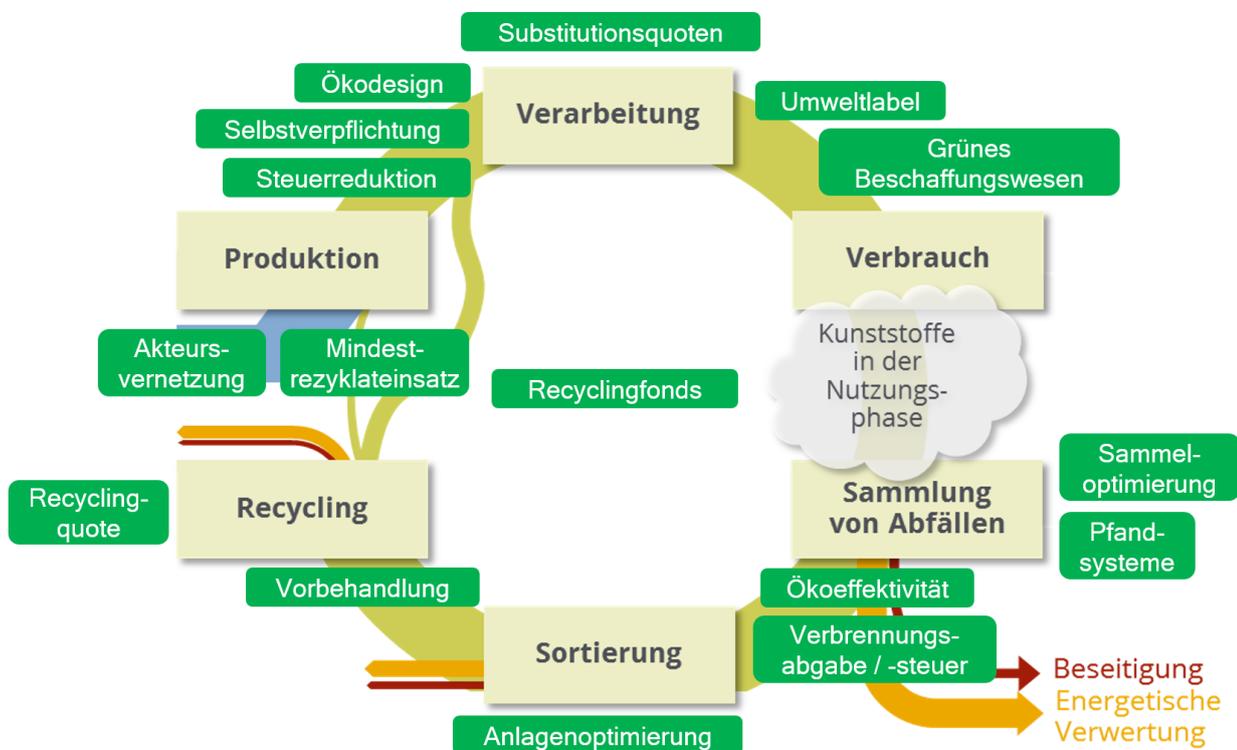


Bewertung von Optimierungsansätzen bei der Kreislaufführung von Kunststoffen

Roman Maletz



(Kreislaufgrafik: Conversio 2020)

Beiträge zu Abfallwirtschaft / Altlasten

Schriftenreihe des Institutes für Abfall- und
Kreislaufwirtschaft

Technische Universität Dresden

Band 113 Dissertation

**Bewertung von
Optimierungsansätzen bei der
Kreislaufführung von
Kunststoffen**

Roman Maletz

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. habil. Christina Dornack

(Technische Universität Dresden, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft)

Beiträge zu Abfallwirtschaft / Altlasten

Schriftenreihe des Institutes für Abfall- und
Kreislaufwirtschaft

Technische Universität Dresden

Band 113 Dissertation Roman Maletz: Bewertung von
Optimierungsansätzen bei der Kreislaufführung von
Kunststoffen

ISBN: **978-3-947923-06-9**

2021

1. Auflage

Verlag: **Eigenverlag des Forums für
Abfallwirtschaft und Altlasten e. V.**

Forum für Abfallwirtschaft und Altlasten e. V.
Pratzschwitzer Straße 15
01796 Pirna
Germany

Druck: reprogress GmbH
Chemnitzer Strasse 46b
01187 Dresden

© Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Vereins reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Bewertung von Optimierungsansätzen bei der Kreislaufführung von Kunststoffen

genehmigte Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt

an der Technischen Universität Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften

von

Dipl.-Ing. Roman Maletz

Promotionskommission:

Vorsitzender:

Prof. Dr. habil. Stefan Stolte
Technische Universität Dresden, Institut für Wasserchemie

Gutachtende:

Prof. Dr.-Ing. habil. Christina Dornack
Technische Universität Dresden, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Kerstin Kuchta
Technische Universität Hamburg, Institut für Umwelttechnik und
Energiewirtschaft

Prof. Dr.-Ing. Christoph Wünsch
Hochschule Merseburg, Professur für Umwelttechnik/Abfalltechnik und
Emissionen

Tag der Verteidigung: 26. März 2021

Vorwort

Uns leiten die Ziele einer nachhaltigen Gesellschaft und der Klimaneutralität bis 2045. Für beide Ziele ist eine umfassende Kreislaufwirtschaft unverzichtbar. Jedoch ist unsere Wirtschaft noch überwiegend linear gestaltet: Der Anteil der sekundären Rohstoffe in der Wirtschaft beträgt 14 %. Unsere Güter und Produkte müssen konsequenter im Kreislauf geführt werden. Dazu gehört auch, den Einsatz der entstehenden Sekundärmaterialien zu fördern und knappe geogene Ressourcen zu schonen.

Wenn Verbesserungsansätze deutlich über reine Entsorgungslösungen hinausgehen und bereits den Produktionsprozess berücksichtigen, sind am Ende des Lebensweges weitere Potenziale erschließbar. Gerade bei Kunststoffen findet national und international eine intensive Diskussion statt, wie deren Kreislauführung verbessert werden kann. Dabei gibt es eine Vielzahl von Handlungsebenen, die von der Produktgestaltung über Vermeidung bis zur optimierten Rückführung in den Kreislauf reichen.

Mit dieser Dissertation hat Roman Maletz ein aktuelles und sehr komplexes Thema aufgegriffen, indem er vor allem methodische Möglichkeiten zur Bewertung der Steigerung des Einsatzes von Kunststoffzyklen betrachtete. Dabei untersuchte er 16 politische und wirtschaftliche Maßnahmen hinsichtlich des Steigerungseffekts beim Einsatz von Kunststoffzyklen und quantifizierte in seiner Arbeit den gesellschaftlichen Mehraufwand. Damit konnte er erstmals klar die Wirksamkeit und Effizienz der einzelnen Maßnahmen herausarbeiten und auf Basis dieser verschiedenen Ansätze eine Handlungsempfehlung für umweltpolitische und wirtschaftliche Entscheidungen geben, die auf die wirksamsten Maßnahmen fokussiert. Die unterschiedlichen Interessenlagen der beteiligten Akteure hat Herr Maletz dabei berücksichtigt.

Dieser Dissertation wünsche ich viele Leser und eine entsprechende Rückmeldung an den Autor.

Dresden im November 2021



Prof. Dr.-Ing. habil. Christina Dornack

Danksagung

Ich freue mich, mehreren Menschen meinen tief empfundenen Dank für die Hilfe aussprechen zu können, die vorliegende Arbeit ermöglicht hat. Diese wurde am Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der Technischen Universität Dresden verfasst.

Der Direktorin des Instituts und Hauptbetreuerin Prof. Dr. Christina Dornack möchte ich vor allem und außerordentlich danken für die entgegengebrachte Wertschätzung. Der beständige offene, wissenschaftliche und jederzeit freundschaftliche Austausch sowie ihre Zuversicht während der Promotion und der Arbeit am Institut haben einen enorm großen Anteil am Gelingen dieser Arbeit. Danke, dass ich diese Arbeit bei Dir schreiben konnte!

Prof. Dr. Kerstin Kuchta als Vizepräsidentin Lehre und Leiterin der Arbeitsgruppe Abfallressourcenwirtschaft an der Technischen Universität Hamburg bin ich zu großem Dank verpflichtet für die Übernahme der Zweitbetreuerschaft und ihre wertvollen Hinweise und Anregungen und den steten Dialog auf den gemeinsam besuchten Konferenzen und Veranstaltungen, die dadurch immer besonders interessant und erkenntnisreich waren.

Weiterhin gebührt herzlichster Dank Prof. Dr. Christoph Wunsch von der Hochschule Merseburg für die Bereitschaft, als dritter Gutachter zu fungieren und die sehr dienlichen Anregungen im gesamten Verlauf der Erstellung der Arbeit.

Meinem Kollegen Benjamin Schwan spreche ich großen freundschaftlichen Dank für das Korrekturlesen der Arbeit und die angenehme Zusammenarbeit im gemeinsamen Büro aus, insbesondere für die Entlastung von anderen Aufgaben am Institut während der letzten Phase des Schreibens.

Den Kolleginnen und Kollegen am Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft danke ich ganz besonders für die immer motivierenden wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Gespräche und die angenehme Arbeitsatmosphäre.

Lieber Dank geht an die Studentinnen, die mich mit ihren Projekt- und Abschlussarbeiten zum Thema unterstützt haben.

Speziell Dr. Dietmar Lohmann vom Landesverband der Recyclingwirtschaft Sachsen e.V. möchte ich für die Ermunterung, dieses Thema zu bearbeiten und sein großes Interesse am Gelingen der Arbeit danken. Seine immer konstruktiven Vorschläge und die anregenden Gespräche halfen mir sehr.

Dr. Henning Wilts und Prof. Dr. Henning Friege und allen weiteren konsultierten Experten danke ich für ihre Hinweise und Einschätzungen zum methodischen Ansatz.

Und abschließend: Danke, liebe Familie und Freunde, dass ihr mir immer Euer Vertrauen zur Erreichung dieses Ziels entgegengebracht habt.

Zusammenfassung

Der Übergang von einer linearen Wirtschaftsweise zu einer Kreislaufwirtschaft hat gerade erst begonnen. Beim Umgang mit Kunststoffen wird deutlich, dass die Kreislaufführung noch nicht in dem Maße erfolgt, dass die möglichen Potenziale der Rückführung von verwertbaren Kunststoffabfällen in den Produktionskreislauf ausgeschöpft sind.

Im Rahmen der Arbeit wurden 16 Maßnahmen zur Steigerung der Mengen des eingesetzten Rezyklats ausgewählt, charakterisiert und hinsichtlich deren Kosten für die Umsetzung und erzielbaren Mengeneffekte berechnet. Die ermittelten Werte wurden in Anlehnung an die Methode der Ökoeffizienzanalyse miteinander in Zusammenhang gebracht. Dabei wurde angenommen, dass mit jedem Mg durch die Maßnahmen zusätzlich bereitgestelltes Rezyklat eine Einsparung von CO₂-Äquivalentemissionen erreicht wird.

Da für alle 16 Maßnahmen voneinander abgrenzbare Steigerungseffekte und maßnahmenspezifische Kosten ermittelt wurden, kann ein gesamter Mengeneffekt von 993.000 Mg angegeben werden, der sich im Betrachtungszeitraum von drei Jahren einstellt, wenn alle Maßnahmen umgesetzt würden. Aufgrund der Komplexität der damit verbundenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Prozesse wurden für die Mengensteigerungen und die Kostenschätzungen Schwankungsbreiten festgelegt. Für den Mengeneffekt ergibt sich ein Bereich von 500.000 bis 1,5 Millionen Mg. Durchschnittlich ergibt sich eine Mengensteigerung für den Rezyklateinsatz von 62.000 Mg je Maßnahme. Bei den Kosten ergibt sich als Summe über alle Maßnahmen ein Betrag von 784 Millionen Euro, um diesen gesamten Mengeneffekt zu realisieren. Hierbei wurde ein Schwankungsbereich von 500 bis 1.400 Millionen festgelegt.

Die Summe der Erhöhung der Substitutionsquote aller Maßnahmen beträgt 7 %-Punkte. Die vorgestellten Maßnahmen und Berechnungen sollen eine Prognose für die zukünftige Entwicklung darstellen.

Die Nachfrage nach Rezyklat wird mit den zukünftigen Regelungen nach verpflichtendem Einsatz weiter zunehmen, daher muss die verfügbare Menge durch geeignete Instrumente erhöht werden. Es konnte gezeigt werden, welche Instrumente spezifische Mengensteigerungen und damit einen Umweltnutzen der Treibhausgaseinsparungen mit geringen wirtschaftlichen Aufwendungen ermöglichen.

Für A und K und N

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	XIX
Tabellenverzeichnis	XXI
Abkürzungen	XXIII
1 Einführung.....	1
1.1 Zielstellung der Arbeit	2
1.2 Aufbau der Arbeit.....	3
2 Grundlagen.....	3
2.1 Einordnung in die Kreislaufwirtschaft	3
2.1.1 Paradigma der Kreislaufwirtschaft.....	3
2.1.2 Entwicklung der Kreislaufwirtschaft.....	5
2.1.3 Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung	6
2.1.4 Bewertung der Erreichung einer Kreislaufwirtschaft	6
2.2 Der Stoffstrom Kunststoffe.....	8
2.2.1 Charakterisierung des Materials Kunststoff	9
2.2.2 Mengen von Kunststoffen und Kunststoffabfällen	11
2.2.3 Relevante Eigenschaften.....	17
2.3 Recycling	19
2.3.1 Begriffsbestimmungen	19
2.3.2 Entwicklung des Recyclings.....	20
2.4 Kunststoffrecycling.....	21
2.4.1 Aktuelle Herausforderung beim Kunststoffrecycling.....	22
2.4.2 Werkstoffliche Verwertung.....	26
2.4.3 Rohstoffliche Verwertung.....	27
2.4.4 Recyclingfähigkeit.....	29
2.5 Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Rezyklaten	29
2.5.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz	30
2.5.2 Verpackungsgesetz.....	31

2.5.3 Ökodesignrichtlinie	32
2.5.4 Anforderungen an den Einsatz von Rezyklaten in der Produktion	32
3 Methodik	36
3.1 Methodenauswahl	36
3.1.1 Multikriterien-Analyse	36
3.1.2 Ökonomische Bewertung der natürlichen Umwelt	36
3.1.3 Monetäre Bewertung von Umweltauswirkungen und damit verbundenen Umweltaspekten nach ISO14008	37
3.1.4 Ökoeffizienzanalyse	37
3.1.5 Weitere Bewertungsmöglichkeiten	38
3.2 Ökoeffizienzbewertung.....	38
3.2.1 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	39
3.2.2 Zeitlicher Betrachtungsrahmen.....	40
3.2.3 Umweltbewertung	40
3.2.4 Bewertung des Produktsystemnutzens - Aufwandsmessung	42
3.3 Zusammenfassung der gewählten Methodik	45
4 Maßnahmen zur Steigerung der Rezyklateinsatzmengen.....	47
4.1 Maßnahmenauswahl	47
4.1.1 Recyclingquoten.....	49
4.1.2 Verbrennungsabgabe.....	52
4.1.3 Mindestrezyklateinsatz.....	54
4.1.4 Pfandsysteme	56
4.1.5 Sammeloptimierung	58
4.1.6 Vorbehandlung	61
4.1.7 Steuerreduktion	63
4.1.8 Umweltlabel	65
4.1.9 Grünes Beschaffungswesen	67
4.1.10 Ökodesign.....	69
4.1.11 Ökoeffektivität.....	73

4.1.12	Recyclingfonds	76
4.1.13	Selbstverpflichtung	78
4.1.14	Substitutionsquoten	80
4.1.15	Anlagenoptimierung	82
4.1.16	Akteursvernetzung	84
4.2	Charakterisierung der Maßnahmen	87
5	Ergebnisse	89
5.1	Zusammenfassung Quantifizierung von Steigerungseffekt und Kosten	89
5.2	Umweltkennzahlen - Ökoeffizienzwert.....	93
5.2.1	Erhöhung der Substitutionsquote.....	94
5.2.2	Einsparung Kohlenstoffdioxidemissionen.....	95
5.2.3	Vermeidungskosten / Substituierungseffizienz.....	96
5.2.4	Ökoeffizienzwert.....	97
5.2.5	Ökoeffizienzportfolio	98
5.3	Bewertung der Maßnahmen	100
5.4	Kritische Betrachtung	101
6	Zusammenfassung.....	104
6.1	Relevanz für Akteure	106
6.2	Übertragbarkeit auf andere Betrachtungsfelder	107
6.3	Ausblick	107
	Literaturverzeichnis	111
	Anhang	I
	A 1 Tabellen.....	II
	A 1.1 Tabelle Kostenbestandteile der Maßnahmen.....	II
	A 1.2 Tabelle Kennzahlen der Maßnahmen	III
	A 2 Berechnungsblätter Erfüllungsaufwand Maßnahmen	IV
	A 2.1 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Recyclingquoten	IV
	A 2.2 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Verbrennungssteuer	VI
	A 2.3 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Mindestrezyklateinsatz ...	VII

A 2.4 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Pfandsysteme.....	VIII
A 2.5 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Sammeloptimierung	IX
A 2.6 Stellungnahme des deutschen Bundestages zum Erfüllungsaufwand Maßnahme Vorbehandlungspflicht.....	X
A 2.7 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Steuerreduktion.....	XI
A 2.8 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Umweltlabel	XII
A 2.9 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Grünes Beschaffungswesen	XIII
A 2.10 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Ökodesign.....	XIV
A 2.11 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Ökoeffektivität.....	XV
A 2.12 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Recyclingfonds.....	XVI
A 2.13 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Selbstverpflichtung.....	XVII
A 2.14 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Substitutionsquoten ..	XVIII
A 2.15 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Anlagenoptimierung	XIX
A 2.16 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Akteursvernetzung	XX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Kumulierte Kunststoffabfallmenge insgesamt angefallen global von 1950 – 2050 (Prognose ab 2015), Angaben in Millionen Mg (Geyer et al. 2017)	2
Abbildung 2	Zeitreihe der Entwicklung der Veröffentlichungen zum Thema Kreislaufwirtschaft von 1991 – 2015 (Lieder und Rashid 2016).....	5
Abbildung 3	Gesetzliche Verwertungsquoten für Verpackungen gemäß Verpackungsgesetz (VerpackG), eigene Darstellung	7
Abbildung 4	Anteile an eingesetztem Kunststoffrezyklat nach Branche für Europa aus Maletz (2020) mit Daten aus Europa (Deloitte 2017) und Deutschland (Conversio 2018)	8
Abbildung 5	Erfindung verschiedener Kunststoffe angepasst nach BUND (2019)	8
Abbildung 6	Einteilung der Kunststoffe nach Ihrer Struktur nach Domininghaus et al. (2008)	10
Abbildung 7	Übersicht über den Kreislauf des Stoffstroms Kunststoffe in Deutschland (Bezugsjahr 2017) angepasst nach Conversio (2018)	13
Abbildung 8	Übersicht über die Mengen an Kunststoffverpackungen, welcher als Abfall über das Duale System erfasst wurde und sich daraus ergebende Mengenpotenziale nach Bünemann (2011)	17
Abbildung 9	Entwicklung der Recyclingquoten für verschiedene Verpackungsmaterialien von 1991 bis 2016 nach GVM (2017) (zur besseren Darstellung wurde als Startdatum 1992 gewählt)	21
Abbildung 10	Prozesse bei der Rückführung von Kunststoffabfällen angelehnt an Böttcher (2015), Bilder: www.netto.de , Maletz	21
Abbildung 11	Beispiel der Charakterisierungsmöglichkeiten von Kunststoffprodukten (Grafik angelehnt an van Velzen (2015))....	24
Abbildung 12	Übersicht über die 3 Gruppen der Kunststoffverwertung mit Kennzeichnung (Rahmen) des in der Arbeit vorrangig betrachteten Verwertungswegs	26
Abbildung 13	Möglichkeiten der werkstofflichen Verwertung nach Wilts et al. (2016)	27
Abbildung 14	Aufteilung der rohstofflichen Verwertungspfade für Kunststoffe nach Wilts et al. (2016)	28

Abbildung 15 Darstellung der Bestrebungen der Europäischen Kommission zur Verbesserung des Kreislaufführung von Kunststoffen von 2015 – 2020	30
Abbildung 16 Erweiterung (Kästen) der Abfallhierarchie gemäß dem Vorschlag des SRU (2020).....	31
Abbildung 17 Maßgebliche rechtliche Vorgaben für die Verarbeitung von Kunststoffen mit Lebensmittelkontakt	33
Abbildung 18 Bestandteile einer Ökoeffizienzanalyse nach (DIN ISO 14045:2012)	39
Abbildung 19 Ermittlungsschema für den Erfüllungsaufwand von Regelungsvorhaben gemäß NKR (2018).....	44
Abbildung 20 Wirkungsorte der Maßnahmen im Kunststoffkreislaufes (unter Verwendung der Grafik von Lindner (2020))	49
Abbildung 21 Beispiel einer Trennhilfeinformation auf einer Lebensmittelverpackung, hier für ein Schokoladenaufstrichglas (Bild: www.netto.de).....	59
Abbildung 22 Label RAL Gütezeichen 720 zur Kennzeichnung des Rezyklatanteils nach RAL GZ 720 (2018)	66
Abbildung 23 Bewertung der Recyclingfähigkeit mittels des Henkeltools EasyD4R® (Henkel AG & Co. KGaA 2020)	72
Abbildung 24 Kreislauf des PET-Flaschenrecyclings (Bild: Ensinger GmbH)	75
Abbildung 25 Erhebung der Europäischen Kommission zum Bedarf an Rezyklatmaterial 2016 und den Selbstverpflichtungsmengen sowohl von der Nachfrageseite (Mitte) als auch von der Angebotsseite (rechts) (Europäische Kommission 2018b). Das Ziel ist dabei 10 Millionen Mg.	79
Abbildung 26 Darstellung der Mengeneffekte und Kostenschätzungen mit Schwankungsbreiten	91
Abbildung 27 Erhöhung der Substitutionsquote für jede Maßnahme	95
Abbildung 28 Vermiedene klimarelevante Treibhausgasemissionen für jede Maßnahme.....	96
Abbildung 29 Vermeidungskosten für jede Maßnahme.....	96
Abbildung 30 Ökoeffizienzwerte für alle Maßnahmen.....	98
Abbildung 31 Ökoeffizienzportfolio der betrachteten Maßnahmen ohne Maßnahme Selbstverpflichtung	99
Abbildung 32 Anzunehmende Entsorgungswege für aktive und intelligente Verpackungen (Kreibe et al. 2017)	109

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Mengen der verwerteten Kunststoffabfälle nach Anfallorten in Deutschland 2017 (ohne die Mengen zur Beseitigung, die lediglich 40.000 Mg ausmachen) nach Conversio (2018).....	14
Tabelle 2	Kunststoffabfälle nach Kunststoffarten in Deutschland 2017 nach Conversio (2018)	15
Tabelle 3	Kunststoffabfälle aus dem Post-Consumer-Bereich aufgeteilt nach Sektoren nach Conversio (2018)	16
Tabelle 4	Übersicht der relevanten zu berücksichtigenden Eigenschaften / Kriterien bei der Herstellung von Kunststoffen nach Dominghaus et al. (2008).....	18
Tabelle 5	Auswahl bestehender Normen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Nutzung von Kunststoffrezyklaten angepasst aus Endres und Shamsuyeva (2020)	34
Tabelle 6	Begriffe im Zusammenhang mit der gewählten Wirkungskategorie Klimaänderung (DIN EN ISO 14044).....	41
Tabelle 7	Übersicht der ausgewählten Maßnahmen mit kurzer Beschreibung und gewünschtem Effekt und Wirkungsort	48
Tabelle 8	Zusammenfassung Maßnahme 1 Recyclingquoten	52
Tabelle 9	Zusammenfassung Maßnahme 2 Verbrennungsabgabe	54
Tabelle 10	Zusammenfassung Maßnahme 3 Mindestrezyklateinsatz	56
Tabelle 11	Zusammenfassung Maßnahme 4 Pfandsysteme.....	58
Tabelle 12	Zusammenfassung Maßnahme 5 Sammeloptimierung durch Aufklärung	61
Tabelle 13	Zusammenfassung Maßnahme 6 Vorbehandlung	63
Tabelle 14	Zusammenfassung Maßnahme 7 Steuerreduktion.....	64
Tabelle 15	Zusammenfassung Maßnahme 8 Umweltlabel	66
Tabelle 16	Zusammenfassung Maßnahme 9 Grünes Beschaffungswesen.....	69
Tabelle 17	Kriterien für recyclingfähige Verpackungen und deren Relevanz für den Recyclingprozess nach der Sammlung angepasst nach Mantel und Schlotter (2017)	71
Tabelle 18	Kriterien für Bewertung der Recyclingfähigkeit mittels des Henkeltools EasyD4R® (Henkel AG & Co. KGaA 2020) am Beispiel einer Kunststofftubenverpackung	71
Tabelle 19	Zusammenfassung Maßnahme 10 Ökodesign.....	73
Tabelle 20	Zusammenfassung Maßnahme 11 Ökoeffektivität.....	76
Tabelle 21	Zusammenfassung Maßnahme 12 Recyclingfonds.....	78

Tabelle 22 Zusammenfassung Maßnahme 13 Selbstverpflichtung.....	80
Tabelle 23 Zusammenfassung Maßnahme 14 Substitutionsquoten	82
Tabelle 24 Zusammenfassung Maßnahme 15 Anlagenoptimierung	84
Tabelle 25 Beispielhafte Auswahl von Akteuren, die weitere Firmen im Kunststoffkreislauf erworben haben	85
Tabelle 26 Zusammenfassung Maßnahme 16 Akteursvernetzung	86
Tabelle 27 Charakterisierung der Maßnahmen	88
Tabelle 28 Zusammenfassung der Steigerungsmengen- und Kostenschätzungen für jede Maßnahme	90
Tabelle 29 Darstellung der Kennzahlen zur Bewertung der Maßnahmen	94

Abkürzungen

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
ASA	Acrylnitril-Styrol-Acrylat-Copolymer
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
CO ₂ -Äq.	CO ₂ -Äquivalentemissionen
DFR	Design-for-Recycling
EPEAT	Electronic Product Environmental Assessment Tool
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung
GPP	Green Public Procurement (Grünes öffentliches Beschaffungswesen)
KRU	Ressourcenkommission am Umweltbundesamt
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KS	Kunststoff
LVP	Leichtverpackung
NIR	Nahinfrarot
NKR	Normenkontrollrat
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für Entwicklung und Zusammenarbeit)
ÖEA	Ökoeffizienzanalyse
PA	Polyamid
PE-HD	Polyethylen hoher Dichte
PE-LD	Polyethylen niederer Dichte
PET	Polyethylenterephthalat
PMMA	Polymethylmethacrylat
PO	Polyolefine (Gruppe der PP- und PE-Kunststoffe)
Post-Consumer-Abfälle	Abfälle, die nach der Produktnutzung entstehen
PP	Polypropylen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
SAN	Styrol-Acrylnitril-Copolymer
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StNVP	Stoffgleiche Nichtverpackung
TEuro	Tausend Euro
UBA	Umweltbundesamt
VerpackG	Verpackungsgesetz
VerpackV	Verpackungsverordnung
vgl.	vergleiche

1 Einführung

Die Abfall- und Kreislaufwirtschaft spielt für die Erreichung einer nachhaltigen Lebensweise eine wichtige Rolle. Der optimale Umgang mit Reststoffen beziehungsweise Abfällen gilt als ein Schlüsselindikator, mit dem man den Zustand der Umweltverträglichkeit einer Gesellschaft bewerten und eine nachhaltige Zukunft aufbauen kann. Zum Beispiel wird die Menge an Siedlungsabfällen durch die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD neben dem Klimawandel, der Luftqualität, der Frischwasserqualität und weiteren als einer von 10 Schlüsselindikatoren für den Umweltschutz genannt (OECD 2004).

