolge durch das duale System Einsparungen von insgesamt **ca. 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent**. Das duale System führt also zu einer nachhaltigen Verminderung klimaschutzrelevanter Emissionen (zu einer ähnlichen Einschätzung kommen auch Heyde et al. 2010).

Eine Möglichkeit zur Bestimmung des ökonomischen Nutzens, der sich aus der durch das duale System hervorgerufenen Verminderung klimaschädlicher Emissionen ergibt, besteht darin, die eingesparten Mengen mit den durchschnittlichen CO₂-Vermeidungskosten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), durch das ja gezielte Maßnahmen zur Reduzierung klimabelastender Emissionen gefördert werden, zu bewerten. Die Höhe der CO₂-Vermeidungskosten der Maßnahmen, die im Rahmen des EEG gefördert werden, liegt laut Franke et al. (2014: 365) bei durchschnittlich 85 €/t CO₂-Äquivalent. Legt man diesen Durchschnittswert zugrunde und multipliziert ihn mit der durch das duale System insgesamt eingesparten Menge in Höhe von 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent, ergibt sich ein Nutzen von **ca. 230 Mill. €**.

In einer zweiten, komplementären Rechnung werden die CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems berechnet und dazu alle im Vergleich zur Entsorgung der LVP mit dem Restmüll anfallenden Nutzen- und Kostengrößen ohne Berücksichtigung der CO₂-Verminderung saldiert (Tabelle 4.5). Die verbleibende Restgröße, die sich bei Saldierung der Nutzen und Kosten ergibt, wird dann auf die Menge der CO₂-Verminderung bezogen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Tabelle 4.5
CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems

Faktor		Summe
+ Kosteneinsparung bei Restmüll-Entsorgung	550 Mill. €	
+ Kostensenkung durch Substitution von Primär- durch Sekundär-Kunststoffe	180 Mill. €	730 Mill. €
- Systemkosten des dualen Systems		775 Mill. €
Saldo		- 45 Mill. €
CO₂-Vermeidungskosten je Tonne CO₂-Äquivalent	2,7 Mill. t	17 €/t

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Im Vergleich zum Verbleib der LVP im Restmüll resultieren Mehrkosten, die sich ohne Berücksichtigung der CO₂-Verminderung als Saldo dieser Komponenten ergeben:

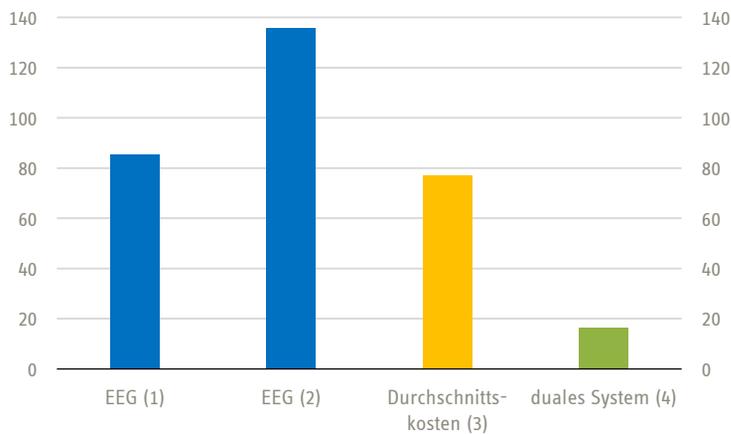
- Kosteneinsparung bei der Restmüllentsorgung in Höhe von 550 Mill. €
- zuzüglich der Kostensenkungen aufgrund der Substitution von Primär- durch Sekundärrohstoffe (Kunststoff, Aluminium und Weißblech) in Höhe von 180 Mill. €
- abzüglich der Kosten des dualen Systems (Lizenzgebühren und anrechenbare Transaktionskosten; siehe dazu Kapitel 4.5) in Höhe von 775 Mill. €.

Daraus resultiert somit ein Saldo von -45 Mill. €, der dann durch die 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent, die durch das duale System im Vergleich zum Verbleib der LVP im Restmüll eingespart werden, dividiert wird. Daraus resultieren CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems in Höhe von **ca. 17 €/t CO₂-Äquivalent**. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass sie einen direkter Vergleich mit alternativen Maßnahmen, CO₂-Emissionen zu vermeiden, ermöglicht. Schaubild 4.2 zeigt die so berechneten CO₂-Vermeidungskosten im Vergleich zu denen gezielter Klimaschutzmaßnahmen. Der 1. Balken weist die bereits zur Bewertung des Nutzens der CO₂-Verminderung des dualen Systems herangezogenen CO₂-Vermeidungskosten des EEG-Strom-Mix laut Franke et al. (2014: 365) in Höhe von 85 € je t CO₂-

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Äquivalent aus, wobei die dem zugrundeliegenden Maßnahmenkosten zwischen 19 €/t (*Wind Onshore*) und 148 €/t CO₂-Äquivalent (Photovoltaik) variieren. Von noch deutlich höheren durchschnittlichen CO₂-Vermeidungskosten des EEG-Strom-Mix geht das Institut der deutschen Wirtschaft Köln mit durchschnittlich 136 €/t CO₂-Äquivalent (2. Balken) aus (Bardt et al. 2012: 13); die Kosten reichen hier von 54 €/t (*Wind Onshore*) bis 346 €/t CO₂-Äquivalent (Photovoltaik). In einer Literaturstudie wurde für die CO₂-Vermeidungskosten vom Bundesumweltamt ein Durchschnittswert von 77 €/t CO₂-Äquivalent ermittelt (3. Balken), die Kosten der einzelnen Maßnahmen schwanken dabei zwischen 44 und 135 €/t CO₂-Äquivalent (Schwermer et al. 2014: 6).

Schaubild 4.2
Höhe der CO₂-Vermeidungskosten im Vergleich
in €/t CO₂-Äquivalent



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von (1) Franke et al. (2014: 365), (2) Bardt et al. (2012: 13) und (3) Schwermer et al. (2014: 6); (4) eigene Berechnungen.

Im Vergleich dazu sind die CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems also deutlich niedriger als diejenigen, die im Durchschnitt bei den Maßnahmen anfallen, die eine Erhöhung des Anteils regenerativer Energiequellen zum Ziel haben (nur etwa ein Fünftel der durchschnittlichen Kosten der EEG-Maßnahmen). Auch keine

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

der Einzelmaßnahmen unterschreitet demnach die durchschnittlichen CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems. Nach der Schätzung von Franke et al. liegen die Kosten für *Wind Onshore* mit 19 €/t leicht über den gegenwärtigen CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems. Dagegen lag im Rahmen des Emissionshandels der CO₂-Zertifikatepreis, der u.a. an der Energiebörse *European Energy Exchange* gehandelt wird, nur bei etwa einem Drittel der CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems, denn nachdem er nach dessen Einführung Mitte der 2000er Jahre noch bei zeitweise über 30 €/t CO₂ gelegen hatte, fiel er bis zum Jahr 2014 auf durchschnittlich rund 6 €/t. Wie lässt sich diese Diskrepanz erklären?

Der auf EU-Ebene 2005 eingeführte CO₂-Emissionshandel *European Union Emissions Trading System* (EU ETS) verfolgt das Ziel, den Ausstoß von CO₂-Äquivalenten mit möglichst geringen volkswirtschaftlichen Kosten zu verringern. 2013 gab es gut 2 Mrd. CO₂-Zertifikate, deren Zahl künftig jedes Jahr um knapp 2% sinken soll. Der Preis dieser Verschmutzungsrechte wird durch Angebot und Nachfrage bestimmt. Der CO₂-Emissionshandel ist aus ökonomischer Sicht (theoretisch) effizienter als z.B. eine CO₂-Steuer oder ordnungspolitische Maßnahmen, da die CO₂-Vermeidung jeweils an den Stellen in der Volkswirtschaft erfolgt, an denen diese mit den geringsten Kosten möglich ist. Allerdings eignet sich der Preis der CO₂-Zertifikate nicht als Proxy-Größe zur Bezifferung von CO₂-Vermeidungskosten:

- Preise von Emissionszertifikaten werden von Unternehmen zwar als Opportunitätskosten angesehen, ein funktionierender Emissionshandel setzt aber voraus, dass die auf dem Markt befindlichen CO₂-Zertifikate die Emissionen unterschreiten, damit bei Verursachern von Emissionen ein Anreiz entsteht, diese zu senken. Das ist beim ETS aber noch nicht der Fall. Der Großteil der Emissionsrechte wurde (und wird weiterhin) kostenlos verteilt, einige Wirtschaftssektoren, wie die Landwirtschaft, werden von der Verpflichtung zum Nachweis von Emissionsrechten ausgenommen. Andere, wie der Energiesektor, erhalten überproportional viele Emissionsrechte. Schon bei der Einführung des ETS überstiegen die Emissionsrechte die Emissionen. Wie erwähnt lag der Preis für die CO₂-Zertifikate anfänglich dennoch bei zeitweise mehr als 30 €/t CO₂. Nachdem bekannt wurde, dass französische Unternehmen deutlich weniger CO₂ emittierten, als sie gedurft hätten, drittelte sich

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

der Preis im Frühjahr 2006 schlagartig. 2009 bis 2011 bewegte er sich dann zwischen 13 und 17 €/t CO₂, bevor er aufgrund weiter steigender Zertifikate-Überschüsse auf nur noch rund 6 €/t CO₂ fiel.

- Der Zertifikate-Überschuss wird neben der zu hohen Ausgangsmenge maßgeblich dadurch hervorgerufen, das EU-Unternehmen im Rahmen von – in der Vergangenheit mitunter sehr fragwürdigen – Projekten in Entwicklungsländern Gutschriften erwirken können, wenn dadurch in diesen Ländern Emissionen reduziert werden (Andor et al. 2015: 6f.). In dem Zusammenhang wurden Emissionen vorab immer wieder gezielt nach oben getrieben, um sie anschließend zu reduzieren und die Reduzierungen gutschreiben zu lassen. Auch Betrugsdelikte im Zusammenhang mit sog. Karussellgeschäften zwecks der illegalen Erstattung der Mehrwertsteuer haben das Vertrauen in den Emissionshandel beeinträchtigt und diesen zeitweise sogar lahmgelegt. Zudem hat die Förderung regenerativer Energien die Preise der CO₂-Zertifikate zusätzlich verzerrt, da durch die Fördermaßnahmen die CO₂-Emissionen reduziert und die Zertifikate-Überschüsse damit weiter erhöht wurden, sodass der damit einhergehende sinkende Zertifikate-Preis den Einsatz fossiler Energieträger verbilligte.
- Es gibt gleichzeitig auch ein Argument, demzufolge die hohe Menge an Zertifikaten ökonomisch rational sein kann. Immer wieder wird – wohl auch teilweise zurecht – von der Industrie der Vorwurf erhoben, dass man in anderen Regionen mithilfe des Energiepreises Kostendumping betreibt. Das ist beispielsweise in der Stahlindustrie der Fall, etwa China gegenüber den Wettbewerbern in Europa (Wirtschaftsvereinigung Stahl: 9). Dies führt dazu, dass europäische Unternehmen bei einem ökonomisch gerechtfertigten Knappheitspreis für Zertifikate mitunter ihre Wettbewerbsfähigkeit verlieren und diese Industrien in andere Länder abwandern, ohne dass es dadurch zu einer Verminderung der CO₂-Emissionen kommt.

Damit der Emissionshandel seine Lenkungswirkung erfüllen und die Emissionen wie gewünscht reduzieren kann, müsste der hohe Zertifikate-Überschuss abgebaut werden. Gleichzeitig muss die Politik dafür sorgen, dass Knappheitspreise

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

für CO₂-Emissionen in allen relevanten Volkswirtschaften weltweit ihre Lenkungswirkung entfalten können. Solange dies nicht der Fall und die Preisfindung durch preisverzerrende Einflüsse gekennzeichnet ist hat der Preis der CO₂-Emissionszertifikate als Vergleichsgröße für die CO₂-Vermeidungskosten bestimmter Maßnahmen somit keine Aussagekraft.

4.4 Energetische Verwertung von Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten

Einen weiteren Aspekt der Verwertung von Post-Consumer-LVP aus dem dualen System stellt neben dem Kunststoff-Recycling (vgl. Kapitel 4.3 „Nutzen der Initiierung eines Marktes für Sekundärrohstoffe“) die energetische Verwertung als EBS dar, die hauptsächlich in Hochöfen und Zementwerken erfolgt. Für den Einsatz als EBS werden Mischkunststoffe sowie Reste aus der LVP-Sortierung so aufbereitet, dass sie die anlagenspezifischen Anforderungen eines Hochofens oder Zementwerks in Bezug auf den benötigten Heizwert und die enthaltenen Stoffe erfüllen. EBS, bei deren Herstellung neben Mischkunststoffen und Resten aus der LVP-Sortierung weitere Vormaterialien Verwendung finden, substituieren ansonsten zum Einsatz kommende fossile Energieträger wie Braunkohle, Petrolkoks oder Steinkohle (Kasten 4.1).

Kasten 4.1

Einsatz von EBS aus Mischkunststoffen und Resten aus der LVP-Sortierung in Hochöfen und Zementwerken

Mischkunststoffe und Reste aus der LVP-Sortierung können nicht direkt in Hochöfen und Zementwerken eingesetzt werden, da die Zusammensetzung dieser Fraktionen und damit ihr Energiegehalt nicht konstant genug ist bzw. diese nicht den erforderlichen Energiegehalt aufweisen. In der Zementindustrie werden daher die aus diesen Fraktionen aufbereiteten EBS in den Brennprozessen verwendet, die sich durch eine hohe Energieeffizienz und Orientierung an den Erfordernissen der Brennprozesse auszeichnen. Nach den Ergebnissen der Expertengespräche 4 und 6 beträgt der Wirkungsgrad in Hochöfen und Zementwerken ca. 70% gegenüber ca. 25% in EBS-Kraftwerken. Die einzelnen Hochöfen und Zementwerke benötigen dabei EBS, die einen für die jeweilige Anlage passenden Heizwert liefern und auch in anderer Hinsicht auf

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

die Anlagenerfordernisse ausgerichtet sind (etwa den Chlorgehalt). Der Heizwert, den z.B. Zementwerke benötigen, liegt bei ca. 25 MJ/kg (BVES 2016). Zu beachten ist in dem Zusammenhang, dass der erforderliche Heizwert auch davon abhängt, an welcher Stelle der Produktion EBS zum Einsatz kommen sollen. Die Mischkunststoffe aus der LVP-Sortierung haben in der Regel einen Heizwert von 30-34 MJ/kg, daher sind sie ein wertgebender Bestandteil, wenn ein hoher Heizwert benötigt wird (Öko-Institut 2016). Aus diesen Gründen werden die Mischkunststoffe und LVP-Sortierreste in einem eigenen Verarbeitungsprozess zu EBS-Pellets aufbereitet und dabei so „abgemischt“, dass sie genau die von den Öfen benötigte Energiemenge liefern. Die Aufbereiter übernehmen dabei vor allem die Aufgabe der Konfektionierung des Materials für den Brennprozess. Entsprechend der dadurch bereitgestellten Energie werden durch den Einsatz der EBS in Anlagen von Hochöfen und Zementwerken fossile Brennstoffe substituiert. Außerdem verbessert sich die CO₂-Bilanz, da der Einsatz von EBS im Vergleich zu dem fossiler Brennstoffe zu deutlich geringeren CO₂-Emissionen führt (Öko-Institut 2016).

Demzufolge besteht der Nutzen des Einsatzes von EBS in Hochöfen oder Zementwerken einerseits in der Einsparung von CO₂ gegenüber dem Einsatz von fossilen Brennstoffen. Die CO₂-Einsparung durch den Einsatz von Mischkunststoffen und Resten der LVP-Sortierung wird im Rahmen der Nutzen-Kosten-Betrachtung bei der Berechnung des Nutzens der CO₂-Verminderung durch das duale System bereits berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.3 „CO₂-Verminderung“). Andererseits werden unmittelbar fossile Energieträger eingespart, wobei als Indikator für die monetäre Größenordnung dieser Einsparung im Folgenden der durchschnittliche Marktwert der eingesparten Energieträger zugrunde gelegt wird. Dazu werden die Energiegehalte der Mischkunststoffe und LVP-Sortierreste ermittelt und mit Marktpreisen bewertet. Unberücksichtigt bleiben dabei die Kosten für den Aufbereitungsprozess zu EBS in Form der Entgelte für die Abnahme der Mischkunststoffe und LVP-Reste durch Aufbereiter, da diese ebenfalls bereits in den Systemkosten des dualen Systems enthalten sind (vgl. das nachfolgende Kapitel 4.5).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Die Preise, die für die Aufbereitung der Mischkunststoffe und die Reste der LVP-Sortierung aus dem dualen System bezahlt werden müssen, hängen dabei von der Gesamtkonstellation auf den jeweiligen Märkten der Müllverbrennung und der Verfügbarkeit verschiedener EBS ab. Nach Angaben aus den Expertengesprächen 5 und 6 müssen für den Einsatz bei der Erzeugung von EBS durchschnittlich zwischen 50 und 80 €/t bezahlt werden. Die Hochöfen oder Zementwerke übernehmen die EBS demnach dann für einen Preis zwischen 0 und 10 €/t. Alternative Möglichkeiten der Entsorgung wären die Müllverbrennung und das stoffliche Recycling, die jedoch unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen in der Regel mit höheren Kosten verbunden sind. MVA nehmen aber teilweise Fraktionen aus dem dualen System auf, um sie mit schlecht brennbaren Abfällen zu mischen. Für die Entsorgung in der MVA müssen nach Angaben von Euwid durchschnittlich 110 €/t bezahlt werden, wobei der Wert im Zeitablauf und regional zwischen 80 und bis zu 340 €/t schwanken kann (vgl. Kapitel 4.3 „Kosteneinsparung bei der Restmüllentsorgung“). Im Recycling muss gegenwärtig für den Mischkunststoff ebenfalls mit mehr als 100 € gerechnet werden, wobei hier die künftig zu veranschlagenden Werte von der jeweiligen weiteren Markt- und Technologieentwicklung abhängen.

Substitution von Primärenergieträgern und deren Bewertung

Von den etwa 2,5 Mill. t LVP wurden 2014 rund 1,4 Mill. t zu EBS aufbereitet und in Hochöfen bzw. Zementwerken energetisch verwertet (Tabelle 4.6). Bewertet mit den Heizwerten liegt der Energiegehalt der in Hochöfen eingesetzten EBS bei 2 Mill. GJ, der in Zementwerken bei 32 Mill. GJ. Der größte Beitrag dazu kommt bei den Zementwerken mit knapp 17 Mill. GJ von den Mischkunststoffen (52%), die LVP-Sortierreste und die Reste aus der Kunststoffaufbereitung tragen trotz ihrer großen Menge in Höhe von 745 Tsd. t nur rund 12 Mill. GJ bei (38%), da der Heizwert nur etwa halb so hoch ist. EBS substituieren die fossilen Energieträger Braun- und Steinkohle sowie Petrolkoks, Heizöl und Erdgas dagegen dienen zum

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Anfahren und zur Steuerung der Flammentemperatur und können nicht durch EBS ersetzt werden (Öko-Institut 2016: 33).⁸

Tabelle 4.6

Ausgangsdaten der Ersatzbrennstoffaufbereitung für das Jahr 2014

	Mengen aus SQ in t	Mengen nach Auf- bereitung in t	Aufbereitungs- verluste in %	Heizwert (VDZ) in MJ/kg	Energiemenge in Mill. GJ
Gesamtmenge EBS¹	1.420.452	1.374.818			
- MK-EBS in Hochöfen	70.000	52.500	25	38	2,0
- MK-EBS ins Zementwerk	622.000	497.600	20	34	16,9
- EBS direkt aus LVP ins Zementwerk	45.485	38.662	15	38	1,5
- Aufbereitungsreste	-	214.924	-	16	3,4
- Flüssigkeitskarton (FKN)	138.717	40.583	71	39	1,6
= Rest aus LVP-Sortierung	544.250	530.549	3	17	9,0
Energiegehalt des eingesetzten EBS in Hochöfen und Zementwerken					34,4
Energiegehalt des eingesetzten EBS in Zementwerken					32,4

Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben von Öko-Institut (2016; Tabelle 7, Anhang 1) und VDZ (2016). – ¹Einschließlich Flüssigkeitskarton.

Im Jahr 2014 wurden insgesamt rund 1,3 Mill. t Kohle durch EBS ersetzt (Tabelle 4.7). Bewertet mit den Heizwerten nach VDZ entspricht dies einer Energiemenge von 32,4 Mill. GJ und damit der Energiemenge, die durch EBS bereitgestellt wird. Von den insgesamt 32 Mill. GJ wurden durch EBS 19 Mill. GJ Braunkohle, 9 Mill. GJ Steinkohle und 4 Mill. GJ Petrolkoks substituiert. Diese Energiemengen werden mit Preisen der Statistik der Kohlenwirtschaft bewertet (Statistik der Kohlenwirtschaft 2016) bzw. den Preisangaben für Petrolkoks des Handelspor-

⁸ Der größte Teil des gesamten Energieeinsatzes entfällt in den Zementwerken auf Braunkohle (21%), gefolgt von Steinkohle (10%) und Petrolkoks (4%) (VDZ 2016: 10).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

tals Alibaba.com. Die Preise für physische Mengen werden in einem Zwischenschritt mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren aus der Energiebilanz 2014 (AGEB 2016) auf Preise für energetische Mengen in €/GJ umgerechnet. Aufsummiert ergibt sich dadurch eine monetäre Einsparung durch die Substitution von fossilen Brennstoffen in Zementwerken von ca. 144 Mill. €, unter mit einem gewissen Abschlag versehenen Berücksichtigung der 2 Mill. GJ, die in Hochöfen substituiert werden, liegt die Gesamteinsparung bei **ca. 150 Mill. €**.

Tabelle 4.7

Einsparung von Brennstoffkosten durch EBS-Einsatz 2014

substituierte Kohleart	substituierte Menge laut Öko-Institut	Heizwert (1)	Energiemenge	Preis (physisch)	Preis (energetisch)	Kosteneinsparung (BS-Mix)
	in t	in kJ/t	in Mill. GJ	in €/tSKE	in €/GJ	in Mill. €
Steinkohle	300.671	29,5	8,9	73	2,5	22
Braunkohle	904.051	21,5	19,4	144	4,9	96
Petrolkoks	131.880	31,0	4,1	190	6,5	26
Summe	1.336.601		32,4			144

Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben vom Öko-Institut (2016), zu den zu veranschlagten Heizwerten von VDZ (2015) und zu den physischen Energiepreisen von Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2016). – Die Umrechnung der Preise erfolgte mit Hilfe des EEFA-Programms „EnergieEinheitenUmrechner“.

Ökonomische Bewertung der Aufbereitung und Verwertung von EBS

Die energetische Verwertung von Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten aus dem dualen System in Form eines Einsatzes von EBS in Hochöfen und Zementwerken führt somit, wie die zuvor angestellten Betrachtungen zeigen, zu einer Substitution von fossilen Brennstoffen. Daraus resultiert ein Nutzen, der zusätzlich zu dem zuvor bereits bewerteten Nutzen des Recyclings von Post-Consumer-LVP – Kosteneinsparungen durch die Verringerung der Restmüllmenge, Initiierung eines Marktes für Sekundärrohstoffe und Nutzen aus der CO₂-Verminderung – entsteht. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit dadurch bedingt im Rahmen der Nutzen-Kosten-Betrachtung ein zusätzlicher Nutzen zu berücksichtigen ist.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Zunächst ist noch einmal festzustellen, dass sich der Nutzen des Einsatzes von den aus Post-Consumer-LVP aufbereiteten und in Hochöfen bzw. Zementwerken eingesetzten EBS an den zuvor bereits angesprochenen drei verschiedenen Stellen festmachen lässt, wobei diese Nutzeneffekte zum Teil bereits in der Nutzen-Kosten-Betrachtung berücksichtigt wurden, zudem ist auch ein Kostenfaktor zu beachten (Schaubild 4.3).

Schaubild 4.3

Nutzenfaktor 1	Nutzenfaktor 2:	Nutzenfaktor 3:
geringere Zuzahlungen für EBS-Aufbereiter im Vergleich zu MVA und MBA	CO ₂ -Verminderung im Vergleich zur Entsorgung der LVP im Restmüll	Produzentenrente bei EBS-Aufbereitern, Hochöfen und Zementwerken
Bewertung:	Bewertung:	Bewertung:
Zuzahlung EBS: ca. 50-80 €/t MVA/MBA: ca. 110 €/t Einsparung insg.: ca. 70 Mill. € (ist schon berücksichtigt)	1,4 Mill. t CO ₂ -Äquivalent entsprechend ca. 120 Mill. € (ist schon berücksichtigt)	Substitution von Kohle durch EBS: 1,4 Mill. t Marktwert: ca. 150 Mill. € (nicht explizit berücksichtigt)
Kostenfaktor:		
Wegfall eines Teils der Produzentenrente bei den Restmüllentsorgungsunternehmen sowie Verringerung des energetischen Gehalts des verbleibenden Restmülls: geschätzt ca. 150 Mill. €		

Ökonomisch relevante Faktoren der energetischen Verwertung in Form von EBS

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Nutzenfaktor 1 betrifft die **Zuzahlungen für die Aufbereiter von EBS**, die mit ca. 50 bis 80 €/t niedriger sind als jene, die für das stoffliche Recycling von Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten oder für eine entsprechende Entsorgung in MVA bzw. MBA anfallen würden; sie liegen z.B. bei MVA bei ca. 110 €/t. Die Differenz von ca. 50 €/t ist als Nutzen der EBS-Aufbereitung anzusehen, der letztendlich beim dualen System anfällt, da entsprechend niedrigere Zuzahlungen zu leisten sind. Dieser Nutzeneffekt in Höhe von **ca. 70 Mill. €** ist bereits im Rahmen der Nutzen-Kosten-Betrachtung implizit berücksichtigt, da die Zuzahlungen aus den Lizenzentnahmen zu bestreiten sind, die wiederum die maßgebliche Größe für die Systemkosten des dualen Systems darstellen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Der Nutzenfaktor 2 betrifft die **CO₂-Verminderung** im Vergleich zur Entsorgung der vom dualen System gesammelten Post-Consumer-LVP im Restmüll. Hier war im Rahmen der Nutzen-Kosten-Betrachtung eine CO₂-Verminderung durch die LVP-Sammlung des dualen Systems im Vergleich zur LVP-Entsorgung im Restmüll von insgesamt 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent berücksichtigt worden, was zu einem Nutzen von ca. 230 Mill. € führt. Die CO₂-Verminderung, die auf die energetische Verwertung von EBS zurückgeführt werden kann, ist darin enthalten, sodass auch dieser Nutzenfaktor im Rahmen der Nutzen-Kosten-Betrachtung bereits erfasst worden ist. Der auf die energetische Verwertung von EBS zurückzuführende Anteil lässt sich daraus ableiten, dass die zu EBS aufbereiteten und in Hochöfen bzw. Zementwerken eingesetzten EBS etwa 56% der gesamten LVP-Menge des dualen Systems umfassen. Da sich die CO₂-Bilanz der stofflichen Verwertung etwas günstiger darstellt als die der energetischen Verwertung von EBS, liegt der Anteil der EBS an der CO₂-Verminderung mit rund 52% etwas unter dem Anteil an der LVP-Menge, der resultierende Nutzen beträgt dementsprechend **ca. 120 Mill. €**.

Der Nutzenfaktor 3 betrifft die **Produzentenrente bei EBS-Aufbereitern bzw. Hochöfen und Zementwerken**. Während die verminderten Zuzahlungen für die Aufbereitung von Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten zu EBS in Form der geringeren dafür aufzubringenden Lizenzeinnahmen und die CO₂-Verminderung bereits in der Nutzen-Kosten-Betrachtung berücksichtigt sind, ist dies in Bezug auf die Produzentenrente der Hochöfen und Zementwerke nicht explizit der Fall. Dies bedarf einer näheren Betrachtung, um die Frage zu beantworten, inwieweit diese zusätzliche Produzentenrente infolge der Aufbereitung und des Einsatzes von EBS als eigenständiger Nutzenfaktor in die Nutzen-Kosten-Betrachtung aufgenommen werden kann bzw. muss. Der Marktwert der durch EBS substituierten Primärenergieträger war auf **ca. 150 Mill. €** beziffert worden.

Dies stellt allerdings nicht den in der Nutzen-Kosten-Betrachtung separat in Ansatz zu bringenden Zusatznutzen der energetischen Verwertung dar. Das betreffend sind dem nämlich zum einen die Kosten entgegenzurechnen, die bei Hochöfen und Zementwerken anfallen, um EBS nutzen zu können, zum anderen die entgangene Produzentenrente bei den MVA und MBA aufgrund der geringeren Rest-

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

müllmenge sowie der verminderten kalorischen Zusammensetzung des verbliebenen Restmülls. Letzteres hat zur Folge, dass die energetische Ausbeute in Form von Fernwärme oder Strom sinkt, die ansonsten entsprechend der LVP und deren kalorischen Gehalts in den Restmüllentsorgungsanlagen angefallen wäre. Damit die Zusammenhänge deutlicher werden, wird in Kasten 4.2 dargestellt, wie sich die verschiedenen Restmüllentsorgungsanlagen einordnen lassen.