Ebenso wird auf europäischer Ebene der nachhaltigen Bewirtschaftung von Abfällen eine strategische Bedeutung beigemessen, beispielsweise bekannt gemacht im 4. Umweltzustandsbericht der Europäischen Kommission 2007 (EEA European Environment Agency 2007). Auch die Bundesregierung und die Vereinten Nationen haben in grundlegenden Strategiepapieren entsprechende Beachtung der Kreislaufwirtschaft gefordert als Voraussetzung für eine nachhaltige Zukunft (United Nations 2018; WBGU 2014).

Unter den verschiedenen Abfallfraktionen haben insbesondere die Kunststoffabfälle in den letzten Jahrzehnten steigende Aufmerksamkeit erfahren. Eine kurze Zusammenfassung der Wahrnehmung in der Öffentlichkeit wurde in Maletz (2020) veröffentlicht.

Die mengenmäßige Bedeutung wird in nachfolgender Grafik deutlich, in der die kumulierte Menge an Kunststoffabfällen mit Beginn der ersten industriellen Produktion in den fünfziger Jahren prognostiziert bis ins Jahr 2050 dargestellt wird.

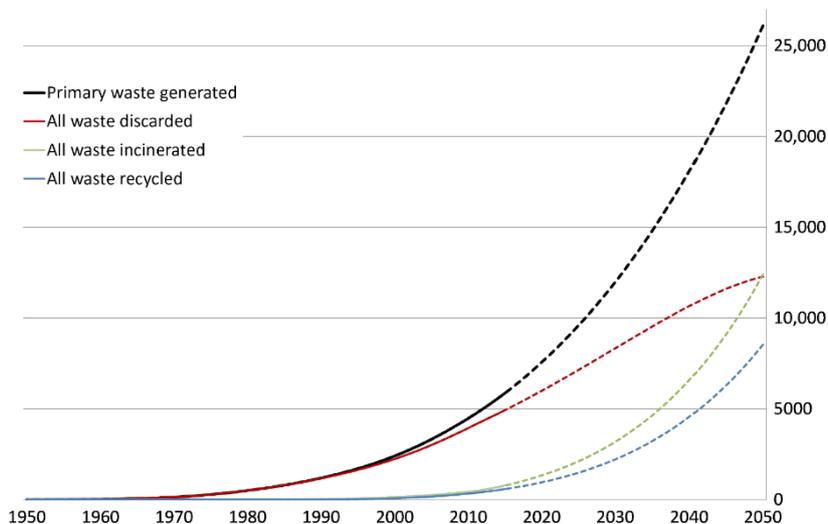


Abbildung 1 Kumulierte Kunststoffabfallmenge insgesamt angefallen global von 1950 – 2050 (Prognose ab 2015), Angaben in Millionen Mg (Geyer et al. 2017)

Das heißt, nach den bisherigen wissenschaftlichen Erkenntnissen wird davon ausgegangen, dass die Kunststoffabfallmenge weiter in dem abgebildeten Maße zunimmt. Lebreton und Andrady (2019) gehen in ihrer Untersuchung davon aus, dass von diesen enormen Mengen große Anteile je nach Szenario von 50 bis 200 Millionen Tonnen jährlich als fehlbewirtschafteter Abfall in die Umwelt gelangen könnten. Um diese Prognosen in der gewünschten Richtung zu beeinflussen, sind umweltpolitische Vorgaben und deren Optimierung erforderlich.

1.1 Zielstellung der Arbeit

Die Arbeit hat zum Ziel, mögliche umweltpolitische Vorgaben beziehungsweise wirtschaftliche Maßnahmen hinsichtlich des Steigerungseffekts beim Einsatz von Kunststoffzyklat und des gesellschaftlichen Kostenaufwandes zu quantifizieren. Damit können diese Maßnahmen in Bezug auf Ihre Wirksamkeit beziehungsweise ihre Effizienz bewertet werden. Ein Mehreinsatz von Rezyklat bedeutet dabei einen geringeren Ressourcenverbrauch und eine Reduktion der damit verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt. Damit leistet ein verbessertes Kunststoffrecycling einen Beitrag zur Nachhaltigkeit und zu einem langfristig ausgeglichenen anthropogenen Stoffhaushalt auf der Erde.

Die Analyse der verschiedenen komplexen Ansätze in dieser Arbeit soll ein Vorschlag für eine Bewertungsmethode sein und als Handlungsempfehlung für umweltpolitische und wirtschaftliche Entscheidungen dienen, um auf die

wirksamsten Maßnahmen zu fokussieren. Dabei sind die unterschiedlichen Interessenlagen der beteiligten Akteure zu berücksichtigen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in einen Grundlagenteil und einen Untersuchungsteil. In ersterem werden die abfall- und kreislaufwirtschaftlichen Grundlagen vorgestellt, die für das Verständnis der Untersuchungen erforderlich sind. Weiterhin wird in diesem Teil in die Thematik der Kunststoffe und deren Kreislaufführung mit den dazugehörigen Aspekten des Recyclings und der Verwertung eingeführt. Im zweiten Teil der Arbeit werden nach Vorstellung der verwendeten Methodik die ausgewählten Maßnahmen charakterisiert und ein Steigerungseffekt für die bereitstellbare Rezyklatmenge abgeschätzt. Gleichzeitig werden durch Analyse der damit verbundenen Aufwendungen für Wirtschaft und Verwaltung Kostenschätzungen für jede Maßnahme ermittelt. Abschließend werden die Annahmen zu Kosten und Steigerungseffekten hinsichtlich ihrer Validität bewertet, ausgewertet und mittels Sensitivitätsanalysen auf ihre möglichen Schwankungen untersucht. Es werden Schlussfolgerungen abgeleitet, welche dieser politischen und wirtschaftlichen Maßnahmen eine höhere Steigerungseffizienz besitzen. Im Ausblick wird erörtert, wie der methodische Ansatz zukünftig verfeinert werden kann.

2 Grundlagen

Die Rezyklierung von Kunststoffen ist ein wichtiger Bestandteil der Kreislaufwirtschaft, da diese eine hohe Umweltrelevanz und ein großes ökonomisches Potenzial besitzen (Rudolph et al. 2020). Kunststoffe dienen dabei als gutes Beispiel, an dem die Herausforderungen deutlich werden, die zur Erreichung einer umfassenden Kreislaufwirtschaft bewältigt werden müssen.

2.1 Einordnung in die Kreislaufwirtschaft

2.1.1 Paradigma der Kreislaufwirtschaft

Die Erde hat in Bezug auf die natürlichen Rohstoffvorkommen bekanntermaßen natürliche Grenzen. Dies wurde zum Beispiel im Umweltgutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen als Titel gewählt (SRU 2012). Jedoch nimmt durch die Wohlstandsentwicklungen in den aufstrebenden

Volkswirtschaften weltweit die Nachfrage nach verschiedenen Konsumgütern und somit die benötigte Menge an Ressourcen und gleichzeitig die anfallende Menge an Abfällen erheblich zu. Um die primäre Ressourcenbeanspruchung dabei zu reduzieren, müssen die vorhandenen Stoffströme möglichst lange genutzt, also zirkuliert werden. Eine der wichtigsten Aufgaben einer solchen Kreislaufwirtschaft ist es im Sinne der Nachhaltigkeit, zu einer Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourcenverbrauch beizutragen. Der Autor selbst fasst diese Grunderkenntnis in Maletz et al. (2018) folgendermaßen zusammen: Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Produktionskreisläufe künftig so konstruiert werden, dass sie mit möglichst wenig Primärmaterial auskommen. Recyclingmaterial aus Abfällen wäre dann der wichtigste Rohstoff neuer Produkte.

Der Begriff der Kreislaufwirtschaft stellt somit eines der wichtigsten Paradigmen bezogen auf eine nachhaltige Entwicklung dar.

Ghisellini et al. (2016) führten in einem Review eine Untersuchung zu wissenschaftlichen Definitionen des Kreislaufwirtschaftsbegriffs durch. Darin wurden die wichtigsten Kriterien und Eigenschaften einer Kreislaufwirtschaft, deren Bewertung und deren Vor- und Nachteile evaluiert. Kreislaufwirtschaft soll dabei helfen, die Ressourceneffizienz zu verbessern und eine bessere Verträglichkeit zwischen Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft herstellen.

Für Lieder und Rashid (2016) wird das Konzept der Kreislaufwirtschaft genutzt, um die mit der Abfallentstehung und der Ressourcenverknappung verbundenen (Umwelt)probleme zu bewältigen, aber auch, um wirtschaftliche Vorteile zu ermöglichen. Ebenjane untersuchten die Aspekte der Kreislaufwirtschaft mittels eines umfassenden Reviews mehrerer Ansätze zur Beschreibung und Bewertung der Kreislaufwirtschaft.

Kirchherr et al. (2017) erfassten aus 114 Veröffentlichungen die Definitionen von „Kreislaufwirtschaft“. In ihren Schlussfolgerungen wurden die drei Grundprinzipien Vermeidung, Wiederverwendung und Recycling als maßgebliche Definition des Kreislaufwirtschaftsbegriffs ausgemacht, die in allen untersuchten Begriffsbestimmungen genutzt werden. Vereinfacht kann in Bezug auf das Kunststoffrecycling behauptet werden: je mehr Kunststoff(abfall)e rückgeführt und tatsächlich wieder eingesetzt werden, desto mehr Kreislaufwirtschaft wird betrieben.

2.1.2 Entwicklung der Kreislaufwirtschaft

Beim ökonomischen Modell der Kreislaufwirtschaft handelt es sich um ein Paradigma, welches mit der Jahrtausendwende Eingang in wissenschaftliche Betrachtungen gefunden hat (Lieder und Rashid 2016). Nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Veröffentlichungen, die sich mit dem Kreislaufwirtschaftsbegriff beschäftigen.

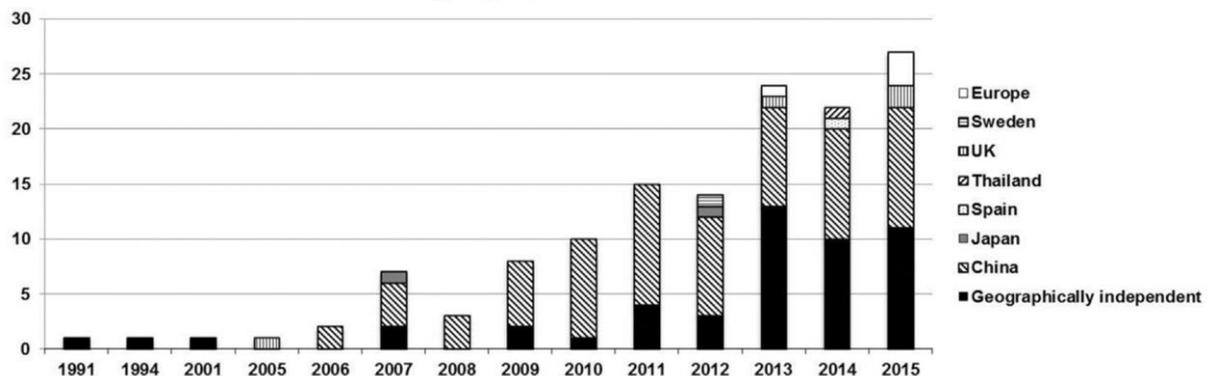


Abbildung 2 Entwicklung der Zahl an Veröffentlichungen zum Thema Kreislaufwirtschaft von 1991 – 2015 (Lieder und Rashid 2016)

Unser Umgang mit Ressourcen war bis fast zum Ende des 20. Jahrhunderts von einer linearen Wirtschaftsweise geprägt, die mit der Entnahme von Rohstoffen aus den natürlichen Quellen begonnen hat und welche nach deren Verarbeitung und Gebrauch einer Entsorgung in Deponien bzw. einer Verbrennung zugeführt wurden. Diese Abfallentsorgung entsprach vorrangig einer ordnungsrechtlichen Aufgabe der Aufrechterhaltung der Siedlungshygiene durch Vermeidung der Verbreitung von Keimen und damit verbundenen Krankheiten. Umweltschutzaspekte wurde erst später berücksichtigt. Dabei standen zuerst eine möglichst schadlose Deponierung und damit eine Ausschleusung aus den zivilisatorischen Prozessen im Vordergrund.

Erst mit steigendem Wohlstand und der starken Vergrößerung von werthaltigen Abfallströmen, wie zum Beispiel den Verpackungsabfällen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, fand der Recyclinggedanke, also die Nutzung von sekundären Stoffströmen immer mehr Beachtung. Die Erkenntnis, dass eine nachhaltige Lebens- beziehungsweise Wirtschaftsweise nur durch eine umfassende Zirkulierung der entnommenen Ressourcen möglich ist, setzte sich also erst mit

der verbreiteten Formulierung des Kreislaufwirtschaftsgedankens um die Jahrtausendwende durch (Deutz 2020).

2.1.3 Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung

Gemäß den Zielen der OECD und der UN sowie der nationalen Strategie (vgl. Kapitel 1) ist die Kreislaufwirtschaft eine der Grundlagen für eine nachhaltige Entwicklung. Solange nicht erneuerbare Ressourcen wie Kunststoffe aus fossilen Quellen nicht mindestens mit höchstmöglicher Sparsamkeit eingesetzt werden, kann keine nachhaltige Lebensweise auf der Erde etabliert werden. Ebenso kann nachhaltiges Wachstum durch eine Kreislaufwirtschaft erzielt werden (Busu und Trica 2019).

Daneben ist die Kreislaufwirtschaft notwendig für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Nur mit ihr lassen sich Emissionen, die durch die Bereitstellung fossiler Rohstoffe klimawirksam entstehen, vermeiden. Die Notwendigkeit einer zirkulären Wirtschaft erfordert Transformationsmaßnahmen, um die Lebensgrundlage und unsere Lebensweise für die kommenden Generationen zu sichern. Beispielsweise kann mit der umfassenden Einführung einer Kreislaufwirtschaft die wirtschaftliche Entwicklung von den ökologischen Auswirkungen des menschlichen Handelns entkoppelt werden (Ghisellini et al. 2016).

2.1.4 Bewertung der Erreichung einer Kreislaufwirtschaft

Um zu bewerten, in wie weit die Kreislaufwirtschaft entwickelt ist, ist sie mit geeigneten Kriterien einzuschätzen. Bisher wurde die Bewertung überwiegend mit der Leistungsfähigkeit des Recyclingsektors in Form von Recyclingquoten wiedergegeben. Nachfolgende Darstellung gibt beispielhaft die Recycling- oder stofflichen Verwertungsquoten an, wie sie in Deutschland durch das Verpackungsgesetz vorgeschrieben werden.

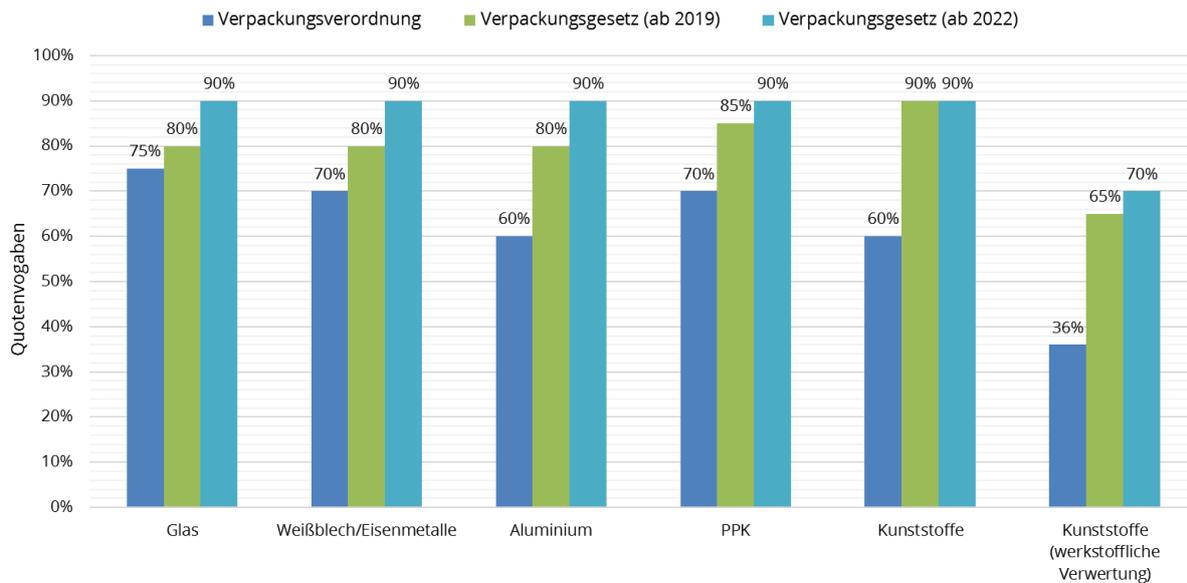


Abbildung 3 Gesetzliche Verwertungsquoten für Verpackungen gemäß Verpackungsgesetz (VerpackG), eigene Darstellung

Diese spiegeln den Grad der Erreichung einer Kreislaufwirtschaft nur unzureichend wider, da sie keinen Bezug zu den gesamthaft eingesetzten Materialströmen nehmen, also den Produktionsmengen inklusive dem Primär Materialeinsatz.

Es gibt mehrere wissenschaftliche Ansätze für die Bewertung des tatsächlichen Erreichungsgrads einer Kreislaufwirtschaft. Den Anteil an sekundärem, aus Abfällen gewonnenem Material in Bezug zu primären Ausgangsstoffen zu setzen, stellt eine sinnvolle Bewertungsbasis dar. Die Wiedereinsatz- oder Substitutionsquote der gesamten Kunststoffverarbeitungs-menge durch Recyclingmaterial bezogen auf den gesamten Stoffstrom Kunststoffe kann, neben anderen als Schlüsselindikator zur Bewertung der Kreislaufwirtschaft von Materialien genutzt werden (Schulte 2020).

Maletz et al. (2018) zeigten, dass diese Substitutionsquoten deutlich geringer sind als die geforderten Recyclingquoten. Die Nutzung von Substitutions- oder Wiedereinsatzquoten wurde auch bereits von der Ressourcenkommission des Umweltbundesamtes vorgeschlagen (KRU 2019). Nachfolgend sind die Anteile an Rezyklatmaterial am gesamten Stoffeinsatz von Kunststoffen unterschieden nach den wichtigsten Einsatzfeldern für Deutschland und Europa dargestellt. Daraus wird ersichtlich, wie stark sich die Wiedereinsatzquote zum Beispiel für Verpackungskunststoffe (9%) von der geforderten Verwertungsquote (65% für 2019) aus Abbildung 3 unterscheidet.

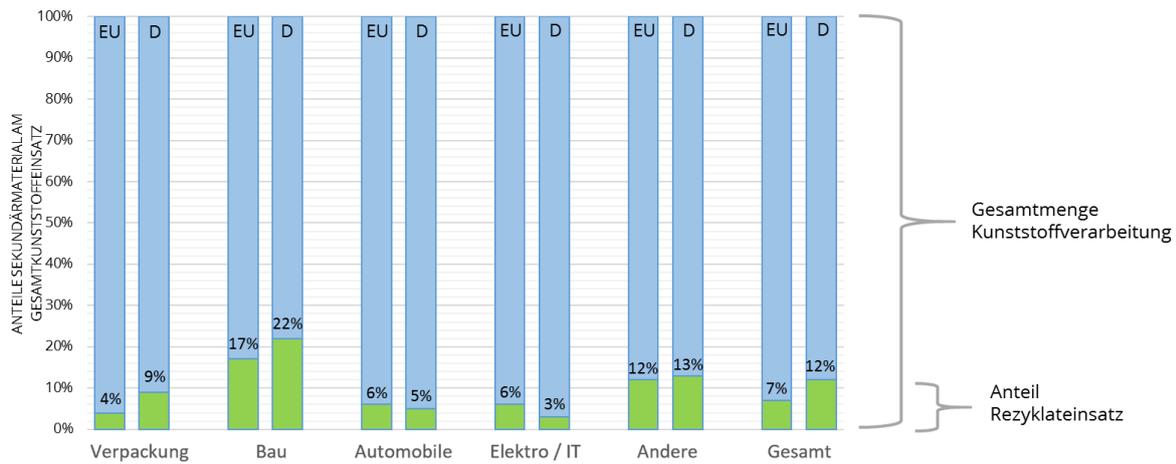


Abbildung 4 Anteile an eingesetztem Kunststoffrecykat nach Branche für Europa aus Maletz (2020) mit Daten aus Europa (Deloitte 2017) und Deutschland (Conversio 2018)

2.2 Der Stoffstrom Kunststoffe

Kunststoffe wurden im Zuge der Industrialisierung im 19. Jahrhundert erstmals genutzt, angefangen mit der Entwicklung des synthetischen Kautschuks. Seitdem haben sich Kunststoffe sehr stark verbreitet und finden heute in allen Lebensbereichen Anwendung. Einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Kunststoffe gibt nachfolgende Abbildung. Sie verdeutlicht gleichzeitig ansatzweise, dass sich ein sehr großes Materialspektrum herausgebildet hat und dass in ihrer Herstellung und Charakteristik sehr verschiedene polymere Stoffe unter dem Begriff Kunststoffe zusammengefasst werden. Entscheidend für die Zuordnung zum Kunststoffbegriff ist der polymere Aufbau aus gleichartigen Molekülen, welche aus biogenen, meistens aber erdölbasierten Rohstoffen bestehen.

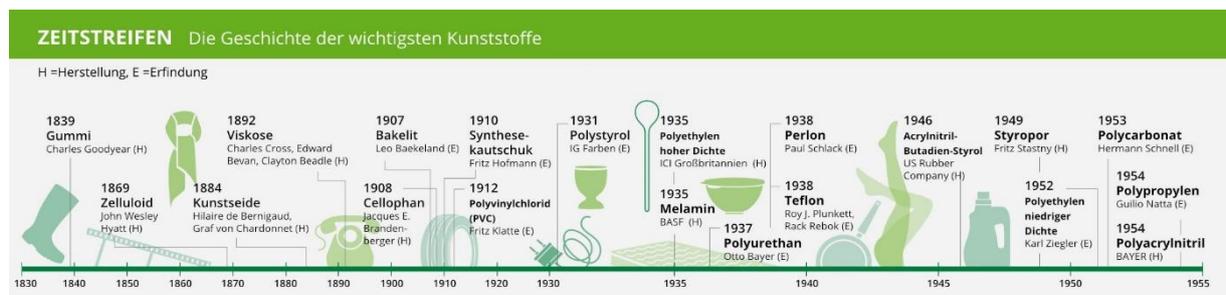


Abbildung 5 Erfindung verschiedener Kunststoffe angepasst nach BUND (2019)

Kunststoffe sind Wertstoffe im kreislaufwirtschaftlichen Sinne, da sie prinzipiell nach Ausschleusung aus dem Abfallstrom zu sekundären Materialien mit positivem Marktwert verarbeitet werden können. Weitere Wertstoffe neben den hier betrachteten Kunststoffen sind vor allem Glas, Papier, Metalle, Elektrogeräte, andere biogene Materialien als Papier wie Holz, aber auch mineralisches Material wie Steine, Betone und Baumaterialien. Ziel eines nachhaltigen Wirtschaftens ist es, alle Materialien, die aufgrund ihres geringen Schadstoffgehaltes und ihrer Verwertbarkeit geeignet sind, im Kreislauf zu führen. Die anderen nicht rezyklierbaren Stoffströme, wie beispielsweise der möglichst gering zu haltende Teil an Restabfällen, sollen dann über die thermische Behandlung (und Verwertung der dabei anfallenden Rückstände) als Schadstoffsенke für die Kreislaufwirtschaft dienen.

Durch den investiven Mehraufwand für die Recyclinginfrastruktur gegenüber der Nutzung von Primärmaterialien stehen Kunststoffabfälle und daraus erzeugte sekundäre Rohstoffe in Konkurrenzsituation zu den Primärmaterialien.

In vorliegender Arbeit sollen Kunststoffprodukte und daraus resultierende Abfälle für den Wirtschaftsraum Deutschland betrachtet werden. Diese werden hinsichtlich ihrer Eigenschaften und ihres Aufkommens in den nächsten Abschnitten vorgestellt.

2.2.1 Charakterisierung des Materials Kunststoff

Kunststoffe kann man definieren als alle nicht natürlichen, aus polymeren Strukturen zusammengesetzte organische Verbindungen, die im allgemeinen Sprachgebrauch auch Plaste oder Plastik (engl. plastics) genannt werden.

In dieser Arbeit wird sich dabei auf die festen Materialien beschränkt, also beispielsweise Lacke und Farben ausgeschlossen. Eine Übersicht über die Einteilung der (festen) Kunststoffe gibt nachfolgende Abbildung (Domininghaus et al. 2008).

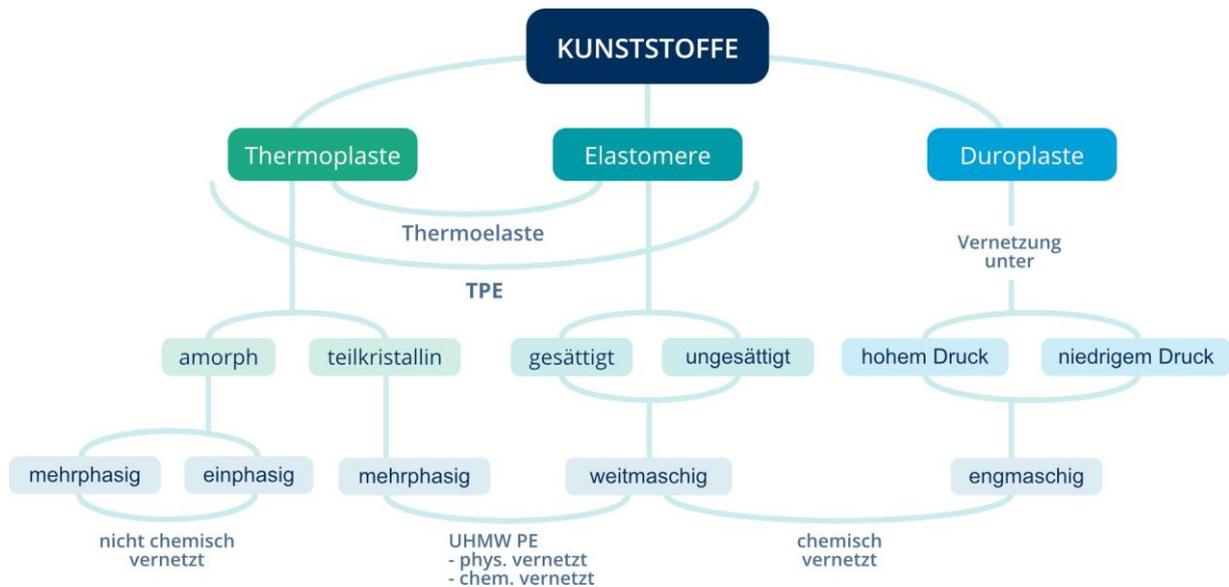


Abbildung 6 Einteilung der Kunststoffe nach Ihrer Struktur nach Dominghaus et al. (2008)

Die Begriffe Kunststoffe und Polymere werden der Empfehlung aus einem Standardwerk für Kunststoffe folgend synonym verwendet (Dominghaus et al. 2008).

Kunststoffe haben ein weit gefächertes Anwendungsfeld. Es gibt nach Angabe des Fachverbandes der Chemieindustrie ungefähr 200 verschiedene Kunststoffsorten (FCIO 2020). In dieser Arbeit soll sich auf die konventionellen sogenannten Massenkunststoffe konzentriert werden. In den Berechnungen der Steigerungsmaßnahmen werden weiter einschränkend vor allem die mengenmäßig dominierenden Thermoplaste betrachtet.

Es gibt daneben noch die Einteilung in Standardkunststoffe sowie in technische oder Hochleistungskunststoffe. Der genannte Massenkunststoffstrom der Thermoplaste wird den Standardkunststoffen zugeordnet.

Technische Kunststoffe besitzen bessere Eigenschaften, zum Beispiel in Bezug auf Festigkeit und Temperaturbeständigkeit. Bekannte Vertreter sind zum unter anderem Polyamid (PA), das für Maschinenteile verwendet wird oder Polycarbonat bzw. Fasern wie Nylon. Polycarbonat wird für die Herstellung von CDs oder Schutzhelmen verwendet. Ebenso zu den technischen Kunststoffen gehört Polyethylenterephthalat (PET), was bekanntermaßen in Getränkeflaschen, Folien, Zahnrädern und Schlafsackfüllungen aber auch in großem Umfang für Textilfasern verwendet wird. Weiterhin gibt es noch Polymethylmethacrylat (PMMA) für

Autorückstrahler, Kontaktlinsen, Solarien, transparente Lärmschutzwände und fluorierte Kunststoffe, wie zum Beispiel Teflon in der Verwendung als Antihaf-Beschichtung für Bügeleisen, Pfannen sowie für atmungsaktive Textilien (Gore-Tex) und Dichtungen. Auch die Polyurethane gehören dazu und die Phenol-, Harnstoff- und Melaminharze, die für Schaltergehäuse, Verteilerkästen, Spulenkörper, Laminatfußböden, Möbelplatten eingesetzt werden (FCIO 2020). Dieser Fachverband schätzt den Anteil an technischen Kunststoffen an der Gesamtverarbeitungs-menge auf circa. 20%. Diese Aufzählung sei hier deshalb erwähnt, weil auch in diesem Anwendungsfeld zukünftig Recyclinglösungen erforderlich sind, auch wenn diese in dieser Arbeit nur am Rande Berücksichtigung finden.

Hochleistungskunststoffe für spezielle Anwendungen und mit hochspezifischen Rezepturen machen ca. 0,2 % am Kunststoffverbrauch aus. Diese haben eine oder mehrere besondere Eigenschaften. Vertreter sind Polyaryletherketone (PAEK), Polyimide (PI), Polyphenylensulfid (PPS) oder flüssigkristalline Kunststoffe (LCP) (FCIO 2020).

2.2.2 Mengen von Kunststoffen und Kunststoffabfällen

Im Jahr 2018 wurden weltweit insgesamt circa 360 Millionen Mg Kunststoffe hergestellt. Das jährliche Abfallaufkommen an Kunststoffabfällen wurde mit ungefähr 250 Millionen Mg abgeschätzt, davon wurden ungefähr 170 Millionen Mg einer Sammlung zugeführt, für die restliche Menge muss von einer unkontrollierten Ablagerung bzw. von einem Output in die Umwelt ausgegangen werden (Conversio 2019).

Geyer et al. (2017) ermittelten für das Jahr 2015 eine Kunststoffproduktionsmenge von 407 Millionen Mg und eine Menge an Kunststoffabfällen von 302 Millionen Mg, so dass damit die Größenordnung der Abschätzung von Conversio (2019) bestätigt werden kann.

Insgesamt wurden seit Beginn der Entwicklung von Kunststoffen 8,3 Milliarden Mg hergestellt, davon sind bisher 5,7 Milliarden Mg als Abfall angefallen, die verbleibenden 2,6 Milliarden Mg akkumulierten sich demnach im anthropogenen Lager (Geyer et al. 2017).

Aufgrund ihrer großen Verteilung und Sichtbarkeit in der Umwelt ist es besonders für diesen Stoffstrom wichtig, ihn durch eine umfassende, geschlossene Kreislaufführung aus den Umweltkompartimenten herauszuhalten.

Conversio aktualisiert für Deutschland regelmäßig das Stoffstrombild für Kunststoffe, welches über Branchenabfragen und Auswertung von Abfallstatistiken erstellt wird. Darin wurde für 2017 ermittelt, dass in Deutschland 14,3 Millionen Mg an Kunststoffen verarbeitet wurden, wovon 11,8 Millionen Mg in Deutschland verblieben und nach ihrem Gebrauch zu Abfällen werden können bzw. einer Verwertung zugeführt werden müssen (Conversio 2018). Durch das breite Anwendungsfeld von Kunststoffen ergeben sich auch entsprechend unterschiedliche Lebensdauern von Kunststoffprodukten. Damit fallen jährlich nur 43% der Kunststoffprodukte aufgrund Langlebigkeit, Exportanteil und sonstigen Verlusten als direkt nutzbare Kunststoffabfälle, also aus Ausgangsmaterial für Sekundärrohstoffe, an (Alwast 2020).

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die aktuelle Kreislaufführung des Materials Kunststoff in Deutschland.

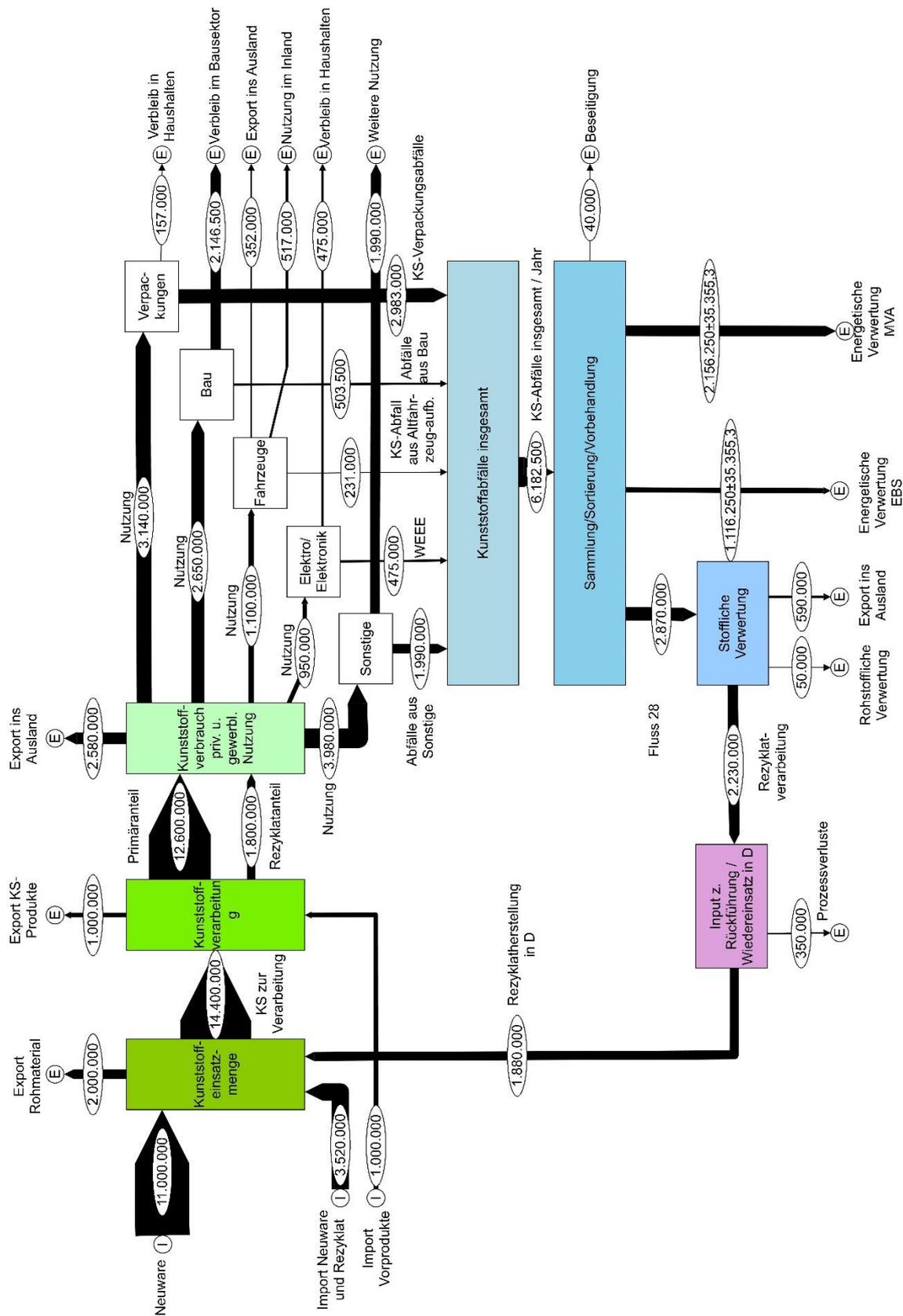


Abbildung 7 Übersicht über den Kreislauf des Stoffstroms Kunststoffe in Deutschland (Bezugsjahr 2017) angepasst nach Conversio (2018)

Von den 6,2 Millionen Mg Kunststoffabfällen im Jahr 2017 fallen 2,2 Millionen Mg direkt als Bestandteil im Restabfall oder von gemischten Abfällen wie Gewerbe- und Baumischabfällen sowie als Sortierreste und Schredderrückstände an. Diese Mengen werden bisher nur in geringem Umfang werkstofflich recycelt (Alwast 2020). Damit ist dieser Teil für eine Rückführung in den Produktionskreislauf nicht beziehungsweise nur unzureichend verfügbar. Dies wird auch in Tabelle 1 deutlich, in welcher die Mengen der Kunststoffabfälle nach Ihren Anfallorten aufgelistet sind.

Tabelle 1 Mengen der verwerteten Kunststoffabfälle nach Anfallorten in Deutschland 2017 (ohne die Mengen zur Beseitigung, die lediglich 40.000 Mg ausmachen) nach Conversio (2018)

Anfallorte der Kunststoffabfälle in D		Verwertung insgesamt	stoffliche Verwertung	Anteil stofflicher Verwertung	Energetische Verwertung
		in 1.000 Mg	in 1.000 Mg		in 1.000 Mg
Gewerbliche Endverbraucher	Gewerbeabfälle über private Entsorger	1.197	319	27%	878
	Haumüllähnliche Gewerbeabfälle über öffentlich-rechtliche Entsorger (örE)	217	0	0%	217
	Schredderbetriebe (nur Altkarossen) incl. Autoverwerter & Reparaturwerkstätten	182	46	25%	136
	Sammel- und Verwertungssysteme für gewerbliche Verpackungen (auch Transport- und Umverpackungen)	418	269	64%	149
	Sonstige Sammlungs- und Verwertungssysteme (AgPR, Kunststoffrohrverband, Dachbahnen, Rewindo etc.)	121	105	87%	16
Private Haushalte	Verkaufsverpackungen (Duale Systeme, herstellergetragene Rücknahmesysteme)	1.551	1.161	75%	390
	Restmüll Haushalte	1.011	0	0	1.011
	Sperrmüll Haushalte (z.B. Möbel, Teppiche etc.)	197	48	24%	149
	Wertstoffsammlung (an örE abgegeben im Bringsystem)	63	32	51%	31
	E+E Schrott aus Privathaushalten, Gewerbe & Industrie (Rücknahme über örE, Wertstoffhöfe, Handel & private Entsorger)	209	44	21%	165
Kunststoffproduzenten	66	46	70%	20	
Kunststoffverarbeiter (Extrusions-Spritzgussabfälle aber auch aus Weiterverarbeitung)	883	803	91%	80	
Gesamt	6.115	2.873	47%	3.242	

Betrachtet man die Anteile an stofflicher Verwertung an der gesamthaft verwerteten Menge, ergeben sich für die jeweiligen Anfallorte große Unterschiede. Die höchsten und niedrigsten sind in der Spalte „Anteil stofflicher Verwertung“ entsprechend grün beziehungsweise rot markiert. Es wird deutlich, dass vor allem

über die Restabfallentsorgung und gewerblichen Abfälle große Mengen an Kunststoffabfällen energetisch verwertet werden. Zum Beispiel gelangen die Kunststoffabfälle im Gewerbeabfallstrom (1. Zeile der Tabelle) überwiegend in die energetische Verwertung, von 1,2 Millionen Mg werden 0,9 Millionen energetisch verwertet. Somit stehen diese für eine Rezyklatherstellung nicht mehr zur Verfügung. Die in der Arbeit ausgewählten und betrachteten Maßnahmen beziehen sich überwiegend auf spezifische Anfallorte beziehungsweise Abfallströme, aus denen größere Mengen für eine Rezyklatherstellung generiert werden sollen.

Betrachtet man die Aufteilung der Kunststoffabfälle nach Kunststoffarten siehe Tabelle 2 wird ersichtlich, dass nur wenige Polymere den überwiegenden Anteil ausmachen. Es handelt sich dabei um die auch als Massenkunststoffe bezeichneten Sorten PE-LD, PE-HD, PP, PVC und PET mit einem Anteil von 77 % aller Kunststoffabfälle. Steger et al. (2019) bezeichnete diese 5 Kunststoffe auch als die ressourcenrelevanten Sorten.

Tabelle 2 Kunststoffabfälle nach Kunststoffarten in Deutschland 2017 nach Conversio (2018)

Kunststoffarten	Kunststoffabfälle insgesamt	Kunststoffabfälle Post-Consumer	Kunststoffabfälle aus Produktion und Verarbeitung
	in 1.000 Mg	in 1.000 Mg	in 1.000 Mg
PE-LD/LLD	1.563	1.424	139
PE-HD/MD	821	698	123
PP	1.033	873	160
PS	298	272	26
PS-E	125	100	25
PVC	694	569	125
ABS, ASA, SAN	106	81	25
PMMA	35	29	6
PA	90	64	26
PET	638	587	51
Sonst. Thermoplaste²⁾	139	98	42
PUR	264	200	65
Sonstige Kunststoffe	346	206	140
Gesamt	6.154	5.201	953
Menge PE, PP, PVC und PET	4.749	4.151	598

Ebenso hilfreich ist die Kenntnis über die Aufteilung der Kunststoffabfälle nach deren Herkunft aus den Wirtschaftsbereichen beziehungsweise Sektoren. In nachfolgender Tabelle 3 kann man erkennen, dass der Verpackungsbereich den jeweils höchsten Anteil an allen Kunststoffabfällen (ca. 60%) sowie der gesamten Kunststoffproduktion (27%) ausmacht. Damit wird das hohe Potenzial deutlich, auch wenn es sich dabei um ein Anwendungsfeld mit hohen Anforderungen an die Qualität der verwendeten (sekundären) Materialien handelt, insbesondere in sensiblen Bereichen wie den Lebensmittelverpackungen. Parallel dazu besitzen Kunststoffe im Verpackungsbereich die kürzesten Lebensdauern, wodurch sich die Notwendigkeit einer Zirkulierung entsprechenden Materials zusätzlich erhöht.

Tabelle 3 Kunststoffabfälle aus dem Post-Consumer-Bereich aufgeteilt nach Sektoren nach Conversio (2018)

Einsatzfelder / Sektoren	Post-Consumer-Abfälle	Anteil am Aufkommen an Kunststoffabfällen	Anteil am Kunststoffverbrauch
	in 1.000 Mg		
Verpackung	3.081	59%	27%
Bau	495	10%	23%
Fahrzeuge	232	5%	9%
Elektro / Elektronik	307	6%	8%
Haushaltswaren, Sport, Spiel, Freizeit	158	3%	5%
Landwirtschaft	277	5%	5%
Sonstiges ¹⁾	651	13%	23%
Gesamt	5.201	100%	100%

Das Mengenpotenzial im Verpackungsbereich ist im Zuge der Entwicklung der Verpackungsverordnung und des -gesetzes verschiedentlich untersucht worden. Beispielhaft sei die Untersuchung von Bünemann (2011) erwähnt, welche in nachfolgender Abbildung die Mengenpotenziale hervorhebt, die sich mit einer zusätzlichen Wertstoffeffassung über die Dualen Systeme für den Verpackungsbereich ergeben würden.

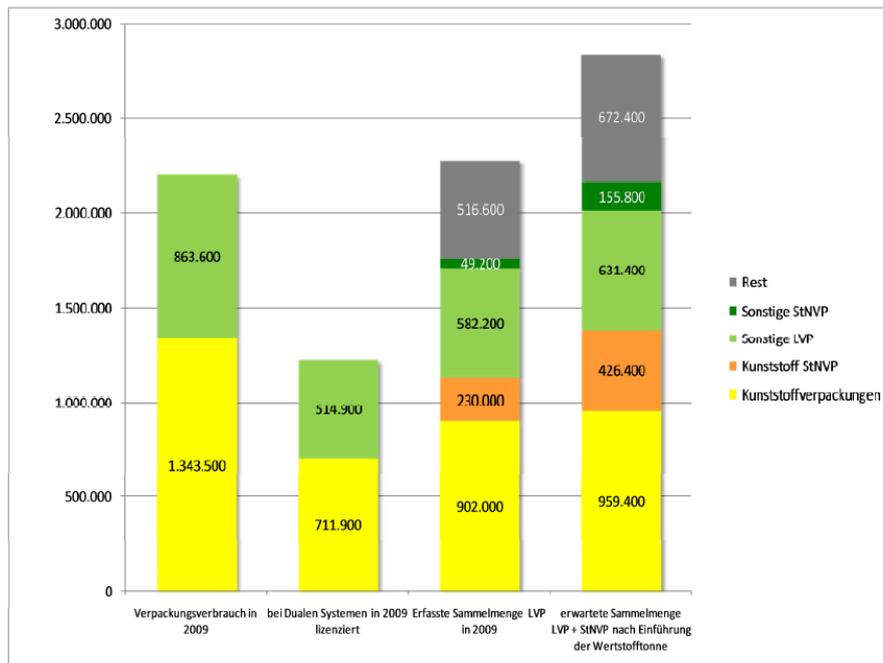


Abbildung 8 Übersicht über die Mengen an Kunststoffverpackungen, welcher als Abfall über das Duale System erfasst wurde und sich daraus ergebende Mengenpotenziale nach Bünemann (2011)

Neben den Verpackungsabfällen sind in allen Sektoren Potenziale für Steigerungen vorhanden. Mit den in Kapitel 4 vorgestellten Steigerungsmaßnahmen wurde versucht, die Potenziale aus allen Einsatzfeldern abzubilden. Die Zuordnung zu den Herkunftsbereichen, den Kunststoffsorten und den wirtschaftlichen Sektoren wird dort jeweils spezifisch vorgestellt. Jede der betrachteten Maßnahmen zielt also auf Steigerungseffekte für ausgewählte Abfallgruppen ab, so dass sich für die gesamte Kunststoffbranche ein vollständiges Bild des Mengenpotenzials für den erhöhten Rezyklateinsatz ergibt.

2.2.3 Relevante Eigenschaften

Durch die chemischen Konfigurationsmöglichkeiten von Kunststoffen entstehen komplexe Verbindungen, die bei der Herstellung durch eine spezifische Rezeptur an Additiven auf die vielfältigen Produktanforderungen angepasst werden können. Sowohl die Ausgangs- als auch eigenschaftsverbessernde Zusatzstoffe sind in den letzten Jahren sehr umfangreich geworden, wodurch sich eine große Herausforderung bei der Rückführung in Produktionskreislauf aus einem gemischten Stoffstrom ergibt.

Entsprechend Ihrer Anwendung sind bei der Verarbeitung von Kunststoff(abfällen) folgende Produkteigenschaften maßgeblich.

Tabelle 4 Übersicht der relevanten Eigenschaften / Kriterien bei der Herstellung von Kunststoffen nach Dominghaus et al. (2008)

Eigenschaft	Beschreibung
Beanspruchungsdauer	Beanspruchungsfrequenz, zeitliche Dauer von Belastungs- und Entlastungsphasen
Beanspruchungshöhe und Beanspruchungsart	Zug-, Druck-, Biege-, Scherbeanspruchung; mehrachsige Beanspruchung
Betriebstemperatur	Temperaturbeständigkeit, Anwendung in hohen und niederen Temperaturbereichen
Umwelteinflüsse	Einwirkung der Witterung (Sonnenlicht, Wind, Regen, Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen) Einwirkung flüssiger, gasförmiger, dampfförmiger Chemikalien Einwirkung energiereicher Strahlung oder von Mikroorganismen
Verarbeitung	dem thermischen oder mechanischen Abbau, etwa beim Spritzgießen und Strangpressen; chemischen Reaktionen wie Oxidation oder HCl-Abspaltung; Orientierung der Makromoleküle beim Spritzgießen, Strangpressen, Blasformen; Schädigung bei mechanischer Bearbeitung (Sägen, Fräsen, Bohren), eingesetzte Oberflächentechnik
Morphologie	Größe, Verteilung, Anteil der kristallinen Bereiche unterschiedliches spezifisches oder freies Volumen aufgrund der thermischen Vorgeschichte der Werkstoffe unterschiedliche Molekülorientierungen in verschiedenen Bereichen des Werkstoffes bzw. Formteiles; Molmasse, Molmassenverteilung, chemische Einheitlichkeit (Taktizität),
Formgebung	Kerbwirkung durch Formgebung oder Bearbeitung
Zusätze	Additive wie Farbstoffe, Pigmente, Stabilisatoren, verstärkende Stoffe, Haftvermittler, Formtrennmittel oder Flammschutzmittel u.v.a.

Grundsätzlich sind Kunststoffe aus polymeren Strukturen aufgebaut, die entweder aus gleichartigen, oder im Fall von sogenannten Copolymeren aus zwei oder mehreren verschiedenen Monomeren bestehen. Diese können dabei polar sein wie beispielsweise PET (Nylon) oder hydrophob wie die hier vorrangig Betrachtung findenden Massenkunststoffe PE, PP, PS. Für die gesteigerte Kreislaufführung ist das insofern relevant, da diese Eigenschaft Einfluss auf die Reinigungsfähigkeit bzw. das Anhaften von Verschmutzungen hat, die den Wiedereinsatz beeinträchtigen können.

Weiterhin entscheidend für die Kreislaufführung ist das Degradationsverhalten von Kunststoffen, welches durch in obiger Tabelle aufgeführten Einflüsse verursacht wird und bei der Konzeption von Kunststoffrezepturen berücksichtigt werden muss. Dabei kann man zwischen mechanischer, oxidativer und mechanisch oxidativer Degradation unterscheiden (Rudolph et al. 2020).

Es kommt durch alle drei Degradationsarten zu Brüchen oder Verletzungen innerhalb der Polymermolekülstruktur. Bei der mehrfachen Verarbeitung von

Kunststoffen, wie sie ja bei einer optimierten Kreislaufführung erhöht erfolgen soll, müssen diese Mehrbeanspruchungen bei der Ausgangsherstellung oder Neueinstellung der Eigenschaften des Sekundärmaterials berücksichtigt werden. Für die hier in der Arbeit behandelten Maßnahmen zur Rezyklatsteigerung (Kapitel 4) werden die damit verbundenen produktspezifischen Herausforderungen nur ansatzweise betrachtet, wurden aber bei der Abschätzung der Mengeneffekte reduzierend (qualitativ) berücksichtigt.

2.3 Recycling

2.3.1 Begriffsbestimmungen

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz definiert Recycling als „...jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden;...“ (KrWG).

Der Technikatlas erklärt den Recyclingbegriff so, dass ein Stoff oder Produkt bzw. Gut nach seinem Gebrauch zu dem wird, der er vorher war (Technikatlas 2016). Das bedeutet, dass beispielsweise aus einer alten Getränkeflasche durch Recycling wiederum eine Getränkeflasche hergestellt wird.

Praktisch angewendet wird der Begriff jedoch als Oberbegriff für alle Prozesse, bei denen aus Reststoffen, das heißt als Abfall deklarierte und mit einer entsprechenden Abfallschlüsselnummer versehene Materialien nach einer stofflichen Aufbereitung für die Produktion von Konsumgütern verwendet werden.

Es kann weiterhin in Komponenten- oder „Produkt“-recycling und zuvor genannten Recyclingoptionen unterschieden werden (Martens und Goldmann 2016). Erstgenanntes stellt beispielsweise die Wiederverwendung von Bauteilen für den gleichen Einsatzzweck dar, welches im streng rechtlichen Sinne jedoch kein Recycling darstellt. Diese Strategie als Bestandteil einer Wiederverwendungs- oder Abfallvermeidungsstrategie wird ebenfalls politisch stark gefördert, da insbesondere bei komplexen Produktgruppen große Energiemengen für die ansonsten erforderliche physikalische „Rekonfigurierung“ eingespart werden können. In vorliegender Arbeit geht es vorrangig um die Optimierung des Rezyklateinsatzes durch werkstoffliches Recycling. Eine Übersicht zu den beim Recycling entstehenden Sekundärmaterialien zeigt folgende Abbildung.

Stoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen

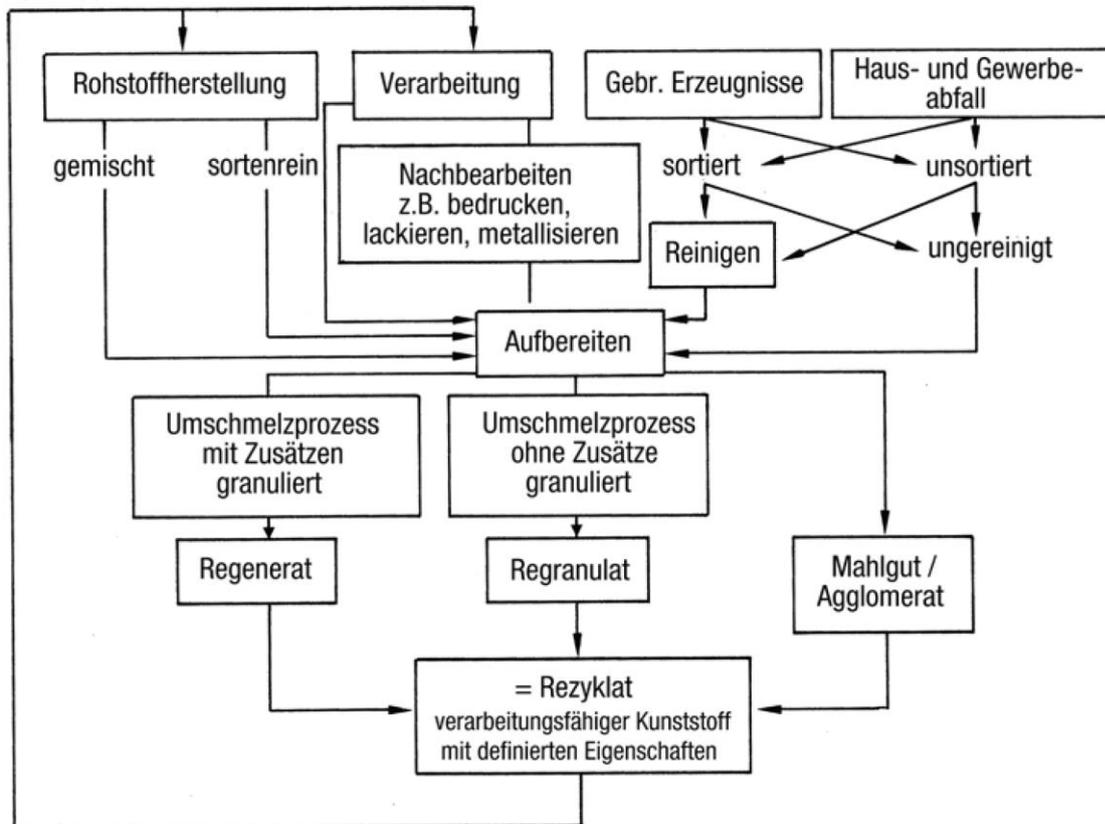


Abbildung 9 Recyclingschema bei der stofflichen Verwertung nach TecPart – Verband Technische Kunststoff-Produkte e.V., Frankfurt am Main aus (Baur et al. 2019)

2.3.2 Entwicklung des Recyclings

Die Entwicklung des Kunststoffrecyclings kann anschaulich durch entsprechende Quoten dargestellt werden. Beispielhaft sind die Quoten für die werkstoffliche Verwertung, also die Recyclingquoten gemäß Verpackungsgesetz (VerpackG) von 1991 bis 2016 in nachfolgender Abbildung ersichtlich. Der starke Anstieg zu Beginn der 90er Jahre ist auf die Einführung der Verpackungsverordnung und das Duale System zurückzuführen. Weiterhin sind die für die Kunststoffe bis in die heutige Zeit geringen Recyclingquoten von unter 60 % kennzeichnend für die Herausforderungen für diesen Stoffstrom.

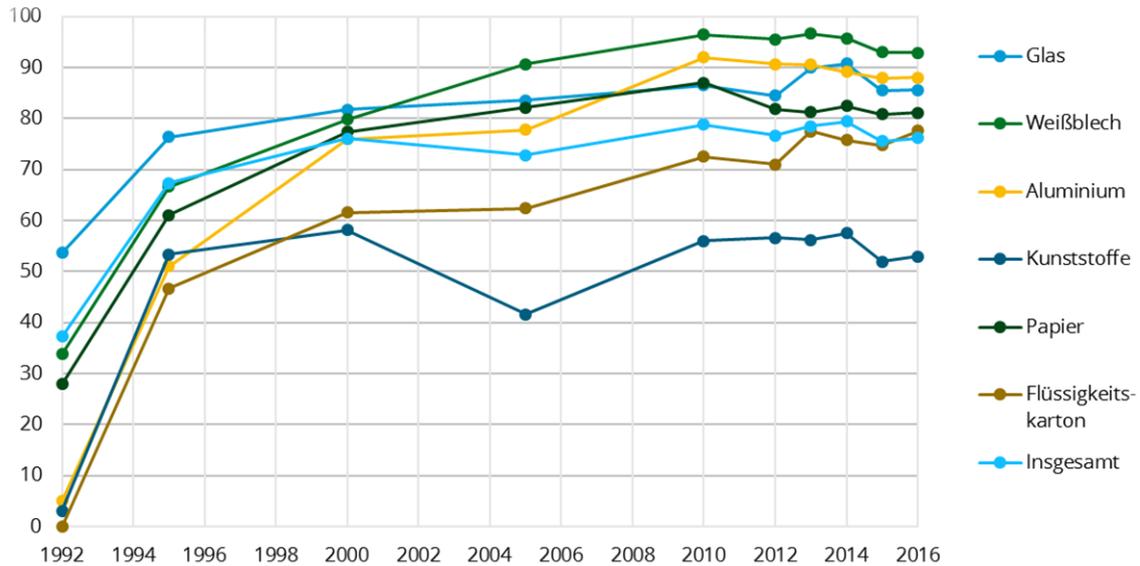


Abbildung 10 Entwicklung der Recyclingquoten für verschiedene Verpackungsmaterialien von 1991 bis 2016 nach GVM (2017) (zur besseren Darstellung wurde als Startdatum 1992 gewählt)

2.4 Kunststoffrecycling

Unter dem Recycling von Kunststoffen wird der gesamte Prozess der Rückführung kunststoffhaltiger Abfälle in den Produktionskreislauf zusammengefasst. Dazu gehört neben der getrennten Erfassung durch den Abfallerzeuger die Sammlung, Sortierung, also die Aufteilung auf die verschiedenen Kunststoffsorten, die Verarbeitung zu sekundären Ausgangsstoffen und der Wiedereinsatz in neuen Produkten. Die diesbezüglichen theoretischen Grundlagen sind zum Beispiel in Rudolph et al. (2020) veröffentlicht. Nachfolgende Abbildung zeigt die gesamten Prozessschritte in Abhängigkeit von der jeweiligen Wertschöpfung.



Abbildung 11 Prozesse bei der Rückführung von Kunststoffabfällen angelehnt an Böttcher (2015), Bilder: www.netto.de, Maletz

2.4.1 Aktuelle Herausforderung beim Kunststoffrecycling

In allen Schritten des vorgenannten Wertschöpfungsprozesses existieren Hemmnisse, die eine umfangreichere Kreislaufführung erschweren. Der Anteil des über den vorgenannten Recyclingprozess im Kreislauf geführten Materialstroms der Kunststoffe ist gering. Im Vergleich zu den über das Entsorgungssystem erfassten Mengen funktioniert die Rückführung in den Produktionskreislauf bei anderen Wertstofffraktionen wie zum Beispiel Glas besser. Daher soll nachfolgend auf einige Herausforderungen beim Kunststoffrecycling eingegangen werden, um die Relevanz der Thematik zu verdeutlichen.

Reitz (2019) beispielsweise sieht insbesondere für Verpackungskunststoffe in erster Linie die Verfügbarkeit, die rechtlichen Hürden sowie die Anmutung und Gestaltbarkeit entsprechender Rezyklatprodukte als entscheidende Herausforderungen. Die Verfügbarkeit speziell von hochwertigen Rezyklate ist sehr gering, die wenigen Mengen sind teilweise jahrelang verplant, eine weitere Nachfrage wäre schwierig zu bedienen. Auf die rechtlichen Hürden soll im Kapitel Anforderungen an den Einsatz von Rezyklaten näher eingegangen werden.

Weiter sind die Gestaltbarkeit und Anmutung von recycelten Kunststoffprodukten Schlüsseleigenschaften für den Einsatzserfolg. Die Kenntnisse einer hochwertigen Nutzung von rezyklierten Material müssten vor allem im Bereich des Ökodesigns erweitert werden. Dazu zählt zum Beispiel die Berücksichtigung der späteren Recyclingfähigkeit bereits bei der Produktentwicklung.

Textor (2018) bemängelt, dass immer noch mehr Kunststoffabfälle verbrannt als recycelt werden, wenn auch mit abnehmender Tendenz. Eine umfassende Analyse wurde im Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes durch Wilts et al. (2016) durchgeführt, die auch als hilfreiche Quelle für die Vorstellung der Maßnahmen in der Arbeit gedient hat. Der dortigen Klassifikation folgend können die Hemmnisse in ökonomische, informatorische sowie institutionelle bzw. rechtliche unterteilt werden.

Auch Becker et al. (2009) ermittelte in einer Unternehmensbefragung, dass die Entwicklung der Gesetzgebung, die Entwicklung der Primärkunststoff- und der Energiepreise, die Transportkosten sowie die Situation im internationalen Wettbewerb jeweils nach Meinung von über 50% der Befragten einen großen Einfluss auf die Entwicklung des Kunststoffrecyclings nehmen.

Entscheidend ist weiterhin der Systemerfolg, also die Wiedereinsatzmenge des rezyklierten Materials, stellt Baum (2014) fest. Er macht eine unzureichende Berücksichtigung der Recyclingbelange durch die Produktionsunternehmen und die Bevölkerung als zu sorglose Sammler mit hohen Fehlwurfquoten und geringer Sortierdisziplin als kritische Faktoren aus. Er spricht von einer erforderlichen Systemakzeptanz, die ebenfalls in mehreren Maßnahmen im Hauptteil der Arbeit adressiert wird (Baum 2014).

Eine weitere Herausforderung ist die Komplexität der Material- und Produktzusammensetzung. Beispielsweise findet man für Polypropylen 64 verschiedene Handelsnamen auf dem Branchenportal plasticer.de (Plasticer 2020). Dies ist bezeichnend für die spezifische Anpassung bei Kunststoffen an ihren jeweiligen Einsatzzweck, insbesondere auch bei den Massenkunststoffen, auf die in dieser Arbeit vorrangig eingegangen wird. Die beim Compoundieren hinzugegebenen Additive wie Stabilisatoren, Weichmacher und andere erschweren damit ein unspezifisches Recycling beziehungsweise erhöhen die Anforderungen an die Qualitätsstandards und deren Einhaltung im Sinne der Herstellung von wieder modifizierbaren Ausgangskunststoffen.

Es gibt darüber hinaus keine Standardisierung im Bereich Kunststoffherstellung, die verwendeten Rezepturen sind über Jahrzehnte entwickelt und an den jeweiligen Einsatzzweck angepasst worden. Die Kunststoffhersteller beziehen Ihre Ausgangsstoffe von den großen Kunststoffproduzenten und bestellen dort ihre geforderten Materialeigenschaften bereits mit. Zusätzlich verändern sie diese Ausgangsstoffe in ihren Herstellungsprozessen teilweise zusätzlich selbst. So entsteht eine Materialvielfalt, die eine sortenreinen Rückführung in den Materialkreislauf erschwert.

Ebenso ist die Heterogenität der Materialzusammensetzung der letztendlich hergestellten Kunststoffprodukte selbst ein Hindernis für eine effektive Kreislaufführung. Beispielhaft ist in Abbildung 11 die materialtechnische Charakterisierung einer Getränkeverpackung aus Kunststoff dargestellt, unterschieden nach den möglichen Charakterisierungsstufen. Damit wird auch die Komplexität einer möglichst sortenreinen Rückführung der verwendeten Materialien deutlich.

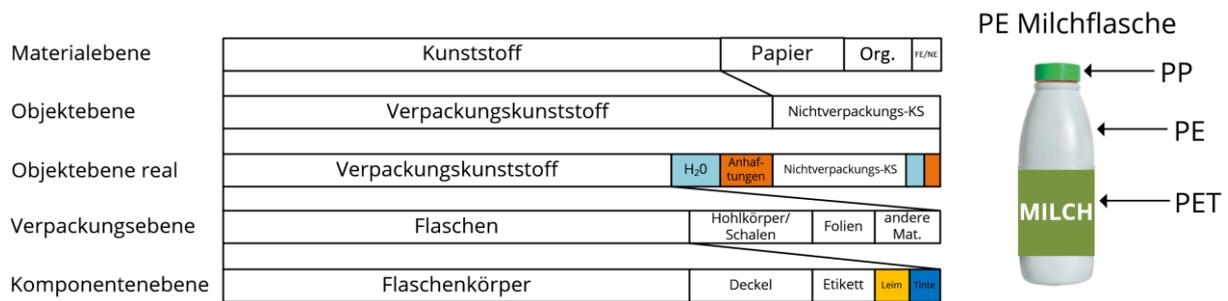


Abbildung 12 Beispiel der Charakterisierungsmöglichkeiten von Kunststoffprodukten (Grafik angelehnt an van Velzen (2015))

Die Herausforderungen werden deutlich, wenn man beteiligte Akteure befragt. In einer von Obermeier und Henkel (2019) betrachteten Erhebung von 500 Kunststoffverarbeitern gaben 60% der Befragten an, dass die größte Hürde beim Einsatz von Rezyklaten in neuen Anwendungen die mangelnde Qualität der Rezyklate darstellt. Die Erhebung wurde vom europäischen Verband der Kunststoffverarbeiter in 28 Ländern durchgeführt. 71% gaben dazu an, dass lediglich beim PET-Kreislauf aufgrund der separaten Erfassungsregimes Qualitäten verfügbar sind, die beispielsweise einen erneuten Einsatz in Lebensmittelanwendungen ermöglichen. Weiterhin gaben über die Hälfte (60%) der Teilnehmenden an, dass die derzeitige Rechtslage ungeeignet erscheint, zukünftig die Einsatzmenge von Rezyklaten zu steigern. Von einem Drittel der Branchenrückmeldungen wurden mangelnde Informationen über die Vorteile des Rezyklateinsatzes bei den Kunden der kunststoffverarbeitenden Industrie als weitere Herausforderung angemerkt. Ein ähnlich hoher Anteil sprach sich für die Notwendigkeit der Verbesserung des Produktdesigns aus, um bereits am Beginn der Kreislaufführung die richtigen Bedingungen für die spätere Verwertbarkeit zu schaffen. Über drei Viertel sind davon überzeugt, dass durch optimierte Sammel- und Sortierprozesse Qualitätssteigerungen und damit ein erhöhter Rezyklateinsatz möglich sind (Obermeier und Henkel 2019).

Diese Erkenntnisse wurden durch die entsprechende Auswahl von Maßnahmen zur Rezyklatsteigerung auf diese Argumente berücksichtigt, welche in dieser Arbeit bewertet wurden. Abschließend wurde noch von der Branche konstatiert, dass auch eine verbesserte Recyclingtechnologie bzw. Investitionen in diesem Bereich zu Qualitätssteigerungen führen können. Ein Großteil der Befragten gab an, bereits Maßnahmen zur Verbesserung von Qualität und Einsatz von Rezyklaten angestoßen zu haben.

In Rothgang et al. (2017) wird die Situation so zusammengefasst, dass zwar die bisherige Gesetzgebung für die Verpackungsentsorgung einen funktionierenden Markt für Post-Consumer-Rezyklate geringerer und mittlerer Qualität geschaffen hat, allerdings ist der Markt für hochwertige Anwendungen von Recyclingkunststoffen noch nicht ausreichend vorhanden und entwickelt sich langsam. Das betrifft sowohl die Sammlung und Sortierung, wo die Potenziale noch nicht ausgeschöpft werden als auch die letztendliche Verarbeitung zu Rezyklaten hoher Qualität. Die fehlende Sicherheit in Hinblick auf die Qualität und Menge und unzureichende Vertriebskanäle werden dabei als erfolgshemmend beschrieben (Rothgang et al. 2017). Die dort beschriebene Situation betraf die Zeit vor der Einführung des Verpackungsgesetzes. Seit dem Verpackungsgesetz hat sich daran nicht grundsätzlich viel geändert, wie anhand der Veränderung der Wiedereinsatzmenge vom Jahr 2017 bis 2019 zu sehen ist. Darauf wird im Kapitel 6 in der Zusammenfassung nochmal abschließend eingegangen.

Weiterhin gibt es vorangegangene Untersuchungen, welche Lenkungsmodelle in der Vergangenheit im Recyclingbereich zu erwünschten Verbesserungen geführt haben, wie zum Beispiel der Erhöhung von Erfassungs- und Verwertungsquoten. In einer von TRUCOST (2016) durchgeführten Analyse konnte festgestellt werden, dass politische Bemühungen beispielsweise in Japan zu einer Verwertungsquote von über 80% führten. Britische Forschungen ermittelten Kosteneinsparungen von 10-20% durch die Nutzung von recyceltem Kunststoff neben einem geringeren Risiko, Preisschwankungen durch den Ölpreis ausgesetzt zu sein. Der Vorteil einer somit nachhaltigeren Kunststoffnutzung durch Recyclingmaterial kann demnach immens sein: Würde die gesamte IT-Branche auf eine geschlossene Kreislaufführung durch Recycling und Nutzung von Rezyklaten umgestellt, würden ökologische Einsparungen in Höhe von 700 Millionen Dollar möglich. Würde man algenbasierte Biokunststoffe in der Schuhwarenindustrie einsetzen, wären Einsparungen von Umweltkosten in Höhe von 7.000 Dollar je einer Million Dollar Umsatz zu erwarten, was ca. 5 % der Umweltkosten der Lieferkette beträgt. Bei einem jährlichen Umsatz von 208 Milliarden Dollar, könnten die damit verbundenen Umweltkosten um 1,5 Milliarden Dollar reduziert werden. Im Erfrischungsgetränkereich würde der Kostenvorteil in einer Höhe von 1,3 Milliarden Dollar ausfallen (TRUCOST 2016).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist das Wissen über die vorhandenen Verwertungsarten erforderlich. Das Recycling beschreibt den eigentlichen

Verwertungsschritt vom erfassten Abfall zum sekundären Produkt. Beim Kunststoffrecycling wird zwischen werkstofflichem (materiellem) und chemischem (rohstofflichen) Recycling unterschieden (siehe Abbildung 12). Dabei wird in dieser Arbeit auf eine Unterscheidung zwischen rohstofflichem und chemischem Recycling verzichtet, da dieser Verwertungsweg bei der Ermittlung von Steigerungseffekten für werkstofflich verwertetes Rezyklat nicht betrachtet wird. Der Entsorgungspfad der energetischen Verwertung ist für die Analyse der Steigerungsmöglichkeiten insofern relevant, dass zum Beispiel durch die Maßnahme Verbrennungsabgabe (Kapitel 4.1.2) eine Verschiebung der Stoffströme in Richtung werkstoffliche Verwertung erfolgt.



Abbildung 13 Übersicht über die 3 Gruppen der Kunststoffverwertung mit Kennzeichnung (Rahmen) des in der Arbeit vorrangig betrachteten Verwertungswegs

2.4.2 Werkstoffliche Verwertung

Der Ablauf der werkstofflichen Verwertung ist in Abbildung 13 ersichtlich. Dabei wird die Herstellung von hochreinen sekundären Kunststoffsorten ebenfalls einer werkstofflichen Verwertung zugeordnet. Diese Zuordnung kann insofern erfolgen, wenn die grundsätzliche polymere Molekülstruktur erhalten bleibt und der Chemikalieneinsatz nur der Trennung und Reinigung der Kunststoffsorten dient. Dies kann als definitorische Abgrenzung von werkstofflicher und rohstofflicher Verwertung angesehen werden.

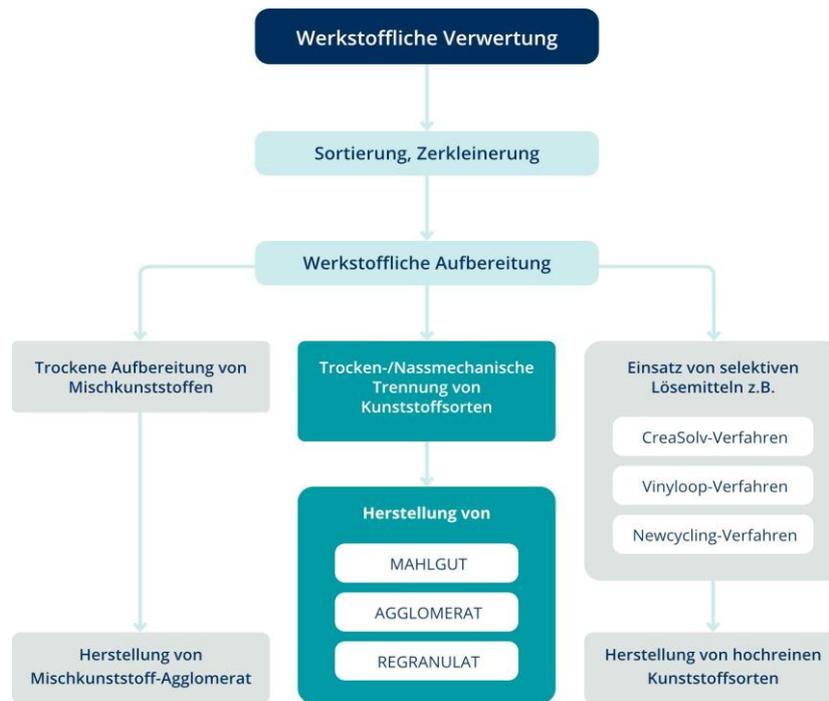


Abbildung 14 Möglichkeiten der werkstofflichen Verwertung nach Wilts et al. (2016)

Es gibt bei der Verarbeitung von Kunststoffabfällen weiterhin noch den Stoffstrom der Mischkunststoffe, der entweder in weiteren Aufbereitungsschritten durch spezialisierte Kunststoffverwerter in sortenreine Fraktionen aufgetrennt oder als Mischkunststoff in Produkten mit geringem Anforderungsprofil eingesetzt wird. Dazu zählen beispielsweise Bakenfüße oder Einrichtungsgegenstände der Stadtmöblierung wie Bänke, Tische und Bohlen oder als Befestigungsmaterial in der Landschaftsgestaltung. Diese substituieren andere Materialarten wie Beton oder Holz (Wagner et al. 2012). Für die mit dieser Arbeit untersuchten Steigerungsmaßnahmen kann sich eine Verschiebung aus dieser Mischkunststofffraktion in höherwertige (Mono-)Rezyklatanwendungen ergeben. Es ist in Anbetracht der Effektgrößen der diesen Stoffstrom betreffenden Maßnahmen (siehe Kapitel 4) mit keinen marktverändernden Auswirkungen für diese Anwendungen zu rechnen.

2.4.3 Rohstoffliche Verwertung

Rohstoffliche Verwertung oder chemisches Recycling ist die Aufbereitung von Kunststoffabfällen zu petrochemischen Grundstoffen (Umweltbundesamt 2020a).

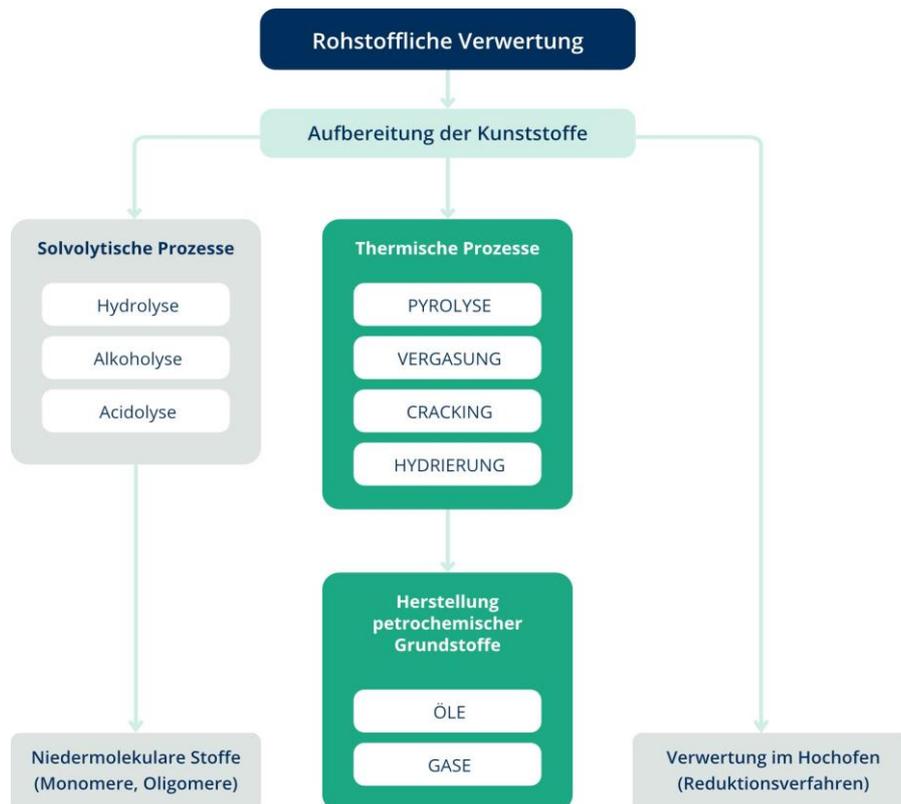


Abbildung 15 Aufteilung der rohstofflichen Verwertungspfade für Kunststoffe nach Wilts et al. (2016)

Darunter wird die auch nur ansatzweise Zerlegung der Polymere durch Lösemittelverfahren gefasst, wie sie in Abbildung 15 in der linken Spalte zu finden ist. Ebenso wird die Nutzung im Hochofen als Reduktionsmittel als rohstoffliche Verwertung bezeichnet.

Für die hier betrachteten Maßnahmen zur Rezyklatsteigerung wird die rohstoffliche Verwertung nicht explizit berücksichtigt, da sie aktuell mit einem Anteil von kleiner 1% für den Stoffstrom nicht relevant ist. Die Herstellung von chemischen Ausgangsstoffen für eine erneute Kunststoffproduktion könnte zukünftig für die werkstofflich schwer verwertbaren Kunststoffabfälle eine Option sein, auch diesen Stoffstrom im Kreislauf zu halten (Janz 2020). Dabei müssen jedoch ökologische und energiebilanzielle Aspekte berücksichtigt werden, um keinen höheren Ressourcenaufwand zu erzeugen, beispielsweise durch die Nutzung von fossiler Energie für den rohstofflichen Verwertungsprozess, die den Einsparungseffekt durch die Materialverwertung ausgleichen würde.