Kasten 4.2

Energetische Einordnung der Restmüllentsorgungsanlagen⁹

Müllverbrennungsanlagen (MVA): Im Jahr 1990 wurden in MVA 5,6 Mill. t Restmüll entsorgt, gut 18% der Gesamtmenge des Restmülls von seinerzeit 30,5 Mill. t (die verbleibenden 82% entfielen auf Mülldeponien). 2014 waren sie mit 9,1 Mill. t und einem Anteil von 69,3% an der Restmüllentsorgung mit Abstand am bedeutendsten. Was die energetische Verwertung anbelangt, liegt der durchschnittliche Heizwert bei 9 MJ/kg Restmüll und damit deutlich unter dem energetischen Gehalt der aus LVP aufbereiteten EBS mit 25 MJ/kg, wobei LVP vor der Aufbereitung zu EBS-Pellets sogar einen Gehalt von 30-34 MJ/kg aufweisen. Diese Differenz hängt aber auch damit zusammen, dass mit LVP eine hochkalorische Fraktion aus dem Restmüll herausgelöst wird, sodass es zu einer kalorischen „Entwertung“ des Restmülls kommt. Zum Teil müssen Restmüllmengen, die in MVA entsorgt werden sollen, sogar mit LVP aus dem dualen System vermischt werden (2014 gut 150 Tsd. t), damit schlecht brennbare Abfälle in MVA entsorgt werden können. Einschließlich der gesamten LVP wäre der Heizwert des Restmülls, der in MVA entsorgt wird, somit höher (rechnerisch bei etwa 12-13 MJ/kg).

Mechanisch-Biologisch-Aufbereitungsanlagen (MBA): MBA entsorgten 2014 13,5% des Restmülls. Diese Anlagen sortieren zum einen Metalle aus, zum anderen hochkalorische Fraktionen (u.a. Kunststoffe), die dann in Zementwerken, als EBS in Heizkraftwerken oder in MVA energetisch verwertet werden.

⁹ In Anlehnung an Öko-Institut (2016: 22ff.).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Die organischen Bestandteile werden vergärt und das dabei entstehende Methan in Blockheizkraftwerken verbrannt, wobei etwa 175 kWh/t Restmüll an Strom gewonnen werden. MBA, die eine höhere energetische Ausbeute des Restmülls ermöglichen, wurden im Vorfeld des Deponieverbots in der ersten Hälfte der 2000er Jahre erstellt, seitdem wurden aufgrund der relativ hohen Investitionskosten aber keine weiteren Anlagen mehr gebaut, da hierfür die Erhöhung des energetischen Wirkungsgrads nicht ausreicht.

Mechanisch-Biologische-Stabilisierung (MBS), Mechanisch-Physikalische-Stabilisierung (MPS) und Mechanische Aufbereitungsanlagen (MA): MBS und MPS vereinigten im Jahr 2014 7,6% der Restmüllentsorgung auf sich, MA 9,6%. Auch in diesen Anlagen werden Restmüllabfälle getrennt, bearbeitet und zu EBS aufbereitet.

Alles in allem ist seitens der Kalorik von einem Nullsummenspiel auszugehen, da die energetische Verwertung von Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten durch die kalorische „Entwertung“ des Restmülls in etwa aufgehoben wird. Bei einer Bewertung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit müssen aber alle relevanten Nutzen- und Kostenaspekte berücksichtigt und gegenübergestellt werden. Die geringeren Zuzahlungen für EBS-Aufbereiter im Vergleich zu MVA zeigen auf, dass aufgrund des relativ hohen Wirkungsgrads von Hochöfen und Zementwerken der ökonomische Gesamtnutzen des EBS-Einsatzes höher ist. Hinzu kommen die wesentlich günstigere CO₂-Bilanz und die Substitution von 1,3 Mill. t Primärenergieträgern. Der Einsatz von EBS aus Mischkunststoffen und LVP-Sortierresten in Hochöfen und Zementwerken ist somit gegenüber der Restmüllentsorgung in MVA, aber auch gegenüber den erwähnten Aufbereitungsanlagen (u.a. MBA), deren Neubau aufgrund hoher Investitionskosten beim derzeitigen Stand der Technik unrentabel sind, um ca. 200 Mill. € vorteilhafter.

Angesichts der gewählten Vorgehensweise bei der Nutzen-Kosten-Betrachtung ist hierfür aber kein expliziter zusätzlicher Nutzen für die Aufbereitung und den Einsatz von EBS auszuweisen. Die Aufbereitung und Verwertung der erwähnten Sortierfraktionen als EBS ist gegenüber der Müllverbrennung ökonomisch vorteilhaft. Der technische Fortschritt könnte allerdings dazu führen, dass ein Teil der derzeit

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

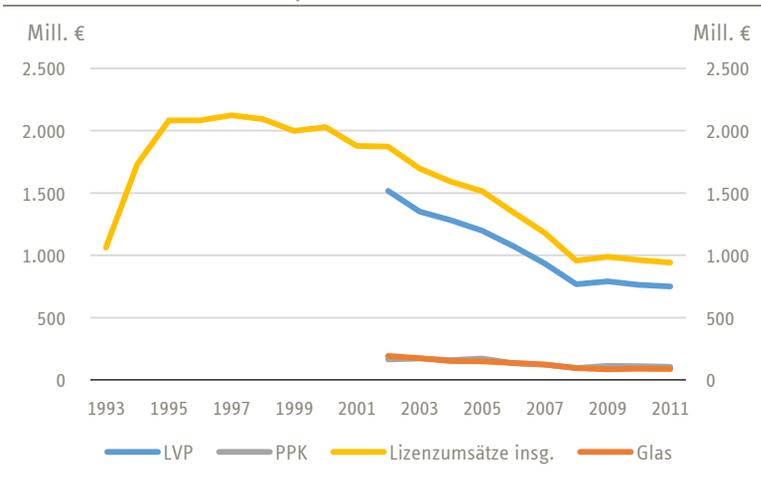
noch als EBS verwerteten Mengen künftig stofflich verwertet wird. Die derzeit schon erfolgende stoffliche Verwertung der Kunststoffabfälle, die sich auf die qualitativ höherwertigen Kunststoffsortierfraktionen bezieht ist dagegen heute schon gegenüber der EBS-Verwertung ökonomisch vorteilhafter, sowohl in Bezug auf die Ökobilanz als auch den wirtschaftlichen Nutzen. Je geringer die Qualitäten der Sortierfraktionen werden, umso weniger kommen diese beim aktuellen Stand der Technik derzeit für die stoffliche Verwertung in Betracht.

4.5 Quantifizierung der Systemkosten

Lizeneinnahmen des dualen Systems

Die vom dualen System generierten Lizeneinnahmen decken die Kosten für die Sammlung und Sortierung von LVP, für die energetische Verwertung in Hochöfen bzw. Zementwerken und zum Teil auch für das Recycling ab (Schaubild 4.4).

Schaubild 4.4
Lizeneinnahmen des dualen Systems



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von Bundeskartellamt (2012).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Die Lizeinnahmen stellen daher eine Näherungsgröße zur Bestimmung der Höhe der durch das duale System hervorgerufenen Kosten dar. Hinsichtlich der Kostenentwicklung sind dabei die folgenden Entwicklungsmuster auszumachen:

- Die Lizeinnahmen stiegen **bis Mitte der 1990er Jahre** deutlich an, da zu nächst das Post-Consumer-LVP-Verwertungssystem aufgebaut werden musste.
- In der **zweiten Hälfte der 1990er Jahre** stabilisierten sich die Lizeinnahmen für LVP, Glas und PPK dann auf einem Niveau von etwas mehr als 2 Mrd. €.
- Zu **Beginn der 2000er Jahre** begannen die Lizeinnahmen kontinuierlich zu sinken, was dafür spricht, dass das System effizienter wurde (**Effizienzgewinne**).
- **Mitte der 2000er Jahre** wurde das duale System für den Wettbewerb geöffnet, was zu einer zusätzlichen Senkung der Lizeinnahmen führte (**Wettbewerbsgewinne**).
- **Bis Ende der 2010er Jahre** sanken die Lizeinnahmen auf unter 1 Mrd. €, drei Viertel davon für LVP, je ein Achtel für Glas und PPK, wobei sie sich für LVP innerhalb einem Jahrzehnts auf nur noch **ca. 749 Mill. €** in 2011 halbierten (Erfassung: 328 Mill. €; Sortierung/Verwertung: 229 Mill. €, Nebenentgelte: 105 Mill. €; Marge: 86 Mill. €) (Bundeskartellamt 2012: 61). Die LVP-Lizenzierungsmenge ging in diesem Zeitraum um ein Viertel zurück, der Umsatz pro t lizenzierter Menge um ein Drittel (Bundeskartellamt 2012: 49, 53). Bezogen auf die lizenzierte LVP-Menge lagen die Lizeinnahmen 2011 bei 625 €/t, bezogen auf die Erfassungsmenge bei 317 €/t.

Aktuellere Zahlen liegen seitens des Bundeskartellamts derzeit nicht vor. Da die Nutzen-Kosten-Betrachtung auf das Jahr 2014 bezogen ist, stellt sich die Frage, wie sich die Lizenzumsätze des dualen Systems in den letzten Jahren entwickelt haben. Die lizenzierte LVP-Menge brach im Jahr 2014 auf nur noch 763 kt ein (bvs 2014). Damit lag sie um mehr als ein Drittel unter der Menge in 2011 (1.199 kt). Im Jahr 2014 war die Lizenzmenge allerdings aufgrund von Sonderfaktoren u.a.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

im Zusammenhang mit Turbulenzen in Bezug auf die – inzwischen nicht mehr zugelassenen – Branchenlösungen massiv nach unten verzerrt. 2015 verdoppelte sich die Lizenzmenge dann wieder und erreichte etwa 1.525 kt (EUWID 2015). Relevant ist zudem, wie sich der Umsatz pro t Lizenzmenge seit 2011 entwickelte. Dieser sank von 2002 bis 2011 um durchschnittlich 4,6% p.a. Sollte sich dieser Trend unverändert fortgesetzt haben, hätte der LVP-Lizenzumsatz 2014 noch ca. 415 Mill. € und 2015 ca. 785 Mill. € betragen, bei gleichen Umsätzen pro t Lizenzmenge wie 2011 ca. 475 bzw. 950 Mill. €.

Transaktionskosten im Bereich LVP

Wirtschaftliches Handeln ist nicht nur mit Produktions-, sondern auch mit Transaktionskosten verbunden (Williamson 1985). Transaktionen sind Übertragungen von Verfügungsrechten an Gütern und Dienstleistungen im Rahmen von Austauschbeziehungen zwischen mindestens zwei Vertragspartnern. Transaktionskosten umfassen jene Kosten, die für die Abwicklung und Organisation dieses Austauschs anfallen. Informations-, Verhandlungs- und Vertragskosten fallen bereits vor dem Zustandekommen des Vertrags an, Kontroll-, Durchsetzungs- und Vertragsanpassungskosten nach dem Vertragsabschluss. Die Transaktionskostentheorie zeigt auf, wie sich Transaktionen organisieren lassen, um einen möglichst effizienten Einsatz der knappen Ressourcen zu gewährleisten. Transaktionen sind dann effizient, wenn die Akteure eine Organisationsform wählen, die in der Summe die geringsten Produktions- und Transaktionskosten aufweist. Die Gründung eines Unternehmens zur Abwicklung der Transaktionen ist dann wirtschaftlich, wenn die Transaktionskosten des Marktes höher sind als die internen des Unternehmens. Mit zunehmender Anzahl identischer Transaktionen sinken sowohl die Produktions- als auch die Transaktionskosten (Skalen- und Synergieeffekte).

Mit Hilfe der Transaktionskostentheorie lässt sich die Einführung des dualen Systems begründen: Hintergrund war ja, dass Inverkehrbringer von Verkaufspackungen durch die Zahlung von Lizenzgebühren sich ihrer Verpflichtung entledigen, gebrauchte Verpackungen selbst zurücknehmen und entsorgen zu müssen, was

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

dann vom dualen System übernommen wurde. Dies war aus Sicht der Unternehmen effizient, da in der Summe und auf längere Sicht betrachtet ihre internen Transaktionskosten höher gewesen wären als die Lizenzgebühren. Auf Seiten des dualen Systems sind die ebenfalls im Rahmen der Transaktionskostentheorie angenommenen Skalen- und Synergieeffekte eingetreten, was die trotz gestiegener Verwertungsmengen gesunkenen Lizenzeinnahmen zeigen.

Es fallen aber auch im Zusammenhang mit den Aktivitäten des dualen Systems Transaktionskosten als Nebenwirkung der Umsetzung der VerpackV an. Diese können bei Inverkehrbringern von Verkaufsverpackungen, Herstellern von Verkaufsmaterialien, Entsorgern, Wirtschaftsprüfern, Sachverständigen, Kammern, Verbänden, Ministerien und Behörden entstehen, aber auch beim dualen System, woraus im LVP-Bereich zusätzliche Systemkosten resultieren, sofern diese nicht durch die Lizenzeinnahmen gedeckt sind (Tabelle 4.8). Laut der hier zugrunde gelegten Studie des HWWI (Schlitte, Schulze und Straubhaar 2012) belaufen sich die Transaktionskosten der VerpackV auf insgesamt 168 Mill. € pro Jahr, wovon gut 25% oder 43 Mill. € auf LVP entfallen. Im vorliegenden Kontext stellt sich insbesondere die Frage, in welcher Höhe die Transaktionskosten für LVP bei den verschiedenen Verursachern anfallen und inwieweit diese bereits durch Lizenzeinnahmen gedeckt bzw. andernfalls als zusätzliche Systemkosten anzusehen sind.

Die Beantwortung dieser Frage ist auf Basis der Angaben der HWWI-Studie möglich, wenn einige zusätzliche Plausibilitätsannahmen zugrunde gelegt werden:

- Die durch die Einführung der VerpackV hervorgerufenen Transaktionskosten des dualen Systems (bzw. der Branchenlösungen) von 32 Mill. € entfallen nach eigenen Annahmen zur Hälfte auf LVP. Der Anteil von LVP an den gesamten Lizenzeinnahmen beträgt zwar 75%, es ist aber davon auszugehen, dass die Hälfte der Transaktionskosten für das duale System als Ganzes anfallen und daher keiner der einzelnen Abfallfraktionen zugeordnet werden können. Rund drei Zehntel der Transaktionskosten für LVP fallen demnach beim dualen System selbst an, u.a. in Zusammenhang mit dem Abschluss der Verträge mit den Entsorgern. Die daraus resultierenden 16 Mill. € dürften jedoch weitgehend durch die Lizenzeinnahmen gedeckt sein.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

- Bei den Inverkehrbringern der Verkaufsverpackungen fallen Transaktionskosten für LVP in Höhe des Anteils von gut 25% an den gesamten Transaktionskosten der VerpackV an, insgesamt also 16 Mill. €, die als zusätzliche Systemkosten anzusehen sind, bei den Herstellern der Verpackungen dagegen keine.

Tabelle 4.8

Höhe der Transaktionskosten für LVP und der daraus abzuleitenden zusätzlichen Kosten des dualen Systems

Einrichtungen, bei der die Transaktionskosten anfallen	Transaktionskosten der VerpackV in Mill. € (HWWI)	Transaktionskosten für LVP in Mill. € (Klammer: nicht durch Lizenzeeinnahmen gedeckt) ¹
Inverkehrbringer	65	16 (16) eigene Annahme: 25% entfallen auf LVP
Hersteller von Verpackungsmaterialien	16	0 (0) eigene Annahme: 0% entfallen auf LVP
kommunale und private Entsorgungsunternehmen	45	9 (6) eigene Annahme: 20% entfallen auf LVP
duales System und Branchenlösungen	32	16 (1) eigene Annahme: 50% entfallen auf LVP
Wirtschaftsprüfer, Sachver-ständige, Kammern, Verbände	5	1 (1) eigene Annahme: 25% entfallen auf LVP
Ministerien und Behörden von Bund, Land und Gemeinden	5	1 (1) eigene Annahme: 25% entfallen auf LVP
insgesamt	168	43 (25) Studie: 25% der gesamten Transaktionskosten der VerpackV entfallen auf LVP

Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben des HWWI (Schlitte, Schulze und Straubhaar 2012: 38ff.). – ¹ Für LVP fallen 25% der durch die VerpackV hervorgerufenen Transaktionskosten an, wobei die dadurch entstehenden Transaktionskosten beim dualen System bereits durch die Lizenzeeinnahmen gedeckt sind und daher keine zusätzlichen Systemkosten darstellen.

- Bei den kommunalen und privaten Entsorgern ergeben sich Transaktionskosten im Wesentlichen im Zusammenhang mit den Abschlüssen der Verträge mit dem dualen System, dem Nachkommen von Nachweispflichten und den Aufgaben im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit. Nur ein Teil der daraus resultierenden Kosten wird durch Lizenzeeinnahmen gedeckt.
- Bei Wirtschaftsprüfern, Sachverständigen, Kammern, Verbänden, Ministerien sowie Behörden von Bund, Ländern und Gemeinden liegt der Transaktionskostenanteil für LVP ebenfalls in Höhe des Anteils an den Transaktionskosten der VerpackV von 25%; es entstehen hier also zusätzliche Systemkosten in Höhe von rund 2 Mill. €.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

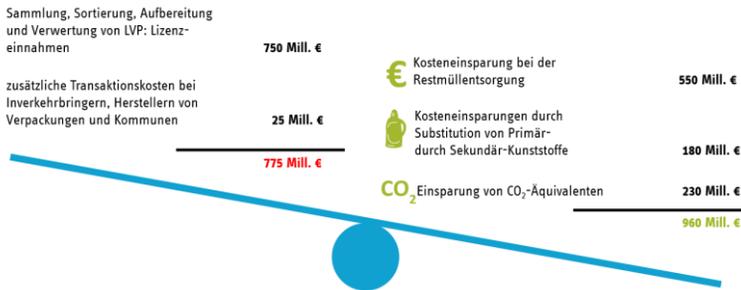
- Insgesamt sind demnach **ca. 25 Mill. €** der Transaktionskosten als zusätzliche Systemkosten anzusehen, die somit nicht bereits durch die Lizenzentnahmen des dualen Systems abgedeckt sind, was demnach etwas mehr als der Hälfte der gesamten Transaktionskosten für LVP in Höhe von 43 Mill. € entspricht.

4.6 Gesamtbewertung

Die – soweit dies möglich war – für das Jahr 2014 vorgenommene Bewertung des ökonomischen Nutzens und der Kosten des Recyclings von Post-Consumer-LVP gebrauchter Verkaufsverpackungen durch das duale System führte zu den in Schaubild 4.5 ausgewiesenen Befunden.

Schaubild 4.5

Ökonomische Nutzen und Kosten des dualen Systems im Jahr 2014



Nettonutzen des dualen Systems: 185 Mill. €

Beschäftigung in der Sammlung und Sortierung sowie im Recycling (nicht monetär bewertet): ca. 10 Tsd. Personen

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Im Einzelnen wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Der vorgenommene EU-Vergleich hat gezeigt, dass **Deutschland in Bezug auf das Recycling von LVP-Wertstoffen eine Vorreiterrolle einnimmt**. Aufgrund der frühzeitigen Einführung des dualen Systems und der dadurch geschaffenen Infrastruktur in der Sammlung, Sortierung und im Recycling ist die Grundlage für eine wettbewerbsstarke LVP-Verwertung geschaffen worden.

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

- Die Restmüllmenge sinkt aufgrund der LVP-Sammlung des dualen Systems in Deutschland bezogen auf die jeweiligen Abfallmengen des Jahres 2014 um 16%, die **Kosten der Restmüllentsorgung** gehen dadurch um **ca. 550 Mill. €** zurück.
- Durch das duale System sind in Bezug auf Kunststoff-Rezyklate aus LVP (318 kt) sowie das Recycling von Aluminium (62 kt) und Weißblech (285 kt) **Sekundärrohstoffmärkte** mit einem Volumen von ca. 315 Mill. € entstanden. Hierdurch werden in entsprechendem Umfang Primärmaterialien substituiert und dadurch die Abhängigkeit von Rohstoffimporten (z.B. Rohöl) reduziert sowie die Versorgungssicherheit erhöht. Aus der Preisdifferenz zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen in Höhe von 40% bei Kunststoffen und 30% bei Aluminium und Weißblech resultiert ein Nutzen in Form von **Kostenvorteilen** in Höhe von **ca. 180 Mill. €**.
- In Deutschland sind durch das duale System **ca. 10 Tsd. Arbeitsplätze** entstanden.
- Die durch das duale System induzierte **CO₂-Einsparung** von **ca. 2,7 Mill. t CO₂-Äquivalent** führt, bewertet mit den Kosten der EEG-Maßnahmen von 85 €/t, zu einem Nutzen von **ca. 230 Mill. €**. Die **CO₂-Vermeidungskosten des dualen Systems** liegen bei **ca. 17 €/t CO₂-Äquivalent** und damit zum Teil deutlich unter denen der speziell unter Klimaschutz Gesichtspunkten geförderten Maßnahmen des EEG.
- Die nicht stofflich verwertbaren **Mischkunststoffe und LVP-Sortierreste werden zu EBS aufbereitet und in Hochöfen bzw. Zementwerken energetisch verwertet**. Dadurch erfolgt eine Substitution von 1,3 Mill. t Primärenergieträgern, wodurch ein Nutzen von **ca. 340 Mill. €** aufgrund (1) niedrigerer Zahlungen im Vergleich zu MVA, (2) eine günstigere CO₂-Bilanz und (3) zusätzliche Produzentenrenten bei EBS-Aufbereitern, Hochöfen und Zementwerken. Die ersten beiden Nutzenaspekte sind bereits in der Nutzen-Kosten-Betrachtung berücksichtigt, dem 3. Aspekt sind die verminderte kalorische Ausbeute des Restmülls und die geringere Produzentenrente bei den MVA gegenzurechnen. Da sich diese Effekte in etwa aufheben, wird der Nutzen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- der energetischen Verwertung in der Nutzen-Kosten-Betrachtung bereits enthalten.
- Die **Kosten für die Sammlung, Sortierung, Aufbereitung und energetische, zum Teil aber auch stoffliche Verwertung der LVP** werden durch die vom dualen System generierten Lizenzeinnahmen gedeckt und sind somit als der wesentliche Teil der Systemkosten zu betrachten. Für 2014 liegt kein belastbarer Wert zu den Lizenzeinnahmen des dualen Systems vor, im Jahr 2011 lagen sie – laut der bislang letztmaligen Erfassung durch das Bundeskartellamt – bei **ca. 750 Mill. €**. Damit haben sich die LVP-Lizenzumsätze im Zeitraum von 2002 bis 2011 halbiert. Die weitere Entwicklung war dann durch Sonderfaktoren u.a. in Hinblick auf die Branchenlösungen geprägt. Während im Jahr 2014 die Lizenzmenge um 36% unter dem Niveau von 2011 lag, überstieg sie diese im Jahr 2015 um 25%. Es gibt keine belastbaren Hinweise darauf, wie sich die Lizenzumsätze pro t der Lizenzmenge, die von 2002 bis 2011 um durchschnittlich 4,6% p.a. gesunken ist, im weiteren Verlauf entwickelten.
 - Zudem fallen bei den Inverkehrbringern von Verkaufsverpackungen sowie den kommunalen und privaten Entsorgern **Transaktionskosten** in Höhe von **ca. 25 Mill. €** an, die als zusätzliche Systemkosten betrachtet werden müssen, da sie nicht vollständig durch Lizenzeinnahmen gedeckt sind.
 - Den Berechnungen zufolge liegt der für das Jahr 2014 ermittelte **Nutzen bei insgesamt ca. 960 Mill. €**. Legt man den Wert für die Lizenzumsätze aus dem Jahr 2011 zugrunde – für aktuellere Werte sind angesichts der eingetretenen Marktturbulenzen und der unklaren Entwicklung der Lizenzumsätze pro t Lizenzmenge seriöse Schätzungen nicht möglich – liegen einschließlich der anrechenbaren Transaktionskosten die **Systemkosten** bei **ca. 775 Mill. €**. Insgesamt ist also zu konstatieren, dass derzeit der **Nutzen des dualen Systems die Kosten um ca. 185 Mill. € übersteigt**.
 - Würden bestehende **Effizienzreserven bei der Sortierung und Aufbereitung** genutzt, wäre sogar von einem **Nutzen von ca. 1.040 Mill. €** auszugehen. Weitere Optimierungspotenziale könnten durch eine Verbesserung der institutionellen Rahmenbedingungen realisiert werden: Bei einer zusätzlichen

4. Gegenwart: Nutzen und Kosten des dualen Systems

Einbeziehung der stoffgleichen Nichtverpackungen und einer gleichzeitigen **Optimierung der Sortierung** läge der Nutzen sogar bei **ca. 1.330 Mill. €**.¹⁰ Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass dann auch die Lizenzeinnahmen und somit die Kosten des dualen Systems steigen würden, da sich die LVP-Menge durch die Einbeziehung stoffgleicher Nichtverpackungen Schätzungen des Öko-Instituts zufolge um 23% erhöhen würde.

Die Nutzen-Kosten-Betrachtung hat somit ergeben, dass der gegenwärtige Nutzen des dualen Systems dessen Kosten übersteigt. Die angestoßenen Marktentwicklungen für Sekundärrohstoffe und die initiierten Innovationen in eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Kreislaufwirtschaft sollten aber in Hinblick auf die bewusste Umsteuerung der Abfallentsorgung auf längere Sicht betrachtet werden, denn das duale System machte einen Entwicklungsprozess durch: Während der ökonomische Nutzen des Systems im Zeitablauf stetig zunahm, verringerten sich die Systemkosten deutlich.

Dieser Befund muss auch vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass die Verwertungsmengen im Betrachtungszeitraum deutlich gestiegen sind. Es kam somit beim dualen System zu erheblichen Effizienzsteigerungen. Daher stellt sich nach anfänglich in Relation zum Nutzen recht hohen Kosten ein zunehmend günstigeres Nutzen-Kosten-Verhältnis ein.¹¹ Dieser Effekt ist in einem Industrieland wie Deutschland nur schwer zu identifizieren. Es verbleiben gleichwohl, wie die Be-

¹⁰ Die Berechnungen basieren auf den Veränderungen des vom Öko-Institut hergeleiteten Mengengerüsts als Folge einer verbesserten Sortierung und Aufbereitung sowie der Umsetzung des neuen VerpackG (diese liegen auch den Analysen der verschiedenen Szenarien, die im Kapitel 6 vorgestellt werden, als Ausgangspunkt zugrunde). Der zusätzliche Nutzen resultiert aus der steigenden Menge an gewonnenen Sekundärrohstoffen, der höheren CO₂-Verminderung und der zusätzlichen Kostensenkung bei der Restmüllentsorgung.

¹¹ Die durch das duale System geschaffenen Arbeitsplätze und der daraus resultierende zusätzliche Nutzen sind hierin gar nicht berücksichtigt. Der Grund ist, dass die Wohlfahrtseffekte der Arbeitsplatzschaffung nur in Zusammenhang mit zusätzlicher Beschäftigung entstehen, also wenn Beschäftigte ansonsten keine andere gleichwertige Beschäftigung gefunden hätten. Dieser Effekt ist in einem Industrieland wie Deutschland aber nur schwer zu identifizieren.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

rechnungen auch gezeigt haben, noch Potenziale für weitere Effizienzsteigerungen, sodass bei geeigneter Rahmensezung künftig damit zu rechnen ist, dass sich die Nutzen-Kosten-Relation weiter verbessert.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

5.1 Fragestellungen und Untersuchungsansatz

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen zu den technologischen Entwicklungen und den Marktpotenzialen des Kunststoffrecyclings im Zusammenhang mit dem dualen System dargelegt. Ausgangspunkt ist die aufgrund einer steigenden Akzeptanz wachsende Nachfrage nach Recyclingkunststoffen, die zu einer weiteren Annäherung der Primär- und Sekundärkunststoffpreise führen dürfte. Dadurch wird der Markt für höherwertige gegenüber einfacheren Produkten aus Recyclingkunststoffen wachsen. Als Kunststoffarten werden PE, PP, Polyester (PS) und PET in die Betrachtung einbezogen. Dabei wird untersucht, inwieweit in Deutschland auch ein Markt für die Herstellung von Premium-Rezyklaten entsteht, die in Bezug auf ihr Eigenschaftsprofil in etwa vergleichbar sind mit Primärmaterialien. Premium-Rezyklate lassen sich nicht an nur einem einzigen Merkmal wie etwa den chemisch-physikalischen Eigenschaften festmachen, sie werden vielmehr in Hinblick auf die Kombination der Eigenschaften auf die Anforderungen der jeweiligen Kunden hin konfektioniert. Kennzeichnend ist, dass diese Materialien qualitativ hochwertig sind und somit einen Ersatz für Primärmaterialien in hochwertigen Anwendungen darstellen (Schaubild 5.1).