2.4.4 Recyclingfähigkeit

Kunststoffe sind langlebige Materialien, was bei unsachgemäßer Entlassung in die Umwelt zu Problemen wie „marine littering“ und Akkumulation von Mikrokunststoffen in Umweltkompartimenten führt. Gleichzeitig sind Kunststoffe Veränderungsprozessen während der Produktionsphase und vor allem während Ihrer Nutzung bzw. in der Umwelt ausgesetzt. Daher kann man Kunststoffe nicht beliebig rezyklieren. Maier und Schiller (2016) beschreiben dies so: *„In Polymerwerkstoffen laufen während ihrer gesamten Lebensdauer Vorgänge ab, deren irreversible Auswirkungen zusammenfassend als „Alterungsphänomene“ bezeichnet werden. Daran sind neben den Polymeren auch Pigmente, Füllstoffe, Verstärkungsmaterialien und diverse Additive beteiligt. Eine physikalische Alterung macht sich anfänglich meist durch eine Versprödung bemerkbar. Sie wird insbesondere bei langandauernder Verwendung bei Temperaturen leicht unterhalb des Schmelz- bzw. Glasübergangspunktes der Polymere verursacht. Verantwortlich dafür sind u. a. Kristallisations-, Relaxations- und Orientierungsprozesse sowie die Aufnahme oder Abgabe niedermolekularer Verbindungen.“* Daher sind mögliche Zusatzstoffe in den Kunststoffen selbst auch für die Recyclingfähigkeit von großer Bedeutung. Diese und ungewollt während der Aufbereitungsprozesse in Kunststoffe gelangende Schadstoffe sind bei der Bewertung der Recyclingfähigkeit unbedingt zu berücksichtigen.

2.5 Rechtlicher Rahmen für den Einsatz von Rezyklaten

Neben den abfallrechtlichen Regelungen muss hier auch das Produktrecht entsprechend berücksichtigt werden, da mit diesem die Grundlage für eine funktionierende Rückführung bereits bei der Konzipierung von Produkten geschaffen wird.

Rahmenbildend für die gesetzlichen Vorgaben ist die Europäische Kommission. Die von ihr verabschiedeten Verordnungen haben unmittelbare Rechtswirkung in den Nationalstaaten. Richtlinien und weitere Vorgaben müssen in nationales Recht übertragen werden. Abbildung 16 zeigt die regulatorischen Bestrebungen der Europäischen Kommission von 2015 – 2020. Die ersten Bemühungen zur weiteren Förderung der Verwertung von Kunststoffen in Europa wurden mit der Abfallrahmenrichtlinie bereits länger zurückliegend initiiert. Mit den abgebildeten Legislativpaketen formuliert die Europäische Kommission ihre Kreislaufwirtschaftsziele in Bezug auf Kunststoffe nun konkreter. Zum Beispiel

werden als maßgeblich zur Meeresverschmutzung beitragende Einwegartikel verboten (EP 2019), weiterhin sollen Empfehlungen für die Industrie dazu führen, dass diese selbstständig den Rezyklateinsatz stärkt. Diese Selbstverpflichtungskampagne findet auch als Maßnahme in vorliegender Arbeit Berücksichtigung.



Abbildung 16 Darstellung der Bestrebungen der Europäischen Kommission zur Verbesserung des Kreislaufführungs von Kunststoffen von 2015 – 2020

Neben dem übergeordneten Kreislaufwirtschaftszielen der EU findet sich in Deutschland mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz eine umfassende Regelung zur rahmengebenden Gestaltung des Kunststoffrecyclings und der Rückführung von sekundären Materialien, welches nachfolgend mit den konkretisierenden Rechtsvorhaben vorgestellt wird.

2.5.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist das grundlegende Regelwerk für die Verwertung von Abfällen in Deutschland. In ihm werden unter anderem elementare Begriffe, Grundpflichten und Grundsätze einer Kreislaufwirtschaft sowie Rangfolge und Wertigkeiten der verschiedenen Verwertungsverfahren festgelegt (KrWG).

Nach dem Vorschlag des aktuellen Gutachtens des Sachverständigenrates für Umweltfragen SRU wird mit der nächsten Novellierung des KrWG die Priorisierung des Umgangs mit Reststoffen („Abfallhierarchie“) folgendermaßen erweitert. Im bisherigen Gesetz von 2012, zuletzt geändert 2020 gilt die Maßgabe, im Sinne der Produktverantwortung Produkte so zu gestalten, dass Abfälle in klein zu haltendem

Umfang entstehen oder umweltverträglich verwertet oder beseitigt werden. Damit wird der Anforderung kreislauffähige Produkte zu wenig Rechnung getragen, weshalb der SRU die Erweiterung gemäß nachfolgender Abbildung empfiehlt (SRU 2020).



Abbildung 17 Erweiterung (Kästen) der Abfallhierarchie gemäß dem Vorschlag des SRU (2020)

Als für die Arbeit hier relevante Stufen der Abfallhierarchie können die beiden eingerahmten grünen und blauen Stufen genannt werden. Die „kreislauffähige Gestaltung von Produkten“ wurde mittels des Instruments Kapitel 4.1.10 Ökodesign einer Bewertung unterzogen. Das „hochwertige Recycling...“ findet sich als Grundlage in mehreren Maßnahmen wieder.

2.5.2 Verpackungsgesetz

Mit dem Verpackungsgesetz (VerpackG) hat der Gesetzgeber in Deutschland erstmals eine umfassende Regelung geschaffen, mittels derer die Recyclingfreundlichkeit explizit gefordert wird. Es stellt damit eine verbindliche Regelung dar für die Produktverantwortung, die grundlegend in §23 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) gefordert wird. Das bedeutet, dass der Hersteller von Produkten (hier: Verpackungen) auch für die Entsorgung bzw. die Kreislaufführung verantwortlich ist. Es ist angedacht, dass dies über eine gute Rezyklierbarkeit erreicht wird. Daher sind innerhalb dieses Gesetzes Instrumente

vorgesehen, die diese fördern bzw. ermöglichen sollen. Es gilt vorrangig für Verpackungen und damit auch Verpackungskunststoffe. Es soll hier aber als wegweisendes Beispiel genannt werden, welches sich möglichst auf alle anderen Kunststoffproduktgruppen, welche keine Verpackungen sind, ausgeweitet werden sollte.

2.5.3 Ökodesignrichtlinie

Mit der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte sollen vor allem die Auswirkungen auf die Umwelt durch die Reduktion von Energieverbräuchen von Produkten verringert werden (EU-Kommission 2009).

Im Gespräch ist auch die Erweiterung und weitere Spezifizierung der Anforderungen an die recyclingfreundliche Gestaltung von Produkten. „Es sollen unter anderem die Produktlebensdauer verlängert und die Wiederverwendungs- und Recyclingfähigkeit sowie Nutzungsmöglichkeiten für gebrauchte Komponenten und Materialien verbessert werden“ (SRU 2020) Damit stellt diese Rechtsgrundlage ebenfalls ein Instrument dar, mit dem man Einfluss auf die Qualität und Menge erzeugter Rezyklate nehmen kann. Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt empfiehlt ebenfalls die Weiterentwicklung von Quotenvorgaben für Rezyklatanteile über die Integration einer anzupassenden Ökodesignrichtlinie (KRU 2019).

2.5.4 Anforderungen an den Einsatz von Rezyklaten in der Produktion

Die rechtlichen Anforderungen des Rezyklateinsatzes betreffen mehrere juristische Regelungsbereiche, deren harmonisierte Verknüpfung Gegenstand aktueller umweltpolitischer Bemühungen ist. Zum einen gibt es für diese Stoffgruppe des Recyclingmaterials beziehungsweise deren Verarbeitung abfall- und umweltrechtliche Vorgaben. Zum anderen sind für den Wiedereinsatz in Produkten die umfassenden Regelungen des Produkt-, Produktions-, Chemikalien- und Bedarfsgegenständerechts von Bedeutung.

Für den abfallrechtlichen Teil sind auf europäischer Ebene die Abfallrahmenrichtlinie, die Kunststoffverordnung, die Recyclingverordnung und Verpackungsrichtlinie gültig, wobei die Richtlinien in nationales Recht umgesetzt worden sind.

Wird der sicherheitsrechtlich hoch sensible Bereich der Anforderungen an Lebensmittelkonformität von Kunststoffzyklen betrachtet, ist grundlegend das Europäische Bedarfsgegenständerecht maßgeblich, welchem sich spezifizierende Regelungen anschließen. Anschaulich dargestellt ist dieser Umstand in einer Veröffentlichung der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen (IK 2016).

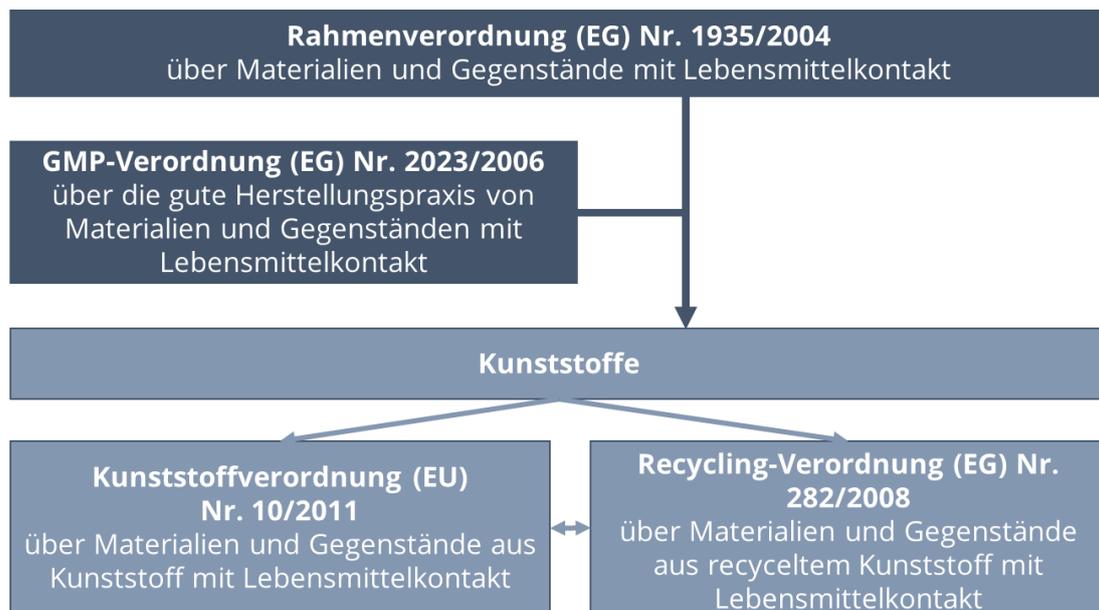


Abbildung 18 Maßgebliche rechtliche Vorgaben für die Verarbeitung von Kunststoffen mit Lebensmittelkontakt

Zusätzlich gelten die REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Registrierung, Bewertung und Zulassung von chemischen Stoffen) sowie die CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen). Die Datenbank des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) und weitere Technische Normen sind ebenfalls zu berücksichtigen. Dort ist unter anderem auch die Zulassung von Fabrikationshilfsstoffen gemäß BfR (Datenbank mit Empfehlungen für Materialien mit Lebensmittelkontakt) verzeichnet.

Tabelle 5 Auswahl bestehender Normen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Nutzung von Kunststoffrezyklaten angepasst aus Endres und Shamsuyeva (2020)

Norm	Titel	Inhalt
DIN EN 15343	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Rückverfolgbarkeit bei der Kunststoffverwertung und Bewertung der Konformität und des Rezyklatgehalts	Überwachung von Recyclingverfahren & Rückverfolgbarkeit
DIN EN 15347	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Kunststoffabfällen;	Charakterisierung von Kunststoffabfällen
ISO 15270	Kunststoffe - Richtlinie für die Verwertung von Kunststoff-Abfällen	Terminologie im Bereich Recyclings
DIN CEN/TS 16010 (DIN SPEC 91010)	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Probenahmeverfahren zur Prüfung von Kunststoffabfall und Rezyklaten	Statistik zu Stichproben, Probenahmeverfahren
DIN CEN/TS 16011 (DIN SPEC 91011)	Kunststoffe - Kunststoff-Rezyklate - Probenvorbereitung	Homogenisierung und Teilung von Proben
DIN ISO 20457	Kunststoff-Formteile – Toleranzen und Abnahmebedingungen (ISO 20457:2018);	Geometrielemente mit Allgemeintoleranzen und Flächenprofilltoleranzen
DIN EN 15342	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Polystyrol (PS)-Rezyklaten	PS-Rezyklat Beschreibung
DIN EN 15344	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Polyethylen (PE)-Rezyklaten	PE-Rezyklat Beschreibung
DIN EN 15345	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Polypropylen (PP)-Rezyklaten;	PP-Rezyklat Beschreibung
DIN EN 15346	Kunststoffe-Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Polyvinylchlorid (PVC)-Rezyklaten;	PVC-Rezyklat Beschreibung
DIN EN 15348	Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Charakterisierung von Polyethylenterephthalat (PET)-Rezyklaten	PET-Rezyklat Beschreibung
EN ISO 1622-2	Polystyrol (PS)-Formmasse	
DIN EN ISO 24022-1	Kunststoffe – Polystyrol (PS)-Werkstoffe – Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen	PS-Kunststoffe: Vorgabe für Angabe zur Beschreibung
DIN EN ISO 24022-2	Kunststoffe – Polystyrol (PS)-Werkstoffe – Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung	

Tabelle 5 veranschaulicht auszugsweise den Umfang weitergehender spezifizierender Normen beim Einsatz von Kunststoffen und deren sekundären Ausgangsstoffen.

Für die Verarbeitung von Kunststoffen existiert ein umfangreicher Katalog an Normen, der bei entsprechendem Einsatz von Rezyklaten ebenso gültig ist. Es bestehen ebenfalls Normen und Bestimmungen für Kunststoffabfälle, die für das Recycling und Verarbeitung zu Rezyklaten vorgesehen sind. Um den Nutzern

verlässliche Handlungsvorgaben beim Einsatz bereitzustellen, besteht seitens der Anwender derzeit noch großer Bedarf. In der in Kapitel 2.4.1 beschriebenen Befragung der Akteure zu den Herausforderungen wird das neben anderen als entscheidender Erfolgsfaktor für den gesteigerten Einsatz von Recyclingkunststoff angesehen, siehe Kapitel Einführung. Entsprechende Handlungsvorgaben sind also für den umfassenden Einzug von Rezyklaten in die Produktionsindustrie von großer Bedeutung und Konkretisierungsbemühungen werden bereits von einzelnen beratenden Akteuren in der Kreislaufwirtschaftsbranche, z.B. durch die Institutionen wie die Beratungsorganisation für Kunststoffe BKV GmbH („Kunststoff – Konzepte – Verwertung“) oder das Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik der Leibniz Universität Hannover (Endres und Shamsuyeva 2020) erarbeitet.

3 Methodik

Für die Bewertung der Steigerungsmaßnahmen muss eine geeignete Bewertungsmethode ausgewählt werden. Es existieren dabei eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Bewertung von umweltbezogenen, politischen und wirtschaftlichen Maßnahmen. In der Richtlinie VDI9325 sind in Bezug auf abfallwirtschaftliche Fragestellungen die wichtigsten Methoden erläutert (VDI3925). Es können aber auch technische Entwicklungen oder Produkte an sich einer ökologischen und ökonomischen Bewertung unterzogen werden. Neben der Auswahl der geeigneten Methode ist es ebenfalls erforderlich, die Effekte, die durch diese Maßnahmen hervorgerufen werden zu ermitteln. Nachfolgend ist die Auswahl und Berechnungsmethode der verknüpften Effekte vorgestellt.

3.1 Methodenauswahl

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Zusammenhang zwischen einer Umweltauswirkung und dem damit verbundenen volkswirtschaftlichen Aufwand bzw. Nutzen genutzt werden. Vorab wurden daher mehrere mögliche methodische Ansätze betrachtet, die diese Zusammenhänge adressieren. Sie werden hier kurz vorgestellt und hinsichtlich der Fragestellung auf ihre Eignung eingeschätzt.

3.1.1 Multikriterien-Analyse

Für die Bewertung von Optimierungen abfallwirtschaftlicher Maßnahmen eignet sich unter anderem die Methode der Multikriterien-Analyse, da innerhalb dieser keine Quantifizierungen erfolgen müssen (Tiessen et al. 2013). Da eine entsprechende Monetarisierung als eine Möglichkeit der Quantifizierung für entsprechende Regelungsvorhaben oft schwierig ist, bietet sich diese hier an. Ein Beispiel für eine Multikriterien-Analyse im abfallwirtschaftlichen Kontext wurde durch Govind Kharat et al. (2019) durchgeführt. Daraus wird ersichtlich, dass keine konkrete Quantifizierung durchgeführt wird, daher wurde diese Methode verworfen.

3.1.2 Ökonomische Bewertung der natürlichen Umwelt

Hierbei wird den Naturräumen und den damit verknüpften Ökosystemdienstleistungen eine ökonomische Bedeutung zugeordnet, um diese ggf. bei Schädigung dieser in Ansatz zu bringen (Sukhdev et al. 2010). Durch die

Bestimmung des Wertes der Natur(kompartimente) kann also ermittelt werden, welchen wirtschaftlich messbaren Wert die durch die Rezyklatsteigerung hervorgerufene Vermeidung an Umweltschäden (vor allem Verringerung von Treibhausgasemissionen) hat. Es handelt sich also dabei eher um Opportunitätskosten, die auftreten würden, wenn man keine Rezyklatsteigerungsmaßnahmen umsetzt. Betrachtet man die Steigerung des Rezyklateinsatzes als Naturschutzmaßnahme, könnte diese Kostenzuschreibung zur Anwendung kommen (Sukhdev et al. 2010).

Da der Zusammenhang zwischen einer Rezyklatsteigerungsmaßnahme und einer potenziellen Verbesserung des Naturraumzustands nur indirekt besteht, ist dieser Ansatz hier nicht sinnvoll. Es gibt aber inzwischen juristische Entscheidungen, dass Emittenten von Treibhausgasen zumindest theoretisch für durch den Klimawandel hervorgerufene Umweltschäden haftbar gemacht werden können (Först 2020).

3.1.3 Monetäre Bewertung von Umweltauswirkungen und damit verbundenen Umweltaspekten nach ISO14008

Mittels dieser Norm können Umweltauswirkungen und Umweltaspekte monetär quantifiziert werden, dabei werden verschiedene Kostenerhebungsmodelle verwendet, die alle zur vollständigen Ermittlung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten genutzt werden sollen (ISO 14008). Da die erforderlichen Kostenaspekte für die in Kapitel 4 betrachteten Maßnahmen in dem Ausgestaltungsrahmen nicht ermittelt werden können, ist diese Bewertung nicht geeignet und damit nicht verwendet worden.

3.1.4 Ökoeffizienzanalyse

Um zu ermitteln, welche Maßnahme zur Steigerung der Rezyklatmenge das beste Verhältnis aus resultierendem Mengeneffekt und den anfallenden Kosten besitzt wurde nach einer Methode gesucht, die einen ökologischen Aspekt mit einem ökonomischen Kriterium verknüpft. Als Maß für die Entlastung der Umwelt wird dabei von einer direkten Einsparung von Treibhausgasemissionen durch Steigerung der Rezyklatmenge ausgegangen. Als Kosten bzw. Aufwand werden die gesamtgesellschaftlichen beziehungsweise volkswirtschaftlichen Kosten herangezogen, die mit der Umsetzung der Maßnahme verbunden sind. Dafür erscheint die Methodik der Ökoeffizienzanalyse (ÖEA) geeignet, weshalb sich im Rahmen der Arbeit an dieser orientiert wurde.

3.1.5 Weitere Bewertungsmöglichkeiten

Weitere Methoden wie zum Beispiel eine Kosten-Nutzen-Analyse oder eine Kosteneffektivitätsanalyse sind prinzipiell ebenfalls geeignet, derartige Optimierungsmaßnahmen entsprechend zu bewerten. Allerdings sind dazu umfangreichere Betrachtungen erforderlich, die den Rahmen dieses Ansatzes übersteigen (siehe Kapitel 5.4).

Da der Fokus der Betrachtung auf der Mengeneffekt- und Kostenschätzung der Maßnahmen liegen soll, wird der Ansatz an die Ökoeffizienzanalyse angelehnt.

3.2 Ökoeffizienzbewertung

Gemäß der Norm Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen handelt es sich bei der Ökoeffizienzmethode um ein Managementwerkzeug, welches Umweltauswirkungen in Bezug zu einem zugehörigen Nutzen bringt (DIN ISO 14045:2012).

Dabei können die Bestandteile entsprechend den Anforderungen und der gegebenen Bearbeitungstiefe selbstständig gewählt bzw. definiert werden. Entscheidend ist, dass ein Umweltaspekt in einen ökonomischen Zusammenhang gebracht wird. Beispielsweise verwenden Franke et al. (2014) den Begriff der Ökoeffizienz so, dass die Kosten- beziehungsweise Erlössituation einer umweltbezogenen Maßnahme im Verhältnis zu den eingesparten THG-Emissionen betrachtet wird. Diese Definition soll auch in folgenden Betrachtungen genutzt werden. In der Untersuchung von Franke et al. (2014) wurde bereits eine vereinfachte Ökoeffizienzbetrachtung für Kunststoffe durchgeführt, wobei die Vermeidungskosten von CO₂-Emissionen der LVP-Verwertung mit regenerativen Energiequellen verglichen wurden. In vorliegender Arbeit wird diese Methode nun auf die Steigerungsmaßnahme und nicht auf den gesamten Stoffstrom der Kunststoffe angewendet.

Die Ökoeffizienzanalyse folgt einem genormten Ablauf (Abbildung 18).

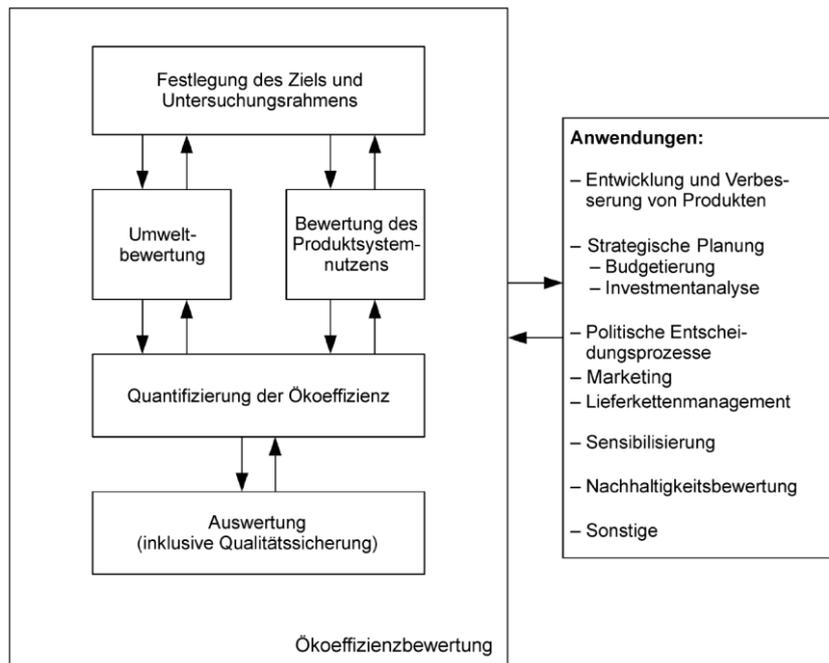


Abbildung 19 Bestandteile einer Ökoeffizienzanalyse nach (DIN ISO 14045:2012)

3.2.1 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Als Untersuchungsregion wurde Deutschland gewählt. Zwar ist aufgrund sowohl globalisierter als auch europäischer Handelsgeflechte der Austausch von Sekundärrohstoffströmen internationalisiert, das Kunststoffrecycling erfolgt trotz Exporten und den damit einhergehenden Mengenzu- und abnahmen überwiegend national. Dies wird an den geringen Anteilen an im- und exportierten Kunststoffabfallmengen deutlich (siehe Kapitel 2.2).

Mit einer vereinfachten Ökoeffizienzmethode können somit CO₂-Vermeidungskosten der untersuchten Instrumente angegeben und verglichen werden (Franke et al. 2014). Beim Kunststoffrecycling und insbesondere bei den Aufwendungen für Steigerungsambitionen sind dabei diese Vermeidungskosten im Vergleich zu anderen Möglichkeiten zur Verringerung entsprechender Emissionen wie beispielsweise Wind- oder Solarenergiebereitstellung relativ hoch (ebenda). Das liegt daran, dass beim Kunststoffrecycling nicht das primäre Ziel die Erzeugung von Energie ist bzw. die damit verbundene Vermeidung von Treibhausgasemissionen, sondern die Bereitstellung von sekundären Ausgangsstoffen für die Kunststoffproduktion. Der Minderungseffekt ergibt sich bei der Verwertung von Kunststoffabfällen durch die Vermeidung von Emissionen bei der Primärmaterialentnahme und die Substituierung von fossilen Brennstoffen

durch Koppelprodukte wie Ersatzbrennstoffen. Bei der Prozessierung von Kunststoffabfällen zu Sekundärprodukten ist die Prozesskette aufwendiger als eine reine Energiebereitstellung aus nichtfossilen Rohstoffen. Es ergeben sich bei der Kunststoffrecycling weitere wirtschaftliche und ökologische Vorteile, auf die bei der abschließenden Bewertung qualitativ eingegangen wird.

3.2.2 Zeitlicher Betrachtungsrahmen

Grundansatz der durchgeführten Analyse ist, dass die Maßnahme innerhalb eines Betrachtungszeitraums zu dem jeweils ermittelten Mengeneffekt führt. Der gewählte Betrachtungszeitraum beeinflusst maßgeblich die Höhe des wirtschaftlichen Aufwands. Die zeitliche Dauer kann dabei variieren, entscheidend ist, dass sowohl für den Mengeneffekt der Rezyklatsteigerung als auch des kostenmäßigen Aufwands je betrachtetem Instrument der gleiche Bezug gewählt wird. Sollten einzelne Maßnahmen über einen längeren Zeitraum ihre Wirksamkeit entfalten, wird der dort jeweils eigentlich länger eintretende Mengeneffekt nur für den gewählten Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Dazu wird ein linearer Steigerungsverlauf der jeweiligen Maßnahme angenommen. Der sich ergebende Ökoeffizienzwert ist dadurch zeitunabhängig, da derselbe Betrachtungszeitraum für Steigerung und dem Aufwand für die Maßnahme genutzt wird.

Es wurde ein **Betrachtungszeitraum von drei Jahren** gewählt. Veränderungen vollziehen sich in der Kunststoff- und Recyclingindustrie aufgrund der komplexen Wirtschaftsgefüge und der damit verbundenen Trägheit der Umsetzung nur langsam. Teilweise entfalten Maßnahmen wesentlich schneller eine Mengensteigerung, andere benötigen mehr als drei Jahre, um eine gesellschaftlich umfassende Wirkung zu erzielen. Somit bildet der gewählte Zeitraum einen Durchschnittswert ab, so dass eine zeitliche Gleichwertigkeit aller Maßnahmen gegeben ist. Durch die Berücksichtigung der Abschreibungszeiträume soll eine Vergleichbarkeit gewährleistet werden, auch wenn beispielsweise die Investitionen sich über einen längeren Zeitraum erstrecken.

3.2.3 Umweltbewertung

Folgt die Untersuchung wie hier den Vorgaben der Ökoeffizienzanalyse, ist die standardisierte Methode der Ökobilanzierung zu verwenden. In dieser sollen alle Umweltauswirkungen entsprechend der festgelegten Systemgrenzen ermittelt werden. Dazu wird normalerweise ein Satz aus mehreren Wirkungskategorien

verwendet, um ein möglichst vollständiges Bild der Umweltbelastung bzw. -entlastung zu erhalten. Es ist möglich, im Rahmen einer „vereinfachten“ Ökobilanz lediglich auf die Wirkungskategorie Klimaänderung abzustellen (DIN EN ISO 14044). Dabei handelt es sich um die am häufigsten genutzte Wirkungskategorie bei der Durchführung von Ökobilanzen. Es wird sich daher auf diese Kategorie zur Einschätzung der ökologischen Vorteilhaftigkeit beschränkt. Um für die Wirkungskategorie Klimaänderung einen quantifizierbaren Sachbilanzwert (Wirkungsindikatorwert) zuordnen zu können, muss diese hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Umwelt charakterisiert werden. Der Wirkungsmechanismus verwendet in folgender Tabelle dargestellten Zusammenhang zwischen der Umweltrelevanz und der Charakterisierung der Kategorie (DIN EN ISO 14044).

Tabelle 6 Begriffe im Zusammenhang mit der gewählten Wirkungskategorie Klimaänderung (DIN EN ISO 14044)

Begriff	Beispiel
Wirkungskategorie	Klimaänderung
Sachbilanzergebnisse	Menge an Treibhausgas je funktioneller Einheit
Charakterisierungsmodell	Szenario „Baseline“ über 100 Jahre des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change)
Wirkungsindikator	Verstärkung der Infrarotstrahlung (W/m ²)
Charakterisierungsfaktor	Treibhauspotential (GWP100) für jedes Treibhausgas
Wirkungsindikatorwert	Kilogramm der CO ₂ -Äquivalente je funktioneller Einheit
Wirkungsendpunkte	Korallenriffe, Wälder, Ernten
Umweltrelevanz	Die Verstärkung der Infrarotstrahlung steht stellvertretend für mögliche Wirkungen auf das Klima, die von der integrierten atmosphärischen Wärmeaufnahme abhängen, hervorgerufen durch Emissionen und die Verteilung über die Dauer der Wärmeaufnahme

Für die Bereitstellung von Rezyklat bzw. das Kunststoffrecycling im Ganzen wurden fünf Ökobilanzierungsstudien (Dehoust et al. 2016; Dinkel et al. 2017; DSD 2017; Gerke et al. 2014; Hogg und Ballinger) ausgewertet. Der Mittelwert aus den in diesen Studien ermittelten Einsparungen von Treibhausgasemissionen beträgt 1.246 kg CO₂-Äq. je Mg eingesetzte Menge Rezyklat. Die zugrundeliegenden Berechnungen in allen betrachteten Studien beziehen sich auf Verpackungskunststoffe und dabei auf die Kunststoffsorten PE-HD, PE-LD, PP, Polyolefine gesamthaft oder PET. Es wurde mit dem gerundeten Wert von 1.200 kg CO₂-Äq. je Mg Rezyklat für die Abschätzung der Einsparung durch die

zusätzlichen Steigerungseffekte gerechnet. Eine ausführliche Darstellung der Einspareffekte durch Rezyklatnutzung findet sich in Maletz (2019). Dieser Wert ist mit weiteren Literaturwerten abgeglichen worden, die ähnlichen Einsparungen zeigen (CIEL 2019).

Neben dem Parameter Klimaänderungen weiteren ökologischen Kriterien sind beispielsweise Ressourcenbeanspruchung, Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial. Für den hier betrachteten Fall der Nutzung von Kunststoffabfällen können weitere umweltbezogene Kriterien angewendet werden, die in einer klassischen Ökobilanz nicht berücksichtigt werden. Die Regionalisierung von Kunststoffabfällen durch das Recycling kann hier genannt werden, dadurch werden transportbedingte Umweltauswirkungen reduziert. Ebenso wird mit der erfolgreichen Etablierung von Kunststoffkreisläufen ein Beispiel für einen gesellschaftlichen Transformationsprozess gegeben, der Veränderungen auch in anderen Wirtschaftsbereichen anstoßen kann. Durch eine kleinräumigere Zirkulation von Stoffströmen können Ausfuhren von Abfällen in Abfallwirtschaftssysteme verringert werden, in denen es durch geringe Umweltstandards und infrastrukturelle Schwächen zu einem unkontrollierten Output in die Umwelt kommen kann.

Eine mögliche Ausweitung der Untersuchung der ökologischen Auswirkungen des gesteigerten Einsatzes von Rezyklat durch die hier untersuchten Instrumente wird im Kapitel „Ausblick“ behandelt.

3.2.4 Bewertung des Produktsystemnutzens - Aufwandsmessung

In der vorliegenden Untersuchung stellt die Rezyklatnutzung das Produktsystem dar, der Produktsystemnutzen soll als Aufwand für den Steigerungseffekt zum Ansatz gebracht werden. Der Produktsystemnutzen wird als negativer monetärer Aufwand definiert. Damit werden Kosten für eine Verbesserung der Umweltsituation, hier Vermeidung von Treibhausgasen zur Abmilderung des Klimawandels, genutzt. Die Verwendung der Begriffe Aufwand und Kosten werden dabei gleichbedeutend verwendet.

Die Bereitstellung von Rezyklat lässt sich nicht beliebig steigern. Sie bemisst sich theoretisch an der maximalen Kunststoffabfallerzeugung, siehe auch Kapitel 2.2. Praktisch liegt die Grenze bei den über das bestehende Entsorgungssystem separierbaren Kunststoffabfallmengen abzüglich der Prozessierungsverluste bei

der Aufbereitung zu Rezyklat. Bei Annäherung an die praktisch maximal erzielbaren Recyclingmengen wird der entsprechende technische und wirtschaftliche Aufwand exponentiell höher. Die in vorliegender Arbeit getroffenen Mengenabschätzungen liegen deutlich unter diesen Grenzen, so dass hier von einem linearen Verhältnis zwischen Aufwand und Mengensteigerungen ausgegangen werden kann. Dies ist möglich, da die Steigerungen unter 10% des jeweils betrachteten Kunststoffabfallstroms liegen.

Erfüllungsaufwand für Regelungsvorhaben

Zur Messung des wirtschaftlichen Aufwands, mit dem die Umsetzung einer Maßnahme verbunden ist, wird der Erfüllungsaufwand herangezogen. Es ist rechtlich vorgeschrieben, die Änderung des Erfüllungsaufwands unter anderem für nationale Regelungsvorhaben der Bundesregierung zu ermitteln, da neue Regelungen zu einer Verringerung des Erfüllungsaufwands führen sollten (NKRK). Damit werden Bürokratiekosten sowie die volkswirtschaftlichen Kosten für die Bevölkerung, die Verwaltung und die Wirtschaft abgeschätzt. *„Der Erfüllungsaufwand umfasst den gesamten messbaren Zeitaufwand und die Kosten, die durch die Befolgung einer bundesrechtlichen Vorschrift bei Bürgerinnen und Bürgern, Wirtschaft sowie der öffentlichen Verwaltung entstehen“* (NKRK). Der Gesetzgeber ist somit angehalten, danach die möglichst am wenigsten aufwendige Regelungsalternative auszuwählen (NKR 2018).

Die Ermittlung der Kosten orientiert sich an den methodischen Grundlagen, welche die Bundesregierung bzw. der eingesetzte Normenkontrollrat verwendet, um die Auswirkungen von Regelungsvorhaben volkswirtschaftlich zu quantifizieren. Das ist der Erfüllungsaufwand für Rechtssetzungen, damit ist dieser das Preisschild von Gesetzen und Verordnungen für eine Gesellschaft (NKR 2018).

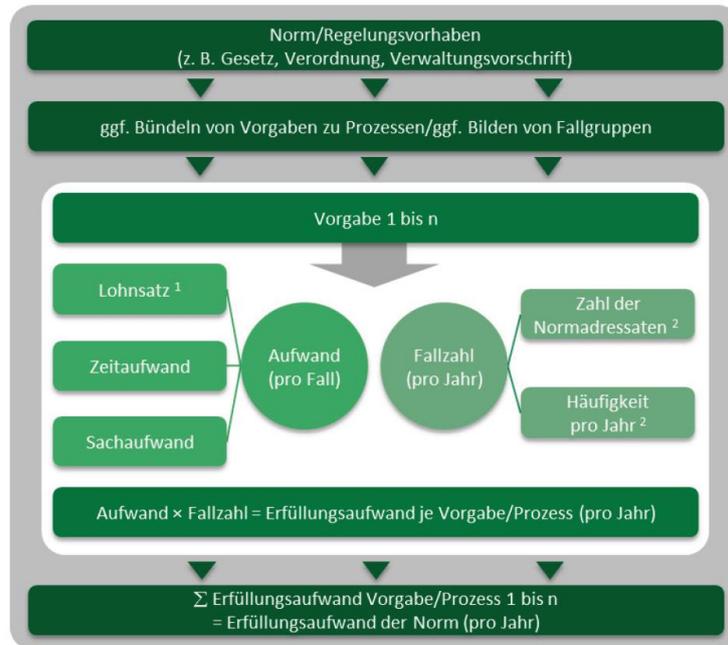


Abbildung 20 Ermittlungsschema für den Erfüllungsaufwand von Regelungsvorhaben gemäß NKR (2018)

Es wird lediglich die Änderung des Aufwands berücksichtigt. Ist durch eine Maßnahme zwar ein Aufwand in der öffentlichen Verwaltung zu verzeichnen, der aber durch Wegfall eines anderen Aufwands ausgeglichen wird, wird dieser nicht berücksichtigt. Es handelt sich dabei um sogenannte Sowieso-Kosten.

Dieses Vorgehen wird genutzt, um den kostenseitigen Aufwand zu erfassen. Auf dem Portal WebSKM werden die bisher für Regelungsvorhaben durchgeführte Berechnungen des Erfüllungsaufwands durch das Statistische Bundesamt beziehungsweise den NKR bereitgestellt. Das Portal wurde mit der Bezeichnung OnDEA durch das Statistische Bundesamt inzwischen neu aufgesetzt (Statistisches Bundesamt 2020). Die auf die Kunststoffabfallströme bezogenen Kosten für die Novellierung der Gewerbeabfallverordnung als Grundlage der Maßnahme Vorbehandlungspflicht wurden daraus abgeleitet. Die Annahmen und die Ergebnisse für die einzelnen Berechnungen werden in Kapitel 4 bei der Charakterisierung der Maßnahmen mit angeführt. Die Berechnungsblätter sind dem Anhang beigelegt.

Die einzelnen Kostenaspekte der in Kapitel 4 in ihrer Ausgestaltung beschriebenen Maßnahmen wurden zusammengetragen und jeweils ermittelt.

Weiterhin werden nur die direkten Kosten für die Maßnahme angesetzt, indirekte sich daraus ergebende Folgekosten oder Einsparungseffekte werden nicht berücksichtigt, um eine möglichst disjunkte Abgrenzung der Kosten für jede Maßnahme zu erzielen.

Bei dem nach dem Leitfaden des Normenkontrollrates empfohlenen Vorgehen sind die Aufwendungen für die 3 Adressatengruppen Bürgerinnen und Bürger, Wirtschaft sowie Verwaltung gesondert zu ermitteln (NKR 2018). Für alle 3 Gruppen werden für jede Maßnahme Fallzahlen bestimmt, die mit einem spezifischen Aufwand multipliziert werden und so ein Gesamtbetrag für jede Gruppe resultiert.

Bei der Ermittlung des Erfüllungsaufwands wird hierbei in Zeit- und Sachaufwand unterschieden. Da für die Kostenermittlung nur der Sachaufwand maßgeblich ist, wird auf die Darstellung des Zeitaufwands für die einzelnen Maßnahmen verzichtet, da dieser bereits implizit im monetär quantifizierten Sachaufwand enthalten ist. Die Zeitaufwendungen wurden über im Leitfaden des NKR angegebene Lohnsätze berücksichtigt.

Da sowohl der einmalige als auch der jährlich wiederkehrende Aufwand der Maßnahme berücksichtigt werden muss, wurden bei der Ermittlung also der einmalig zu erbringende Erfüllungsaufwand und der jährliche Erfüllungsaufwand entsprechend der Länge des Betrachtungszeitraums verwendet. Das heißt, für den gewählten Betrachtungszeitraum von drei Jahren ist auch der dreifache jährliche Mehraufwand des Instruments berechnet worden.

3.3 Zusammenfassung der gewählten Methodik

Im Rahmen der Arbeit wurde eine modifizierte Form der Ökoeffizienzanalyse für die Bewertung der Maßnahmen angewendet, die zu einer Mengensteigerung beim Rezyklateinsatz führen. Als Kriterium für die Umweltentlastung durch die Rezyklatmengensteigerung wurde die Einsparung von klimarelevanten Kohlendioxidäquivalentemissionen verwendet. Der gemäß Ökoeffizienzanalyse zu verwendende Produktsystemnutzen stellt hier einen negativen Nutzen in Form von Kosten dar. Durch die Gegenüberstellung der Kosten für die Rezyklatmengensteigerung kann also von einer Substituierungseffizienz gesprochen werden. Der Begriff ist bereits als CO₂-Vermeidungskosten bekannt.

Substituierungseffizienz (CO₂ – Vermeidungskosten)

$$= \frac{\text{Kosten für Steigerungsmaßnahme [Euro]}}{\text{erwartete Einsparung CO}_2 \text{ – Äq. durch Maßnahme [Mg CO}_2 \text{ – Äq.]}}$$

Der reziproke Wert dieser Substituierungseffizienz - der Quotient aus vermiedenen Umweltauswirkungen - wird von Bunge (2019) als sogenannter „Specific Eco Benefit Indicator“ (SEBI) verwendet. Nach dieser Definition drückt ein höherer Wert eine höhere Effizienz aus. Ein ökologischer Vorteil (hier: Vermeidung von Treibhausgasemissionen) wird zu geringeren Kosten erzielt oder es wird bei gleichbleibenden Kosten ein höherer Umweltnutzen generiert.

Wie in Kapitel 3.2.3 festgelegt, wurde für die Einsparung an Treibhausgasemissionen ein Wert von 1.200 kg CO₂-Äq. verwendet, die mit den abgeschätzten Mengeneffekten multipliziert worden sind. Die Variierung der erzielbaren Einsparungen in Abhängigkeit der verwendeten Rezyklatsorten kann Gegenstand weitergehender Untersuchungen sein.

Weiterhin können damit Substituierungskosten berechnet werden, in dem die Kosten je Prozent Erhöhung der Substitutionsquote angegeben werden. Das heißt je geringer der Wert ist, desto höher die Effizienz. Dieser Wert wird als Ökoeffizienzwert in der Auswertung verwendet.

$$\text{Ökoeffizienzwert} = \frac{\text{Kosten für Steigerungsmaßnahme [Euro]}}{\text{Erhöhung Substitutionsquote durch Maßnahme [\%]}}$$

Für alle Maßnahmen werden in der Auswertung somit die Erhöhung der Substitutionsquote, die Einsparung an Treibhausgasemissionen, die Substituierungseffizienz (Vermeidungskosten) und der Ökoeffizienzwert ermittelt. Die Einsparung an Treibhausgasemissionen und die Kosten für die Maßnahmen werden anschließend in ein Ökoeffizienzportfolio übertragen.

4 Maßnahmen zur Steigerung der Rezyklateinsatzmengen

Um den Einsatz von Rezyklaten zu erweitern, können durch Politik oder die involvierten (Wirtschafts)akteure an mehreren Stellen des Stoffkreislaufs Instrumente initiiert werden. In einem ersten Schritt wurden die bisher in Politik, Forschung oder Wirtschaft diskutierten und oder teilweise in Umsetzung befindlichen Instrumente zusammengetragen. Die hier betrachteten Maßnahmen stellen jeweils einzelne, kleinere für sich genommene gesellschaftliche Transformationsprozesse dar, die in konkreten Bereichen des Kunststoffkreislaufs ansetzen. Die Quantifizierung dieser ist aufgrund der großen Anzahl an involvierten Prozessen und Akteuren aufwendig. Die Begriffe Maßnahme und Instrument werden hierbei gleichbedeutend verwendet.

4.1 Maßnahmenauswahl

Es wurden über eine Literaturrecherche 16 Maßnahmen ausgewählt, teilweise sind diese bereits in der Umsetzung, teilweise sind diese zukünftig geplant.

Die umfassende Erarbeitung von Steigerungsmaßnahmen findet sich in einer UBA Studie von Wilts et al. (2016). Dort wurden die bis dahin von der Europäischen Institution sowie beauftragten Forschungsinstituten vorangegangenen Vorschläge zusammengeführt und in ihrer konkreten Ausgestaltung beschrieben. Weiterhin wurden die Maßnahmenvorschläge von Mudgal et al. (2011), Mudgal et al. (2013) sowie des Grünbuchs der Europäischen Kommission (Europäische Kommission 2013) ausgewertet und die von TRUCOST (2016) erarbeiteten Empfehlungen genutzt. Zusätzlich wurden Maßnahmenvorschläge der EU Kunststoffstrategie aus dem Jahr 2018 (Europäische Kommission 2018a) und dem darauf aufbauenden Instrumenten aus dem Green Deal (Europäische Kommission 2019b) für die Auswahl berücksichtigt. Nachfolgend sind die verwendeten Maßnahmen oder Instrumente aufgelistet. Die Maßnahmen können entsprechend ihres zu erzielenden Effektes verschieden sein, es wurde auf solche Maßnahmen fokussiert, für welche ein konkreter, disjunkter, von anderen Maßnahmen abgrenzbarer Mengeneffekt ermittelbar ist.

Tabelle 7 Übersicht der ausgewählten Maßnahmen mit kurzer Beschreibung und gewünschtem Effekt und Wirkungsort

Maßnahme	Beschreibung	Gewünschter Effekt	Wirkungsort im Kunststoffkreislauf
Recyclingquote	Zielvorgaben für das kunststoffspezifische Recycling im Bereich ElektroG und AltfahrzeugV	Erhöhung der Rezyklatmenge zur Verbreitung der Sekundärkunststoffmarktes	Recycling
Verbrennungsabgabe/ -steuer	Abgabe für die energetische Verwertung von Kunststoffabfällen	Preisvorteil des Recyclings ggü. der energetischen Verwertung zur Steigerung der Rezyklatmenge	Sammlung von Abfällen, Sortierung
Mindestrezyklat-einsatz	Einführung von kunststoffspezifischen Mindestrezyklatquoten	Erhöhung der Nachfrage auf dem Sekundärrohstoffmarkt	Produktion, Verarbeitung
Pfandsysteme	Erweiterung der Pfandpflicht für andere Kunststoffarten, wie HDPE	Erhöhung der Rezyklatmenge und -qualität durch sortenreine Erfassung	Sammlung von Abfällen
Sammeloptimierung	Verbesserte Sammlung der Kunststoffabfälle durch Aufklärung der Bevölkerung	Verbesserte Rezyklatqualität aufgrund der erhöhten Inputqualität der Sortieranlagen	Sammlung von Abfällen
Vorbehandlung von Gewerbeabfällen	Einführung der Vorbehandlungspflicht für Gewerbeabfälle	Erhöhung der Rezyklatmenge und -qualität	Sortierung, Recycling
Steuerreduktion	Reduktion der Mehrwertsteuer beim Einsatz von Rezyklaten	Erhöhter Anreiz zum Rezyklat-einsatz durch die Preisreduktion	Produktion, Verarbeitung
Umweltlabel	Weiterentwicklung verschiedener Umweltlabel (z.B. Blauer Engel)	Erhöhung der Rezyklatnachfrage	Verarbeitung, Verbrauch
Grünes Beschaffungswesen	Bevorzugung des Rezyklateinsatzes im öffentlichen Beschaffungswesen	Erhöhung der Rezyklatnachfrage	Verbrauch
Ökodesign	Verbesserung der Gestaltung von Produkten in Bezug auf deren Recyclingfähigkeit/Kreislauffähigkeit	Erhöhung der Rezyklatmenge und -qualität	Produktion, Verarbeitung
Ökoeffektivität	Ökoeffektives Recycling: Sortenreine Sammlung der Kunststoffe für die sortenreine Verwertung	Erhöhung der Rezyklatqualität	Sammlung, Sortierung
Recyclingfonds	Fonds zur Förderung des Kunststoffrecyclings	Erhöhung der Rezyklatmenge und -qualität	alle Bereiche möglich
Selbstverpflichtung	Europäische Initiative MORE zur Steigerung des Rezyklateinsatzes und dessen Herstellung	Erhöhung der Rezyklatmenge	Produktion, Verarbeitung
Substitutionsquoten	Einführung von Substitutionsquoten, Lizenzierung des Wiedereinsatzes im Rahmen eines Dualen Systems	Erhöhung der Rezyklatmenge aus Dualen Systemen	Produktion, Verarbeitung
Anlagenoptimierung	Optimierung der Recyclinganlagen	Erhöhung der Rezyklatqualität	Sortierung
Akteursvernetzung	Vernetzen der Produktions- und Recyclingindustrie von Kunststoffen	Erhöhung der Rezyklatnachfrage durch vermehrten Produkteinsatz	Recycling, Produktion

Abbildung 20 gibt einen Überblick über die Kreislaufführung der Kunststoffe, um die in Tabelle 7 zusammengetragenen Maßnahmen einordnen zu können. Dazu wurde in "Spalte 4" der Wirkungsort der Maßnahme eingetragen.

Von besonderer Bedeutung für die Verbesserung der Kreislaufführung von Kunststoffen ist diese Maßnahme deshalb, da hier über eine Quotenfestlegung Sekundärmaterial dem Recyclingkreislauf zur Verfügung gestellt wird, für das es bisher noch keine explizite rechtliche Regelung gibt. Es handelt sich dabei um Kunststoffe in langlebigen Anwendungen, die bisher nur in unzureichendem Maße dem Recycling zugeführt werden. Mit der Altfahrzeugverordnung (AltfahrzeugV) und dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) bestehen für diese Abfallströme bereits zwar unspezifische Verwertungsempfehlungen, es werden aber noch Potenziale für eine höhere Recyclingmaterialbereitstellung gesehen. In diesen beiden bestehenden Regelungen existieren keine konkreten Quoten für Kunststoffverwertung. Es sind für die Abfallströme allgemeine Verwertungsquoten nachzuweisen, worin sich auch die Kunststofffraktion und deren stoffliche Verwertung wiederzufinden haben. Die EU hat bereits 2015 in ihrem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft eine weitere Ausgestaltung der Vorgaben für das werkstoffliche Recycling aus diesen Sektoren gefordert (Europäische Kommission 2015).

Darüber hinaus fallen im Bausektor und im Verpackungsbereich kunststoffhaltige Abfälle an, bei denen Quotenvorgaben für die Verwertung eine Rückführung sichergestellt werden soll. Die im Bausektor erfassbaren Kunststoffabfälle sollen über die Maßnahme der Vorbehandlungspflicht für Gewerbeabfälle betrachtet werden und werden für die Mengensteigerung dieser Maßnahme nicht berücksichtigt. Für die im Verpackungsbereich erfassbaren Mengenströme werden durch das Verpackungsgesetz Quotenvorgaben getroffen. Da diese schon länger existieren (Inkrafttreten 2017, Umsetzung 2019), wird davon ausgegangen, dass sich davon kein zusätzlicher Mengeneffekt einstellt, welcher auch über andere Maßnahmen erfasst wird. Die Mehrmengen aus dem Gewerbeabfallbereich werden also nicht berücksichtigt, sondern lediglich der Mehreinsatz von Rezyklat aus der Altfahrzeugverwertung und Elektroaltgeräteaufbereitung. In einer Zusammenstellung der Rechtslage über die Verwertung von kunststoffhaltigen Abfälle aus 2020 werden genau diese Stoffströme aufgelistet (BKV GmbH 2020).

Für die Kostenermittlung wurde der Erfüllungsaufwand für den Adressatenkreis Wirtschaft und der Verwaltung betrachtet. Für die Bevölkerung entsteht dadurch kein Mehraufwand. Es wurden sowohl einmalige als auch jährliche Erfüllungskosten angesetzt. Durch die technischen Anpassungen entsteht der größte Teil als einmalige Kosten für die Wirtschaft. Auch durch die erhöhten Melde- und

Dokumentationspflichten sind die jährlichen Kosten durch die Unternehmen zu leisten. Für dabei angesetzten Investitionskosten für die zusätzlichen technischen Aggregate wird eine Abschreibungsdauer von 10 Jahren gewählt. Da die für die Maßnahme ermittelten Kosten sich lediglich auf den in drei Jahren erzielbaren Mengeneffekt beziehen sollen, wurden die Investitionskosten nur anteilig für den dreijährigen Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Somit soll eine exakte Zuordnung der Kosten zum Mengeneffekt ermöglicht werden. Für die Berechnung wurde also die Anzahl der betroffenen Betriebe und die dort erforderlichen Investitionen und personellen Umstellungskosten abgeschätzt. Beispielsweise wurde neben den Bürokratiekosten für die Verwaltung und die wirtschaftlichen Akteure ein Investitionsbedarf für die betroffenen Verwertungsbetriebe von 26 Millionen Euro ermittelt, der somit nur zu drei Zehnteln (7,8 Millionen Euro) in Ansatz gebracht wurde. Damit ergeben sich einmalige (Umstellungs)kosten für diesen Wirtschaftszweig von 15 Millionen sowie jährliche (wiederkehrende) Kosten von 8 Millionen Euro (24 Millionen in drei Jahren). Für die Verwaltung ergeben sich durch erhöhten Kontrollaufwand und damit verbundene Bürokratiekosten jährlich zusätzlich 400.000 Euro. Zur Einarbeitung der Thematik und Erfassung der Quoten wurde ein einmaliger Aufwand für die verantwortlichen Landes- und Bundesbehörden mit 2,2 Millionen kalkuliert. Somit ergeben sich Gesamtkosten dieses Instruments für einen Betrachtungszeitraum von drei Jahren 42 Millionen Euro, mit denen sich nachfolgend beschriebener Steigerungseffekt für Rezyklat erzielen lässt.