Schaubild 5.1

Potential für Premium-Rezyklate



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Dafür ist der Einsatz neuer Technologien erforderlich, die in Deutschland noch nicht oder nur ausnahmsweise bei der Herstellung von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP zum Einsatz kommen. Dazu zählen die Farbsortierung, mit der es möglich ist, auch Rezyklate für Produkte in hellen Farben zu produzieren, sowie Verfahren der Heißwäsche, die den Geruch von Kunststoff-Rezyklaten beeinflussen. Durch die Orientierung der Produkteigenschaften an den Kundenanforderungen und den ökologischen Vorteilen der Rezyklate ist es möglich, einen Preis knapp unter dem Primärpreis zu erzielen.¹²

Da es sich aber auch bei Premium-Rezyklaten immer noch um Sekundärkunststoffe handelt, ist im Vergleich zu Primärkunststoffen mit einem gewissen Preisabschlag zu rechnen, selbst wenn hinsichtlich der Eigenschaften kaum noch Unterschiede bestehen sollten. Es ist aber davon auszugehen, dass der Preisunterschied bei Premium-Rezyklaten im Gegensatz zu den Sekundärkunststoffen niedrigerer Qualitäten relativ gering ist, sodass der Primärkunststoffpreis um höchstens 10% unterschritten wird.

Untersuchungsleitende Fragen waren:

- Welche technologischen Neuerungen werden derzeit beim Recycling von Post-Consumer-LVP eingesetzt bzw. entwickelt und welche Verbesserungen ergeben sich daraus in der Sammlung, Sortierung und im Recycling?
- Welche neuen Marktfelder sind absehbar und worin bestehen die Herausforderungen, die sich aus deren Entwicklung in den kommenden Jahren ergeben werden?
- Wie relevant sind Produkt-Ökobilanzen von Rezyklaten?
- Welche Bedeutung hat der Einsatz von Rezyklaten unter den Gesichtspunkten *Corporate Social Responsibility* (CSR) und Marketing?

¹² So wird auf den Internetseiten zu den unter dem Brand-Namen Systalen verkauften Produkten von Premium-Rezyklaten gesprochen. <http://www.meingruenerpunktblog.de/blumentoepfe-aus-systalen-dem-premium-rezyklat/> (Internet-Abruf vom 21.11.2016).

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die verfügbaren Informationen aus dem Internet und die vorhandene Literatur ausgewertet. Um auch das implizite Wissen der Marktakteure mit einbeziehen zu können, wurden zudem die Ergebnisse aus den mehr als 20 Expertengesprächen verwendet, die u.a. mit Vertretern und Kunden des dualen Systems, mit Recyclingunternehmen, mit Herstellern von Recycling- und Sortieranlagen sowie mit Vertretern der chemischen Industrie und von Dienstleistern geführt worden sind.

5.2 Technologische Entwicklungen und Marktpotenziale

Technologische Potenziale des Kunststoffrecyclings und Möglichkeiten der Herstellung von Premium-Rezyklaten

Die künftige Entwicklung des Kunststoffrecyclings hängt maßgeblich von Stand und der Entwicklung der Technologien in der Sortierung und im Recycling von Kunststoffabfällen aus Post-Consumer-LVP und dem Einsatz dieser Technologien in den Sortier- und Recyclingunternehmen ab. Um die künftigen Potenziale des Kunststoffrecyclings besser beurteilen zu können, wurden der technische Stand und die Entwicklungslinien des Kunststoffrecyclings vertieft untersucht und zusätzlich die Perspektiven von Herstellern von Sortiersystemen, von Ingenieurbüros, die Sortieranlagen konzipieren, und vom dualen System als Systembetreiber in den Blick genommen.

Bezüglich der Technologien, die in der Sortierung von Post-Consumer-LVP zum Einsatz kommen, wurden in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Durch die automatische Sortierung konnte ein Quantensprung in Bezug auf Effizienz, Durchsatz und Sortierqualität der Anlagen erzielt werden. Der derzeit mögliche Anlagendurchsatz liegt bei 17 bis 20 t/Std., wobei hier zumindest für einsträngige Anlagen eine technische Grenze zu sein scheint, da bei der ersten Siebtrommel mit Durchmessern von mehr als 3,8 m die Materialbelastung sehr hoch wird und die Gefahr von Trommelrissen deutlich steigt. Darüber hinaus würden größere Anlagen auch erweiterte Einzugsgebiete erfordern, was wiederum mit längeren Transportwegen verbunden wäre. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen gleichwohl immer noch in Hinblick auf die Detektion und

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Trennung von Materialien, was sich in Zukunft auf die Sortenreinheit und die Differenzierung unterschiedlicher Stoffe auswirken wird. Hauptherausforderung ist aber weiterhin, dass zahlreiche laufende Anlagen nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, was sich infolge der Marktbedingungen mittel- bis langfristig aber ändern dürfte (etwa in Bezug auf die Ausstattung mit Nahinfrarot-Technologien zur Material- und Farberkennung). Somit ist zu erwarten, dass Ausbeute und Sortenreinheit in Zukunft steigen.

Im Bereich des Recyclings werden grundlegende Technologien bereits über einen längeren Zeitraum von über 50 Jahre hinweg vom Post-Industrial-zeitversetzt in den Post-Consumer-Bereich transferiert. Je nach Marktsegment kommen dabei im Recycling unterschiedliche Verfahren zum Einsatz (etwa bei Intrusionsverfahren, anders als bei der Erstellung von Halbzeugen, als Zwischenprodukt, das mit Neuware im Wettbewerb steht). Der Einsatz von Verfahren wie Heißwäsche oder der Farbsortierung von Flakes durch Nahinfrarot-Verfahren verbessern die Eigenschaften der Rezyklate, sodass sie sich durch den damit verbundenen technischen Aufwand an die von Neuware annähern. Die erforderlichen Technologien sind bereits vorhanden, werden jedoch aufgrund der Marktbedingungen noch nicht im Recycling von Post-Consumer-LVP eingesetzt. In Deutschland sind im Bereich des dualen Systems derzeit Anlagen für Produkte niedriger und mittlerer Qualität im Einsatz. Premiumprodukte werden in ersten Anlagen im Ausland bereits hergestellt (etwa bei PET oder bei HDPE beim Recycling von Milchflaschen in Großbritannien). Dagegen werden für die Herstellung von Premium-Rezyklaten erforderliche Technologien beim Recycling von Polyolefinen (PO) noch nicht eingesetzt.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass die relevanten Technologien für die Verbesserung der Sortierung und des Recyclings von Post-Consumer-LVP bereits vorhanden sind, aber anders als beim PET-Recycling noch nicht bzw. im Fall der Sortierung noch nicht durchgehend zum Einsatz kommen. Die Ursachen dafür sind keine technischen Hindernisse, sondern fehlende Marktanreize. Dennoch erfolgt eine kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Technologien, was für die Zukunft noch weitere Kostensenkungen und Qualitätsverbesserungen sowie eine Erhöhung der Ausbeute und Sortenreinheit erwarten lässt.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Industrieökonomische Marktanalyse und Marktpotenziale in der Sortierung und im Kunststoffrecycling

Die Entwicklung des Unternehmensbestands und der Märkte in den Bereichen der Sortierung und des Recyclings von Kunststoffen aus Post-Consumer-LVP ist u.a. abhängig von den rechtlichen Rahmenbedingungen durch die VerpackV und anderen hierfür relevanten Regulierungen (etwa im Umweltbereich). Diese Regulierungen bestimmen die Marktchancen und ihre Veränderungen sowie das Marktverhalten der Akteure maßgeblich mit und können neue Impulse geben. Dies zeigt eine industrieökonomische Analyse der Märkte für die Sammlung und Sortierung sowie das Recycling, in welcher der Structure-Conduct-Performance-Ansatz der klassischen industrieökonomischen Analyse um den Faktor Technologie ergänzt wurde (vgl. Scherer 1980).

Die Ergebnisse der industrie- und innovationsökonomischen Untersuchung von eingesetzten Technologien und Einflussfaktoren der Marktentwicklung sind für den Bereich der Sortierung und Trennung in Übersicht 5.1 dargestellt. Wettbewerb, Rahmenbedingungen und technischer Fortschritt im Bereich der Sortierung haben demnach in den vergangenen Jahren zu einer deutlichen Reduzierung der Zahl der Sortieranlagen von ca. 250 Mitte der 1990er Jahre auf derzeit nur noch etwa 60 Anlagen geführt. Von den verbliebenen Anlagen entspricht dennoch nur ein Teil dem aktuellen Stand der Technik. Es gibt demnach auch weiterhin technisch veraltete Anlagen, die sich am Markt halten können, da sie mittlerweile abgeschrieben sind und daher relativ niedrige Kosten aufweisen.

Der laufende Prozess, in dem veraltete Anlagen aus dem Markt ausscheiden oder – wo möglich – modernisiert werden, wird sich bei der Umsetzung des neuen VerpackG beschleunigen, sodass zu erwarten ist, dass sich die Zahl der Anlagen etwa noch einmal halbiert. Die Rahmenbedingungen haben aufgrund der Dominanz der Lizenzgebühren bei den Preisen für die Ballenware aus der Sortierung und den Quoten, die nicht mehr den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln, in den vergangenen Jahren zu Fehlanreizen in der Form geführt, dass Anlagenbetreiber teilweise den Durchlauf erhöhten, was eine geringere Qualität der sortierten Ballenware zur Folge hatte.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Übersicht 5.1

Industrie- und innovationsökonomische Charakteristika des Bereichs Sortierung/Trennung

Kriterium	Markt- und Technologiecharakteristika
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - zentrale technische Charakteristika sind Anlagendurchsatz sowie die Entfernung zwischen Sammlung und Sortierung/ Trennung - zunehmende Skalenerträge durch Skalierung des Anlagendurchsatzes bei neuen Anlagen vollständig realisiert - Anlagendurchsatz: 17 bis 20 t/Std. - Begrenzung in der Anlagengröße durch begrenzte <i>economies of scale</i> und steigende Transportkosten
Marktstruktur	<ul style="list-style-type: none"> - Marktentwicklung wird maßgeblich durch die Rahmenbedingungen bestimmt (VerpackV) - räumlich überlappende Monopole - derzeit ca. 60 Sortieranlagen (nur teilweise effizient) - weitere Konsolidierung absehbar, wobei erhöhte Recyclingquoten zu einer schnelleren Marktkonsolidierung führen - bei Ausschöpfung der Effizienzpotenziale nur noch ca. 25 bis 30 Anlagen notwendig
Marktverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - gekennzeichnet durch den Fokus auf hohen Anlagendurchsatz und die Fokussierung auf Kontrakte mit dem dualen System - insgesamt geringe Investitionstätigkeit (kurzfristige Kontrakte machen Investitionen schwierig)
Marktergebnis	<ul style="list-style-type: none"> - Preiswettbewerb bei den Kontrakten mit dem dualen System - Verkauf der Ballenware an die Recyclingunternehmen ist immer noch das Nebengeschäft - Marktmacht einzelner Anbieter wird durch die Überlappung der Sammelgebiete gering gehalten - neben neuen Anlagen gibt es auch noch Altanlagen mit ineffizienten Trenntechnologien - technischer Fortschritt: sukzessive Verbesserung der Sortier- und Trenntechnologien (vor allem in der Sortierung bzw. Erkennung zusätzlicher Fraktionen)

Quelle: Eigene Darstellung.

Die zentralen Charakteristika des Recyclingmarktes für Post-Consumer-LVP sind in Übersicht 5.2 dargestellt. Der Markt von Produkten aus dem Recycling zerfällt dabei in verschiedene Marktsegmente. Im Bereich einfacher Intrusionsprodukte haben sich Anbieter etabliert, die einfache Produkte für verschiedene Anwendungen herstellen, welche dann häufig mit anderen Materialien konkurrieren (z.B. Holz oder Beton).

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Übersicht 5.2

Industrie- und innovationsökonomische Charakteristika des Recycling-Marktes

Kriterium	Markt- und Technologiecharakteristika
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - zentrale technische Charakteristika sind Sortenreinheit sowie physikalische Eigenschaften (Geruch, Farbe, Konsistenz) - zunehmende Skalenerträge (Begrenzung durch Menge und Eigenschaften des Inputs) - unterschiedliche Anlagengrößen (eher mittlere Größen), im Bereich des PO-Recyclings keine Großanlagen mit bis zu 100 Tsd. t/Jahr in Deutschland - fortgeschrittene Technologien zur Herstellung qualitativ hochwertiger Rezyklate bei PET-Recycling im Einsatz, im Ausland teilweise auch bei PO (Milchflaschen in Großbritannien)
Marktstruktur	<ul style="list-style-type: none"> - insgesamt mittelständisch strukturiert, einzelne Hersteller fokussieren sich auf verschiedene Marktsegmente/Kundengruppen - neben Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP (wachsendes Marktsegment) gibt es auch mittelständische Anbieter für Rezyklate aus Industrieabfällen (wegen zunehmend effizienterer Produktion ein eher stagnierendes Marktsegment) - Marktsegmente: (1) einfache Intrusionsprodukte (ersetzen andere Materialien wie Holz oder Beton) etwa im Bausektor, (2) mittlere Qualitäten: Konkurrenz mit Primärkunststoff im Niedrigpreisbereich, Wettbewerb teilweise mit Rezyklaten aus Industrieabfällen, (3) qualitativ hochwertige Rezyklate: einzelne Anbieter tendieren in diese Richtung, Markt ist aber noch in der Entwicklungsphase
Marktverhalten	<ul style="list-style-type: none"> - insgesamt gekennzeichnet durch geringe Marktdynamik mit sukzessiv wachsender Angebotsmenge - geringere Preisfluktuation gegenüber den Primärpreisen - Wettbewerb im unteren Marktsegment über den Preis (Preisunterschied zu Primärware), immer mehr erfolgt aber eine Annäherung an Primärqualitäten und -preise; Bereitschaft erster Nachfrager, bei hoher Qualität annähernd den Primärpreis zu zahlen
Marktergebnis	<ul style="list-style-type: none"> - im unteren und mittleren Marktsegment Preiswettbewerb bei Rezyklaten (in diesen Segmenten gibt es aber nur begrenzte Potenziale in Bezug auf die Preisentwicklung) - Preise für Ballenware sind mit der Entwicklung der Marktsegmente deutlich gestiegen - geringe Marktmacht einzelner Anbieter durch mittelständische Strukturen - fortgeschrittene Technologien zur Erzielung einer hohen Rezyklatequalität sind bei Post-Consumer-LVP noch nicht im Einsatz (Grund: Investitionserfordernisse, Bedarf hoher und sicherer Inputmengen; bisher keine Begrenzungen auf der Abnehmerseite)

Quelle: Eigene Darstellung.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Nach der Etablierung des dualen Systems, als zunächst noch weitgehend der Entsorgungsgedanke im Mittelpunkt stand, traten zahlreiche neue Anbieter auf den Markt, von denen aber viele aufgrund einer zu geringen Wettbewerbsfähigkeit wieder verdrängt wurden, während sich die verbliebenen Anbieter mit nachhaltigen Marktstrategien langfristig etablieren konnten. Das Marktsegment mit einem Marktvolumen von ca. 200 Tsd. t entwickelte sich in Anschluss an die dynamische Entwicklung zu Beginn des dualen Systems relativ konstant, wobei immer die Möglichkeit besteht, dass sich neue Anwendungen entwickeln. Die einzelnen Anbieter adressieren dabei ihre spezialisierten Marktfelder, wobei es häufig einen Wettbewerb zu Produkten anderer Materialien gibt (etwa Paletten aus Sekundärkunststoffen oder Holz). Ein zusätzlicher Angebotsdruck wird durch das neue VerpackG entstehen. Dies dürfte dazu führen, dass noch mehr Kunststoffe aus der Sortierung stofflich verwertet werden. Aufgrund der begrenzten Marktpotenziale bei bestehenden Anwendungen wird der Angebotsdruck mit einer zu erwartenden intensiven Suche nach neuen Marktapplikationen verbunden sein.

Im Gegensatz zu Herstellern von Intrusionsprodukten stehen die Produzenten von Rezyklaten jeweils im Wettbewerb mit Neuware aus demselben Material. In Hinblick auf die Qualität der Rezyklate gibt es je nach Behandlung des Vormaterials eine breite Palette von Möglichkeiten bis hin zu Spezialverfahren, aus denen Food-Grade-Rezyklate resultieren, die aber nicht im Recycling von Verpackungen aus Post-Consumer-LVP zum Einsatz kommen. In Hinblick auf die Reinheit des Materials stellt sich für die Produzenten die Frage, inwieweit sich die jeweilige Behandlung ökonomisch lohnt. In den vergangenen Jahren war es relativ leicht, die recycelten Rezyklate abzusetzen, sodass der Wettbewerbsdruck nicht dazu führte, größere Investitionen in zusätzliche Behandlungsschritte zu tätigen, um in den Bereich der Premium-Rezyklate vorzustoßen. Darüber hinaus war der Markt, gerade was den Einkauf anlangt, durch einen Spotmarkt mit kurzfristigen Kontrakten gekennzeichnet. Ohne Sicherheiten hinsichtlich des Inputmaterials in Bezug auf Qualität und Menge stellen Investitionen in aufwändige Anlagen zur Verbesserung der Produktqualitäten für die in der Regel mittelständischen Unternehmen dieses Segments aber ein hohes Risiko dar, das in der Regel nicht eingegangen wird.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Die Produktion von Premium-Rezyklaten wurde, auch wenn technisch möglich und in anderen Ländern bereits praktiziert, in Deutschland bisher nicht durch die Marktbedingungen begünstigt. Eine Untersuchung zum Recycling von HDPE-Milchflaschen in Großbritannien zeigt aber, dass dieses Marktfeld gegenüber Primärmaterialien wettbewerbsfähig sein kann. Dabei weist der Wettbewerb mit den Primärmaterialien in der Hinsicht Besonderheiten auf, dass Premium-Rezyklate anders als Primärkunststoffe auf Anforderungen der Kunden hin designt und in diesem Fall (annähernd) gleiche Preise wie bei Primärkunststoffen erzielt werden. Entwicklungen, wie sie in anderen Segmenten wie etwa dem Papierrecycling eintraten, lassen jedoch für die Zukunft auch im Rahmen der Post-Consumer-Rezyklate weitere Investitionen in Anlagen erwarten, die durch hohe Produktionskapazitäten gekennzeichnet sind. Wichtig ist dafür jedoch die Sicherstellung eines langfristigen Angebots an Vorprodukten aus der Sortierung mit entsprechenden Sicherheiten in Bezug auf die rechtlichen Rahmenbedingungen.

Insgesamt zeigt sich, dass in den vergangenen Jahren die Marktentwicklung im Bereich der Sortierung durch kontinuierliche Effizienzsteigerungen infolge der Anlagenmodernisierung gekennzeichnet war. Gleichzeitig bestehen für das Recycling in Hinblick auf die Qualität der Inputmaterialien noch diverse Fehlanreize (siehe dazu auch Wuppertal Institut 2016). Im Recycling war ein leichter Trend zu einer Erweiterung der Produktpalette zu beobachten, wobei die Rahmenbedingungen in Bezug auf die Ertragschancen bei mittleren Rezyklatequalitäten, der Nachfrageentwicklung und dem nur langsam steigenden Angebot für Recyclingunternehmen keine ausreichenden Anreize bot, die erforderlichen Investitionen zu tätigen, um Premium-Rezyklate anbieten zu können.

5.3 Marktentwicklung, Corporate Social Responsibility und die Möglichkeiten von Produkt-Ökobilanzen

Vorgehensweise

Neben dem Angebot an qualitativ hochwertigen Rezyklaten spielt die Nachfrageseite eine wichtige Rolle für die künftige Entwicklung des Marktes von Kunststoff-Rezyklaten. In diesem Zusammenhang ist insbesondere die Nachfrage nach

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Rezyklaten für hochwertige Anwendungen von Bedeutung. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es bereits erste hochwertige Anwendungen, etwa die Produktverpackungen der Firma Werner & Mertz.

Die Nutzung von Rezyklaten in hochwertigen Produkten oder Produktverpackungen ist häufig zunächst mit einem höheren Aufwand verbunden. Grund dafür ist insbesondere ein höherer Anfangsaufwand bei der Etablierung neuer Verfahren, der in der Regel mit der zunehmenden Erfahrung im Zeitablauf durch Lernkurveneffekte verschwindet. Für die Frage, inwieweit dieses hochwertige Marktsegment in Zukunft wachsen kann, spielt insbesondere die Bereitschaft von Kunden eine Rolle, diesen Mehraufwand in Kauf zu nehmen. Dazu müssten vor allem weitere Unternehmen bereit sein, sich mit den Vorteilen der Rezyklate aus Post-Consumer-LVP zu beschäftigen. Im Rahmen der Expertengespräche (u.a. in Expertengespräch 17) hat sich gezeigt, dass eine derartige Offenheit bei einem Teil der Unternehmen vorhanden ist. Auf Seiten des Marketings ist zugleich ein gewisser Aufwand erforderlich, um neue Unternehmen von den Vorteilen von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP zu überzeugen.

In diesem Zusammenhang wird im Folgenden der Frage nachgegangen, ob und inwieweit *Corporate Social Responsibility* (CSR) und Produkt-Ökobilanzen für die Nutzung von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP im Rahmen der Unternehmensstrategien eine zunehmende Bedeutung erlangen. Das Konzept des CSR steht dabei in einem gesellschaftlichen Kontext zu der Zielsetzung, eine nachhaltigere Wirtschaftsweise umzusetzen (vgl. Kasten 5.1).

Kasten 5.1

Gesellschaftlicher Kontext von CSR: Nachhaltiges Wirtschaften und Unternehmenshandeln

Die zunehmende Bedeutung von CSR für Unternehmen ist in einem gesellschaftlichen Kontext zu sehen, der sich insbesondere seit Ende der 1980er Jahre entwickelt hat. Auf der Grundlage des sogenannten Brundtland-Berichts von 1987 hat sich die Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED) 1992 auf ein Leitbild

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

zur nachhaltigen Entwicklung geeinigt (Agenda 21). Kurz gefasst soll den Bedürfnissen der heutigen Generation entsprochen werden, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden. Das bedeutet, dass heutige Bedürfnisse gleichrangig unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten befriedigt werden müssen (Flentje u.a. 2015: 17-20).

An diesen Gedanken knüpft auch die Idee der CSR an. Es wird davon ausgegangen, dass sich die gesellschaftliche Verantwortung in der sozialen Nachhaltigkeit widerspiegelt und somit die Einhaltung der Menschenrechte, Verantwortung gegenüber Mitarbeitern und die gesellschaftliche Gesamtverantwortung im Mittelpunkt stehen. Gleichwohl muss sich der Wert eines solchen Engagements langfristig am finanziellen Ertrag messen lassen. Etter und Fieseler (2011) bezeichnen dies als „aufgeklärtes Eigeninteresse“: Dienen alle Teilaspekte der unternehmerischen Tätigkeit – also auch soziales und ökologisches Engagement – letztlich der Generierung von Werten für die Anteilseigner, so stellt vor diesem Hintergrund auch die unternehmerische Verantwortung ein Mittel zum Zweck dar (Etter/Fieseler 2011: 277).

Die Auseinandersetzung mit CSR ist für Unternehmen ein wichtiger Aspekt geworden, um mehr Vertrauen und ein positives Image aufzubauen (Müller-Christ 2003: 112). Dieses Image dokumentiert den aktiven Beitrag eines Unternehmens zu lokaler und globaler Nachhaltigkeit durch den Einsatz umweltverträglicher Technologien und des entsprechenden Know-hows. Allerdings verweisen die Ziele und Maßnahmen globaler Programme wie z.B. die Agenda 21 lediglich auf die allgemeinen Problemfelder hin, die für Unternehmen meist zu abstrakt sind. Die Entwicklung und Umsetzung einer unternehmerischen Nachhaltigkeits- bzw. CSR-Strategie stellen somit ein sehr komplexes Unterfangen dar. Deshalb wurde – wie weiter unten noch anhand von Beispielen ausgeführt wird – in verschiedenen Studien versucht, die Relevanz und die damit verbundenen Herausforderungen für Unternehmen herauszuarbeiten, die mit der Integration ökologischer Aspekte in eine umfassende Nachhaltigkeitsstrategie verbunden sind (siehe hierzu z.B. ICV 2011). Einen Schwerpunkt bildet dabei die Etablierung eines sog. *Green Controllings*, entsprechend der Bedeutung, die ein Unternehmen dem Thema Nachhaltigkeit beimisst.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Im vorliegenden Untersuchungskontext gilt es, auszuloten, wie sich die Umsetzung der Ziele des CSR und der Einsatz von Produkt-Ökobilanzen auf die Wahrscheinlichkeit auswirken, dass die Kunden des dualen Systems verstärkt hochwertige Rezyklate einsetzen. Dabei wird folgendermaßen vorgegangen:

- In einem ersten Schritt werden zunächst die Inhalte und möglichen Umsetzungsstrategien des CSR näher beleuchtet.
- In einem zweiten Schritt wird nach den empirischen Befunden gefragt, wie Unternehmen in der Praxis CSR umsetzen und wie dies das Unternehmenshandeln beeinflusst, aber auch, welche Bedeutung das Konsumentenverhalten für den Erfolg von CSR-Strategien hat.
- In einem dritten Schritt werden die Ergebnisse einer Internetrecherche beleuchtet. Diese umfasst das Informationsangebot zu CSR im Internetauftritt von Markenartikelherstellern, die potenzielle Abnehmer für Rezyklate des dualen Systems sind, sowie wichtige Unternehmen des Einzelhandels, die als *Enabler* für die Nutzung von Post-Consumer-LVP auftreten können.
- In einem vierten Schritt wird die Rolle von Produkt-Ökobilanzen im Zusammenhang mit der Umsetzung von CSR in Hinblick auf die Post-Consumer-Rezyklate eingehend diskutiert.

In einem fünften Schritt werden schließlich die Ergebnisse hinsichtlich der Frage zusammengefasst, inwieweit CSR und Ökobilanzen als Entwicklungschance für den Rezyklatemarkt angesehen werden können.

CSR: Kontext und alternative Unternehmensstrategien

Die Frage, wie CSR die Nutzung von Post-Consumer-Rezyklaten befördern kann, hängt eng damit zusammen, welchen Einfluss dieses Konzept auf das konkrete Unternehmenshandeln hat und damit auch von dem Verhältnis von CSR-Strategien und Unternehmensstrategien. Konkrete Hinweise darauf bietet ein 5-Stufen-Modell, das die strategischen Handlungsfelder skizziert, welche die Unternehmen der eigenen Ausrichtung zugrunde legen (Isensee/Henkel 2011: 139):

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

- Stufe 1: Ökologische Standards werden übertroffen, Unternehmen möchten auf diese Weise Innovationen ermöglichen.
- Stufe 2: Sie ist als Fortführung der ersten Stufe zu verstehen, indem Unternehmen versuchen, in der Wertschöpfungskette vor- und nachgelagerte Partner ebenfalls dazu zu bewegen, entsprechende Standards einzuhalten oder zu übertreffen.
- Stufe 3: Unternehmen versuchen, ökologische Produkte oder auch Produktalternativen zu entwickeln.
- Stufe 4: Der Fokus liegt auf der Entwicklung „grüner“ Geschäftsmodelle.
- Stufe 5: Unternehmen möchten neue „grüne“ Märkte schaffen oder erschließen.

Die Gewichtung der einzelnen Stufen entspricht der Bedeutung des *Green Controlling* in Unternehmen. Die möglichen Strategietypen basieren in unterschiedlichem Maße auf den fünf einzelnen Stufen und damit der strategischen Bedeutung des *Green Controlling* für Unternehmen (Flentje et al. 2015: 26; in Anlehnung an ICV 2011: 2):

- Strategietyp 1: ganzheitliche grüne Strategie
- Strategietyp 2: grüne Produkte und Lösungen
- Strategietyp 3: abwartende Strategie
- Strategietyp 4: *Green Compliance*
- Strategietyp 5: *Greenwashing*
- Strategietyp 6: abwehrende Strategie

Die Typisierung zeigt, wie unterschiedlich Unternehmen mit CSR umgehen und wie verschieden die Relevanz des Konzepts für das Unternehmenshandeln sein kann: In den Strategietypen 1 und 2 wird dem Nachhaltigkeitsgedanken von den Unternehmen die höchste Bedeutung beigemessen. Sie sind bemüht, das Angebot an nachhaltigen Produkten und Lösungen auszubauen (Typ 2) bzw. messen allen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Stufen eine ganzheitliche strategische Bedeutung bei. Im Strategietyp 3 werden die fünf Stufen des Modells zwar nur gering gewichtet, die Unternehmen zeichnen sich aber durch eine positive Erwartungshaltung aus und weisen der Nachhaltigkeitsstrategie für das Unternehmen eine zunehmende Bedeutung zu. Unternehmen, die Nachhaltigkeit zwar als Thema erkannt haben, ihr aber nur eine geringe Bedeutung beimessen, werden dem *Green-Compliance*-Typ zugeordnet (Strategietyp 4). Die Strategietypen 5 und 6 sind dagegen für eine unternehmerische Nachhaltigkeitsstrategie ungeeignet. (Flentje 2015: 26ff.).