Die Berechnungstabelle für diese und alle weiteren betrachteten Maßnahmen sind im Anhang A 2.1 zu finden.

Für die erhöhte Erfassung von Kunststoffen für die werkstoffliche Verwertung wird allein bei Quotenvorgaben für den Bereich Altfahrzeuge und Haushaltsgroßgeräte ein Mengeneffekt von 37.000 Mg durch Wilts et al. (2016) kalkuliert. Da sich der dort abgeschätzte Mengeneffekt nicht vollständig im Betrachtungszeitraum von drei Jahren erzielen lässt, wird eine teilweise Steigerungsmenge von 25.000 Mg angenommen, die zusätzlich für die Nutzung in der Kunststoffindustrie zur Verfügung steht. Zusätzlich wurde für diese Maßnahme und alle weiteren Schwankungsbereiche des Effekts angegeben.

Da es sich um einen angebotssteigernden Effekt handelt, ist hier nicht die Menge maßgeblich, die am Markt dadurch bereitgestellt wird, sondern es wurde nur die

Menge zu abgeschätzt, die letztendlich mit diesen Verwertungsquoten erhöhte Menge an Rezyklat in Produkten eingesetzt wird.

Tabelle 8 Zusammenfassung Maßnahme 1 Recyclingquoten

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	25.000 Mg (15.000 – 50.000)
Kosten	41.800.000 € (21.000.000 – 84.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	Elektroaltgeräte, Altfahrzeuge

4.1.2 Verbrennungsabgabe

Abgabe für die Verbrennung von Kunststoffabfällen, die über den Rest- und Gewerbeabfall in thermische Behandlungsanlagen gelangen

Da die Verbrennung von Kunststoffabfällen aufgrund der vorhandenen Kapazitäten von thermischen Behandlungsanlagen insbesondere in Deutschland als Konkurrenz für eine stoffliche Verarbeitung von Kunststoffabfällen gesehen wird, wurde durch Wilts et al. (2016) das Instrument einer Verbrennungsabgabe oder -steuer untersucht. Durch eine zusätzliche Besteuerung von kunststoffhaltigen Abfällen bei der Verbrennung soll ein Lenkungseffekt in Richtung einer verbesserten Aufbereitung von Kunststoffabfällen erzielt werden. Es besteht bei den Europäischen Ländern ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Recyclingquoten und der durchschnittlichen Verbrennungsgebühr (Watkins et al. 2012). Daher erscheint das Instrument prinzipiell geeignet, eine Verschiebung der Stoffströme in Richtung Recycling zu bewirken.

Für die Ausgestaltung des Instruments müssen mehrere Aspekte wie Auswahl der Zuordnung auf bestimmte Abfallschlüssel und Abfallarten bzw. -ströme berücksichtigt werden, die umfassend in Wilts et al. (2016) beschrieben sind. Beispielhaft kann hier die bereits in Umsetzung befindliche Steuer in Dänemark erwähnt werden, die bei 44 € / Mg liegt. Auch wurden die verbundenen Risiken der Umgehung der Steuer und des Ausweichverhaltens oder der Nutzung der Betreiber als zusätzliche Einnahmen diskutiert.

Für die ausführliche Beschreibung wird auf die zugrundeliegende Literatur verwiesen (Wilts et al. 2016). Nach entsprechender verwaltungsrechtlicher Prüfung und Konformität zu europarechtlichen Vorgaben erscheint eine Steuer als das am besten für eine Umsetzung geeignete Instrument. Diese wird daher als Grundlage für die Ermittlung des Erfüllungsaufwands genutzt. Der Vollzug der Regelung scheint durch die umfassende Erhebung abfallwirtschaftlicher Mengenströme über die Abfallverzeichnisverordnung umsetz- und kontrollierbar.

Durch die Verlagerung von Stoffströmen handelt es sich dabei um ein angebotssteigerndes Instrument. Es wird angenommen, dass mit diesem Instrument innerhalb von drei Jahren ein Mehreinsatz an Rezyklat von 48.000 Mg erreicht werden kann, wobei der Effekt durch die Höhe der letztendlichen Abgabe bzw. Steuer beeinflusst wird. Die Mengenschätzung ergibt sich aus dem Vorschlag von Wilts et al. (2016) und einer Diskussion mit Wilts (2020).

Hinsichtlich der kostenseitigen Kalkulation für den Erfüllungsaufwand ergeben sich ebenfalls Änderungen für den Adressatenkreis Wirtschaft sowie Verwaltung durch einmalige Anpassungsmaßnahmen sowie für die zusätzlichen Steuerausgaben. Für die Bevölkerung sind keine direkten finanziellen Aufwendungen zu erwarten. Da diese der staatlichen Verwaltung zufließen, gleichen sich auf volkswirtschaftlicher Ebene die Kosten aus, so dass überwiegend die einmaligen Anpassungen durch die Unternehmen den überwiegenden Kostenteil ausmachen. Die ermittelten Investitionskosten für die Wirtschaft wurden anteilig für den dreijährigen Betrachtungszeitraum bei einer Abschreibungszeit von sieben Jahren für die erforderliche IT-Infrastruktur betrachtet. Die für die Berechnung verwendeten Fallzahlen der betroffenen Akteure und die Annahmen der Einzelpositionen finden sich im Anhang in Tabelle A 2.2.

Durch die Einstellung des Lenkungseffekts werden die Steuerausgaben mit steigendem Rezyklateinsatz sinken. Die Ermittlung der Kosten anhand des Berechnungsschemas des Normenkontrollrates ist im Anhang ersichtlich.

Tabelle 9 Zusammenfassung Maßnahme 2 Verbrennungsabgabe

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	48.000 Mg (20.000 – 60.000)
Kosten	29.600.000 € (15.000.000 – 60.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	kunststoffenthaltende Abfallströme zur thermischen Verwertung, vorrangig Gewerbeabfälle, ggf. Siedlungsabfälle

4.1.3 Mindestrezyklateinsatz

Einführung von Mindestrezyklatquoten für ausgewählte Kunststoffanwendungen

Als erstes nachfragesteigerndes Instrument wird hier die Einführung von Mindestrezyklatquoten beschrieben. Dies erscheint insofern sinnvoll, dass es direkt den Einsatz von Rezyklat fördert und nicht dessen Bereitstellung. Eine rechtsverbindliche Auflage, anteilig Rezyklate einzusetzen, führt zu Forschungs- und Entwicklungsbemühungen, siehe auch Kapitel 2.4.1. Eine Mindesteinsatzquote kann zwar durch die hohen rechtlichen Hürden (siehe Kapitel 2.5.4) noch nicht in allen Produkten verlangt werden, dennoch kann für Produkte mit geringen sicherheitsrechtlichen Anforderungsprofilen von einem großen Steigerungseffekt ausgegangen werden.

Diese Maßnahme kann als nachfragesteigernd charakterisiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass von der Produktionsindustrie verlangt wird, dass durch die Recyclingindustrie verstärkt darauf geachtet wird, sowohl höhere Quantitäten als auch Qualitäten zu erzeugen. Eingeführt werden müsste eine entsprechende Regelung in nationalen oder europäischen Kontext durch den Gesetzgeber. Aufgrund des komplexen Anwendungsfelds für Kunststoffe ist eine pauschale Quotierung über die gesamte Kunststoffherstellungsmenge rechtlich schwierig umzusetzen. Wilts et al. (2016) empfehlen eine freiwillige Verpflichtung der Kunststoffproduzenten.

Für die Bewertung der Maßnahme wird von einer rechtsverbindlichen Umsetzung entweder für Kunststoffsorten oder für Produktgruppen in Form der Ausgestaltung eines neuen Regelungsvorhabens zu Grunde gelegt. Dies ist erforderlich, da die abfall- und kreislaufwirtschaftlichen Regelungen keine ausreichende

Rechtswirkung im Produktionssektor haben. Es muss also eine für die kunststoffverarbeitende Industrie geltende Regelung geschaffen werden. Für die im Kreislaufwirtschaftsgesetz geregelte Produktverantwortung liegt ein zu geringer Ermächtigungsspielraum vor. (siehe auch Wilts et al. (2016) oder (KrWG))

Das Stoffstrombild Kunststoffe gibt für das Jahr 2017 eine durchschnittliche Rezyklatquote von 12,3% über alle Sektoren aus (Conversio 2018).

Wird eine geforderte Steigerung von 5 % über alle Sektoren angenommen, ergibt sich eine Erhöhung der Rezyklatmenge um 750.000 Mg, die für die Kunststoffindustrie zusätzlich durch die Maßnahme bereitgestellt werden würde. Da nicht für alle Anwendungsbereiche eine entsprechende Mindestquote vorgegeben werden kann, müssten andere Bereiche entsprechend höhere Quoten erzielen, um dies auszugleichen. Da es sich um einen langwierigen Prozess handelt, der nicht innerhalb der Betrachtungsperiode von drei Jahren vollständig umgesetzt werden kann, wird für diesen Zeitraum von einem Mengeneffekt von 10 % (75.000 Mg) der Rezyklatmenge ausgegangen, die sich bei einer fünfprozentigen Erhöhung der zuvor genannten gesamthaften Rezyklatquote einstellen würden. Somit ergeben sich aufgerundet 80.000 Mg als Mengensteigerung, für welche der entsprechende Erfüllungsaufwand des Vorhabens ermittelt wurde.

Für die Kosten ergeben sich Mehraufwendungen für die Wirtschaft, insbesondere für Unternehmen, die sich nun neu mit dem Thema Rezyklateinsatz beschäftigen müssen. Es wird ein Erfüllungsaufwand von über 74.600.000 Euro für diesen Adressatenkreis angesetzt (siehe Tabelle). Die in Anhang A 2.3 befindliche Berechnung enthält keine Berücksichtigung einer Abschreibung von Investitionsgütern, da für diese Maßnahme keine entsprechenden technischen Aggregate notwendig sind beziehungsweise sich im Betrachtungszeitraum abschreiben lassen.

Tabelle 10 Zusammenfassung Maßnahme 3 Mindestrezyklateinsatz

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	80.000 Mg (50.000 – 200.000)
Kosten	74.600.000 € (37.000.000 – 150.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	alle separat erfassbaren Kunststoffabfälle aus gewerblichen Sammlung, der optimierten Wertstoffeffassung aus dem Restabfall (mittels MBA) und den Dualen Systemen, aus denen Rezyklat bereitgestellt werden kann

4.1.4 Pfandsysteme

Zusätzliche Pfandsysteme für ausgewählte Kunststoff(verpackungs)produkte einführen

Das Beispiel der Einwegbepfandung von PET-Getränkeflaschen zeigt, dass mit einem vertretbaren logistischen Aufwand ein sortenreiner Stoffstrom erfasst werden kann, mit dem sich hohe Rezyklatquoten erzielen lassen. Wilts et al. (2016) betrachten eine Erweiterung im Elektrogerätebereich als eine sinnvolle Maßnahme, um sekundäre Rohstoffe im Kreislauf zu halten. Dabei wird auch die nichtkunststoffhaltigen Wertstoffe aus Elektroaltgeräten und deren Recycling fokussiert, für die daraus erzielbaren Kunststoffrezyklate ergibt sich ein marginaler Mengeneffekt.

Deshalb wird ein Szenario der Bepfandung eines sortenreinen Kunststoffabfallstroms vorgeschlagen, mit welchem analog dem PET-System (Lebensmittel-) Verpackungskunststoffe erfasst werden. Vor allem im Lebensmittelbereich kann bisher eine Nutzung von Recyclingmaterial nur dann erfolgen, wenn ein unverschmutzter, sortenreiner Stoffstrom wie beim PET erfasst wird. Untersuchungen von Snell (2016) zeigen, dass die Reinheit von getrennt über das Pfandsystem in Deutschland erfasstem PET um den Faktor 10 höher ist als in anderen PET-Erfassungssystemen in Nachbarländern (Snell 2016).

Bei anderen Lebensmittelverpackungen erfolgt ein hochwertiges Recycling nur unzureichend. Daher wird vorgeschlagen, auf gängige Kunststoffverpackungen für Lebensmittel ein Pfand zu erheben. Für die konkrete Ausgestaltung wird vorgeschlagen, eine weitere Pfandinfrastruktur aufzubauen, die mittels weiteren

Untersuchungen zu konzipieren ist. In einem ersten Schritt soll Material aus der einzelnen Kunststoffsorte PP erfasst werden, möglicherweise kann sich weiterhin auf die Erfassung auf einzelne Farben bzw. transparente Verpackungen beschränkt werden.

Als Mengeneffekt für den Verpackungsbereich kann nur der zusätzliche Effekt für die Rezyklatmenge erfasst werden, die nicht ohnehin über die Dualen Systeme einer stofflichen Verwertung zugeführt wird. Vorteilhaft ist die Möglichkeit des Product-to-Product-Recyclings mit dem weiten Anwendungsfeld der Lebensmittelverpackungen. Weiterhin können ähnlich der Praxis beim PET-Kreislauf auch ein größerer Anteil an Rezyklat für die Nichtlebensmittelverpackungen bereitgestellt werden.

Hierfür kommen nur Verpackungen aus PP bzw. HDPE in Frage, die durch Verbreitung als im Konsumgüterbereich mengenrelevante Hohlkörper sowie ihrer prinzipiellen Geeignetheit zur Rezyklierung einer Pfandlogistik zugeführt werden können. Auch hier sind Entwicklungen im Ökodesignbereich und des Konsumbewusstseins erforderlich, die in anderen Maßnahmen betrachtet werden.

Es wird die Annahme getroffen, dass durch ein Pfandsystem von festen Lebensmittelverpackungen entweder aus PP bzw. aus HDPE ein Stoffstrom im Betrachtungszeitraum zusätzlich in Höhe von 40.000 Mg als hochwertiges Rezyklat bereitgestellt würde. Der Erfüllungsaufwand ist für die Wirtschaft sehr hoch, da sowohl infrastrukturelle als auch organisatorische Anpassungen vorgenommen werden müssen. Bei den Investitionskosten für die Pfandautomateninfrastruktur wurde auch hier nur der Anteil der Abschreibung innerhalb des Betrachtungszeitraums angesetzt. Die Abschreibungszeit für ein solches Rücknahmesystem ist mit fünf Jahren angenommen worden. Die Tabelle 2.4 im Anhang enthält die Berechnung des einmaligen und jährlichen Aufwands für diese Maßnahme für die Wirtschaft und die Verwaltung, der sich für den in allen Maßnahmen gleich angesetzten Betrachtungszeitraum von drei Jahren zu 111 Millionen Euro ergibt. Den maßgeblichen Kostenanteil stellen dabei die Investitionskosten für die Pfandautomaten dar, die in einem ersten Einführungsschritt in 5.000 Verkaufsstellen des Einzelhandels platziert werden.

Die Rückführung von hochkomplexen Produkten direkt zum Hersteller durch entsprechende Pfandsysteme ist ein ökologisch und betriebswirtschaftlich sinnvoller Ansatz. Dabei wird jedoch auf das Recycling von

Nichtkunststoffwertstoffen abgezielt. Für eine Rückführung von Antrieben für Elektrofahrräder wurden am Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der TU Dresden erfolgversprechende Untersuchungen durchgeführt. Dabei konnte mittels einer Nutzwertanalyse verschiedener Rückführungsoptionen gezeigt werden, dass Pfandsystem gegenüber anderen Möglichkeiten die besten Nutzwerte aufweisen. Ebenso ein für ein derartiges Instrument in Frage kommender Stoffstrom sind Mobiltelefone, zu welchem umfangreiche Ansätze existieren.

Tabelle 11 Zusammenfassung Maßnahme 4 Pfandsysteme

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	40.000 Mg (25.000 – 100.000)
Kosten	111.000.000 € (50.000.000 – 150.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd, insbesondere hochwertige Rezyklate
betroffene Stoffströme	ausgewählte Lebensmittelverpackungen entweder PP oder HDPE

4.1.5 Sammeloptimierung

Optimierung der Outputqualität von Sortieranlagen durch eine verbesserte Sammlung mittels Aufklärung

Die unzureichende Qualität der Materialien aus Sortieranlagen wurde ebenfalls als Hemmnis für eine ausreichende Rezyklatbereitstellung erkannt. Die Sortieranlagen führen eine erste Stoffstromtrennung nach Materialsorten durch. Entweder werden bereits einzelne Kunststoffsorten sortiert oder gehen als Mischkunststofffraktion in die weitere Aufbereitung. Dabei hat der Agglomerationsgrad der jeweiligen Kunststoffmaterialien Einfluss auf diesen ersten Sortierschritt.

Je vereinzelter und nach Materialarten getrennt der Abfallerzeuger Leichtverpackungen dem Sammelsystem zuführt, desto höher wird die Reinheit der stoffartensortierten Outputfraktionen aus den Erstbehandlungsanlagen und eine größere Menge an hochwertigem Rezyklat kann in den nachfolgenden Kunststoffverwertungsschritten bereitgestellt werden. Relevant für die Betrachtung ist der Stoffstrom der Verpackungskunststoffe aus der getrennten Erfassung über die dualen Systeme.

Dazu wurde am Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft ein Versuch zum Einfluss der Sammelqualität auf die NIR-Sortierung von Leichtverpackungen durchgeführt. Es wurden jeweils Versuchsdurchgänge mit unverändertem und anschließend hinsichtlich der Sammelqualität optimiertem LVP-Material durchgeführt. Eine stärker vereinzelt Aufgabe von Verpackungsabfällen in die Sammelsysteme kann zu einer höheren stofflichen Reinheit bei der Sortierung führen (Maletz et al. 2017). Die Ergebnisse zeigen, dass es zu höheren Reinheiten bei der Ausbringung der Wertstoffe in der Sortierung kommt. Zwar kommt es dadurch nicht zwangsläufig zu einer größeren Ausbringungsmenge. Für die Aufteilung auf die Outputfraktionen verringert sich jedoch der Anteil an nicht oder nur energetisch verwertbarem Sortierrest und damit ergibt sich eine größere Menge Rezyklat.

Eine bereits in den Jahr 2000 und 2001 durchgeführte Untersuchung der Interessengemeinschaft Kunststoffrecycling in Sachsen e.V. Im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt konnte ähnliche Ergebnisse erzielen. In der Stadt Zwickau wurde in einem Versuch mit einer umfassenden Bevölkerungsinformation die Zusammensetzung des Abfalls des DSD verbessert (Lönnecke et al. 2002).

Einzelhandelsketten versuchen bereits teilweise, diese Erkenntnisse durch das Anbringen von Trenninformationen auf den Verpackungen umzusetzen, siehe das Beispiel der Trennhilfe von Netto in nachfolgender Abbildung. So haben bereits Händler wie Edeka, Netto und Rewe entsprechende Label herausgebracht, auf denen Hinweis zur ordnungsgemäßen Auftrennung der Materialarten einer Verpackung aufgebracht ist.



Abbildung 22 Beispiel einer Trennhilfeinformation auf einer Lebensmittelverpackung, hier für ein Schokoladenaufstrichglas (Bild: www.netto.de)

Ebenso haben mehrere weitere Einzelhandelsketten haben Aufklärungskampagnen angestoßen, die den Kunden helfen sollen, die richtigen Entsorgungswege zu finden. Das System der Edeka Gruppe bietet Trennhinweise auf Verpackungen an und soll mit einer Recyclingampel zwischen recyclingfreundlichen und schwer sortier- oder verwertbaren Produkten unterscheiden helfen (Kuchta 2020).

Die Bedeutung Bevölkerungsaufklärung für die Optimierung der Sammelqualität wurde auch in zwei studentischen Untersuchungen behandelt, in einer Arbeit wurde durch Armani und Schwer die Potenziale und die Ausgestaltung einer solchen Kampagne ermittelt (Schwer und Amani 2018). In einer weiteren wurden durch Schmid die psychologischen Grundlagen zusammengetragen. Ein möglichst einfaches und zugängliches Entsorgungssystem, bei dem die nötige Infrastruktur möglichst bequem ist, wirkt sich am positivsten auf das Trennverhalten aus. Weiterhin ist die grundlegende Bereitschaft erforderlich, überhaupt zu trennen. Die Akzeptanz des Tonnensystems sowie die Trenndisziplin führen darüber hinaus zu geringen Fehlwurfraten und einer hohen Rate an sortierbaren Wertstoffen (Schmid 2020). Allgemein kann hinzugefügt werden, dass es wichtig ist, die Rolle von Abfall in unserer Gesellschaft zu kennen, um das Entsorgungsverhalten einer Gesellschaft zu verstehen und verändern zu können (Schüller 2017).

Unter Berücksichtigung der genannten Erkenntnisse können konservativ Mehrmengen im Bereich von 5 % an Rezyklat abgeschätzt werden. Da die Maßnahme gemäß Wilts et al. (2016) eher mittel- bis längerfristig Wirksamkeit entfaltet, wird für den kurzen Betrachtungszeitraum von drei Jahren für PP und PE eine Steigerung von 35.000 Mg gewählt. Es kommt dabei zu einer Mengenverschiebung aus dem Sortierrest zu Rezyklat, welches dem Markt zur Verfügung gestellt werden kann. Der Steigerungseffekt in dieser Größenordnung stellt sich über einen Kampagnenzeitraum von drei Jahren ein.

Für die Kosten wurden das für die Aufklärungskampagne „Mülltrennung wirkt“ durch den Projektleiter Herr Subklew mitgeteilte Budget von 8 Millionen Euro jährlich für einen Zeitraum über drei Jahre angesetzt und diese direkt dem zuvor genannten Mengeneffekt zugeschrieben (Subklew 2020).

Tabelle 12 Zusammenfassung Maßnahme 5 Sammeloptimierung durch Aufklärung

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	35.000 Mg (30.000 – 100.000)
Kosten	24.000.000 € (20.000.000 – 50.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	LVP-Material

4.1.6 Vorbehandlung

Tatsächliche Umsetzung der Vorbehandlungspflicht für Gewerbeabfälle gemäß GewAbfV durch Anlageninvestitionen

Ziel der Vorbehandlung von Gewerbeabfällen ist neben anderen die optimierte Erfassung der Kunststofffraktionen zur Steigerung der Rezyklatmenge (Wilts et al. 2016). Mithilfe der am 18.04.2017 novellierten Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) wurde diese Maßnahme rechtlich verankert. Diese Strategie ist bereits in Umsetzung, es existiert vom Deutschen Bundestag eine Stellungnahme zum Erfüllungsaufwand dieser novellierten GewAbfV, die auch die Berechnung der zu erwartenden Kosten enthält (Deutscher Bundestag 2016). Für diese Maßnahme wurden diese Kostenschätzungen verwendet.

Für Unternehmen, die Bautätigkeiten durchführen, ist es nun vorgeschrieben, Bauabfälle getrennt zu erfassen. Unternehmen können von dieser Getrennthaltungspflicht ausgenommen werden, wenn ökologische oder ökonomische Gründe dagegensprechen. Derzeit ist von einer intensiven Planungstätigkeit bei den Betreibern von Gewerbeabfallbehandlungsanlagen auszugehen. Erkennbar ist das an den umfassenden Investitionen, die in den Gewerbeabfallsortieranlagen seit Einführung der Novelle getätigt werden (müssen). Es wird davon ausgegangen, dass ca. 200 Gewerbeabfallsortieranlagen mit Kosten verbundene Anpassungen Ihrer Anlagentechnik vornehmen und erhöhte Dokumentationspflichten erbringen müssen.

Der Deutsche Bundestag beschreibt für die Bürgerinnen und Bürger sowie die Verwaltung keinen zusätzlichen Erfüllungsaufwand durch das Inkrafttreten der novellierten Verordnung (Deutscher Bundestag 2016). Für die Wirtschaft sind jedoch weitere Aufwendungen zu kalkulieren. So haben Betreiber von Vorbehandlungsanlagen z.B. einmalig zusätzliche Anlagenkomponenten zu

beschaffen sowie deren Genehmigung anzupassen. Für Abfallerzeuger (Gewerbe und Industrie) fällt ebenso weiterer Erfüllungsaufwand durch die Getrennthaltungs- und Dokumentationspflicht an (GewAbfV). Insgesamt ist der einmalige Erfüllungsaufwand für Wirtschaft mit 192 Millionen € zu beziffern. Zudem fallen jährlich weitere 16 Millionen € an zusätzlichen Kosten (Deutscher Bundestag 2016). Die dort angegebene Investitionsaufwand für die Abtrennung von Kunststoffen mittels zusätzlicher NIR-Sortierer wird beispielsweise dabei mit 28 Millionen Euro angegeben (Deutscher Bundestag 2016). Für diese und weitere Investitionen sind Abschreibungsdauern zu berücksichtigen, so dass die Kosten dem dreijährigen Betrachtungszeitraum zugeordnet werden können. Es wird darüber hinaus angenommen, dass sowohl der verbleibende einmalige (investive) als auch der jährliche Aufwand zur Hälfte der oben zitierten Gesamtkosten einer verbesserten Kunststoffabtrennung/-bereitstellung zugeordnet werden kann. Somit wird ein einmaliger Sach- und Personalaufwand von 96 Millionen Euro und der jährliche Erfüllungsaufwand mit 8 Millionen Euro angesetzt. Von den 96 Millionen Euro werden 50 % als über 10 Jahre abzuschreibende Investitionen betrachtet, darin sind die Kosten für die NIR-Sortieraggregate enthalten. Somit ergibt sich ein auf den Betrachtungszeitraum bezogener einmaliger Aufwand von 62,4 Millionen Euro. Dieser setzt sich zusammen aus 48 Millionen nicht abschreibungspflichtiger Kosten und zusätzlich 30% von 48 Millionen abzuschreibende technische Anlagegüter. Damit betragen die Gesamtkosten für diese Maßnahme 86,4 Millionen Euro, die innerhalb drei Jahren aufzubringen sind. Die genaue Berechnung findet sich in Anlage A 2.6. Der Vollzug der Gewerbeabfallverordnung verläuft indes schleppend, jedoch kann erwartet werden, dass der Gesetzgeber bei auch zukünftig mangelnder Umsetzung bei den Gewerbetreibenden bzw. den -abfallbehndlern hier korrigierend eingreifen wird.

Dehne et al. (2015) ermittelten ein Potenzial von 1,38 Millionen Mg. Kunststoffen, die durch eine verbesserte Sammlung von Gewerbeabfällen einer werkstofflichen Verwertung zugeführt werden können. Im Rahmen der Einhaltung der Gewerbeabfallverordnung wird dieses Potenzial im betrachteten Zeitraum nur teilweise ausgeschöpft. es zu einer Verlagerung von Stoffströmen kommen kann oder Behandlungsalternativen gefunden werden, um den für die Potenzialabschöpfung erforderlichen investiven Aufwand gering zu halten. Daher

wird von einer Menge an hochwertigem Rezyklat in Höhe 10 % des Potenzials, also ca. 140.000 Mg ausgegangen.