Die verschiedenen Strategietypen zeigen, dass die Existenz einer CSR-Strategie keinesfalls schon ausreichend sein muss, um den Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten in Unternehmen zu erreichen. Eine Etablierung von CSR kann in Unternehmen in ganz unterschiedlichem Ausmaß mit konkreten Aktivitäten verbunden sein. So könnte die Etablierung von CSR gar nicht erfolgen oder nur nach außen hin als Marketingmaßnahme proklamiert werden, ohne dass darauf bezogen eine konkrete Ausrichtung des Unternehmenshandelns erfolgt. Im Gegensatz dazu kann ein Unternehmen aber auch sein gesamtes Handeln auf seine gesellschaftliche und ökologische Verantwortlichkeit beziehen. Je stärker die Nachhaltigkeit in der Unternehmensstrategie verankert ist, desto eher ist auch mit einer entsprechenden Offenheit gegenüber dem Einsatz von Rezyklaten in der Produktion bzw. in Produktverpackungen zu rechnen.

CSR und Unternehmenshandeln – Empirische Evidenz zu den Strategietypen

Die Umsetzung von CSR in Unternehmen und damit auch der Einsatz von Rezyklaten ist immer mit der Frage verbunden, inwieweit CSR mit tatsächlichen unternehmerischen Aktivitäten verbunden wird. Daher soll in einem nächsten Schritt untersucht werden, wie häufig sich die skizzierten Strategietypen und die damit verbundenen Aktivitätsmuster bei den Unternehmen finden lassen. Eine umfangreiche Literaturrecherche hat dabei ergeben, dass sich bislang nur wenige Studien mit den tatsächlichen Auswirkungen von CSR auf das Unternehmenshandeln beschäftigt haben. Die existierenden Studien übernehmen nicht 1 zu 1 die skizzierte Einteilung. Dennoch ist auf Basis der vorhandenen Informationen eine generelle Zuordnung möglich.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Steurer und Tiroch (2009) führten detaillierte Fallstudien für sechs österreichische Unternehmen zu deren Umsetzung von CSR durch. Hierzu wurden Mitarbeiter von Unternehmen interviewt, die sowohl im Aktienindex ATX-Prime der Wiener Börse gelistet sind als auch zu jenen 20 Unternehmen zählen, die im ersten österreichischen CSR-Ranking vom November 2005 am besten abgeschnitten hatten.¹³ Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass offensichtlich von denjenigen Unternehmen, die nach Außen proklamieren, CSR umzusetzen, nur ein (kleinerer) Teil einen substantiellen freiwilligen Beitrag zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele leistet. Von den sechs Unternehmen waren zwei „Vorreiter“, die den proaktiven Strategietypen 1 und 2 zuzurechnen sind, in den anderen vier untersuchten Unternehmen fand die Beschäftigung mit CSR eher am Rande und weitgehend unkoordiniert statt.

Eine breitere Untersuchungsbasis liegt einer Studie von Kienbaum Management Consultants aus dem Jahr 2013 zugrunde, an der sich fast 100 Unternehmen beteiligten. Im Vergleich zur Studie von Steurer und Tiroch geht die Kienbaum-Studie allerdings weniger in die Tiefe, was die Untersuchung der Einzelfälle angeht. Untersucht wird, wie hoch die Relevanz von Nachhaltigkeit bei deutschen Unternehmen ist, welche Strategietypen in Hinblick auf Nachhaltigkeit im deutschsprachigen Raum vorherrschen und welche Methoden und Prüfinstrumente zur Evaluierung der Nachhaltigkeitsstrategien eingesetzt werden. Es wurden sowohl große mittelständische als auch DAX-Unternehmen aus neun verschiedene Branchen einbezogen. Die meisten Unternehmen zählen zum Konsumgüterbereich und zum Handel (23% bzw. 20%; Kienbaum 2013: 7).

Insgesamt offenbaren die Ergebnisse der Studie eine positive Einschätzung von CSR durch die Mehrzahl der Unternehmen: Rund zwei Drittel bewerten ihre Nachhaltigkeitsaktivitäten mit einem positiven *Return-on-Investment* und empfinden ihr Nachhaltigkeitsengagement als wertsteigernd (Kienbaum 2013: 9). Diese Un-

¹³ Die Interviews wurden jeweils mit dem CSR- bzw. Umweltbeauftragten, dem Leiter der Personalabteilung und dem Betriebsrat durchgeführt (Steurer und Tiroch 2009: 207).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

ternehmen gehen dabei auch in wirtschaftlich schwierigen Phasen von wachsenden Nachhaltigkeitsbudgets aus, was verdeutlicht, dass das Thema in den Unternehmen dauerhaft verankert ist und nicht nur eine kurzfristige Modeerscheinung darstellt. Darüber hinaus zeigt sich die zunehmende Verwurzelung der Nachhaltigkeit auch in der wachsenden Zahl von Mitarbeitern, die in Nachhaltigkeitsfunktionen und/oder -abteilungen tätig sind. Mehr als 80% der befragten Unternehmen verfolgen demnach eine Nachhaltigkeitsstrategie mit einem signifikanten Engagement und machen damit deutlich, dass sie die hohe Relevanz der Nachhaltigkeit für ihre Kunden erkannt haben (Kienbaum 2013: 3, 11).

Die zentralen Ergebnisse dieser Studie hinsichtlich der Umsetzung von CSR-Konzepten in den Unternehmen werden anhand dreier strategischer Ansätze deutlich, die in etwa einzelnen Strategietypen des vorherigen Abschnitts zugeordnete werden können:

- Den stärksten Einsatz zur Umsetzung einer Nachhaltigkeitsstrategie zeigen die „überzeugten Vorreiter“, bei denen Nachhaltigkeit eine wesentliche Leitlinie des unternehmerischen Handelns darstellt (entspricht in etwa Strategietyp 1 und 2). Die Ergebnisse der Nachhaltigkeitsaktivitäten werden von diesen Unternehmen aktiv in Verbindung mit der Unternehmensmarke vermarktet. Diese Unternehmensgruppe, zu der ca. 40% der in der Untersuchung befragten Unternehmen gezählt werden, ist besonders bei der Etablierung eines Marktes für hochwertiges Post-Consumer-Rezyklate von Bedeutung, da sie offen für die Etablierung neuer ökologisch vorteilhafter Lösungen ist.¹⁴
- Eine weitere Gruppe von Unternehmen wird bei Kienbaum als „fokussierte Aktivisten“ bezeichnet, die ihre Nachhaltigkeitsaktivitäten bewusst, aber

¹⁴ Charakteristika dieser Unternehmensgruppe sind: (1) Das gesamte Geschäftsmodell wird fundamental auf das Thema Nachhaltigkeit ausgerichtet. Die Unternehmen positionieren sich als Vorreiter und Benchmark für die gesamte Branche. (2) Die Motivation der Unternehmen rührt daher, dass sie Nachhaltigkeit als Chancen-Management ansehen, mit dem Unternehmenswerte geschaffen werden können. (3) Die Unternehmen dieser Gruppe besitzen hohe Ansprüche in Bezug auf die Bearbeitung einer Vielzahl von Nachhaltigkeitsthemen.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

ohne den Anspruch auf die Ausfüllung einer Vorreiterrolle betreiben (wie bei den Vorreitern ca. 40% der Unternehmen in der Studie). Bei den Unternehmen dieser Gruppe stehen das Risikomanagement und die Vermeidung offener Flanken gegenüber Wettbewerbern im Vordergrund. Diese Unternehmen, die eine relativ große Breite hinsichtlich der tatsächlichen Umsetzung von CSR abdecken, können in etwa den Strategietypen 3 und 4 zugeordnet werden. Sie wären nicht als Vorreiter beim Einsatz von Post-Consumer-Rezyklen geeignet, können aber, wenn die ökonomische Vorteilhaftigkeit klar wird, teilweise davon überzeugt werden.¹⁵

- Eine kleinere Gruppe von Unternehmen (insgesamt 17) konzentrieren sich lediglich auf die Sicherstellung eines absoluten Minimums an Nachhaltigkeitsaktivitäten (Kienbaum 2013: 13ff.). Unternehmen mit diesen Charakteristika, die den Strategietypen 5 und 6 zuzuordnen sind, können nur schwer vom Einsatz von Kunststoff-Rezyklen überzeugt werden.

Angesichts des hohen Ressourcenbedarfs stellt sich die Frage nach der ökonomischen Relevanz von Nachhaltigkeitsstrategien. Für die Hälfte der betrachteten Unternehmen spielen Kosten-Nutzen-Gesichtspunkte eine wichtige Rolle (Kienbaum 2013: 20). Allerdings fehlen für viele Nachhaltigkeitsthemen Möglichkeiten der Quantifizierung und damit einer separaten Erfolgsmessung. Bruton (2016) kommt in einer Untersuchung über die Messbarkeit des Erfolgs von CSR-Maßnahmen zu dem Ergebnis, dass dieser nicht direkt messbar ist, da die Beziehungen zwischen CSR-Maßnahmen und Geschäftserfolg indirekt sind (Bruton 2016: 114). Etter und Fieseler (2011: 278) bestätigen die Einschätzung, dass Studien über den Zusammenhang von finanzieller Performance und CSR bislang zu keinen eindeutigen

¹⁵ Kennzeichen dieser Gruppe sind: (1) Nachhaltigkeit wird aktiv und engagiert für das Unternehmen entwickelt. (2) Die Relevanz von Nachhaltigkeit wird für jedes Geschäftsfeld einzeln geprüft. (3) Die Unternehmen sind dadurch motiviert, dass sie Chancen sehen, Unternehmenswerte zu schaffen, bei ihnen steht aber das Risikomanagement stärker im Vordergrund. (4) Die meisten Unternehmen in dieser Gruppe streben nur bei ausgewählten Themen eine Übererfüllung von rechtlich vorgegebenen Anforderungen an.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Ergebnissen führten. Auch die Einführung von Neuerungen im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategien (wie der Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten) ist mit gewissen Anfangsrisiken (und Chancen) verbunden. Daher kommt den risikobereiten Vorreitern bei der Etablierung eines Marktes für qualitativ hochwertige Rezyklate eine große Bedeutung zu.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der Studien von Steurer/Tiroch und Kienbaum darauf hin, dass Unternehmen, die CSR im Rahmen ihrer Strategien konsequent umsetzen, nicht die Regel sind. Von denjenigen Unternehmen, die eine Umsetzung von CSR proklamieren, sind nach der vorliegenden Studie ca. 40% bemüht, dieses Konzept auch ganzheitlich im Unternehmen anzuwenden (Vorreiter). Diese Unternehmen sind den oben genannten Strategietypen 1 und 2 zuzuordnen. Die anderen verfolgen das Konzept entweder punktuell und reaktiv oder sehen es bestenfalls als Marketingmaßnahme an. Zusätzlich ist bei der Bewertung der Studienergebnisse zu beachten, dass aufgrund der Vorgehensweise (Befragung von Unternehmensvertretern ohne genaue Einzelfallbetrachtung aus einer „internen“ Perspektive) die Ergebnisse wohl eher ein zu positives Bild bei der Etablierung von CSR zeigen.

Diejenigen, die tatsächlich bereit sind, CSR-relevante Entscheidungen mit gewissen finanziellen Risiken zu treffen, sind daher eine noch einmal deutlich kleinere Gruppe unter den Vorreitern. Da absehbar ist, dass die Etablierung von qualitativ hochwertigen Rezyklaten im Markt zunächst mit einem erhöhten Aufwand verbunden ist, sind es vor allem die Unternehmen aus dieser Gruppe, die angesprochen werden sollten, wenn es darum geht, das Marktsegment der qualitativ hochwertigen Rezyklate aus Post-Consumer-LVP in den kommenden Jahren zu entwickeln. Die anderen können dann in einem nächsten Schritt angesprochen werden, wenn die ökonomischen Vorteile des Einsatzes von Rezyklaten klarer auf der Hand liegen und die Anfangsrisiken überwunden sind.

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Lohnt sich die Umsetzung von CSR ökonomisch? – Die Bedeutung des Konsumentenverhaltens

Neben dem Unternehmenshandeln ist das Kaufverhalten der Konsumenten entscheidend für den ökonomischen Erfolg von Nachhaltigkeitsstrategien. Hierzu gibt es ebenfalls nur wenige Studien, die einen Zusammenhang zwischen CSR-Strategien und dem späterem wirtschaftlichen Erfolg wissenschaftlich untersuchen. Eine Studie von Biesalski & Company und Serviceplan Corporate Reputation aus dem Jahr 2016 (nachfolgend als Biesalski 2016 zitiert) betrachtet die Bedeutung der Kommunikation mit dem Kunden für den wirtschaftlichen Erfolg von CSR-Strategien. Sie will zeigen, wie Marken durch eine Nachhaltigkeit ihren Wert steigern können. Nachhaltigkeit wird dabei als wichtiger Aspekt für die Reputation eines Unternehmens verstanden, deren Wert häufig erst deutlich wird, wenn die Reputation leidet und zu einem Wertverlust des Unternehmens führt. Eine geeignete Strategie bestimmt demnach das Nachhaltigkeitsimage von Unternehmen. In der Studie wird die Umsatzrelevanz von Nachhaltigkeitsimages durch damit verbundene Impulse für den Reputationsaufbau diskutiert. Dazu wird ein *Sustainability Value Score* berechnet, der den Erklärungsanteil von Nachhaltigkeit am Umsatz erfassen soll. Ausdrücklich betont wird, dass der durch Nachhaltigkeit generierte Umsatz additiv ist und nicht zu Lasten des bislang erzielten Umsatzes geht. Obwohl die Studie auf die Wahrnehmung von Nachhaltigkeit bei Verbrauchern fokussiert, lassen sich die Ergebnisse im Wesentlichen auch auf die grundsätzliche Beziehung zwischen Kunden und Unternehmen übertragen, also auch auf Kunden, die Produkte weiterverarbeiten.

Als Reputation wird die kollektive öffentliche Beurteilung eines Unternehmens bzw. einer Marke bezeichnet. Sie stellt ein Gesamtbild dar, das sich aus mehreren Einzelimages der Wahrnehmung eines Unternehmens zusammensetzt, welches sich dann durch ständige Rückkopplungen verändern kann und die Meinungsbildung bei den Stakeholdern beeinflusst (Biesalski 2016: 16). Ein Nachhaltigkeitsimage ist dabei ein Ausschnitt aus der ganzheitlichen Reputationswahrnehmung, welches das Bild von der unternehmerischen Verantwortung für Mensch und Umwelt prägt und damit Einfluss auf die Wahrnehmungsrichtung nimmt.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Beim Reputationsfaktor Nachhaltigkeit haben nach Ansicht der Autoren viele Unternehmen Nachholbedarf, sodass hier demnach viel ungenutztes Kapital liege, mit dem sich schnell Umsätze generieren ließen, weil vorhandene Nachhaltigkeitsleistungen oft nicht genügend kommuniziert würden (Biesalski 2016: 16).

Die Wahrnehmung von Nachhaltigkeit beim Verbraucher ist eng mit deren Kommunikation verbunden. Mit seinem Kaufverhalten entscheidet der Konsument, inwieweit Nachhaltigkeit relevant ist. Kritisiert wird in der Studie, dass Kunden zu wenig im Fokus der Nachhaltigkeitskommunikation stehen und damit ein höheres Risiko von Fehlschlägen bei Nachhaltigkeitsaktivitäten und negativen Imagefolgen in Kauf genommen wird (Stichwort *Greenwashing*; Biesalski 2016: 15).

Im Rahmen der empirischen Erhebung, die der Biesalski-Studie zugrunde liegt, wurden mehr als 8.000 Konsumenten online befragt und um eine Beurteilung von zwei Marken je Teilnehmer gebeten, was ca. 150 Beurteilungen pro Unternehmen lieferte. Insgesamt gingen Marken von 104 Unternehmen aus 16 Branchen in die Auswertung ein (sieben Konsumgüterbranchen aus dem produzierenden Gewerbe und neun Branchen für haushaltsnahe Dienstleistungen aus den Bereichen Handel, Energieversorgung, Finanzdienstleistungen, Reisen und Telekommunikationsanbieter).

Der auf Basis dieser Daten berechnete *Sustainable Value Score* wird als ein Maß für die finanzielle Wirkung von Nachhaltigkeit eingeführt. Quantifiziert werden soll damit der Einfluss von Nachhaltigkeit auf die tatsächliche Kaufentscheidung – gemessen am Umsatz – und damit auf den Unternehmenserfolg. Zur Methodik der Studie wird ausgeführt, dass die Quantifizierung der finanziellen Wirkungen durch eine „Gegenüberstellung der wahrgenommenen Nachhaltigkeit eines Unternehmens und dem Kaufverhalten“ (Biesalski 2016: 19) der Konsumenten erfolgt. Es wird berechnet, wie das Kaufverhalten durch die Wahrnehmung von Nachhaltigkeit beeinflusst wird. Hierzu wird eine Faktorenanalyse eingesetzt, um

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

aus den Aussagen der befragten Probanden Themencluster zu bilden.¹⁶ Der *Sustainable Value Score* ist das Ergebnis statistischer Berechnungen, die aufgrund der Angaben in der Studie nicht unmittelbar nachvollziehbar sind und nicht auf Basis einer Kausalanalyse einzelner Kaufentscheidungen erfolgen. Daher ist es angebracht, die Ergebnisse mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren.

Der Wert des *Sustainable Value Score* wird als Maß für den Erklärungsanteil von Nachhaltigkeit am Umsatz herangezogen. Für das Bezugsjahr 2015 differiert dieser in den betrachteten Branchen deutlich zwischen 13,2% (ein Hersteller von Babynahrung) und 0,7% (ein Unternehmen des Lebensmitteleinzelhandels). Die ersten zehn Ränge sind mit Ausnahme von Rang 9 (Reisedienstleister) von Unternehmen der Konsumgüterindustrie belegt, die letzten zehn Ränge belegen andere Dienstleistungsunternehmen (Biesalski 2016: 24ff.). Dies lässt den Schluss zu, dass Kunden Nachhaltigkeit eher in Verbindung mit physischen Gütern wahrnehmen oder die Nachhaltigkeitsaktivitäten bei Dienstleistungsunternehmen weniger ausgeprägt sind.

Voraussetzung für ein umsatzrelevantes Nachhaltigkeitsimage ist, dass es auch ein attraktives Produkt gibt, das als „Trägermedium“ fungiert. Allerdings kann kein kurzfristiger Durchbruch bei nachhaltigem Konsum erwartet werden, weil die Bildung eines Nachhaltigkeitsimages ein langfristiger Entwicklungsprozess ist. Hierbei kommt dem Marketing eine entscheidende Rolle zu. Nachhaltigkeit sollte nach Einschätzung der Autoren so kommuniziert werden, dass sie für den Konsumenten Relevanz hat, z.B. durch die enge Anbindung an das Produkt oder die Marke und/oder indem sie besondere Kundenbedürfnisse befriedigt.

¹⁶ Folgende Themencluster und Einzelaspekte wurden gebildet: Ökonomie (transparente Informationspolitik, fairer und sensibler Umgang mit Kundendaten, gute Compliance, Standortbekenntnis, offene Kommunikation), Soziales (guter und beliebter Arbeitgeber, Schaffung von Arbeitsplätzen, fairer Kundenumgang) und Ökologie (sichtbares ökologisches Engagement, umweltschonende Produktion und Ressourcenverwendung, transparente Herkunft der Produktbestandteile, Beitrag zur Lebensqualität) (Biesalski 2016: 28f.).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Bei der Frage, was nachhaltigen Konsum fördert, wird zunächst darauf verwiesen, dass die Vermarktungschancen durch den Aufwand bestimmt werden, den der Konsument für den Erwerb eines nachhaltigen Produkts betreiben muss. Dabei unterscheiden Verbraucher durchaus zwischen „selbstbezogener Nachhaltigkeit“ wie dem Kauf von Bio-Lebensmitteln oder dem Energiesparen sowie „ideeller Nachhaltigkeit“ wie fairen Arbeitsbedingungen oder Ressourcenbeschaffung. Zugleich ist zu beobachten, dass sich Konsumenten bei einer Marke mit nachhaltigem Image wohlfühlen, ohne aber tatsächlich deren nachhaltigste Produkte zu kaufen. Für Kunden ist vielmehr wichtig, dass ihnen das Nachhaltigkeitsimage eines Unternehmens Orientierung bietet, z.B. durch Leuchtturmprojekte, die aktuell sein sollten, um als zukunftsweisend wahrgenommen zu werden. Wichtig ist zudem, dass der Aufbau und die Weiterentwicklung des Nachhaltigkeitsimages in einem Tempo vonstattengehen, das vorhandene Kunden weiterhin mitnimmt und gleichzeitig neue hinzugewinnt. Auch hierbei spielt das richtige Marketing eine wichtige Rolle bei der Bildung eines Nachhaltigkeitsimages.¹⁷

Was bedeuten die Ergebnisse dieser Studie für die Marktchancen von Post-Consumer-Rezyklaten? Insgesamt wird argumentiert, dass ein enger Konnex zwischen Nachhaltigkeitsstrategie, Unternehmensimage und potenziellem Unternehmenserfolg bestünde. Es kann jedoch ein enger kausaler Zusammenhang zwischen der Nachhaltigkeitsstrategie, dem Image bei den Konsumenten und dem Kaufverhalten auf Basis der verwendeten Methoden nicht belegt werden. Dafür

¹⁷ *Der Erfolg einer Nachhaltigkeitskommunikation kann aber auch durch ein Übermaß an Informationen gefährdet werden. So wurde in der Kienbaum-Studie von vielen Unternehmen problematisch gesehen, dass eine Vielzahl an Labels die Wahrnehmung von Nachhaltigkeit beim Kunden gefährdet (Kienbaum 2013: 25). Diese Einschätzung wird auch von Klink et al. (2016) geteilt. In ihrer Studie zur Kommunikation von Nachhaltigkeit bei Schokoladen- und Fruchtsaftzeugnissen kommen die Autoren zu dem Schluss, dass Nachhaltigkeitslabels zwar die Kommunikation sozial- und umweltrelevanter Aspekte und damit eine Produktdifferenzierung gegenüber Wettbewerbern ermöglichen, dass zu viele Labels (zumal auf einem Produkt) den Konsumenten aber mit Informationen überfrachten. Dies neutralisiert die Absicht, die Kaufentscheidung des Konsumenten zu vereinfachen (Klink et al. 2016: 236).*

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

sind die verwendeten Verfahren ungeeignet, da sie nicht auf tatsächlich geäußerten Präferenzen beruhen, also den mittelfristigen Änderungen beim Kaufverhalten.

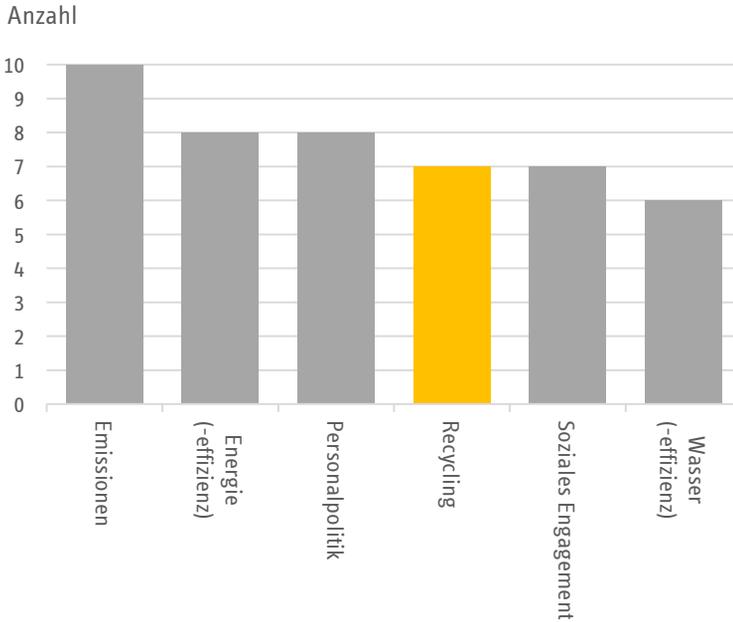
Gleichzeitig weist die Studie zurecht darauf hin, dass ein mittelfristiger Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeitsimage und Umsatzentwicklung wahrscheinlich ist und es zwischen einzelnen Branchen Unterschiede hinsichtlich der Bedeutung des Nachhaltigkeitsimages gibt. Gerade in Branchen, in denen physische Produkte erstellt werden (u.a. Babynahrung, Convenience/Tiefkühlkost und Automobile), sind CSR-Maßnahmen, die das mittelfristige Nachhaltigkeitsimage des Unternehmens verbessern, daher besonders lohnenswert. Da dieses Nachhaltigkeitsimage ganz offensichtlich mit einer ganzheitlichen Einschätzung der Marke zu tun hat und aktuelle Leuchtturmprojekte eine wichtige Rolle spielen, hat die Einführung von Post-Consumer-Rezyklaten als Basis für Produkte und Verpackungen in diesen Märkten auch eine große Relevanz für die Unternehmen, um ihr Umweltimage zu verbessern. Daher erscheint es auch als wahrscheinlich, dass sich in den genannten Branchen Vorreiter finden, die bereit sind, den zunächst größeren Aufwand für die Umsetzung von CSR in Kauf zu nehmen.

CSR-Informationen bei den für das duale System wichtigen Kunden und Einzelhändlern

Nachhaltigkeit und CSR haben in den vergangenen Jahren bei vielen für das Kunststoffrecycling potenziell wichtigen Kunden an Bedeutung gewonnen, insbesondere bei *Brand Ownern* und Einzelhandelsunternehmen. Eine Auswertung der Internetauftritte von zehn Unternehmen, die entweder Kunststoffverpackungen nutzen (Werner & Merz, Unilever, Henkel, Procter & Gamble (PCR) und Coca Cola) oder zu großen Handelsketten zählen, die kunststoffverpackte Produkte in ihrem Warensortiment führen (Aldi, Lidl, Netto, Rewe und Edeka), ergab, dass alle Unternehmen CSR auf ihren Internetseiten thematisieren. Dabei werden in unterschiedlichem Umfang Angaben zu den Themen Energieeffizienz, Wassereffizienz, Emissionen, Personalpolitik, Recycling und soziales Engagement gemacht (Schaubild 5.2).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 5.2
CSR-Themen in ausgewählten Unternehmen



Quelle: Eigene Berechnungen. – Zu den Themen Wasser, Energie und Emissionen wurden entweder absolute oder spezifische Angaben gemacht.

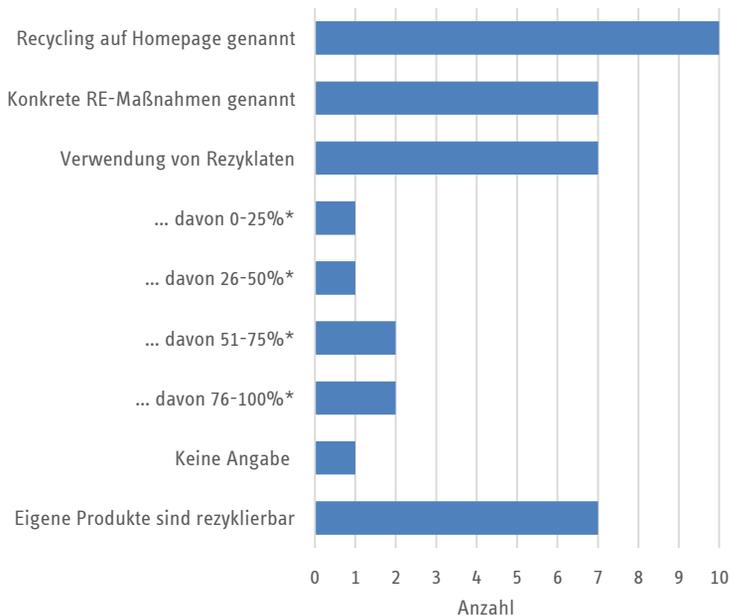
Dem Thema CSR wird von allen betrachteten Unternehmen große Aufmerksamkeit entgegengebracht. Regelmäßig mehr als die Hälfte der Unternehmen hat Angaben zu allen Teilbereichen gemacht. Bei den Nutzern von Kunststoffverpackungen waren die Angaben im Schnitt allerdings umfangreicher als bei den Handelsketten, bei denen häufig Aussagen zu einzelnen CSR-Themen fehlten.

Die Bedeutung von Nachhaltigkeit für das Unternehmen wird auch durch die Betonung von Recyclingaktivitäten kommuniziert. Sieben Unternehmen machten konkrete Angaben zu Recyclingmaßnahmen. Diese bezogen sich auf den Einsatz von Rezyklaten bei einzelnen Produkten und auf die Rezyklierbarkeit der eigenen

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Produkte. Zwei Unternehmen gaben an, dass bei einzelnen Produkten die Verwendung von Rezyklaten zwischen 50 und 75% bzw. zwischen 75 und 100% liegt, alle fünf Brand Owner und zwei Handelsketten, dass ihre Produkte rezyklierbar seien (Schaubild 5.3).

Schaubild 5.3
Recycling-Aktivitäten ausgewählter Unternehmen



Quelle: Eigene Berechnungen. – *Angaben beziehen sich auf ausgewählte Produkte.

Für Kunden bieten die zu CSR und zum Recycling gemachten Angaben eine gute Gelegenheit, sich ein Bild von der Nachhaltigkeit der betrachteten Unternehmen zu machen. Dies gilt nicht nur für Verbraucher, die bei den Handelsketten einkaufen, sondern auch für Kunden der produzierenden Unternehmen, sofern es Produkte betrifft, die zur Weiterverarbeitung bestimmt sind. Speziell dieser Kundenkreis findet auf diese Weise Anknüpfungspunkte für Fragen nach tiefergehenden Informationen. Insgesamt zeigt die Internetauswertung, dass die Ausgangsbedingungen bei den für das duale System wichtigen Unternehmen günstig sind. CSR

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

wird somit als wichtig erachtet, wobei viele dieser Unternehmen offen sind für den Einsatz von Rezyklaten oder diese schon einsetzen.

Der Beitrag von Produkt-Ökobilanzen für Rezyklate

Ökobilanzen wurden von der DKR für Produkte erstellt, die unter der Marke Systalen angeboten werden. Im Rahmen unserer Untersuchungen werden mit Hilfe einer Literaturlauswertung die Einsatzmöglichkeiten von Produkt-Ökobilanzen sowie die Nutzungsmöglichkeiten als Informationsquelle für Kunden des dualen Systems betrachtet. Darüber hinaus sind die Produkt-Ökobilanzen im Rahmen der geführten Expertengespräche mit der Verkaufsabteilung von DSD, mit Kunden von Systalen sowie anderen Unternehmen thematisiert worden (Gespräche 2 und 18). Produkt-Ökobilanzen, deren Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten in Kasten 5.2 dargestellt werden, weisen dabei hinsichtlich der Erfassung des ökologischen Fußabdrucks Vorzüge auf. Für die Abnehmer von Rezyklaten stellen sie potenziell wichtige Informationen zum ökologischen Fußabdruck und zu positiven Klimawirkungen des Einsatzes von Rezyklaten zur Verfügung. Diese Informationen können für eigene Produkt-Ökobilanzen verwendet oder auch nach außen hin als Marketinginstrument genutzt werden.

Kasten 5.2

Erstellung von Produkt-Ökobilanzen: Verfahren, Vorgehensweise und Einsatzmöglichkeiten

Das Verfahren zur Erstellung von Produkt-Ökobilanzen auf Basis von ISO 14040 bis ISO 14043 ist konsistent und transparent. Es wird der gesamte Produktlebensweg von der Herstellung über die Nutzung bis zur Entsorgung des Produkts in Hinblick auf Umweltauswirkungen erfasst (UBA 2000: 1f.). Für einzelne Branchen sind allerdings nicht selten Anpassungen des Verfahrens notwendig, um branchenspezifische Besonderheiten der Datenverfügbarkeit und -qualität sowie der Methodik zu berücksichtigen. Um hier die Vergleichbarkeit der Produkt-Ökobilanzen und damit ihren Nutzen sicherzustellen, sind gewisse Mindestanforderungen zu definieren (Detzel u.a. 2016 und Society of the Plastics Industry 2012). Die Erarbeitung von Produkt-Ökobilanzen stellt einen komplexen Vorgang dar. Dem Aufwand steht aber ein erheblicher Nutzen gegenüber,

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

da sie wertvolle Informationen liefern, die für die interne Schwachstellenanalyse genutzt und mit denen weitere Entwicklungspotenziale aufgezeigt werden können (Flentje u.a. 2015: 50f.).

Die internen betrieblichen Einsatzmöglichkeiten erstrecken sich über eine breite Palette (Bültmann 1997: 28-35): Dem Controlling liefern Produkt-Ökobilanzen ein Instrument zur Überwachung unternehmerischer Umweltziele und bieten Anknüpfungspunkte für eine ökologische Buchführung, die auch externe Effekte der Produktion erfasst. Ferner können Ökobilanzen als Anstoß für ein unternehmensweites Umweltmanagementsystem genutzt werden. Über die Information der unternehmensinternen Öffentlichkeit kann die Produkt-Ökobilanz die Bindung und Identifikation der Mitarbeiter stärken und für Maßnahmen der Personalführung genutzt werden. Schulungen und Weiterbildungsmaßnahmen stellen sicher, dass Mitarbeiter systematisch in die Umweltaktivitäten des Unternehmens einbezogen werden. Sie können damit in die Lage versetzt werden, ökologische Schwachstellen selbst zu erkennen und Verbesserungsvorschläge einzubringen.

Weitere Einsatzmöglichkeiten bieten sich im Produktionsbereich: Diese gehen von der Produktentwicklung über die ökologische Optimierung von Produktionsprozessen bis hin zu einer ökologisch orientierten Beschaffung. Ihre Bedeutung für die Verbesserung von Produktionsprozessen betonen auch Deinert und Pape (2016). Sie verweisen darauf, dass Ökobilanzen helfen, Effizienzziele im Rahmen von Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagementsystemen zu formulieren. Ziele und Leistungen dieser Systeme können demnach mit Hilfe der Produkt-Ökobilanzen kommuniziert werden (Deinert/Pape 2016: 82).

Gerade für die externe Kommunikation stellen Produkt-Ökobilanzen ein wichtiges Marketinginstrument dar, das zur Bildung des Nachhaltigkeitsimages beiträgt, indem es die Umsetzung der unternehmerischen Nachhaltigkeitsstrategien dokumentiert. Mit ihrer Hilfe wird die Kommunikation mit dem Unternehmensumfeld auf eine gesicherte Datenbasis gestellt und somit die Glaubwürdigkeit des Nachhaltigkeitsimages untermauert. In der Kommunikation mit Kunden liefern sie produktspezifische Marketingargumente, Vergleiche mit Konkurrenzprodukten sind

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

allerdings nur begrenzt möglich. Nicht zuletzt untermauern Produkt-Ökobilanzen die berechnete Nutzung von Umweltkennzeichen (Bültmann 1997: 35-38). Produkt-Ökobilanzen für Rezyklate geben wertvolle Informationen über Vorlieferanten innerhalb der Wertschöpfungskette für die eigene Produktlebenszyklusanalyse (*Life Cycle Analysis, LCA*). Brandt und Pilz (2011) weisen beispielsweise darauf hin, dass Ökobilanzen die Argumentation unterstützen können, warum Kunststoffverpackungen einen positiven Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourceneffizienz leisten, obwohl sie aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Ihr Einsatz führt in vielen Fällen zur Einsparung von Ressourcen (Brandt/Pilz 2011: 3-5).

Bislang liegen wenige empirische Befunde zum Zusammenhang zwischen der Erstellung von Produkt-Ökobilanzen und dem tatsächlichen Kaufverhalten bzw. dem Absatz von Produkten vor. Alleine schon die Erstellung von Produkt-Ökobilanzen wird aber, wie die geführten Gespräche gezeigt haben, als sinnvoll erachtet, da sie auf dem Markt ein zusätzliches Verkaufsargument darstellen. Insofern unterstützen sie die Bemühungen in Hinblick auf die Umsetzung einer CSR-Strategie auf Seiten der System-Kunden (etwa großen Einzelhandelsunternehmen). Die Kommunikation der Produkt-Ökobilanzen wird dabei, wie ebenfalls aus den Gesprächen hervorging für den Vertrieb von Produkten aus Rezyklaten als positiv gesehen. Gleichzeitig wird auch deutlich, dass Produkt-Ökobilanzen gegenüber Preis- und Kostenaspekten in aller Regel eine nachrangige Bedeutung für die Entscheidung über den Einsatz von Rezyklaten haben. Sie können jedoch dann eine wichtige Rolle spielen, wenn Kosten- und Qualitätsaspekte „stimmen“.

Wenn Kunden Wettbewerbsvorteile aus dem ökologischen Image ihrer Produkte ziehen, können ggf. sogar in gewissem Ausmaß Preisnachteile in Kauf genommen werden, um die durch Ökobilanzen angezeigten ökonomischen Vorteile zu nutzen. Die Literaturobwertung bestätigt den Eindruck, dass Produkt-Ökobilanzen eine sinnvolle Ergänzung der Marketingaktivitäten darstellen. Zu den direkten Auswirkungen auf den Umsatz und den Ertrag von Unternehmen liegen dagegen kaum Informationen vor, es werden eher langfristige Wettbewerbsvorteile betont (Willers 2016: 14-19). So stellt Radermacher (2016) auf indirekte Umsatzwirkungen ab, die sich daraus ergeben können, dass die Herstellungskosten eines Produkts auf

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Basis der Informationen aus einer Produkt-Ökobilanz verringert werden. Dabei können der Herstellungsprozess und/oder die eingesetzten Vorprodukte variiert werden. Allerdings ist dies häufig mit einem Mehraufwand beim Marketing verbunden, weil gegenüber dem Kunden kommuniziert werden muss, dass Einbußen bei der Produktqualität vertretbar sind, sich dafür aber ein Zugewinn bei den Nachhaltigkeitsaspekten erzielen lässt (Radermacher 2016: 10-11, 172-180).

Fazit: Corporate Social Responsibility und Produkt-Ökobilanzen als Entwicklungschance?

CSR beruht auf den Prinzipien der Nachhaltigkeit, Verantwortlichkeit und Transparenz und bezieht daher auch Politik und Gesellschaft sowie andere Unternehmen der Wertschöpfungskette wie Vorlieferanten und Kunden ein. In der Hinsicht bieten der Einsatz von ökologisch vorteilhaften Rezyklaten bei der Produkt- oder Verpackungsherstellung und die Anwendung von Grundsätzen der Recycelbarkeit bei der Entwicklung von Produktverpackungen eine Möglichkeit für Unternehmen, ihre Nachhaltigkeitsstrategien umzusetzen. Für den Einsatz von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP kann die zunehmende Bedeutung von CSR speziell bei Großunternehmen (etwa beim Lebensmitteleinzelhandel oder bei Herstellern von Markenprodukten) einen wichtigen unterstützenden Effekt haben.

Den Ergebnissen der Expertengespräche zufolge hat die gestiegene Bedeutung von CSR zu einer größeren Offenheit und einem gestiegenen Interesse der Unternehmen verschiedener Wertschöpfungsstufen am Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten geführt (Gespräche 2 und 7). Gleichzeitig ist deutlich geworden, dass dieses Argument in der Regel nicht ausreichend ist, Unternehmen zur Nutzung von Rezyklaten zu bewegen, die ökologische Vorteilhaftigkeit ist zumindest aber ein Aspekt, der dazu führt, dass sie sich mit Rezyklaten beschäftigen. Rezyklate aus Post-Consumer-LVP werden in aller Regel dann eingesetzt, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind, die insbesondere die Kosten (geringer als bei Neeware), die Qualitätseigenschaften (im Zeitablauf konstante Qualitäten) und die Versorgungssicherheit betreffen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Empirische Untersuchungen wie die von Kienbaum und Biesalski zeigen, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen CSR und Ergebnisgrößen des Unternehmenshandelns wie etwa den Umsatz gibt, zumal in den einzelnen Unternehmen sehr unterschiedlich mit CSR umgegangen wird. Während ein Teil der Unternehmen CSR nicht ernsthaft in die Unternehmensstrategie integriert und bestenfalls „nach außen“ hin als Marketinginstrument nutzt, zeigen Fallstudien, dass in anderen Unternehmen die Etablierung von CSR auch das Unternehmenshandeln beeinflusst. Hier spielen *Forerunner* als beispielgebende Unternehmen, die diese Grundsätze „leben“, eine wichtige Rolle (siehe oben zu Kienbaum). Auswirkungen auf den Unternehmensumsatz oder -gewinn sind eher mittel- bis längerfristig zu erwarten, ein kausaler Zusammenhang zur Umsetzung von CSR in Unternehmen, wie beim Ansatz der Biesalski-Studie, ist aber auch dann nur schwer zu belegen.

In der Biesalski-Studie wird ebenfalls betont, dass es eine Diskrepanz zwischen der Einschätzung der Bedeutung des Themas „Nachhaltigkeit“ und dem tatsächlichen Handeln von Kunden gibt. Gerade für die Endverbraucher sind die Produkteigenschaften in der Regel relevanter als die Eigenschaften der Verpackungsmaterialien. Das zeigt, dass es häufig schwierig ist, nachhaltige Lösungen zu etablieren, wenn nicht gleichzeitig ökonomische Vorteile vorliegen. Neben dieser generellen Beobachtung spielen Marktmacht und Marktconstellationen eine wichtige Rolle. So können Einzelhändler über ihre Marktmacht einen Impuls für die Nutzung von Recyclingmaterialien geben. Zudem kann es für Unternehmen, die sich mit einem ökologischen Image vom Wettbewerb abheben möchten, sinnvoll sein, entgegen dem Trend auch bei (anfänglich) etwas höheren Kosten Recycling-Kunststoffe einzusetzen.

Die Entwicklung in Richtung einer steigenden Bedeutung von CSR ist keine „Eintagsfliege“. Sie wird sich nach dem gegenwärtigen Stand in Zukunft fortsetzen und zu einer größeren Offenheit der Unternehmen gegenüber Produkten aus Post-Consumer-Rezyklaten beitragen. CSR ist ein Aspekt, aufgrund dessen sich Unternehmen mit dem möglichen Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten beschäftigen, und zwar auch in neuen Marktfeldern, in denen bislang noch keine Post-Consumer-Rezyklate zum Einsatz kommen. Dieser Punkt gewinnt künftig an

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Bedeutung, weil in Marktfeldern, in denen bereits Rezyklate eingesetzt werden, die Wachstumschancen überwiegend begrenzt sind. Gleichzeitig ist zu erwarten, dass Post-Consumer-Rezyklate letztendlich vor allem dann zum Einsatz kommen, wenn weitere Voraussetzungen erfüllt sind, insbesondere die gesicherte Verfügbarkeit von Rezyklaten zu konstanten Qualitäten sowie Kostenvorteile gegenüber Primärmaterialien.

Produkt-Ökobilanzen werden in diesem Kontext auch weiterhin eine wichtige Rolle einnehmen, insbesondere in ihrer Funktion als Informations- und Marketinginstrument. Kunden können einerseits die enthaltenen Informationen für ihre eigenen Produkt-Ökobilanzen nutzen und andererseits faktenbasiert mit der ökologischen Vorteilhaftigkeit des Rezyklats als Inputfaktor werben. Somit stellen die Produkt-Ökobilanzen im Kontext mit den anderen Aspekten, die für den Einsatz von Rezyklaten sprechen, ein wichtiges komplementäres Argument für den Vertrieb dar.

5.4 Entwicklungsperspektiven

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass das Recycling von Post-Consumer-LVP in Deutschland **an einem wichtigen Wendepunkt steht**. Der Impuls durch die VerpackV und ihre verschiedenen Novellierungen war wirksam und hat zur Etablierung eines funktionierenden Marktes für Post-Consumer-Rezyklate geringerer und mittlerer Qualität geführt. Gleichzeitig gibt es im bestehenden System noch Fehlanreize, die mit dafür verantwortlich sind, dass sich noch kein Markt für Premium-Rezyklate etabliert hat:

- Im Bereich der **Sammlung und Sortierung** wurden die **Potenziale noch nicht ausgeschöpft**. Gleichzeitig werden die ökonomischen Anreize immer noch zu stark durch die Lizenzierung und die damit verbundenen Zahlungen an die Sortierunternehmen bestimmt, was dazu führt, dass ein schneller Durchsatz und nicht die hinreichende Qualität der sortierten Materialien (Ballenware) die Funktionsweise des Systems bestimmt. Es gibt immer noch eine erhebliche Zahl von alten, abgeschrieben Anlagen, die nicht dem aktuellen Stand der Technik entsprechen (deren Zahl sich aber in den kommenden Jahren

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- sukzessive reduzieren wird). Dies führt zu Einschränkungen in Bezug auf die Menge und Qualität des Materials, das letztendlich für das Recycling zur Verfügung steht.
- Im Bereich des **Recyclings** selbst haben sich Hersteller etabliert, die in der Regel die verschiedenen Polyolefine zu **Rezyklaten niedrigerer und mittlerer Qualitäten** verarbeiten. Diese gehen in eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte ein, sodass in bestimmten Bereichen Produkte aus Rezyklaten nicht mehr aus den Märkten wegzudenken sind. Der Trend zu höherwertigen Rezyklaten hat sich dagegen nur langsam entwickelt. Das hat nicht mit der mangelnden Verfügbarkeit geeigneter Technologien, sondern mit den Marktbedingungen zu tun (insbesondere der fehlenden Sicherheit in Hinblick auf die Qualität und Menge der Inputmaterialien sowie noch nicht vorhandenen Vertriebskanälen und Kunden). Diese verhindern bislang die für eine zügigere Marktentwicklung erforderlichen Anlageninvestitionen.

Erfahrungen mit bestehenden Recyclingsystemen im Ausland – etwa dem Milchflaschen-Recycling in Großbritannien, aber auch dem PET-Recycling in Deutschland – zeigen, dass sich funktionierende Systeme am einfachsten etablieren lassen, wenn relativ homogene Verpackungen gesammelt werden und eine Verpflichtung besteht, Materialien teilweise wieder bei der Produktion neuer Verpackungen zu verwenden. Dies gewährleistet das Entstehen hochwertiger Sammelfraktionen und eines entsprechend hochwertigen Recyclings, das auch gegenüber Primärware ökonomisch vorteilhaft ist. Da beim dualen System die gesammelten Verpackungen vergleichsweise heterogen sind und es keinen unmittelbaren Konnex zwischen Produktion und Wiederverwertung gibt, erweist sich die Etablierung eines Recyclingsystems als aufwändig. Dieser Nachteil könnte allerdings durch den konsequenten Einsatz der verfügbaren Technologien und die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen ausgeglichen werden.

Für die weitere Marktentwicklung und insbesondere die Entwicklung neuer Marktfelder ist ein zusätzlicher Impuls erforderlich, der durch geänderte Rahmenbedingungen ausgelöst werden könnte. Das entsprechend ausgestaltete neue

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

VerpackG kann beispielsweise einen solchen Impuls geben. Die damit einhergehenden erhöhten Recyclingquoten für Kunststoffe, die ab 2019 zu mindestens 58,5 Prozent und ab 2022 zu mindestens 63 Prozent einer werkstofflichen Verwertung zuzuführen sind, werden den Marktdruck auf ineffiziente Sortieranlagen erhöhen und damit deren Modernisierung bzw. Ausscheiden aus dem Markt zur Folge haben. Ferner wird dies zu einer Erhöhung der Verfügbarkeit von Materialien für das stoffliche Recycling führen. In Verbindung mit einer ökologischen Gestaltung der Beteiligungsentgelte (§ 21 des VerpackG) werden zudem Anreize für eine verbesserte Recyclingfähigkeit von Verpackungen und einen erhöhten Einsatz von Rezyklaten geschaffen. Diese Impulse dürften ausreichen, um die laufende Modernisierung der Sortierung hinreichend zu verstärken.

Zu erwarten ist, dass bei der Umsetzung des neuen VerpackG zunächst das Recyclingmaterial für **qualitativ einfachere Produkte** deutlich steigt, um die Quoten zu erreichen. Da die Expansionsmöglichkeiten in den bereits existierenden Produktmärkten aber eher gering sind, müssen neue Anwendungsfelder erschlossen werden. Das stoffliche Recycling wird dann nach den Ergebnissen aus Expertengespräch 5 – zumindest vorläufig – mit höheren Kosten verbunden sein als die energetische Verwertung. Längerfristig könnte es durch den technischen Fortschritt und den Einsatz neuer Technologien allerdings wieder zu Kostensenkungen kommen.

- Es stellt sich die Frage nach den Entwicklungsperspektiven auf den Märkten für höherwertige Rezyklate. Die Voraussetzungen für die Entwicklung eines Marktsegments für Premium-Rezyklate sind aus den folgenden Gründen sehr günstig:
- Die erforderlichen Technologien im Bereich des Recyclings (etwa Heißwaschen und Farbsortierung von Flakes) sind bereits heute vorhanden und werden in anderen Bereichen des Kunststoffrecyclings mit Erfolg eingesetzt.
- Der Trend zu CSR auf Seiten der Einzelhandelsketten und *Brand Owner* führt zu einer stärkeren Aufgeschlossenheit gegenüber Rezyklaten, die bei einer günstigen Situation in Hinblick auf Preise und Qualitäten ggf. „einen Versuch wagen“ würden.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- Die ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte schafft einen zusätzlichen monetären Anreiz für den Einsatz von Rezyklaten. Auch wenn das Ausmaß dieses Anreizes von der tatsächlichen Preisgestaltung abhängig wäre, ist das Signal, das damit verbunden sein würde, nicht zu unterschätzen.
- Im Marktsegment für Post-Industrial-Kunststoffabfälle aus denselben Materialien, die in der Regel eine höhere Qualität aufweisen, haben sich die verfügbaren Mengen durch effizientere Produktionsprozesse bei den Verarbeitern von Primärkunststoffen sukzessive verringert, sodass der Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten für die in diesem Marktsegment tätigen Unternehmen immer attraktiver wird, auch wenn gewisse Umstellungen in der Verarbeitung des Materials erforderlich sind.
- Durch die erhöhte Menge an Kunststoffen für das Recycling, die aus dem neuen VerpackG resultieren werden, wird von der Angebotsseite her Druck entstehen, in neue und gleichzeitig höherwertige Marktfelder vorzustoßen.
- Unsere Untersuchungen zeigen, dass auch ein Teil der bereits etablierten Kunden teilweise Premium-Rezyklate nachfragen würde, wenn diese im Vergleich zu Primärware preislich attraktiv wären und die nachgefragten Eigenschaften aufweisen (etwa in Hinblick auf die Farbgebung).
- Erfahrungen aus anderen Bereichen wie dem Papierrecycling zeigen, dass sich dort im Zeitablauf eine immer stärkere Industrialisierung des Recyclings mit höheren Produktqualitäten durchgesetzt hat, entsprechende Prozesse aber auch eine gewisse Zeit in Anspruch nahmen.

Die genannten Faktoren lassen erwarten, dass **in den kommenden Jahren Recyclingkapazitäten aufgebaut werden, aus denen ein neues Angebot an Premium-Rezyklaten aus dem Recycling von Post-Consumer-LVP resultiert** (dies war die einhellige Meinung der befragten Experten). Es stellt sich die Frage, welche Aspekte dabei zu beachten sind und inwieweit bestimmte Aspekte diese Entwicklung behindern:

- Möglich ist, dass Premium-Rezyklate auch in kleineren Recyclinganlagen für eher mittelständische Unternehmen hergestellt werden (*Brand Owner* oder

5. Zukunft (1): technologische Entwicklungen und Marktpotenziale des Kunststoffrecyclings

Unternehmen der Kunststoffindustrie). In einer ersten Anlage mit einer Kapazität von 20.000 bis 30.000 t/Jahr, die Premium-Rezyklate aus dem dualen System sammelt, ließen sich Erfahrungen gewinnen, die für die Weiterentwicklung des Systems hilfreich sind. In Hinblick auf die Rentabilität einer solchen Anlage wären insbesondere die erforderlichen Investitionskosten und damit betriebliche Mindestgrößen zu beachten, wobei die Sicherstellung einer konstanten Rezyklatequalität sicherlich einfacher wäre als bei einer großen Anlage.

- *Brand Owner* haben, soweit es sich dabei um Großunternehmen handelt, in der Regel einen hohen Bedarf an Rezyklaten und gleichzeitig hohe qualitative Anforderungen, wenn ein Teil der Produkte bzw. Verpackungen auf der Basis von Rezyklaten hergestellt werden soll. Dabei kommen nationale Recyclingsysteme relativ schnell an ihre Grenzen, was die Bereitstellung der notwendigen Mengen und Qualitäten für das erforderliche Ausgangsmaterial anbelangt. Hier stellt sich die Frage, wie das Angebot aus dem dualen System mit dem entsprechenden internationalen Angebot kombiniert werden könnte (Importe von Rezyklaten).
- Es gibt auch Aktivitäten, die auf ein intensives Engagement von Chemieunternehmen bei PO-Recyclingunternehmen hindeuten. Dazu gehört die Übernahme eines großen Herstellers von Post-Consumer-PO-Rezyklaten durch Borealis, einen Hersteller von Primärkunststoffen. Diese Übernahme kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass eine Entwicklung hin zu großindustriellen Anlagen für die Herstellung von Rezyklaten aus Post-Consumer-LVP wahrscheinlich ist.

Es verbleiben gleichwohl offene Fragen in Bezug auf die künftige Ausgestaltung des Recyclings von Premium-Rezyklaten, die derzeit noch nicht endgültig beantwortet werden können.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

6.1 Szenarien und Technological Foresight: theoretische Grundlagen

Um mögliche Entwicklungslinien des Recyclings von Kunststoff-Verkaufsverpackungen aus dem dualen System aufzeigen zu können, eignet sich die Entwicklung von Szenarien besonders gut. Szenarien stellen konsistente Visionen für mögliche künftige Entwicklungen dar. Ziel dieses Kapitels ist insbesondere die Identifizierung solcher Entwicklungslinien für das duale System in Bezug auf mögliche Einflussfaktoren, relevante Rahmenbedingungen und die davon ausgehenden Auswirkungen auf die entsprechenden Märkte. Auf dieser Grundlage können die Auswirkungen von Änderungen der Rahmenbedingungen und der anderen Einflussfaktoren abgeschätzt werden. Es geht dabei nicht in erster Linie darum, die tatsächliche Entwicklung zu prognostizieren, sondern um das Aufzeigen möglicher Entwicklungsoptionen und die Beantwortung der Frage, von welchen Faktoren deren Realisierung jeweils abhängt.

Die Entwicklung solcher Szenarien mündet in eine Art **Foresight-Prozess**: *Foresight* (deutsch: Voraussicht) wird gerade auch in der technologiepolitischen Entscheidungsfindung genutzt, um Einflussfaktoren künftiger Entwicklungen zu identifizieren, welche die langfristige Wettbewerbsfähigkeit und Technologieentwicklung betreffen (Zweck et al. 2015: 9). Dabei kommen verschiedene Methoden der Datenerhebung und -analyse zum Einsatz (Popper 2008: 52 ff.):

- **Qualitative Informationen** geben beispielsweise wichtige Hinweise auf technologische Entwicklungen und deren Auswirkungen sowie potenziell relevante Größen, die in die quantitativen Untersuchungen einbezogen werden sollten. Eine Möglichkeit, solche Informationen zu gewinnen, sind Expertengespräche, um praktisches Wissen für die Analyse im Rahmen von Szenarien nutzbar zu machen.
- Die **Anwendung ökonomischer Methoden** ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Größen zu analysieren und auf dieser Basis künftige Entwicklungen abzuschätzen. Ein Vorteil ökonomisch basierter

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Untersuchungen ist, dass sich Informationen über Strukturen oder die Wirkung von Einflussfaktoren, die bereits in den Daten der vergangenen Entwicklung enthalten sind, nutzen lassen.

Für die Abschätzung der künftigen Entwicklungen kommen Verfahren der Zeitreihenanalyse und ökonometrische Strukturmodelle zum Einsatz. Die Möglichkeiten, mit diesen Verfahren künftige Entwicklungen abzuschätzen, wurden insbesondere in den 1970er Jahren intensiv diskutiert. Die **Markteffizienzhypothese** (Fama 1970) geht dabei davon aus, dass alle vorliegenden Informationen über künftige Entwicklungen bereits im gegenwärtigen Marktpreis enthalten sind. Wenn diese Hypothese zutrifft, ist die beste Schätzung für künftige Preise der gegenwärtige Preis, sodass sich eine nur noch zufällige Restgröße ergibt (*Random Walk*). Kritiker der Markteffizienzhypothese führen an, dass dies häufig nicht zu beobachten ist. Mittlerweile existieren aber ökonometrische Verfahren, die einen Test auf *Random Walk* ermöglichen (*Dickey-Fuller-Test*; vgl. Dickey, Fuller 1981; Frenkel et al. 2003).

Im Folgenden werden auf Basis dieser ökonometrischen Verfahren Entwicklungslinien für die **Preise und Mengen der Primär- und Sekundärkunststoffe** herausgearbeitet, wobei im Einzelnen folgendermaßen vorgegangen wird:

- Zunächst wird ein **einfaches lineares Modell** mit der Zeit als unabhängigen Variable geschätzt.
- In einem zweiten Schritt wird ein **zeitreihenanalytisches Modell** geschätzt, wobei mit Hilfe des *Dickey-Fuller-Tests* bestimmt wird, welches Modell zur Anwendung kommt (*autoregressive moving average* (ARMA) oder *autoregressive integrated moving average* (ARIMA)).
- In einem dritten Schritt wird eine **Schätzung auf Basis einer Strukturgleichung** vorgenommen und auf die Kointegration zwischen abhängiger und unabhängiger Variable getestet, um zu bestimmen, inwieweit ein *vector autoregressive model* (VAR-Modell) oder ein *vector error correction model* (VEC-Modell bei Vorliegen einer Kointegrationsbeziehung) geschätzt werden muss.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- Um Hinweise darauf zu erhalten, in welcher Spannbreite sich die Märkte für Post-Consumer-Rezyklate entwickeln können, wird schließlich basierend auf plausiblen Hypothesen zur Marktdynamik eine **Monte-Carlo-Simulation** mit Hilfe von Zufallszahlen für zukünftige Preise durchgeführt, woraus sich unterschiedliche Entwicklungen für Preise und damit auch Marktumsätze ergeben.

Begrenzungen bezüglich der Möglichkeiten zur Durchführung ökonomischer Untersuchungen können insbesondere aus einer unzureichenden Datenverfügbarkeit oder zu kurzen Zeitreihen resultieren.

6.2 Ausgangssituation: Marktentwicklung für Primär- und Sekundärkunststoffe

Aus der Analyse der vergangenen Entwicklung und Expertengesprächen ergeben sich Hinweise auf die Marktdynamik des Sekundärkunststoffmarktes und die Bedeutung der darauf einwirkenden Einflussfaktoren. Dieser Bereich ist eng mit dem Primärkunststoffmarkt verbunden, der insgesamt sehr kompetitiv ist, was für einzelne Hersteller eine hohe Preiselastizität der Nachfrage zur Folge hat. Sekundärkunststoffe stellen dabei in den relevanten Märkten für einzelne Kunststoffe ein relativ kleines Marktsegment dar (jeweils rund 5%, geschätzt auf Basis des Marktvolumens für Sekundärkunststoffe und des Gesamtvolumens im Primärkunststoffmarkt). Wenn man die vergangene Entwicklung der Mengen sowohl an Kunststoffen insgesamt als auch des Verbrauchs an Kunststoff-Verkaufsverpackungen betrachtet, ist bis 2030 ein relativ stabiles Marktwachstum sowohl bei Primärkunststoffen als auch Rezyklaten zu erwarten. Eine Besonderheit des Sekundärkunststoffmarktes ist, dass bei gegebenen Marktbedingungen von einer geknickten Nachfragekurve auszugehen ist: Bei einem Sekundärkunststoffpreis von mehr als 80% des Neupreises werden derzeit Rezyklate meist durch Neupreise ersetzt.

Das stabile Wachstum beim Verpackungseinsatz und Verpackungsverbrauch, das insgesamt zu einer Zunahme der für das Recycling zur Verfügung stehenden Mengen führte, wurde in der Vergangenheit insbesondere durch die steigende Nachfrage nach Kunststoffverpackungen geprägt. Eine Steigerung durch eine erhöhte

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Effizienz des Recyclings hielt sich dagegen in den letzten Jahren – anders als noch zu Beginn der 2000er-Jahre – in Grenzen. Für die Menge an Post-Consumer-Rezyklaten aus dem dualen System ist damit in Zukunft mit einer stabilen Entwicklung entsprechend der Entwicklung des Verpackungsverbrauchs zu rechnen.

Insgesamt ist unter den gegebenen Bedingungen durch den derzeit noch geringen Einsatz von Recyclingmaterialien und die insgesamt hohe Bereitschaft von Teilen der Kunden, dies auszuweiten, eine deutliche Erhöhung der Nutzung von Rezyklaten möglich, wobei allerdings neue Marktfelder erst noch erschlossen werden müssen. Das hat damit zu tun, dass der Einsatz von Rezyklaten die Beachtung bestimmter Eigenschaften von Recyclingkunststoffen in der Produktion erfordert und somit nur im Rahmen einer längerfristig orientierten Unternehmensstrategie realisiert werden kann.

Die Preise für Sekundärkunststoffe aus Industrieabfällen lagen in den vergangenen Jahren relativ stabil um ca. 40% unter denen der Primärkunststoffe, wobei letztere durch die Bedingungen auf dem Markt und dessen Verknüpfung mit der Rohölförderung kurz- bis mittelfristig stärker variieren, wie in den Expertengesprächen 4, 7 und 13 deutlich wurde. Die Preise für Post-Consumer-Rezyklate liegen aufgrund der geringeren Qualitäten (etwa in Bezug auf Sortenreinheit, Farbe, Geruch und Konsistenz) etwas unterhalb der Preise für Post-Industrial-Rezyklate (ca. 45-50% unter dem Primärkunststoffpreis). Dieses Preissegment hat sich in den vergangenen Jahren aber durch erhöhte Qualitäten der Rezyklate und Anstrengungen der Recyclingunternehmen, neue Kunden zu erreichen, an den Preis für Post-Industrial-Rezyklate angenähert.

Die künftige Menge und Zusammensetzung der Verkaufsverpackungen ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Von Bedeutung ist das Verhalten der Hersteller von Verpackungen und Produkten, die insbesondere Faktoren wie Haltbarkeit, Werbewirksamkeit und Design im Blick haben. Eine immer größere Rolle spielen dabei auch Nachhaltigkeitsüberlegungen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- Relevant ist zudem das Kaufverhalten der Konsumenten. Dabei zeigt sich, dass Faktoren wie Optik oder Design, über die das „Produktversprechen“ kommuniziert wird, immer noch von zentraler Bedeutung sind. Die Umweltfreundlichkeit der Verpackungen ist dagegen eher nachrangig.
- Weiterhin zu beachten sind staatliche Regulierungen wie beispielsweise eine mögliche Verpflichtung zur Umsetzung eines *Design for Recycling*.

Insgesamt deuten viele Faktoren darauf hin, dass es zu einer weiteren Zunahme der Verpackungsmenge kommen wird. So ist der sozioökonomisch bedingte Trend zu Fertig- und Mikrowellenprodukten ungebrochen. Soweit Instrumente zur Verringerung des Verpackungsverbrauchs eingesetzt werden, kann dies dem beobachtbaren Markttrend aber entgegenwirken. Weiterhin zeigt sich eine Entwicklung zu dünneren und Mehrschichtverpackungen sowie zu einem steigenden Anteil von PET. Diese strukturellen Veränderungen bilden eine potenzielle Herausforderung für das künftige Recycling, da sie zu einer zunehmenden Heterogenität der Verkaufsverpackungen führen, was wiederum, wie aus den Expertengesprächen 3 und 8 hervorging, das Recycling erschwert.

6.3 Basisszenario

Vorgehensweise und Testresultate

Das Basisszenario soll die Frage beantworten, wie sich der Markt für Sekundärkunststoffe aus dem Post-Consumer-Bereich unter realistischen Annahmen entwickeln würde, wenn die Rahmenbedingungen sich nicht verändern. Es bildet somit den Ausgangspunkt für die Diskussion der Auswirkungen von Veränderungen der Rahmenbedingungen und daraus resultierender Markt- und Technologiedynamiken in Alternativszenarien.

Im Basisszenario wird die Entwicklung für folgende Größen bis 2030 geschätzt:

- die Menge der Verkaufsverpackungen,
- die Menge an Sekundärkunststoffen aus der stofflichen Verwertung,

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

- die allgemeine Preisentwicklung (KI-Indizes) und diejenige von Post-Consumer-Rezyklaten aus dem dualen System sowie
- das Marktvolumen der Post-Consumer-Rezyklate aus dem dualen System.¹⁸

Übersicht 6.1 zeigt die Vorgehensweise der ökonometrischen Berechnungen auf. Die Spezifikation der Strukturgleichungen erfolgte dabei auf Basis von Überlegungen und Informationen dazu, welche Faktoren die zu erklärenden Variablen beeinflussen.

Übersicht 6.1

Vorgehensweise beim Basisszenario

Ziel: Abschätzung der Entwicklung von Primär- und Sekundärrohstoffpreisen sowie der Menge des Verpackungsverbrauchs bis 2030 bei gegebenen Strukturen	
Methode	Vorgehen
Lineare Regression	Erste Abschätzung der Entwicklung bis 2030
ARMA/ARIMA-Modell	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dickey-Fuller-Test auf <i>Random Walk</i> 2. Test: optimale Lag-Struktur 3. Berechnung von ARMA (bei Ablehnung <i>Random Walk</i>) oder ARIMA (wenn <i>Random Walk</i> nicht abgelehnt werden kann) 4. Prognose
<i>vector autoregression/ vector error correction model</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Modellspezifikation (Vorabinformation): Primärkunststoffpreis = f(Rohölpreis, BIP), monatlich Sekundärkunststoffpreis = f(Primärkunststoffpreis, BIP), monatlich Verpackungsverbrauch = f(Primärkunststoffpreis, Kunststoffproduktion/BIP) 2. Test auf Kointegration/Kovarianz-Stabilität der Autoregressionsbeziehung 3. optimale Lag-Struktur 4. Modellschätzung (entweder <i>vector autoregression</i> oder <i>vector error correction</i>, je nach den Testergebnissen) 5. bei Kointegrationsbeziehung: Berechnung des Rangs, Modellschätzung, Prognose
darauf aufbauend: Abschätzung des Marktvolumens im Basisszenario	

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Strukturgleichungsmodelle sind den Zeitreihenmodellen überlegen, da sie nicht nur die vergangene Entwicklung in Bestandteile wie Trend- oder zyklische

¹⁸ Zu beachten ist bei der Bewertung der Ergebnisse, dass das Post-Consumer-Recycling von Kunststoffen aus dem dualen System nur ca. 60% der Gesamtmenge der Post-Consumer-LVP umfasst, wie es in den Daten von GVM ausgewiesen wird (siehe Kapitel 3).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Komponente zerlegen, sondern auch den Zusammenhang zwischen verschiedenen Variablen berücksichtigen. Daher werden im Folgenden vornehmlich die Ergebnisse der Strukturgleichungsmodelle, also der VEC-Schätzungen, dargestellt (Übersicht 6.2).

Übersicht 6.2

Basisszenario – Ergebnisse der Tests zur Bestimmung der Schätzmodelle

Ziel: Bestimmung der richtigen Schätzmodelle. Zeitreihenanalyse (ohne endogene Variablen): ARMA oder ARIMA? Mit endogenen Variablen: <i>vector error correction model</i> ?	
Test/Schätzung	Ergebnis
Dickey-Fuller-Test (Stationarität, Lag-Struktur)	<i>Primärkunststoff</i> : optimale Lag-Zahl 16 (Schwert-Methode), Test auf Stationarität ist nicht signifikant (Teststatistik: -2,29, 10%-Signifikanzniveau = -3,13); -> ARIMA-Modell <i>Sekundärkunststoff</i> : optimale Lag-Zahl 11 (Schwert-Methode), Test auf Stationarität ist signifikant (Teststatistik: -3,67, 5%-Signifikanzniveau = -3,44); -> ARMA-Modell
Kointegrationstest	<i>Primärkunststoff</i> : Primärkunststoffpreis und Ölpreis: standardisierte Testgröße -4,07 signifikant; kritischer Wert -3,37: Kointegrationsbeziehung existiert -> vector error correction model Lag-Zahl: 3, Rang der Kointegrationsbeziehung: 1 (Johansen-Test) <i>Sekundärkunststoff</i> : Primärkunststoffpreis und Ölpreis: standardisierte Testgröße -6,11 signifikant; kritischer Wert -3,37: Kointegrationsbeziehung existiert -> vector error correction model
Test Einhaltung der Stabilitätsbedingung	<i>Sekundärkunststoff</i> : das Modell erfüllt die Stabilitätsbedingung (Modulus der Eigenwerte muss strikt kleiner 1 sein)
Regressions-rechnungen mit endogenen Variablen	<i>Primärkunststoff</i> : Primärkunststoffpreis = f(Ölpreis, BIP), Lag-Zahl 3, Rang 1 (vector error correction model) <i>Sekundärkunststoff</i> : Sekundärkunststoffpreis = f(Primärkunststoffpreis, BIP), Lag-Zahl 3, Rang 1 (vector error correction model)
<hr/>	
Dickey-Fuller-Test (Stationarität, Lag-Struktur)	<i>In Verkehr gebrachte Menge</i> : optimale Lag-Zahl 2 (Schwert Methode), Test auf Stationarität ist nicht signifikant (Teststatistik: -2,01, 10%-Signifikanzniveau = -3,24); -> ARIMA-Modell (Spezifikation: AR: 2; Rang: 1; MA: 2) <i>Privater Verbrauch</i> : optimale Lag-Zahl 0, Test auf Stationarität ist nicht signifikant (Teststatistik: -2,21, 5%-Signifikanzniveau = -3,24); -> ARIMA-Modell (Spezifikation: AR: 0; Rang: 1; MA: 0)
Kointegrationstest	<i>In Verkehr gebrachte Menge</i> : Menge, BIP und Primärkunststoffpreis: standardisierte Testgröße -1,80 nicht signifikant; kritischer Wert -3,37: keine Kointegrationsbeziehung existiert -> vector autoregressive model <i>Privater Verbrauch</i> : BIP und Primärkunststoffpreis: standardisierte Testgröße -1,62 insignifikant; kritischer Wert -3,37: keine Kointegrationsbeziehung existiert -> vector autoregressive Model
Test Einhaltung der Stabilitätsbedingung	<i>In Verkehr gebrachte Menge, privater Verbrauch</i> : das Modell erfüllt jeweils die Stabilitätsbedingung (Modulus der Eigenwerte muss strikt kleiner 1 sein)
Regressionsrechnungen (<i>vector autoregressive model</i>)	<i>In Verkehr gebrachte Menge</i> : Menge= f(Primärpreis, BIP), optimale Lag-Zahl 1 <i>Privater Verbrauch</i> : Verbrauch= f(Primärpreis, BIP), optimale Lag-Zahl 2

Quelle: Eigene Darstellung.

Die VEC-Schätzungen haben den Vorteil, dass sie die verfügbaren Informationen zum Zusammenhang zwischen den zu erklärenden und den erklärten Variablen

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

mitnutzen. Die Tests auf Vorliegen einer Kointegrationsbeziehung zeigten in allen Fällen, dass die Hypothese einer Kointegrationsbeziehung nicht abgelehnt werden kann. Daher wurde für die Hochrechnung aller erklärten Variablen ein VEC-Schätzer herangezogen (Adkins o.J.).

Ein potenzielles Problem beim Test auf eine Kointegrationsbeziehung stellen relativ niedrige Fallzahlen dar, denn es wären mindestens 30 Beobachtungen erforderlich, um die Zuverlässigkeit der Testergebnisse zu verbessern. Dieses Problem kann beispielsweise bei der Abschätzung der Produktionsmengen auftreten, da hier nur 24 Beobachtungen zur Verfügung stehen. Allerdings ist die Entwicklung der Mengengrößen so stabil, dass sich die Schätzungen mit VEC und VAR kaum unterscheiden (4.149 Tsd. t für das Verpackungsaufkommen in 2013 mit VEC gegenüber 4.085 Tsd. t mit VEC), sodass die konkrete Entscheidung, welches Modell zu Anwendung kommt, in diesem Fall kaum Einfluss auf das Ergebnis hat.

Preis- und Mengenprognosen

Die Schaubilder 6.1 und 6.2 beinhalten die Preis- und Mengenprognosen bis zum Jahr 2030. Es sind dabei jeweils die linearen Hochrechnungen und die Schätzungen mit dem VEC-Modell enthalten, die jeweiligen Konfidenzintervalle sind grauschattiert.

Es ist kein exponentieller Trend der absoluten Preise zu beobachten. Die Preissteigerungsraten für Primär- und Sekundärkunststoffe nehmen im Zeitablauf tendenziell ab (Schaubild 6.1). Aufgrund der größeren Nähe zu den Rohstoffpreisen entwickeln sich die Primär- deutlich stabiler als die Sekundärkunststoffpreise. Die prozentuale Differenz zwischen Primär- und Sekundärpreisen war bis zur Gegenwart dennoch insgesamt weitgehend konstant, was auch künftig der Fall sein dürfte. Das hat mit den KI-Preisdaten¹⁹ zu tun, die offensichtlich den Markt für Industrie-Rezyklate widerspiegeln, welcher sich als relativ stabil darstellt. Die

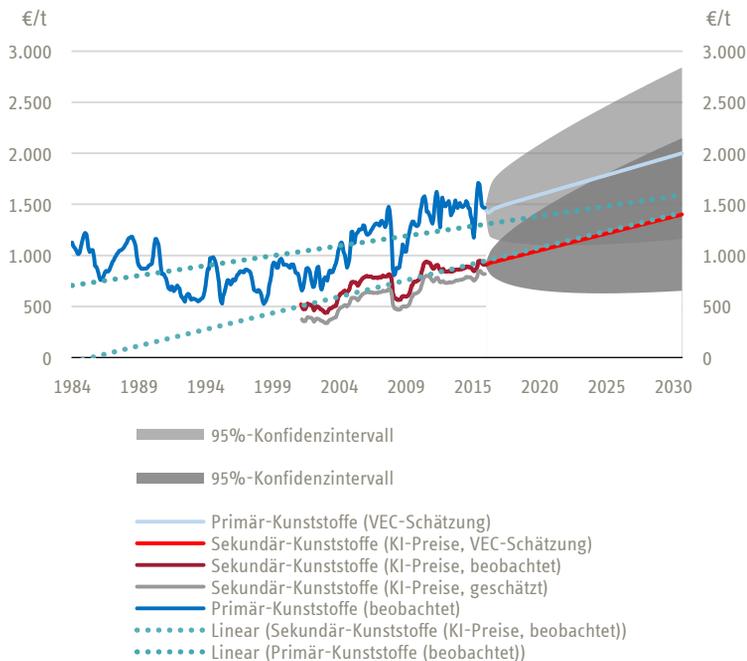
¹⁹ Für die Erläuterung der Datenquelle vgl. Kapitel 2.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Preisdifferenz lag in der Vergangenheit im Durchschnitt bei 49%. Im Basisszenario wird davon ausgegangen, dass die Differenz zwischen der Reihe für KI-Preise und Post-Consumer-Kunststoffe auch im weiteren Verlauf konstant bleibt, was zu einer Preisdifferenz zwischen Post-Consumer-Rezyklaten und Primärkunststoffen von ca. 50 % führt. Dies wäre der Fall, wenn sich der Qualitätsunterschied zwischen dem Kunststoffmix in den KI-Preisen und den Post-Consumer-Kunststoffen aus dem dualen System im Zeitverlauf nicht weiter verringern würde.

Schaubild 6.1

Preisprognosen für Primär- und Sekundärkunststoffe: alternative Verfahren

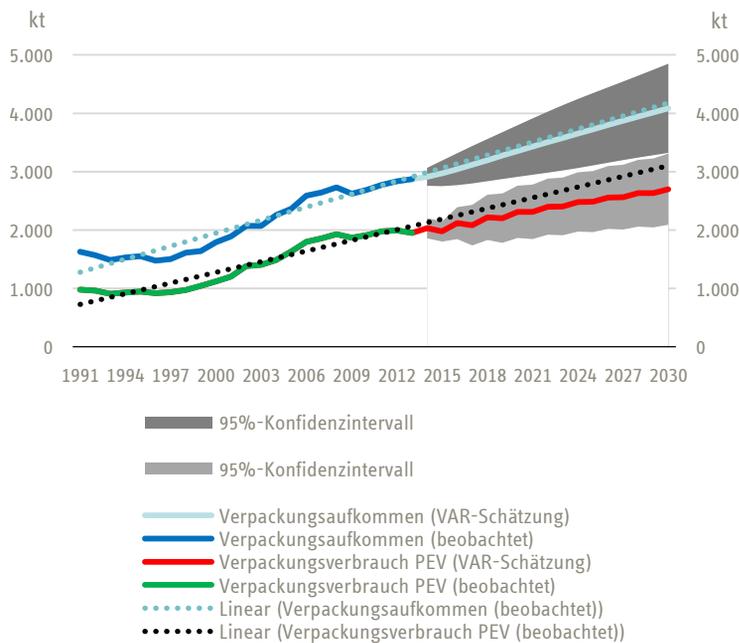


Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von KI - Kunststoff Information (zum Stützzeitraum) und eigenen Berechnungen; beste Prognose mit VEC/VAR-Ansatz (nutzt die meisten der vorhandenen Informationen); berücksichtigte Kunststoffarten: PE und PP.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Die Weiterentwicklung des Marktes für Sekundärkunststoffe ist bestimmt durch die allgemeine Preisentwicklung für Primärkunststoffe sowie die vom dualen System und letztendlich der Nachfrage nach Verpackungsmaterialien bestimmte Veränderung des Inputs ins Recycling. Ohne Änderungen der Rahmenbedingungen und eine Forcierung des technischen Fortschritts wird im Basisszenario von einer stabilen Weiterentwicklung ausgegangen (Schaubild 6.2). Das Wachstum im Basisszenario ist durch den Verpackungsverbrauch getrieben, der sich etwa durch den Trend zur zunehmenden Nutzung von Fertigerichten ergibt.

Schaubild 6.2
Mengenprognosen für den Verbrauch an Kunststoff-Verkaufsverpackungen insgesamt und von privaten Endverbrauchern: alternative Verfahren



Quelle: Eigene Darstellung nach Angaben von GVM (Stützzeitraum) und eigenen Berechnungen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

6.4 Alternativszenarien

Vorgehensweise

In den Alternativszenarien werden die Annahmen des Basisszenarios sukzessive aufgehoben bzw. verändert, um zu analysieren, wie sich der Markt für Post-Consumer-Rezyklate unter verschiedenen Rahmenbedingungen entwickelt (Übersicht 6.3). Dabei werden jeweils die Schätzungen des Öko-Instituts zu den technischen Potenzialen genutzt und auf der Grundlage einer Monte-Carlo-Simulation der Bereich bestimmt, in dem sich der Preis für die Rezyklate unter realistischen Annahmen bewegt.

Übersicht 6.3

Vorgehensweise bei den Alternativszenarien

Ziel: Abschätzung möglicher Entwicklungsszenarien für Primärpreis, Sekundärpreis und Menge an Verpackungsverbrauch bis 2030 unter alternativen Annahmen	
Szenario	Annahmen, Vorgehensweise
Szenario 1	optimale Sortierung und Aufbereitung der Verpackungen; einfache Hochrechnung der Mengenänderung auf 2030
Szenario 2	zusätzlich stoffgleiche Nichtverpackungen (Hochrechnung der Mengenänderung auf 2030)
Szenario 3	zusätzlich: Qualitätserhöhung, günstige Nachfrage (günstige Absatzbedingungen); sukzessive Erhöhung des Preises für Post-Consumer-Regrenulate auf 80% des Neupreises

Grundlage der Berechnungen: Abschätzung der Mengenpotenziale durch das Öko-Institut und der Preispotenziale durch Einschätzungen aus Expertengesprächen und Marktentwicklungen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die ausgewerteten Preisreihen von „KI – Kunststoff Information“ stellen dabei, wie bereits erläutert, nicht die Preisentwicklung für Post-Consumer-Rezyklate dar, sondern beziehen sich auf Post-Industrial-Rezyklate, die sich sehr stabil entwickelt haben. Dies ist das Ergebnis aus den Expertengesprächen 7 und 10, aus denen auch Trendaussagen zum Stand und zur Entwicklung bei den Post-Consumer-Rezyklaten berücksichtigt wurden. Die Preise für Rezyklate aus dem dualen System lagen in der Vergangenheit aufgrund ihrer geringeren Qualität immer etwas darunter. Obschon der Preisabstand sich in den vergangenen Jahren verringert hat, lag er bezogen auf den Primärkunststoffpreis zuletzt um ca. 10% niedriger als der KI-Index, wie sich aus dem Expertengespräch 10 ergab.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

In den Szenarien 1 und 2 wird zunächst angenommen, dass der Preis für Rezyklate bei erhöhter Menge nicht sinkt. Dies ist dann der Fall, wenn in einer längerfristigen Betrachtung die zusätzliche Marktmenge durch die Erschließung neuer Segmente im Markt platziert werden kann (was in der Vergangenheit der Fall war). Allerdings lässt sich mangels ausreichender Informationen für die Mengenentwicklung keine Preiselastizität der Nachfrage berechnen. Die Preis- und Mengenentwicklung zeigt zudem, dass der Markt über einen längeren Zeitraum hinweg größere Angebotsmengen aufgenommen hat, ohne dass es zu einem Preisverfall gekommen wäre.

Ähnliches gilt für Szenario 3, in dem die Auswirkungen einer positiven Marktentwicklung dargestellt werden. Auch hier kann auf Basis einer Plausibilitätsüberlegung lediglich eine Punktschätzung erfolgen. Um dennoch eine Aussage über die wahrscheinliche Preisentwicklung treffen zu können, wurde auf Basis von Expertengespräch 7 ein Modell für den Markt für Rezyklate entwickelt, das eine Abschätzung der Preisentwicklung zulässt. Dabei soll anhand einer Monte-Carlo-Simulation die Frage beantwortet werden, in welcher Spanne sich Preise und Umsätze in den verschiedenen Szenarien unter Zugrundelegung realistischer Annahmen bewegen.

Nach den Ergebnissen der Expertengespräche zerfällt der Markt für Sekundärkunststoffe des dualen Systems in drei Segmente (Expertengespräche 10 und 19): (a) Ein **Hochpreissegment** von Unternehmen, die aufgrund ihrer Unternehmensziele (Nachhaltigkeit) bereit sind, einen Preis in der Nähe des Primärpreises zu bezahlen (derzeit: ca. 5% des Marktvolumens). (b) Ein **Mittelpreissegment** von Unternehmen, die nicht rein kostengetrieben sind und einen Preis zwischen (a) und (c) bezahlen (derzeit ca. 40% des Marktvolumens). (c) Ein **Niedrigpreissegment** mit Unternehmen, die rein auf Basis der Kosten kalkulieren und nur den geringstmöglichen Preis akzeptieren (derzeit ca. 55% des Marktvolumens).

Natürlich sind höherpreisige Segmente auch mit höheren Anforderungen an die Qualität der Rezyklate verbunden. Ein Ziel der Anbieter von Rezyklaten ist, den Anteil der Kunden im Hoch- und Mittelpreissegment zu erhöhen und den Anteil

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

im Niedrigpreissegment zu senken, weiterhin sind sie bestrebt, im Mittelpreissegment einen relativ hohen Preis zu erzielen. Aus Sicht der Kunden lohnt sich ein höherer Preis, wenn durch eine bessere Qualität der Rezyklate höherwertige Produkte erstellt und durch die Nutzung von Rezyklaten Unternehmensziele wie nachhaltigeres Wirtschaften erreicht werden können.

Übersicht 6.4 fasst die Annahmen zusammen, die für die Preisentwicklung in den jeweiligen Szenarien unterstellt wurden.

Übersicht 6.4

Monte Carlo Simulation: Hypothesen zur Markt- und Preisentwicklung für Sekundärkunststoffe bis 2030

Szenarien 1 und 2	Szenario 3
<p>Annahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Qualität der Regranulate steigt nicht mehr, es erfolgt gleichzeitig keine intensive Marktentwicklung. <p>Hypothesen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Preis für Post-Consumer-Regranulate bleibt grundsätzlich unterhalb der Schätzung des Sekundärpreises für Industrie-Regranulate (KI-Daten). - Durch die erhöhten Mengen gelingt es nicht, die Anteile der oberen Marktsegmente konstant zu halten (5 bzw. 40%). - Im ungünstigsten Fall bleibt nur die Menge in den Segmenten konstant, die Anteile sinken dann auf 3,1 bzw. 24,8%. - Das Preisniveau im mittleren Marktsegment sinkt (im ungünstigsten Fall auf das Niveau des unteren Marktsegments). 	<p>Annahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durch die Industrie werden gezielt Verfahren eingesetzt, die zu einer erhöhten Qualität der Regranulate führen. - Gleichzeitig werden gezielt neue Marktsegmente erschlossen. <p>Hypothesen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Preis im unteren Marktsegment steigt aufgrund der höheren Qualität (auf Höhe des Sekundärpreises für Industrie-Regranulate). - Es gelingt, den Anteil des oberen und mittleren Marktsegments zu erhöhen. - Der Abstand zwischen dem Preis im unteren und mittleren Marktsegment steigt (je nach technischem Fortschritt und Erfolg bei der Erschließung neuer Marktsegmente).

Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Basis dieser Annahmen wurde für die Simulation der Preisentwicklung in den Szenarien 1 bis 3 folgende Vorgehensweise gewählt: Zunächst werden die Auswirkungen der Veränderungen einzelner Größen auf die Preise für Sekundärkunststoffe simuliert, anschließend wird der zugehörige Umsatz berechnet.

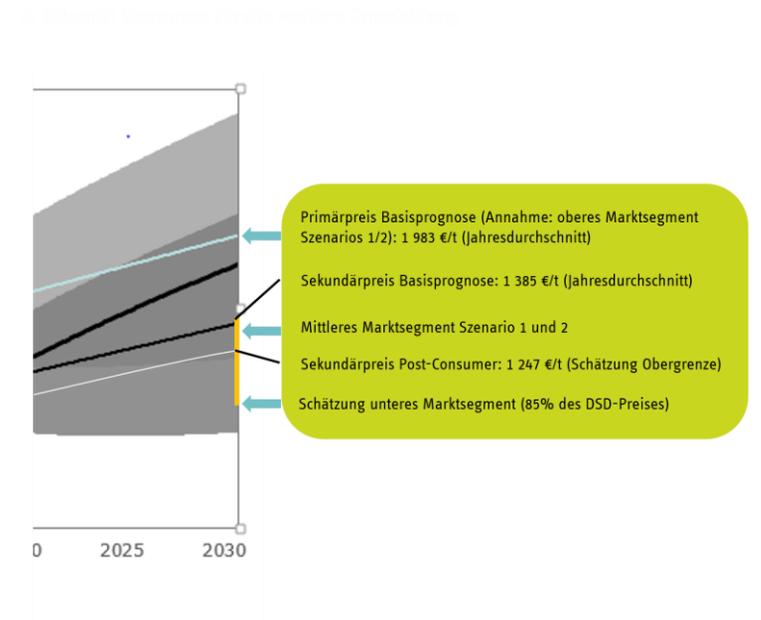
6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Annahmen sowie Preis- und Umsatzprognosen für die Szenarien 1 und 2

Die Auswirkungen der in Übersicht 6.4 skizzierten Hypothesen zu den verschiedenen Marktsegmenten sind in Schaubild 6.3 dargestellt.

Schaubild 6.3

Annahmen für die Monte Carlo-Simulation in Szenarios 1 und 2



Quelle: Eigene Darstellung.

Die auf dieser Basis durchgeführte Simulation zeigt, welche Preis- und Umsatzspanne wahrscheinlich ist: Der Marktpreis für Rezyklate ergibt sich aus dem gewichteten Mittel aus dem Preis im oberen Marktsegment mit einem Anteil Marktvolumen von 3 bis 5% (b_1), dem Preis im mittleren Marktsegment mit einem Marktanteil von 24,8 bis 40% (b_2) und dem Preis im unteren Marktsegment als Restgröße b_3 . Der höhere Prozentsatz resultiert jeweils daraus, dass der Anteil im jeweiligen Segment konstant bleibt, der untere in dem Fall, in dem es nur gelingt, bei steigender Gesamtproduktion an Rezyklat die absolute Menge im jeweiligen

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Marktsegment konstant zu halten. Für den Preis im unteren Marktsegment wird angenommen, dass er bei 75% des Sekundärkunststoffpreises für die Basisprognose liegt.²⁰ Das wären rund 17% unter dem Preis für Post-Consumer-Rezyklate, was als realistischer Wert erscheint und auch mit den Angaben aus den Expertengesprächen konsistent ist (vgl. insbesondere Gespräch 10).

Für den Preis im mittleren Marktsegment wird angenommen, dass er variabel ist und davon abhängt, wie erfolgreich die Recyclingunternehmen darin sind, Abnehmer zu gewinnen, die einen höheren Anspruch an die Qualität der Rezyklate haben und daher auch bereit sind, höhere Preise zu bezahlen. Dieser Preis für das mittlere Marktsegment liegt für die Simulationen zwischen 0% – in dem Fall entspricht er dem Preis im unteren Marktsegment – und plus 48%, der Differenz zwischen Primärpreis und dem Preis für das untere Marktsegment (Prozentsatz b_4).²¹ Die Preisentwicklung hängt davon ab, ob es den Unternehmen gelingt, die Anteile am Marktvolumen in den Hochpreissegmenten konstant (b_1 und b_2) bzw. den relativen Preis im mittleren Preissegment hoch zu halten (b_4). Unter den gegebenen Annahmen ergeben sich drei variable Zufallsgrößen für die Simulation: dem Anteil am Marktvolumen des Hochpreissegments b_1 , demjenigen des Mittelpreissegments b_2 und dem relativen Preis im Mittelpreissegment b_4 . Für den simulierten Preis p_{MC} ergibt sich folgendes Modell:

$$p_{MC} = 0,75ps_B + (b_1 + b_2 b_4)(pp_B - ps_B)$$

Dabei ist pp_B der Primärpreis in der Basisprognose für 2030 und ps_B der Sekundärpreis in der Basisprognose.

²⁰ Dieser Wert ergibt sich aus einer Plausibilitätsüberlegung, die auch auf die Ergebnisse aus Expertengespräch 10 gestützt ist. Insgesamt muss sich aus den Marktsegmenten für den Preis in der Gegenwart ein Durchschnittswert von 10% unterhalb der KI-Preise ergeben (langfristiger Durchschnittspreis für Rezyklate aus dem dualen System).

²¹ Der letztere Wert ergibt sich, wenn man das Modell unter gegebenen Annahmen so kalibriert, dass bei gleichbleibenden Annahmen über die Anteile der einzelnen Marktsegmente das gleiche Preiswachstum wie im Basisszenario unterstellt wird. Also für den Fall, dass das höhere Angebot nicht mit sinkenden Preisen verbunden ist.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Für diesen Zusammenhang wurden etwa 1.000 Simulationsläufe mit den Zufallsvariablen b_1 , b_2 und b_4 unter den gegebenen Restriktionen durchgeführt und für jede Variablenkombination der zugehörige Rezyklate-Preis berechnet. Somit ergaben sich für die einzelnen Monte-Carlo-Simulationen jeweils Preise für unterschiedliche Bedingungen in den drei Marktsegmenten. Die Ergebnisse für den prognostizierten Rezyklatepreis unter Zugrundelegung verschiedener Werte für b_1 , b_2 und b_4 sind in Schaubild 6.4 dargestellt. Die Grafiken zeigen für die jeweiligen Werte von b_1 , b_2 und b_4 die Spanne, die sich für den prognostizierten Marktpreis ergibt.²² Die prognostizierte Preisspanne reicht von 1.068 €/t bis 1.247 €/t (letzteres entspricht 90% des Industriepreises im Basisszenario). Als arithmetischer Mittelwert der Einzelschätzungen ergibt sich ein Wert von 1.143 €/t.

Eine direkte Übertragung der Preisschätzung für die Berechnung der Umsatzspannen ist nicht möglich, da die Preisvariable aus der Monte-Carlo-Simulation die wichtigsten Sekundärkunststoffe ohne Mischkunststoffe enthält und die Umsatzprognose auf der tatsächlichen Zusammensetzung der Rezyklate aus dem dualen System beruht. Der Umsatzprognose liegen folgende Annahmen zugrunde: (i) Die Preisspanne für alle Kunststoffe außer Mischkunststoffen entspricht der Monte-Carlo-Schätzung.²³ (ii) Der Preis für Mischkunststoffe, die aufgrund der fehlenden Zeitreihe für die Preise nicht in die Preisprognose einbezogen wurde, steigt auf 189 €/t (Wachstum von 2,9% p.a. ab 2013). (iii) Unter Zugrundelegung der Hochrechnung des Öko-Instituts ergibt sich bis 2030 ein Mengenwachstum bis auf 753 kt. Unter diesen Annahmen reicht im Szenario 1 die prognostizierte Umsatzspanne von 587 Mill. € bis 669 Mill. €.²⁴

²² Obwohl für die drei Parameter eine Gleichverteilung angenommen wird, resultiert im Ergebnis aus der multiplikativen Verknüpfung von b_2 und b_4 keine Gleichverteilung der Werte für den Preis.

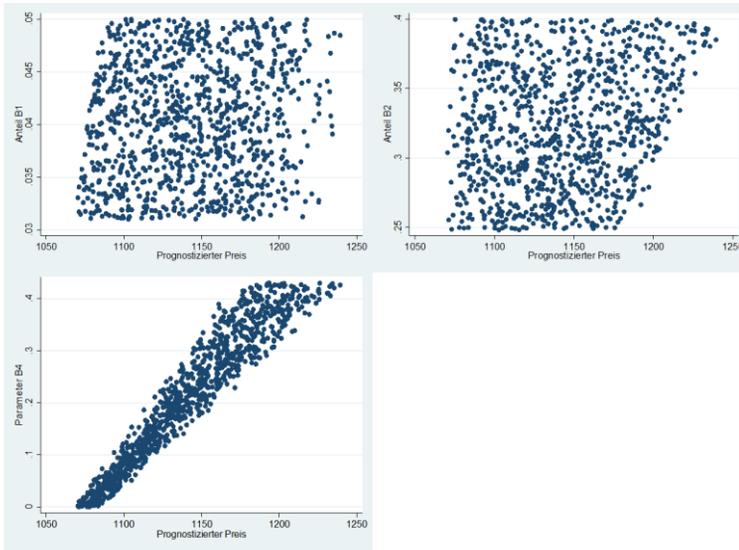
²³ Die untere Preisgrenze liegt, wie sich aus der Simulation ergibt, bei 86% des oberen Grenzwerts: $1.068 \text{ €/t} : 1.247 \text{ €/t} = 0,86$.

²⁴ In Szenario 1 ergibt sich bei einem Durchschnittspreis von 1.118 €/t (ohne Mischkunststoffe) und bei einem Marktvolumen für Mischkunststoffe von 35 Mill. € für das gesamte Marktvolumen: $1.118 \text{ €/t} * 567,4 \text{ kt} / 1.000 + 35 \text{ Mill. €} = 669 \text{ Mill. €}$ (Obergrenze) und $634,4 \text{ Mill. €} * 0,87 + 35,0 \text{ Mill. €} = 587 \text{ Mill. €}$ (Untergrenze).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 6.4

Schätzung der Preisspanne in Szenarien 1 und 2: Monte-Carlo-Simulation



Quelle: Eigene Darstellung

Die Annahmen für die Berechnung der Umsatzspanne sind in Szenario 2 identisch, nur die Mengengrößen unterscheiden sich. Gemäß den Schätzungen des Öko-Instituts steigt die Menge an Rezyklaten auf 1.041 kt. Der Durchschnittspreis liegt bei 1.141 €/t (ohne Mischkunststoffe), wobei der Unterschied zu Szenario 1 auf die andere Zusammensetzung der Rezyklate zurückzuführen ist.²⁵ Unter den gegebenen Voraussetzungen ergibt sich eine Umsatzspanne in Szenario 2 von 838 Mill. € bis 956 Mill. €.

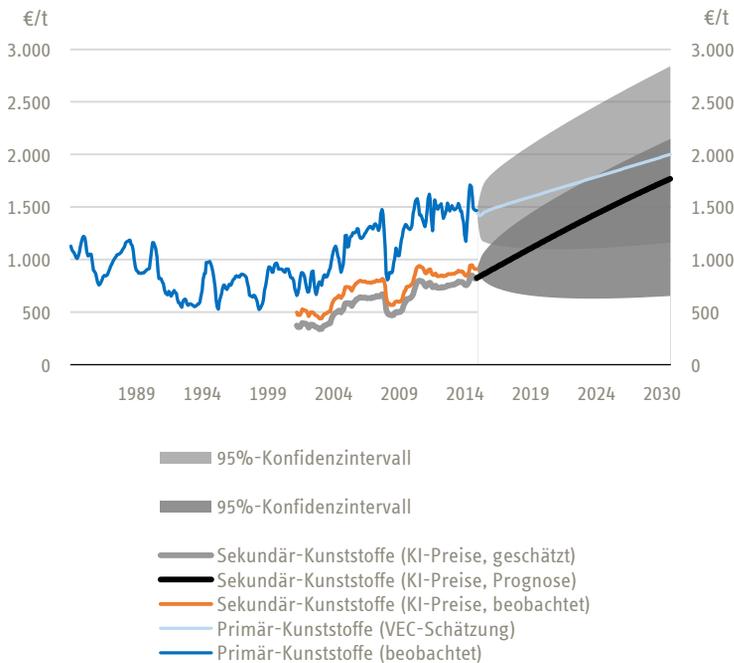
²⁵ In Szenario 2 ergeben sich bei einem Marktvolumen für Mischkunststoffe von 46,1 Mill. € für das gesamte Marktvolumen folgende Werte: $1.141 \text{ €/t} \cdot 797,5 \text{ kt} / 1.000 + 46,1 \text{ Mill. €} = 956 \text{ Mill. €}$ (Obergrenze), $910,0 \text{ Mill. €} \cdot 0,87 + 46,1 \text{ Mill. €} = 838 \text{ Mill. €}$ (Untergrenze). Die Werte beruhen auf eigenen Hochrechnungen auf Basis der Mengenangaben des Öko-Instituts.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Annahmen sowie Preis- und Umsatzprognosen für Szenario 3

Die Preisentwicklung für Post-Consumer-Rezyklate bei günstiger Marktentwicklung zeigt Schaubild 6.5. Sie wird jeweils mit der im Basisszenario geschätzten Preisentwicklung für Primär- und Sekundärkunststoffe verglichen. Die Darstellung zeigt, dass bei günstiger Marktentwicklung ein Durchbrechen bisheriger Trends möglich ist.

Schaubild 6.5
Preisprognose in Szenario 3



Quelle: Eigene Darstellung.

Voraussetzungen sind, (i) dass sich die Qualität der Post-Consumer-Rezyklate in Hinblick auf Geruch, konstante Qualität und Farbe kontinuierlich verbessert und (ii) der Anteil der Unternehmen steigt, die Post-Consumer-Rezyklate in höherwertigen Anwendungen einsetzen und daher bereit sind, höhere Preise zu zahlen. In

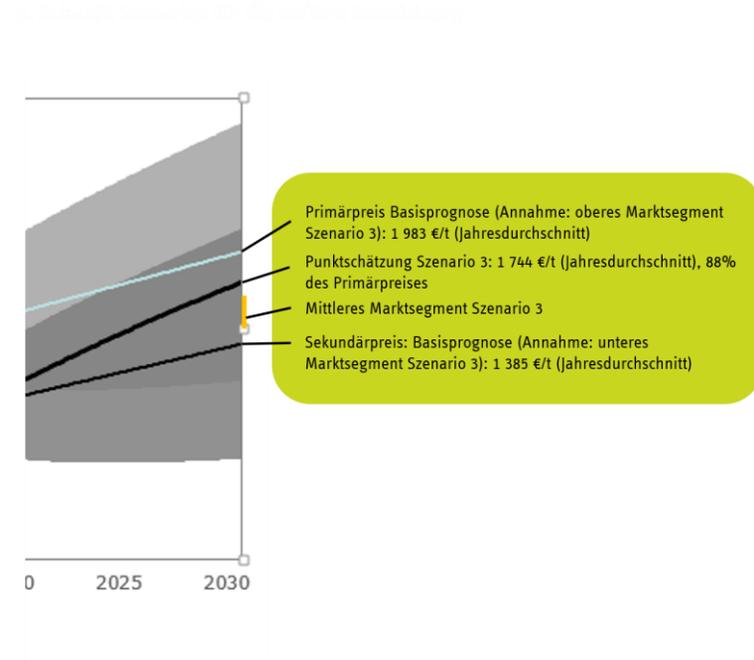
Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

diesem Fall würden auch neue Marktsegmente dazugewonnen werden, die derzeit aus Qualitätsgründen noch nicht adressiert werden können. Im günstigen Fall könnte dann der Preis für die Post-Consumer-Rezyklate auf 80% der Primärkunststoffe steigen (was natürlich nicht für Mischkunststoffe gelten würde).

Schaubild 6.6 zeigt die Annahmen, die in Übersicht 6.4 für die Ermittlung einer Preisspanne in Szenario 3 skizziert wurden.

Schaubild 6.6

Preisprognose: Annahmen für die Monte Carlo-Simulation in Szenario 3



Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Unternehmen, die bei einem hohen Qualitätsanspruch den Primärpreis bezahlen würden, ergibt sich ein realistischer Marktanteil zwischen 5 und 20%. Der Anteil der Unternehmen, die einen Preis über die reinen Kosten hinaus bei einer Standardqualität bezahlen würden (b_2) wird ein Anteil zwischen 40 und 95%

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

angenommen. Der Anteil b_3 für diejenigen Unternehmen, die Sekundärkunststoff nur aus Kostenmotiven kaufen, ergibt sich als Restgröße, wobei für dieses Marktsegment der Preis des Basiszenarios angenommen wird.

Für den Abstand zwischen dem Preis im mittleren Marktsegment und dem Basispreis b_4 wird angenommen, dass er zwischen 50% (im günstigsten Fall) und einem Sechstel der Differenz zwischen Primär- und Sekundärpreis oberhalb des Sekundärpreises liegt. Mit einer Erhöhung der Werte für b_1 , b_2 und b_4 ist dann jeweils auch eine höhere Preis- und Umsatzsteigerung verbunden.

Die Preisprognose p_{MC} in Szenario 3 ergibt sich auf Basis der beschriebenen Annahmen aus folgendem Modell:

$$p_{MC} = p_{SB} + (b_1 + b_2 b_4)(pp_B - p_{SB})$$

Dabei ist p_{SB} die Basisprognose für den Sekundärpreis und pp_B die Basisprognose für den Primärpreis. Für das obere Marktsegment (zwischen 5 und 20% des Angebots) ergibt sich ein Preis, der dem Primärpreis der Basisprognose entspricht und für das mittlere Marktsegment (zwischen 40 und 95% des Angebots) ein Preis, der zwischen der Hälfte und einem Sechstel der Differenz zwischen Primär- und Sekundärpreis oberhalb des Sekundärpreises der Basisprognose liegt.

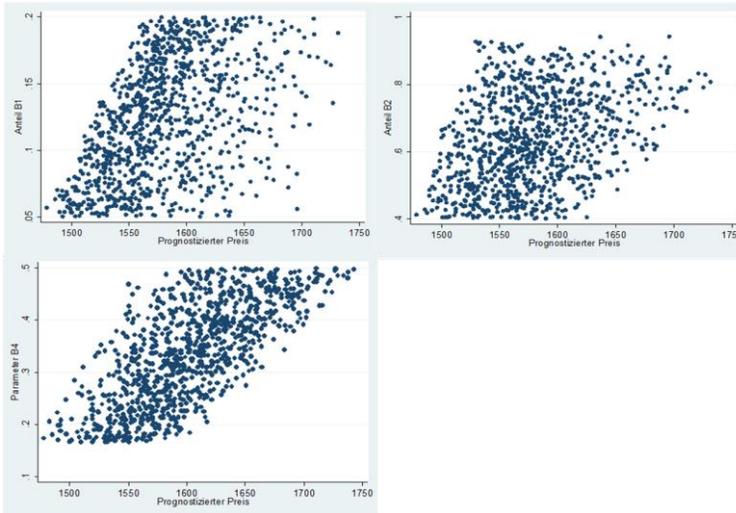
Dieser Anteil hängt davon ab, wie erfolgreich die Recyclingunternehmen darin sind, den Preis gegenüber der Schätzung aus der Basisprognose zu erhöhen. Die drei Variablen b_1 , b_2 und b_4 sind die Zufallsgrößen für die Simulation (Schaubild 6.7), der Anteil des unteren Marktsegments ergibt sich wiederum als Restgröße.

Bei Berücksichtigung der gegebenen Annahmen für die Entwicklung in den drei Marktsegmenten ergibt sich unter günstigen Marktbedingungen eine Preisspanne für Post-Consumer-Rezyklate von 1.427 €/t bis 1.744 €/t, das arithmetische Mittel beträgt 1.602 €/t. Eine direkte Übertragung der Preisschätzung für die Berechnung der Umsatzspanne bei günstiger Marktentwicklung ist – wie schon in den Szenarien 1 und 2 – nicht möglich, da die Preisvariable aus der Monte-Carlo-Simulation nur die wichtigsten Sekundärkunststoffe ohne Mischkunststoffe enthält.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 6.7

Schätzung der Preisspanne in Szenario 3: Monte-Carlo-Simulation



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Umsatzprognose für Szenario 3 beruht daher auf folgenden Annahmen: (i) Die Preisspanne für alle Kunststoffe außer Mischkunststoffe entspricht der Monte-Carlo-Schätzung. (ii) Der Preis für Mischkunststoffe steigt zwischen 274 €/t (Ergebnis bei sehr günstiger Entwicklung, Preissteigerungsrate 5,3% p.a. und 189 €/t (Wachstum von 2,9% p.a. ab 2013). Unter den gegebenen Annahmen liegt die Umsatzspanne zwischen 1.126 Mill. € (unterer Grenzwert: $1.317,0 \text{ Mill. €} * 0,82 + 46,1 \text{ Mill. €}$) und 1.384 Mill. € (oberer Grenzwert).²⁶

²⁶ Die Schätzung der Marktmenge für Mischkunststoffe ergibt auf der Basis der Schätzungen des Öko-Instituts einen Wert von 244 kt. Die Umsatzspanne reicht von $244 \text{ kt} * 189 \text{ €/t} / 1.000 = 46 \text{ Mill. €}$ bis $244 \text{ kt} * 274 \text{ €/t} / 1.000 = 67 \text{ Mill. €}$. Das Marktvolumen bei günstiger Entwicklung ergibt sich für den Fall, dass 20% des Angebots im oberen Marktsegment liegt und 80% im mittleren, wobei sich der Preis im mittleren Marktsegment an der oberen Grenze der Preisspanne befindet. Für den Markt für Sekundärkunststoffe außer Mischkunststoff ergibt sich ein Volumen

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

6.5 Gegenüberstellung der Ergebnisse in den Einzelszenarien

Die Ergebnisse der Entwicklung der Szenarien sind in den Übersichten 6.5 bis 6.8 zusammengefasst. Dabei werden jeweils die getroffenen Annahmen (rot markiert) und die Prognosen für Preise, Mengen und Marktvolumen im Jahr 2030 dargestellt. Übersicht 6.5 zeigt für das **Basisszenario** (Weiterbestehen gegenwärtiger Rahmenbedingungen) die Abschätzung zentraler Indikatoren für 2030.

Übersicht 6.5

Prognose des Basisszenarios

Annahmen

1. Keine Veränderung in Rahmenbedingungen, keine optimale Nutzung technischer Potenziale in Sortierung, Trennung.
2. Keine stoffgleichen Nichtverpackungen.
3. Keine Nutzung neuer Technologien für erhöhte Produktqualität und günstige Marktentwicklung für Sekundärkunststoffe

Prognose der Marktgrößen 2030

- bezogen auf das duale System -

Menge der Kunststoff-Verkaufsverpackungen

2013: 2.900 kt; Wachstum 1991-2013: 2,6% p.a.
2030: 4.100 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Sekundärkunststoffe (stoffliche Verwertung) duales System

2014: 318 kt
2030: 444 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Durchschnittliche Preisentwicklung der Regranulate

2002-2015: 4,0% p.a.; 2015-2030: 2,9% p.a. (prognostiziert)

Marktvolumen der Kunststoff-Regranulate

2014: 189 Mill. €
2030: 414 Mill. €

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Marktentwicklung wird maßgeblich durch den künftigen Einsatz von Kunststoffen bei den LVP bestimmt, für den ein weiterer Anstieg erwartet wird. Die Potenziale des Kunststoffrecyclings werden durch die bestehenden Rahmenbedingungen im System auch weiterhin nicht ausgeschöpft (zu großer Durchlauf bei Sortierung und Trennung, zu geringe Erfassung von Kunststoffabfällen und stoffgleichen Nichtverpackungen). Die Anreize zur Ausschöpfung und Erweiterung der

von 1.384 Mill. € - 67 Mill. € = 1.317 Mill. €. Für die Preisspanne für Post-Consumer-Rezyklate ergibt sich eine Relation zwischen unterer und oberer Preisgrenze (1.427 €/t und 1.744 €/t) von 82% (bezogen auf den oberen Grenzwert).

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

technischen Möglichkeiten sind zudem unzureichend, das Potenzial für höhere Preise durch eine erhöhte Produktqualität bleibt somit ungenutzt.

Im **Szenario 1** werden die Entwicklungen gegenüber dem Basisszenario durch veränderte Anreize im System sowie eine bessere Ausschöpfung des Potenzials bei der Sammlung, Erfassung und Sortierung untersucht (Übersicht 6.6).

Übersicht 6.6

Szenario 1 – Optimierte Sortierung und Aufbereitung von Verpackungen (Mengen- und technische Potenziale)

Annahmen (rot: geändert gegenüber Basisszenario)
1. Rahmenbedingungen: erhöhte Quoten, Nutzung technischer Potenziale in Sortierung, Trennung, Aufbereitung.
2. Keine stoffgleichen Nichtverpackungen.
3. Keine Nutzung neuer Technologien für erhöhte Produktqualität und günstige Marktentwicklung für Sekundärkunststoffe
Prognose der Marktgrößen 2030
Menge der Kunststoff-Verkaufsverpackungen
2013: 2.900 kt; Wachstum 1991-2013: 2,6% p.a.
2030: 4.100 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.
Sekundärkunststoffe (stoffliche Verwertung) duales System
2014: 540 kt
2030: 753 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.
(zum Vergleich: 444 kt für 2030 im Basisszenario)
Durchschnittliche Preisentwicklung der Regranulate
2002-2015: 1,2% bis 2,9% p.a. (prognostiziert)
Marktvolumen der Kunststoff-Regranulate
2014: 189 Mill. €
2030: 587 Mill. € bis 669 Mill. €

Quelle: Eigene Darstellung.

Es gelangen somit größere Mengen in die stoffliche und geringere in die energetische Verwertung. Zur Erreichung einer besseren Getrennterfassung bei den Haushalten müssen die Anreize verbessert werden. Durch die größere Marktmenge kommt es zu einer Ausweitung des Marktvolumens gegenüber dem Basisszenario, gleichzeitig ist eine ungünstigere Preisentwicklung aufgrund der gestiegenen Marktmenge zu erwarten. Die längerfristige Preisentwicklung ist abhängig von den Möglichkeiten, zusätzliche Abnehmer für die Rezyklate zu erschließen. Wie die Preisentwicklung aus der Vergangenheit zeigt, ist es über einen längeren Zeitraum hinweg immer gelungen, neue Marktsegmente zu entwickeln und ein Absinken der Preise zu verhindern. Dennoch ist zu vermuten, dass der Anreiz zur Entwicklung neuer Anwendungsfelder gering bleibt, solange es

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

nicht gelingt, eine höhere Produktqualität zu erreichen. Zu beachten ist, dass das Ausnutzen technischer Potenziale Resultat der Rahmenbedingungen ist (z.B. Einsatz neuerer Sortiertechniken).

In **Szenario 2** werden die zusätzlichen Potenziale berücksichtigt, die sich durch die Erfassung stoffgleicher Nichtverpackungen ergeben (Übersicht 6.7). Damit werden die Auswirkungen einer maximalen Ausweitung der Marktmengen bei den Sekundärkunststoffen unter Zugrundelegung der gegenwärtig absehbaren technischen Möglichkeiten betrachtet. Gegenüber dem Basisszenario und Szenario 1 ist ein höheres Marktvolumen zu erwarten, wobei die Preise jeweils geringer ausfallen. Zugleich ist es möglich, dass sich in Zukunft in einem gewissen Ausmaß zusätzliche Potenziale erschließen lassen. Die technische Entwicklung ist nie exakt vorhersehbar, sodass künftig verbesserte Verfahren bei der Sammlung, der Trennung und dem Recycling möglich sind.

In **Szenario 3** werden zusätzlich zu der maximalen Ausweitung der Kunststoffmenge künftige Möglichkeiten zur Qualitätssteigerung bei Rezyklaten und deren Auswirkungen berücksichtigt (Übersicht 6.8). Zu den bereits bekannten und in ersten Anlagen praktizierten Möglichkeiten gehören die Heißwäsche und Farbsortierung, um Geruchseigenschaften und Farbe der Rezyklate zu verbessern. Die günstige angebots- und nachfrageseitige Entwicklung führt zu einer Ausweitung von Mengen und Preisen gegenüber dem Basisszenario. Im Vergleich zu Szenario 1 und 2 treten aber kaum Veränderungen der Marktmengen ein, falls doch, werden sie hauptsächlich durch die Sammlung bzw. Trennung bestimmt. Wie die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, sind kaum Markt-Feedbacks von der Nachfrage nach Rezyklaten zu vermuten. Durch eine steigende Nachfrage nach Sekundärkunststoffen werden höhere Preise erzielt und die Wettbewerbssituation gegenüber Primärkunststoffen verbessert sich, Rezyklate können in immer größerem Ausmaß als Substitut für Primärkunststoffe verwendet werden. Somit ergeben sich günstige Bedingungen für die Entwicklung neuer Marktfelder in qualitativ höherwertigen Marktsegmenten und damit auch für die Gewinnung neuer Kunden.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Übersicht 6.7

Szenario 2 – Optimierte Sortierung und Aufbereitung von Verpackungen (Mengen- und technische Potenziale) sowie Nutzung stoffgleicher Nichtverpackungen

Annahmen (rot: geändert gegenüber Basisszenario)

1. Rahmenbedingungen: erhöhte Quoten, Nutzung technischer Potenziale in Sortierung, Trennung, Aufbereitung.
2. Stoffgleiche Nichtverpackungen.
3. Keine Nutzung neuer Technologien für erhöhte Produktqualität und günstige Marktentwicklung für Sekundärkunststoffe.

Prognose der Marktgrößen 2030

Menge der Kunststoff-Verkaufsverpackungen

2013: 2.900 kt; Wachstum 1991-2013: 2,6% p.a.
2030: 4.100 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Sekundärkunststoffe (stoffliche Verwertung) duales System

2014: 747 kt
2030: 1.041 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Durchschnittliche Preisentwicklung der Regranulate

2015-2030: 1,2% bis 2,9% p.a. (prognostiziert)

Marktvolumen der Kunststoff-Regranulate

2014: 189 Mill. €
2030: 838 Mill. € bis 956 Mill. €
(zum Vergleich: 587 bis 669 Mill. € für 2030 in Szenario 1)

Quelle: Eigene Darstellung.

Übersicht 6.8

Szenario 3 – Mengenpotenziale, technische Potenziale, günstige Marktentwicklung

Annahmen (rot: geändert gegenüber Basisszenario)

1. Rahmenbedingungen: erhöhte Quoten, Nutzung technischer Potenziale in Sortierung, Trennung, Aufbereitung.
2. Stoffgleiche Nichtverpackungen.
3. Nutzung neuer Technologien für erhöhte Produktqualität und günstige Marktentwicklung für Sekundärkunststoffe (Preise nähern sich auf 80% des Primärpreises an).

Prognose der Marktgrößen 2030

Menge der Kunststoff-Verkaufsverpackungen

2013: 2.900 kt; Wachstum 1991-2013: 2,6% p.a.
2030: 4.100 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Sekundärkunststoffe (stoffliche Verwertung) duales System

2014: 747 kt
2030: 1.041 kt bei prognostiziertem Wachstum von 2,1% p.a.

Durchschnittliche Preisentwicklung der Regranulate

2015-2030: 3,9% bis 5,3% p.a. (prognostiziert)

Marktvolumen der Kunststoff-Regranulate

2014: 189 Mill. €
2030: 1.126 Mill. € bis 1.384 Mill. €
(zum Vergleich: 587 bis 956 Mill. € für 2030 in Szenario 2)

Quelle: Eigene Darstellung.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

6.6 Analyse der Gesamtentwicklung der Märkte in den einzelnen Szenarien

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Kapitel 5 und 6 zusammengeführt, sodass sich daraus ein Gesamtbild der zuvor untersuchten möglichen Entwicklungen ergibt. Tabelle 6.1 und die Schaubilder 6.8 und 6.9 fassen die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien in Hinblick auf die Preis- und Mengenentwicklung zusammen. Dabei werden in Schaubild 6.8 jeweils die Entwicklungen ausgewiesen, die sich im günstigsten Fall ergeben. Neben der Gesamtentwicklung wird auch die prognostizierte Entwicklung für die einzelnen Kunststoffarten dargestellt.

Die Schätzung des erwarteten Marktvolumens für 2030 ergibt sich aus mehreren Einflussgrößen: Zunächst ist die Nutzung des Potenzials der bereits gegenwärtig vorhandenen Verpackungsabfälle maßgebend, die auf Basis der Schätzungen des Öko-Instituts berechnet wurden. Darüber hinaus wurde auf Basis vergangener Entwicklungstrends bei den Primärkunststoffen eine Hochrechnung der Entwicklung für die einzelnen Kunststoffarten vorgenommen. Als weiterer Faktor wurden die gegenwärtig bereits absehbaren Entwicklungstendenzen bei den einzelnen Kunststoffarten berücksichtigt. Dazu gehört insbesondere der steigende Anteil von PET-Verpackungen in den Verpackungsabfällen des dualen Systems, der u.a. auf eine bessere Optik von PET-Verpackungen gegenüber den anderen Kunststoffverpackungen (etwa bei PET-Schalen) zurückzuführen ist.

Tabelle 6.1

Status Quo und Szenarien für 2030: Ergebnisse im Überblick

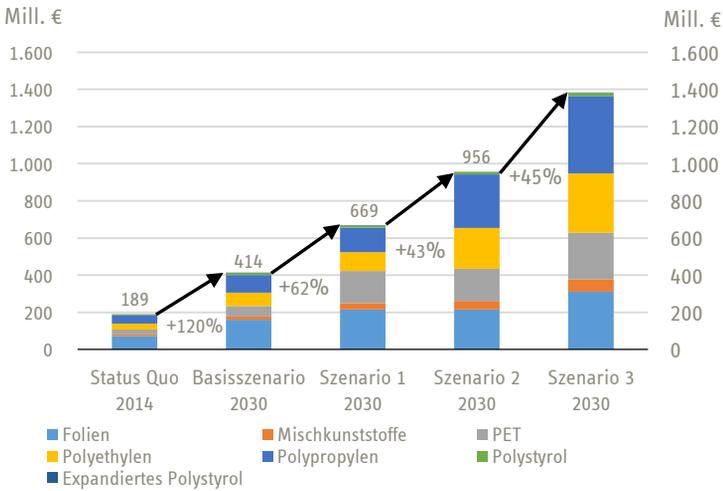
Szenarien	Parameter	Menge an Regranulaten in kt	Preisentwicklung von 2014 bis 2030 in % p.a.	Marktvolumen in Mill. € (Anstieg im Vergleich zum Basisszenario)
Status quo		2014: 318		2014: 189
Basisszenario	konstante Rahmenbedingungen	2030: 444	+ 2,9	2030: 414
Szenario 1	erhöhte Quoten, Nutzung technischer Potenziale	2030: 753	+ 1,2 bis + 2,9	2030: 587 bis 669 (+42% bis +62%)
Szenario 2	zusätzlich: stoffgleiche Nichtverpackungen	2030: 1.041	+ 1,2 bis + 2,9	2030: 838 bis 956 (+102% bis +131%)
Szenario 3	höhere Produktqualität, günstige Marktentwicklung	2030: 1.041	+ 3,9 bis + 5,3	2030: 1 126 bis 1 384 (+172% bis +234%)

Quelle: Eigene Berechnungen.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Schaubild 6.8

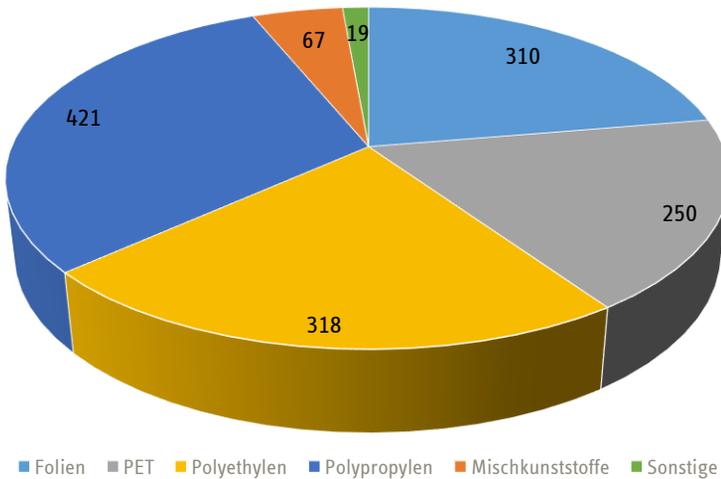
Auswirkungen verschiedener Faktoren auf das Marktvolumen im Jahr 2030



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

Schaubild 6.9

Erwartetes Marktvolumen 2030 nach Kunststoffarten in Szenario 3



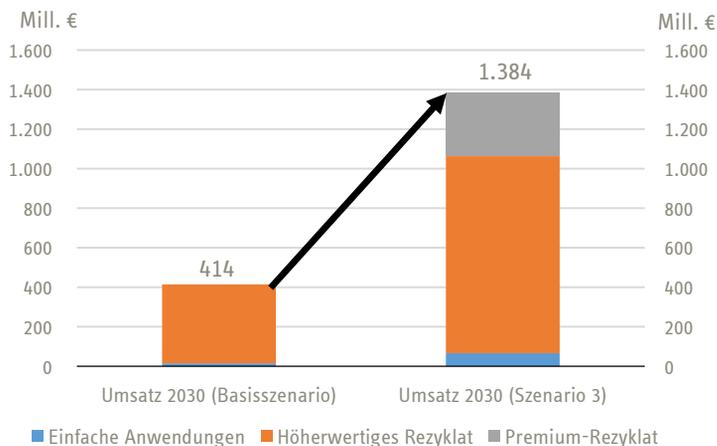
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

6. Zukunft (2): Szenarien für die Entwicklung bis 2030

Die Preise steigen im Basisszenario und in den Szenarien 1 und 2 gegenüber dem Status Quo im Jahr 2014 um 2,9% p.a., im Szenario 3 dagegen aufgrund der hier unterstellten höheren Qualitäten und des damit verbundenen höheren Durchschnittspreises in den verschiedenen Marktsegmenten um 5,3% p.a. Die Mengen steigen im Basisszenario gegenüber dem Status Quo bei allen Kunststoffarten um 39%. Die Mengensteigerungen bei den einzelnen Kunststofffraktionen in den Szenarien 1 bis 3 werden dann wiederum aus dem Mengengerüst des Öko-Instituts abgeleitet. Das so berechnete Marktvolumen steigt demnach von 189 Mill. € im Status Quo bis auf maximal 1.384 Mill. € unter den günstigsten hier angenommenen Marktbedingungen in Szenario 3.

In Schaubild 6.10 wird das Marktvolumen von 1.384 Mill. € zugrunde gelegt und gezeigt, welches Potenzial die Marktentwicklung für Premium-Rezyklate hat.

Schaubild 6.10
Potential für hochwertige Rezyklate



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis eigener Berechnungen.

In der Schätzung wird davon ausgegangen, dass die Premium-Rezyklatemenge im Jahr 2030 bei ca. 145 kt liegt. Das entspricht (je nach Anlagengröße) der Kapazität von ca. zwei bis drei größeren Recyclinganlagen. Während im Basisszenario

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

noch keine Produktion von sehr hochwertigen Rezyklaten berücksichtigt ist, liegt der Anteil im Szenario 3 immerhin bereits bei mehr als 20% des gesamten Marktvolumens (ca. 320 Mio. €). Wenn man berücksichtigt, dass mittlerweile mit Werner & Mertz eines der ersten Unternehmen hochwertige Rezyklate aus Post-Consumer-LVP in seinen Verpackungen einsetzt, und Informationen aus den Expertengesprächen zufolge weitere Unternehmen ein großes Interesse dafür bekunden, ist diese Schätzung durchaus realistisch. Immerhin würden die großen Markenartikelunternehmen wohl, wenn sie Rezyklate nachfragen, gleich hohe Mengen für die Produktion ihrer Verpackungen einsetzen.

Literatur

- Adkins, L.C. (o.J.), Estimating a VAR. Internet: <http://www.learneconometrics.com/class/5263/notes/Estimating%20a%20VAR.pdf>, Abruf vom 8.3.2016).
- Andor, M.A., M. Frondel, S. Sommer (2015) Reform des EU-Emissionshandels, aber richtig! Alternativen zur Marktstabilitätsreserve. *RWI Positionen* 64. Essen: RWI.
- Bardt, H., J. Niehues, H. Techert (2012) Das Erneuerbare-Energien-Gesetz – Erfahrungen und Ausblick. Köln: IW – Institut der deutschen Wirtschaft.
- BBR – Bundesamt für Raumordnung und Bauwesen (2006) Gute Beispiele zur Stabilisierung der Wohnnebenkosten in der kommunalen Praxis – Trinkwasser, Abwasser und Abfall. Bonn: BBR.
- Biesalski, A., J. Schöpfer (2016) Sustainability Value Score 2016. Berlin, München: Biesalski & Company, Serviceplan Corporate Reputation.
- bifa Umweltinstitut GmbH (2011) Evaluierung der Verpackungsverordnung. *Texte* 07/11. Anhang. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- BIO Intelligence Service by Deloitte, Arcadis, Ecologic, Institute for European Environmental Policy (IEEP), Umweltbundesamt (UBA) (2014) Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR). Final Report. Brussels: European Commission – DG Environment.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2017) Entwurf für ein Gesetz zur Fortentwicklung der haushaltsnahen Getrennterfassung von wertstoffhaltigen Abfällen. Internet: <http://www.bmub.bund.de/themen/wasser-abfall-boden/abfall-wirtschaft/wasser-abfallwirtschaft-download/artikel/entwurf-fuer-ein-gesetz-zur-fortentwicklung-der-haushaltsnahen-getrennterfassung-von-wertstoffhaltigen-abfaellen/>, Abruf vom 6.4.2017. Berlin: BMUB.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015), Zahlen und Fakten. Energiedaten. Internet: bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiedaten.html, Abruf vom 12.10.2015.
- Bosewitz (2013) Kunststoff Recycling in Produkten. Essen: VGE Verlag GmbH.
- Brandt, B., H. Pilz (2011) Die Auswirkungen von Kunststoffverpackungen auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in Europa. Kurzfassung. Wien: denkstatt.
- Bruton, J. (2016) Stellschrauben für CSR – soziale Wirkungen numerisch messbar machen. In: Günther, E. und K.-H. Steinke (Hrsg.) (2016) *CSR und Controlling. Unternehmerische Verantwortung als Gestaltungsaufgabe des Controlling*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, Seite 101-116.
- Bültmann, A. (1997) Produktökobilanzen und ihre Anwendung in deutschen Unternehmen. *Schriftenreihe des IÖW 112*. Berlin: Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung.
- Bundeskartellamt (2012) Sektoruntersuchung duale Systeme. Zwischenbilanz der Wettbewerbsöffnung. Abschlussbericht. Bonn.
- bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (2014) Duale Systeme melden steigende Lizenzmengen. Internet: http://bvse.de/2/8066/Duale_Systeme_melden_steigende_Lizenzmengen, Abruf vom 26.4.2016).
- Dehoust, G., J. Christiani (2012) Analyse und Fortentwicklung der Verwertungsquoten für Wertstoffe. Sammel- und Verwertungsquoten für Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen als Lenkungsinstrument zur Ressourcenschonung. *Texte 40/2012*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Dehoust, G., R.O. Harthan, H. Stahl, H. Hermann, F.C. Matthes, A. Möck (2014) Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende. Klimaschutzpotenziale auch unter geänderten Rahmenbedingungen optimal nutzen. Freiburg: Öko-Institut.

- Deinert, C., J. Pape (2016) Klimabilanz von Produkten – ein Controllinginstrument zur Unterstützung der Analyse der Wertschöpfungskette in der Lebensmittelwirtschaft. In: Willers, C. (Hrsg.) (2016) *CSR und Lebensmittelwirtschaft. Nachhaltiges Wirtschaften entlang der Food Value Chain*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, Seite 69-85.
- Destatis (2008) Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2014) Umsatzsteuerstatistik. Steuerpflichtiger Umsatz im Kunststoff-Recycling (WZ03: 37.20.4). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Destatis (2016) Durchschnittliche Abfallgebühren nach Bundesländern. Internet: de.statista.com/statistik/daten/studie/1951/umfrage/abfallgebuehren-nach-bundeslaendern, Abruf vom 20.4.2016. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Detzel, A., B. Kauertz, B. Grahl, J. Heinisch (2016) Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. *UBA-Texte 19*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Deutscher Bundestag (2013) Ökologische Effektivität und ökonomische Effizienz der dualen Systeme in der deutschen Abfallwirtschaft. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dorothea Steiner, Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. *Drucksache 17/12978*. 17. Wahlperiode. 04.04.2013. Berlin.
- Dickey, D.A., W.A. Fuller (1981) Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with unit root. *Econometrica* 49: 1057-1072.
- EIA – U.S. Energy Information Agency (2015) Europe Brent Spot Price FOB. Internet: eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RB RTE&f=M, Abruf vom 4.2.2016.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- Etter, M., C. Fieseler (2011) Die Ökonomie der Verantwortung – eine wirtschaftswissenschaftliche Perspektive auf CSR. In: Raupp, J., S. Jarolimek, F. Schultz (Hrsg.), *Handbuch CSR*. Wiesbaden: VS Verlag, Seiten 269-280.
- Europäische Kommission (2008) Verordnung (EG) Nr. 282/2008 vom 27. März 2008 über Materialien und Gegenstände aus recyceltem Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2023/2006. *Amtsblatt der Europäischen Union* vom 28.03.2008. Brüssel.
- Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (1994) Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 365 vom 31.12.1994. Brüssel.
- Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2008) Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 312/3 vom 22.11.2008. Brüssel.
- European Commission (2014) Ex-post evaluation of Five Waste Stream Directives. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council. *Commission staff working document*. Brussels: European Commission.
- Eurostat (2015) Umwelt in der EU. Im Jahr 2013 fielen in der EU je Einwohner 481 kg Siedlungsabfälle an. Pressemitteilung 54 vom 26.3.2015. Brüssel: Eurostat.
- EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst (2015) Recycling und Entsorgung 41/2015. Gernsbach.
- Fama, E.F. (1970) Efficient Capital Markets. A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance* 25: 383-417.

- Flentje, A.-K., C. Diroll, T. Heupel (2015) Nachhaltigkeitsstrategien deutscher Unternehmen und mögliche Controlling- und Bewertungsinstrumente. Marburg: Metropolis-Verlag.
- Franke, M., K. Reh, P. Hense (2014) Ökoeffizienz in der Kunststoffverwertung. In: K.J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.), *Entsorgung von Verpackungsabfällen*. Neuruppin: TK Verlag, Seite 353-369.
- Frenkel, M., K. Funke, I. Koske (2003) Zeitreihenanalyse. Teil 1: Stationarität und Integration. *WiSt* 9: 545-550.
- Friege, H. (2014) Ressourcenmanagement und Siedlungsabfallwirtschaft. Challenger Report für den Rat für Nachhaltige Entwicklung. *Texte* 48/15. Berlin: Rat für Nachhaltige Entwicklung.
- GIB Gesellschaft für Innovationsforschung und Beratung mbH und ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH (2009) Die wirtschaftliche Bedeutung der Recycling- und Entsorgungsbranche in Deutschland. Stand, Hemmnisse, Herausforderungen. Berlin: GIB.
- Grundmann, T., M. Balhar (2013) Entwicklungspotenzial der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung. In: K.J. Thomé-Kozmiensky und M. Beckmann (Hrsg.), *Energie aus Abfall*. Band 10, Seite 823-834.
- GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (2010) Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland. *Texte*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (2015) Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland. *Texte*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Hasucha, T. (2007) Die ALBA Gelbe Tonneplus in Berlin. In: A.I. Urban, G. Halm und R.M. Morgan (Hrsg.), *Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft. Abfallwirtschaft ohne Duale Systeme?* Institut für Wasser, Abfall, Umwelt. Schriftenreihe des Fachgebiets Abfalltechnik 7, Seite 101-110.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- Heyde, M., G. Gerke, S. Mühle (2010) Werkstoffliche Verwertung von Verpackungskunststoffen aus der Getrenntsammlung Dualer Systeme. Aktuelle Ökobilanzergebnisse im Vergleich zur Beseitigung bzw. Verwertung in Anlagen der thermischen Abfallbehandlung. *Müll und Abfall* 42 (1): 32-37.
- Hutterer, H., Harald Pilz (1998) Kosten-Nutzen-Analyse der Kunststoffverwertung. Volkswirtschaftliche Bewertung der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen in Österreich unter Einschluß ökologischer Effekte. Wien: Umweltbundesamt.
- ICV – Internationaler Controller Verein (2011) Green Controlling – eine (neue) Herausforderung für den Controller? Relevanz und Herausforderungen der Integration ökologischer Aspekte in das Controlling aus Sicht der Controllingpraxis. Gauting/Stuttgart: Ideenwerkstatt.
- IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und Hochschule Merseburg (FH) (2007) Potentialanalyse der deutschen Entsorgungswirtschaft. UFO-Plan-Vorhaben FKZ 206 31 303 des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- IGES Institut GmbH, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart und Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik der TU Berlin (2009) Ökonomische und ökologische Bewertung der getrennten Sammlung von verwertbaren Abfällen aus privaten Haushalten sowie vergleichbaren Anfallstellen. Berlin: IGES Institut GmbH.
- Isensee, J., A. Henkel (2011) Nachhaltigkeit als neues Ziel: Herausforderung und Lösungsansätze für das Green Controlling. In: Gleich, R., S. Gänßlen und H. Losbichler (Hrsg.), *Der Controlling-Berater – Challenge Controlling 2015*. Bd. 17. Freiburg.
- KI – Kunststoff Information Verlagsgesellschaft mbH (2015) Daten zur Entwicklung der Primär- und Sekundärkunststoffpreise. Abonnement, Internet: ki-web.de, Abruf vom 19.11.2015. Bad Homburg: KI – Kunststoff Information.

- Kienbaum (2013) Nachhaltigkeit 2012/2013 – Strategie, Organisation und Umsetzung. Ergebnisse der umfassendsten Nachhaltigkeits-Studie im deutschsprachigen Raum. Gummersbach: Kienbaum Management Consultants.
- Klink, J., N. Langen, M. Hartmann (2016) Kommunikation von Nachhaltigkeit – Eine vergleichende Analyse des Schokoladen- und Fruchtsaftsektors. In: Willers, C. (Hrsg.) (2016), *CSR und Lebensmittelwirtschaft. Nachhaltiges Wirtschaften entlang der Food Value Chain*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, Seite 225-240.
- Müller-Christ, G. (2003) Nachhaltiges Ressourcenmanagement oder: Wo ist der Ort der strategischen Umweltschutzinitiative? In: Schmidt, M., R. Schwegler (Hrsg.), *Umweltschutz und strategisches Handeln*. Wiesbaden.
- Nelles, M., G. Morscheck, J. Grünes (2012) MBA in Deutschland und Europa. Entwicklung, Stand und Perspektiven. Internationale 9. ASA-Recyclingtage. Rostock.
- Obermeier, T. (2016) Gutachterliche Stellungnahme zur Kostenentwicklung der thermischen Reststoffverwertung in Deutschland und den Nachbarländern. Berlin.
- Öko-Institut (2016) Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recyclings von Wertstoffen im Dualen System – Bilanz der Umweltwirkungen. Freiburg: Öko-Institut e.V.
- Öko-Institut (2002) Der Grüne Punkt und sein Nutzen für die Umwelt. Freiburg: Öko-Institut e.V.
- Popper, R. (2008) Foresight Methodology. In: L. Georghiou, J. Cassingena Harper, M. Keenan, I. Miles and R. Popper (Hrsg.), *The Handbook of Technology Foresight, Concepts and Practice*. Northampton Massachusetts: Edward Elgar: 44-88.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

- PricewaterhouseCoopers AG WPG (2011) Mehrweg- und Recyclingsysteme für ausgewählte Getränkeverpackungen aus Nachhaltigkeitsicht. Eine Analyse der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen sowie Lösungsansätze zur Weiterentwicklung von Mehrweg- und Recyclingsystemen. Berlin: PwC.
- Prognos AG (2002) Nachhaltigkeitsbewertung und Perspektiven des Dualen Systems in Deutschland. Studie im Auftrag der Duales System Deutschland AG. Köln: DSD.
- Rademacher, K. (2016) Ökologisch-ökonomische Entscheidungen in Unternehmen: Auswirkungen auf die Produktqualität am Beispiel der Druck- und Verpackungsindustrie. München: Oekom-Verlag.
- Scherer, F.M. (1980) Industrial market structure and economic performance, Chicago: Rand McNally College Pub. Co.
- Schlitte, F., S. Schulze, T. Straubhaar (2012) Liberalisierungspotenziale bei der Entsorgung gebrauchter Verpackungen aus Papier, Pappe und Karton. *HWWI Policy* 67. Hamburg: HWWI.
- Schulze S., T. Straubhaar (2010) Der Markt für die Entsorgung von Verpackungen in Deutschland: Situation und Reformoptionen. *HWWI Policy* 1-34. Hamburg: HWWI.
- Schwermer, S., P. Preiss, W. Müller (2012) Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Sismega S.L. Consultores, Ffact (2013) EPR Data Verification Study. Summary Report for Member States.
- Society of the Plastics Industry (2012) Life Cycle Analysis Primer. What, Why and How. Washington D.C.: Bioplastics Council.

- Steinfeld (2002) Recycling entlastet die Umwelt – aber zu welchem Preis? *Ökologisches Wirtschaften* 3-4: 6-7.
- Steurer, R., M. Tiroch (2009) Corporate Social Responsibility (CSR) in Österreich: Wie substantiell ist der freiwillige Beitrag der Wirtschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung? *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 32/2: 199-222. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag.
- UBA – Umweltbundesamt (2000) Handreichung: Bewertung in Ökobilanzen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Willers, C. (2016) CSR in der Lebensmittelwirtschaft – eine Einleitung. In: Willers, C. (Hrsg.) (2016), *CSR und Lebensmittelwirtschaft. Nachhaltiges Wirtschaften entlang der Food Value Chain*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, Seite 3-22.
- Williamson, O.E. (1985) *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. New York: The Free Press.
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (Hrsg.) (2014) Europäischer Emissionsrechtehandel – Mehr Realismus notwendig. *Perspektiven mit Stahl*: 9.
- Wuppertal-Institut (2016) Entwicklung von Instrumenten und Maßnahmen zur Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen – mit Schwerpunkt Sekundärkunststoffe. *Texte* 65/2016. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Zweck, A., D. Holtmannspötter, M. Braun, M. Hirt, S. Kimpeter, P. Warnke (2015) *Gesellschaftliche Veränderungen 2030. Ergebnisband 1 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II*. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum.
- Zwirner, H. (2014) Da haben wir es wieder. Riesenmaschinen, die sortieren, pressen und schreddern. So ergeht es dem Plastikmüll im Recycling. *fluter. Magazin der Bundeszentrale für politische Bildung*. Thema: Plastik. Bonn.

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

Anhang: Leitfaden für die Gespräche mit Recyclingunternehmen

Kunststoff als Sekundärrohstoff

Leitfaden für Expertengespräche mit Unternehmen

Ziel der Expertengespräche ist, einen Einblick in die wichtigsten Aspekte zu erhalten, welche die vergangene Entwicklung des Kunststoffmarktes bestimmt haben – mit dem Fokus auf Kunststoff als Sekundärrohstoff – und die in Hinblick auf die Beeinflussung der künftigen Entwicklung heute bereits absehbar sind. Solche relevanten Aspekte können beispielsweise sein: (i) die Marktentwicklung, (ii) die Entwicklung der Technologie und die Einführung von Innovationen, (iii) die Rolle unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die Technologie- und Marktentwicklung und ihre zeitliche Einordnung (Wettbewerb aus dem Ausland, Interdependenz des deutschen Rohstoffmarktes mit dem des Auslands, Kundenakzeptanz von Kunststoffprodukten im Allgemeinen und Sekundärkunststoffen im Besonderen).

I. Marktentwicklung für Produkte aus Kunststoff

1. Welche Faktoren haben im „Wettbewerb mit anderen Materialien“ den Einsatz von Kunststoff in Produkten bestimmt? Welche spezifischen Vorteile hat Kunststoff? Wie ist die weitere Entwicklung der Nachfrage nach Produkten aus Kunststoff im Vergleich zu Produkten aus anderen Materialien einzuschätzen?
2. Wie hat sich der Markt für diese Produkte entwickelt? In welchen Bereichen konnten sie sich durchsetzen, welche Entwicklungen gab es zuletzt? Welche Perspektiven ergeben sich Ihrer Ansicht nach für die Zukunft?
3. Welche Faktoren haben die Entwicklung dieses Segments in der Vergangenheit bestimmt (Qualität der Kunststoffe, Akzeptanz der Kunden

Anhang: Leitfaden für die Gespräche mit Recyclingunternehmen

usw.)? Welche Rolle spielt der Handel? Was wird die künftige Entwicklung dieser Produkte bestimmen?

II. Bedeutung von (Sekundär-)Kunststoffen in Ihrem Unternehmen

1. Was macht Ihr Unternehmen in Bezug auf (Sekundär-)Kunststoffe und welche Bedeutung hat dieser Bereich für Sie? Welche Herausforderungen gibt es dies betreffend für Ihr Unternehmen und wie begegnen Sie diesen?
2. Haben Sie in den vergangenen Jahren Innovationen durchgeführt, die die Nutzung von Kunststoff als Sekundärrohstoff betreffen?

III. Bisherige Entwicklung des Markts für Kunststoff als Sekundärrohstoff

1. Wie bedeutsam ist Kunststoff gegenwärtig als Sekundärrohstoff für die kunststoffverarbeitende Industrie? Wie schätzen Sie die Entwicklung des Sekundärkunststoffmarktes in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten ein? Welche zentralen Faktoren haben die vergangene Entwicklung bestimmt?
2. Durch welche Rahmenbedingungen wurde diese Entwicklung Ihrer Ansicht nach in erster Linie beeinflusst (Innovationen und technische Entwicklung, rechtliche Rahmenbedingungen, allgemeine wirtschaftliche Entwicklung, Primärrohstoffpreise usw.)? Wie lassen sich diese Rahmenbedingungen zeitlich zuordnen?
3. Wie stellt sich nach Ihrer Erfahrung der Zusammenhang zwischen Rahmenbedingungen, Technologieentwicklung und Innovationen sowie ökonomischen Kenngrößen – Umsatz, Wertschöpfung und Beschäftigung – in Bezug auf Sekundärkunststoffe dar?
4. Welche Effizienzsteigerungen haben sich dabei speziell hinsichtlich der Verwertung von Sekundärrohstoffen in der Kunststoffverarbeitung wie auch in den vor- und nachgelagerten Bereichen Ihrer Wahrnehmung nach gezeigt?

Ökonomische Perspektiven des Kunststoff-Recyclings

5. Wie beurteilen Sie alles in allem die Rolle der dualen Systeme im Kontext des Sekundärkunststoffmarktes und an welchen Stellen sehen Sie Verbesserungspotenziale?

IV. Künftige Entwicklung des Sekundärkunststoffmarkts

1. Wie wird sich der Sekundärkunststoffmarkt in den kommenden ein bis zwei Jahrzehnten entwickeln (Preise, Umsätze)? Inwieweit lassen sich dazu zum gegenwärtigen Zeitpunkt bereits Aussagen treffen und wie verlässlich sind sie? Was werden aus Ihrer Sicht die wichtigsten Einflussfaktoren für die weitere Entwicklung sein?
2. Wie schätzen Sie die künftige Entwicklung der Primärrohstoffmärkte ein – insbesondere der Primärkunststoff- und Rohölmärkte – und wie könnte sich das auf den Sekundärkunststoffmarkt in Bezug auf Innovationen und die Marktentwicklung auswirken?
3. Welche Impulse könnten von dem geplanten neuen Wertstoffgesetz auf den Sekundärkunststoffmarkt ausgehen?
4. Welche Maßnahmen wären aus Ihrer Sicht sinnvoll, um in Zukunft die Verwendung von Kunststoff als Sekundärrohstoff auszuweiten (etwa eine freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie)?
5. Welche Rolle könnten in Bezug auf Sekundärkunststoffe künftig die dualen Systeme spielen und was wäre dies betreffend aus Ihrer Sicht wünschenswert?

Vielen Dank für das Gespräch!