Bei der Maßnahme handelt es sich um eine angebotssteigernde Maßnahme, da durch die Verlagerung aus der energetischen Verwertung zur werkstofflichen Verwertung eine größere Menge am Rezyklatmarkt bereitgestellt werden kann.

Damit können die Kennzahlen des Instruments in folgender Tabelle zusammengefasst werden.

Tabelle 13 Zusammenfassung Maßnahme 6 Vorbehandlung

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	140.000 Mg (50.000 – 150.000)
Kosten	87.000.000 € (40.000.000 – 120.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	Kunststofffraktionen aus der Gewerbeabfallsammlung

4.1.7 Steuerreduktion

Anteilige Mehrwertsteuerreduktion beim Einsatz von Rezyklat entsprechend des eingesetzten Anteils

Bei dieser Maßnahme soll auf eine Besteuerung beim Verkauf von Rezyklat verzichtet werden, da das Material bereits bei der Primärnutzung besteuert worden ist. Eine Mehrwertsteuerreduzierung ist eine im volkswirtschaftlichen Sinne sinnvoll erscheinende Maßnahme, weil sie in gewisser Weise einen Paradigmenwechsel im Umgang mit sekundären Rohstoffen markieren würde. Sie beruht auf dem fiskusrechtlichen Grundsatz, dass Doppelbesteuerung grundsätzlich zu vermeiden seien und in dem Fall für das primäre fossile Ausgangsmaterial bei der Herstellung und Verarbeitung bereits Steuern gezahlt wurden. Die ökonomietheoretische Grundfrage dabei ist, ob Steuern bei jeglicher Umsatzerzeugung gezahlt werden müssen oder ob hier der Doppelbesteuerungsvermeidungsgrundsatz Vorrang hat. Beim Verzicht auf Besteuerung von Rezyklat würde dem Sekundärmaterial ein Vorteil gewährt, der die Nachfrage stimulieren würde. Wilts et al. (2016) schlagen die Maßnahme

dergestalt vor, dass Produkte eine Mehrwertsteuerreduktion entsprechend ihres Rezyklatanteils erfahren. Konkret könnte dieses Regelungsvorhaben so ausgestaltet werden, dass sich die Steuerreduktion relativ zum Rezyklatanteil bemisst.

Hier soll das Instrument allerdings konkret auf die Rezyklathersteller bzw. –vertreiber angewendet werden, so dass für dieses Material keine Mehrwertsteuer einkalkuliert werden muss. Damit kann der Mehraufwand durch die aufwendige Prozessierung bei der Rezyklatherstellung gegenüber Primärgranulaten kostenseitig ausgeglichen werden.

Mit der Bewertung des Mengeneffekts durch Wilts et al. (2016) kann von einer Steigerung von bis zu 50.000 Mg Rezyklat durch die Maßnahme ausgehen, dies betrifft nur die auch tatsächlich zu Rezyklaten verarbeitbaren, also getrennt erfassbaren Kunststoffabfälle.

Bei einer Schätzung für den sich ändernden Erfüllungsaufwand bzw. insgesamten Kosten für Maßnahme zu ermitteln, kann von circa 200 rezyklatproduzierenden Unternehmen ausgegangen werden, für die ein höherer anlagentechnischer und bürokratischer Aufwand entsteht. Der bürokratische Aufwand ergibt sich durch die veränderten Abrechnungsmodalitäten und die sich ändernden Handelsbeziehungen, beispielsweise durch die Vernetzung mit weiteren Kunststoffherstellern, die dann neu das Rezyklat beziehen. Die Aufwendungen durch die erforderliche Sortiertechnik bei den Kunststoffabfallbereitstellern wird durch andere Maßnahmen wie die der Anlagenoptimierung oder Akteursvernetzung abgedeckt und somit hier nicht berücksichtigt. Es handelt sich um einen nachfragesteigernden Effekt, es wird eine größere Menge an Rezyklat nachgefragt.

Tabelle 14 Zusammenfassung Maßnahme 7 Steuerreduktion

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	50.000 Mg (10.000 – 75.000)
Kosten	27.700.000 € (20.000.000 – 50.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus der stofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen

4.1.8 Umweltlabel

Weiterentwicklung von Umwelt-Labeln für Rezyklate (Blauer Engel, RAL Gütezeichen)

Ökolabel wie sind bereits weit verbreitet und werden bereits als Konsumlenkungsinstrument genutzt. Der Blaue Engel beispielsweise wurde durch die Bundesregierung eingeführt, um umweltfreundliche Produkte und deren Verkauf und Akzeptanz zu erhöhen. Ein erfolgreiches Beispiel ist das Kennzeichnen von Recyclingpapieren in den 90er Jahren, da diese sich damals deutlich von weißem, chloorgebleichten Papier unterschieden und noch Akzeptanzprobleme hatten. Durch das Label soll an das Umweltbewusstsein der Konsumenten appelliert werden.

Für die Verwendung des Blauen Engels zur Kennzeichnung von rezyklathaltiger Produkte kann das Umweltzeichen DE-UZ30a genutzt werden. Für dieses bestehen konkrete Vorgaben an den Gehalt von Rezyklaten und Anforderungen an die Gefährlichkeit enthaltener Zusatzstoffe (Blauer Engel 2019).

Durch Kennzeichnen von Kunststoffrezyklatprodukten mit Labeln könnte durch Beeinflussung des Kaufverhaltens in Richtung entsprechender Produkte ein Nachfragesteigerungseffekt erzielt werden, der wiederum auf die Bereitstellung von Rezyklaten und die vorgeschalteten Recyclingprozesskette Einfluss nimmt.

Gemäß dem Nachhaltigkeitsreport des statistischen Bundesamtes betrug der Marktanteil von Produkten mit staatlichen Umweltzeichen 8,6 %, dies entspricht einem Umsatz von 25,7 Milliarden Euro. Die für die Ermittlung betrachteten Umweltzeichen waren dabei das EU Ecolabel, das EU-Bio-Siegel, der Blaue Engel und die jeweils höchste Klasse des EU-Energieverbrauchskennzeichens (Destatis 2018).

Der Mengeneffekt wird von Wilts et al. (2016) als relativ gering eingeschätzt, da bereits viele Label die Aufmerksamkeit der Konsumentenschaft erlangen wollen und sich damit ein Ausblendungseffekt beim Kaufverhalten eingestellt hat. Durch die angestoßene Debatte um die verbesserte Kreislaufführung von Kunststoff(abfällen) gibt es von den Händlern dennoch umfangreiche Bestrebungen, Rezyklat- bzw. recyclingfreundliche Produkte einzusetzen und kenntlich zu machen.

Es gibt weiterhin Bemühungen von anderen privatwirtschaftlich organisierten Normierungsinstitutionen, entsprechende Label zu verbreiten. Ein Beispiel ist das RAL Gütezeichen 720 zur Kennzeichnung des Anteils an Rezyklat in einem Produkt (siehe nachfolgende Abbildung). Anhand der Kosten für die Nutzungsrechte dieses Labels sind die die Kosten für diese Maßnahme ermittelt worden, wenn eine bestimmte Anzahl an Unternehmen (200) mit einer entsprechenden Rezyklatproduktionsmenge, wonach sich der Beitrag bemisst, dieses Gütezeichen erwirbt.



Abbildung 23 Label RAL Gütezeichen 720 zur Kennzeichnung des Rezyklatanteils nach RAL GZ 720 (2018)

Aus genannten Gründen sind die technischen Aufwendungen für diese Maßnahme als gering anzusehen, daher ergeben sich geringe Schätzkosten. Für den Mengeneffekt wird ebenfalls aus obenstehenden Gründen des Wahrnehmungsproblems der Betrag von 10.000 Mg angesetzt.

Tabelle 15 Zusammenfassung Maßnahme 8 Umweltlabel

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	10.000 Mg (5.000 - 25.000)
Kosten	1.400.000 € (1.000.000 - 5.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus der Verwertung von Kunststoffabfällen

Produktdeklarationen bei Investitionsentscheidungen / Beschaffungen können als Anforderung beim grünen Beschaffungswesens genutzt werden. Der

Steigerungseffekt und die damit verbundenen Kosten werden nachfolgend ermittelt.

4.1.9 Grünes Beschaffungswesen

Beschaffung von Kunststoffprodukten mit Rezyklatanteil in der öffentlichen Verwaltung von Bund, Ländern und Kommunen

Grünes öffentliches Beschaffungswesen (engl. Green Public Procurement GPP) bedeutet, dass Behörden und weitere öffentliche Einrichtung angehalten werden, bei der Beschaffung rezyklatenthaltende Produkte zu bevorzugen. Vorrangig betrifft das Produkte aus dem IT-Bereich, also Elektro(nik)geräte, kann aber auch bei Beschaffungen im Bausektor oder im Konsumgüterbereich umgesetzt werden.

Wichtig ist, dass die Vorgabe rechtsverbindlich festgeschrieben ist, dass also nur bei entsprechender Begründung auf konventionellen Primärwareprodukte zurückgegriffen werden darf.

Das Instrument gilt als einfach zu implementieren. Bei bei der Einführung fallen geringe organisatorische Kosten an (siehe auch Erfüllungsaufwand), da auf öffentliche Verwaltungsstrukturen als Adressaten direkt zugegangen werden kann und eine große Umsetzungstreue seitens der Akteure erwartet werden kann.

Die öffentliche Verwaltung kann damit ein positives gesellschaftliches Signal bezüglich der Rezyklatnutzung setzen, was die Akzeptanz in der Bevölkerung erhöhen und Nachahmungseffekte in anderen Konsumbereichen auslösen kann. Der direkte Mengeneffekt selbst kann als gering eingestuft werden, da die Nutzung von Produkten mit Einsatzmöglichkeiten für Rezyklat begrenzt ist. In größeren Volkswirtschaften mit größeren Verwaltungsstrukturen kann demnach der absolute Effekt wesentlich größer sein als in kleineren Ländern (Europäische Kommission 2015).

Es wird zu Grunde gelegt, dass in drei Jahren Produkte mit einer zusätzlichen Rezyklatmenge von 20.000 Mg erworben und damit nachgefragt werden. Es wird dabei vorausgesetzt, dass diese Nachfrage direkt zu einem Steigerungseffekt in derselben Höhe führt. Dabei kann sich die Menge in unterschiedlichen Anteilen auf die 30.000 Beschaffungsstellen des Bundes und der Länder verteilen. Die Mehrmenge an Rezyklat setzt sich dabei aus Büromaterial und IT-Technik zusammen. Für IT-Technik kann hier die Verwendung des epeat-Labels des Green Electronics Councils beispielhaft genannt werden. Diese Label werden vergeben,

wenn Anteile von Recyclingkunststoff in IT-Technik enthalten sind. Die amerikanischen Behörden dürfen nur Geräte beschaffen, die dieses Label besitzen (EPEAT 2020).

Auch in einigen Bundesländern in Deutschland hat diese Regelung bereits Eingang in die einschlägigen Gesetze gefunden, wie zum Beispiel im sächsischen Kreislaufwirtschaftsgesetz. *„Der Freistaat Sachsen, die Landkreise, Kreisfreien Städte und Gemeinden sowie sonstige juristische Personen des öffentlichen Rechts haben vorbildhaft zur Erreichung der Ziele der Kreislaufwirtschaft beizutragen.² Diese Ziele sind insbesondere bei Planungen und Baumaßnahmen sowie im Beschaffungswesen zu beachten.³ Dazu sind finanzielle Mehrbelastungen und Minderungen unwesentlicher Gebrauchseigenschaften in angemessenem Umfang hinzunehmen.⁴ Ein Ausschluss von Recyclingmaterial oder -produkten kommt nur ausnahmsweise in Betracht und ist nachvollziehbar zu begründen.“* (SächsKrWBodSchG). Die Umsetzung dürfte sich bis 2025 auf alle Bundesländer ausweiten, weswegen dieser auf die gesamte Untersuchungsregion wirkende Mengeneffekt abgeschätzt wird.

Weiterhin wurde vom Umweltbundesamt 2020 ein Leitfaden herausgegeben, mit welchem die Beschaffungsstellen des Bundes, der Länder und der Kommunen eine Hilfestellung erhalten, auf was bei der Beschaffung von Recyclingprodukten geachtet werden muss und welchen Anforderungen diese genügen müssen (Umweltbundesamt 2020b).

Für die Kostenermittlung wurde davon ausgegangen, dass die 30.000 Beschaffungsstellen des Bundes und der Länder beim Erwerb kunststoffhaltiger Produkte rezyklatenthaltende Recyclingprodukte nachfragen. Für die Berechnung werden als Sachmittel Büroartikel und die Kosten durch den verwaltungstechnischen Mehraufwand zur Beschäftigung mit und Berücksichtigung der Thematik betrachtet. Für die detaillierte Berechnung wird auf Anhang Tabelle A 2.9 verwiesen.

Tabelle 16 Zusammenfassung Maßnahme 9 Grünes Beschaffungswesen

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	20.000 Mg (15.000 – 50.000)
Kosten	24.300.000 € (20.000.000 – 35.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus der Verwertung von Kunststoffabfällen für Produkte der öffentlichen Beschaffung

4.1.10 Ökodesign

Weitere Implementierung von Ökodesignprinzipien in der Produktionsindustrie durch eine verstärkte Berücksichtigung in allen Ausbildungsbereichen

Durch die Wahrnehmung des Aspekts der Rezyklierbarkeit als entscheidendes Gestaltungskriterium in der Produktionsindustrie werden Produkte hergestellt, die sich im Entsorgungsprozess besser sortieren und aufbereiten lassen und aus diesen demnach größere Mengen qualitativ hochwertiger Rezyklate bereitgestellt werden können. Nach einer Befragung von 500 Kunststoffverarbeitern in 28 Ländern in Europa ist dies die wichtigste Voraussetzung für den Erfolg der Kreislaufführung (Obermeier und Henkel 2019).

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass trotz gut entwickelter Recyclinginfrastrukturen, noch nicht in erforderlichem Maße Rezyklatoutputs mit marktfähigen Qualitäten erfolgen. Das liegt unter anderem daran, dass aufgrund unzureichender Recyclingfähigkeit zu hohe Aufbereitungsverluste zu verzeichnen sind. Durch eine von Beginn an auf eine spätere Rückführung in den Wertstoffkreislauf ausgerichtete Entwicklung von Produkten – das Ökodesign – können diese Verluste reduziert werden.

Ökodesign ist ein Schlüsselbegriff der Kreislaufwirtschaft. Denn damit wird gemäß dem Anspruch an eine funktionierende Kreislaufwirtschaft bereits bei der Produktion von Materialien Einfluss auf die Kreislauffähigkeit genommen. Dazu sind große Veränderungsprozesse bei den Gestaltungsprinzipien von Produkten und der Ausbildung von Produktentwicklern erforderlich. Der Bereich der Produktentwicklung sowohl in Forschung und Entwicklung als auch der Industrie ist ein wichtiger Arbeitsbereich mit hohen Beschäftigungszahlen.

Bei erfolgreicher Umsetzung von Ökodesignbestrebungen kann ein enormer Mengeneffekt bei der Rezyklatbereitstellung erzielt werden. Die Umsetzung ist gleichzeitig aber sehr aufwendig und ein langwieriger Prozess. Die Ausbildung von Produktentwicklern und der notwendige Bewusstseinswandel kann nur über einen längeren Zeitraum umgestellt werden und muss in allen Bildungseinrichtungen wie Universitäten und Hochschulen sowie Berufsschulen erfolgen. Anforderungen an Verpackungen dürfen beispielsweise nicht nur bedarfsgerecht sein mit dem höchstmöglichen Nutzen für den Anwender, sondern müssen eben auch umweltgerecht mit dem geringsten Auswirkungen auf die Umwelt sein. Diese neue Anforderung muss Einzug halten in das Denken in der gesamten Produktions- bzw. Verpackungsindustrie.

Beispielsweise erhalten die auszubildenden Kunststofftechniker in ihrer drei Jahre dauernden Ausbildung in Sachsen lediglich vier Unterrichtsstunden zum Thema Recycling. Auch wenn die Techniker weniger für die Gestaltung von Produkten verantwortlich sind, so prägen sie doch das Produktionsgeschehen in der sehr kleinteiligen Kunststoffindustrie in Deutschland. Dies ist somit bezeichnend für das Bewusstsein für kreislaufwirtschaftlich relevante Themen in diesem Sektor.

Im Bereich der Ökodesignrichtlinie aus dem Jahr 2009 (siehe Kapitel 2.5.3) gibt es auf europäischer Ebene mehrere Anpassungen, die sich vorrangig auf die Verbesserung der Recyclingfähigkeit, aber vor allem auf die Verbesserung der Demontage- und Reparatüreigenschaften von Elektrogeräten beziehen. Es existieren mehrere Forderungen, dies auf die Rückführbarkeit von sekundären Kunststoffen in den Kreislauf zu erweitern (SRU 2020, S. 129).

Umfangreiche Untersuchungen zur Recyclingfähigkeit und zum erforderlichen Ökodesign werden von der BKV GmbH durchgeführt (Schlotter 2017).

Tabelle 17 Kriterien für recyclingfähige Verpackungen und deren Relevanz für den Recyclingprozess nach der Sammlung angepasst nach Mantel und Schlotter (2017)

Kriterium	Sortierung	Verwertung	Bezugspunkt
Materialkombination	X	X	Material
Barriere	X	X	
Additive und Füllstoffe	X	X	
Nebenbestandteile		X	Nebenbestandteile
Kleinteile	X		
Größe von Etiketten Sleeves	X		
Farbe	X	X	Sonstiges
Druckfarben/-verfahren		X	
Klebstoff		X	

Henkel hat ein Tool entwickelt, das es ermöglicht die Recyclingfähigkeit von Kunststoffen festzustellen. Die dabei berücksichtigten Kriterien sind in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18 Kriterien für Bewertung der Recyclingfähigkeit mittels des Henkeltools EasyD4R® (Henkel AG & Co. KGaA 2020) am Beispiel einer Kunststofftubenverpackung

Kriterium	Anforderung
Material	möglichst eine KS-Sorte
Farben	möglichst farblose KS nutzen
Barrierschicht	additiviert mit Stoffen, die kompatibel zum Hauptkörper sind
Additive	Additive sollten die Dichte des Polymers nicht um mehr als 4 % erhöhen
Verschlusssystem	möglichst Material des Hauptkörpers
Deckel/Kappe	möglichst Material des Hauptkörpers
Umhüllung	möglichst Material des Hauptkörpers mit hellen, nicht deckenden Farben
Etikett	möglichst Material des Hauptkörpers mit hellen, nicht deckenden Farben
Klebstoffe	möglichst wasserlöslich (bei unter 60°C)
Druckfarben	nicht toxisch gemäß EUPIA Richtlinien
Direktdruck	möglichst lasergedruckt

Werden alle Kriterien wie in Spalte 2 der Tabelle erfüllt, erhält das Produkt die Bewertung A (Abbildung 23), bei Nichterfüllung eines einzelnen Kriteriums sinkt die Recyclingfähigkeit sofort auf B und schlechter. Dabei kann bei jedem Kriterium eine Abstufung in begrenzter Recyclingkompatibilität und geringer Kompatibilität erfolgen. Bei einer Zuordnung eines Kriteriums zu geringer Recyclingfähigkeit wird das Produkt sofort als nicht recyclingfähig bewertet (E, F oder G siehe Abbildung 23)

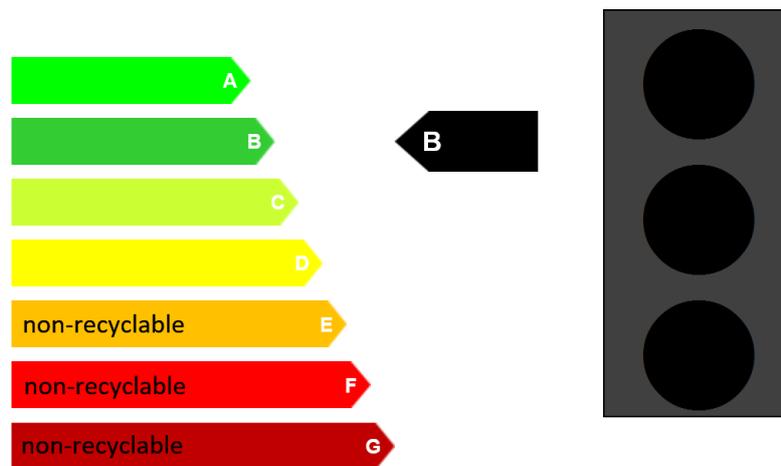


Abbildung 24 Bewertung der Recyclingfähigkeit mittels des Henkeltools EasyD4R® (Henkel AG & Co. KGaA 2020)

Zu vorhandenen Ecodesigntools wurde vom Ökoinstitut eine Bewertung in Bezug auf ihre Wirksamkeit durchgeführt (Möller et al. 2016).

Weiterhin bestehen seitens der Dualen Systeme durch die Differenzierung der Lizenzierungsgebühren in Abhängigkeit der Recyclingfähigkeit Bemühungen, die Vorgaben aus dem Verpackungsgesetz umzusetzen (Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister 2019). Der grundlegende Baustein des Ökodesigns ist dabei, Recyclingfähigkeit zu gewährleisten.

Die Implementierung von Ökodesignprinzipien in der Produktionsindustrie ist eine umfassende gesamtgesellschaftliche Aufgabe und daher sehr komplex. Für einen gewählten Betrachtungszeitraum von drei Jahren wurde ein Mengeneffekt von 75.000 Mg angesetzt. Um diesen zu erreichen, werden Schätzkosten für Aufwendungen in Industrie und Bildungssektor im Bereich von 33 Millionen Euro angenommen. Es handelt sich dabei um eine Abschätzung, wie teuer die

Etablierung der Erweiterung der Aspekt Rezyklierbarkeit und Rezyklatnutzung im gesamten Ausbildungsfeld der Produktentwicklung ist.

Es wird angenommen, dass pauschal mit einem jährlichen Betrag von 15 Millionen Euro, der zur verbesserten Ausbildung im universitären und Fachkräftebereich ein Mengeneffekt von 75.000 Mg erzielt werden kann. Initiator sind dabei die verantwortlichen Kultusbehörden. Der Mengenvorschlag ergibt sich aus einer qualitativen Angabe von Wilts et al. (2016) und einer Abstimmung mit Wilts (2020). Abschätzungen für spezifisch zuordenbare Investitionen für ein einzelnes Ausbildungsthema wie dem Ökodesign sind nur mit großen Unsicherheiten anzugeben, was durch den hohen Schwankungsbereich ausgedrückt wird. Daher wurde für diese Maßnahme auch keine explizite Kalkulation des Erfüllungsaufwandes gemäß den Vorgaben des NKR ausgeführt. Gerade aber die Einführung von Ökodesignvorgaben im Ausbildungsbereich kann zu einer großen Verbesserung der Recyclingfähigkeit von Produkten führen, weshalb der große Mengeneffekt für diese Maßnahme unterstellt wurde.

Tabelle 19 Zusammenfassung Maßnahme 10 Ökodesign

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	75.000 Mg (50.000 – 150.000)
Kosten	45.000.000 € (40.000.000 – 100.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	Menge Kunststoffproduktion

4.1.11 Ökoeffektivität

Ökoeffektives Recycling – Auswahl von einzelnen Kunststoffabfallströmen zur Reduktion von hohen Umweltschadenvermeidungskosten

Bunge (2019) argumentiert, dass ein generelles Erfassen der Kunststoffabfälle und eine Zuführung zum Recycling ökologisch vorteilhaft, aber mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Er führt dazu das Beispiel Schweiz an. Dort werden lediglich PET-Flaschen (und Aluminiumdosen) in einem separaten Sammelsystem bei den Händlern und in der Öffentlichkeit bei den Kommunen erfasst und einer stofflichen Verwertung zugeführt. Die anderen kunststoffhaltigen Abfälle, überwiegend

Verpackungen, werden über die Restabfallsammlung der Abfallverbrennung zugeführt. Für die gewerblichen und industriellen Abfälle existieren teilweise ebenfalls separate Erfassungssysteme. Es wird sich lediglich auf die Erfassung einzelner ausgewählte Stoffströme wie zum Beispiel PET Flaschen oder Aluminiumdosen konzentriert. Der Vorteil dabei ist die hohe Sortenreinheit des erfassten Mengenstroms. Aufgrund der flächendeckenden, umfangreichen und bürgernahen Sammelinfrastruktur kann auf eine Pfanderhebung verzichtet werden, da die Beteiligung der Bürger am System erleichtert wird. Der Nachteil ist eine geringe bzw. keine Erfassung weiterer Kunststoffströme.

Ökoeffektivität im Sinne von Bunge (2019) bedeutet, dass das Ziel erfüllt wird, einen Beitrag zur Ökobilanz der (Schweizer) Abfallwirtschaft zu leisten. Im Vergleich zu anderen Umwelt(schutz)maßnahmen sollte dieser Anteil möglichst groß sein. Die Erfassung von Kunststoffabfällen, wie beispielsweise in Deutschland mit dem Dualen System praktiziert, liefert im Vergleich einen zu geringen Beitrag zur gesamten Ökobilanz bei hohen Kosten. Diesen Erkenntnissen folgend wird daher in der Schweiz auf diesen geringen Beitrag verzichtet (Bunge 2019).

Für Deutschland kann das Recycling von PET-Flaschen - über das Einwegpfandsystem erfasst - ein Beispiel für eine ökoeffektive Rückführung sein. 97,2% der Flaschen werden einem Recycling zugeführt. Dabei findet der Großteil des Recyclingkreislaufs in Deutschland statt. Circa „...ein Drittel der im Inland hergestellten PET-Rezyklate wurde im Jahr 2013 für die Produktion neuer PET-Getränkeflaschen verwendet. Weitere Abnehmer sind die Textilfaser-Industrie (29%), die Folien-Industrie (27%) sowie sonstigen Anwendungen wie beispielsweise Bänder oder Reinigungsmittelflaschen (11%)“ (GVM 2015). Gemäß dieser Studie bestanden 2013 durchschnittlich 25% des Materials für Flaschen aus Recycling-Material.



Abbildung 25 Kreislauf des PET-Flaschenrecyclings (Bild: Ensinger GmbH)

Mit diesem Instrument soll gezeigt werden, inwieweit durch die Beschränkung auf einzelne, mit großer Effektivität (also hoher Zielerreichung) erfasste Kunststoffabfallarten eine Erhöhung der Rezyklatmenge für konkrete Produkt- oder Materialgruppen erreicht werden kann. Durch die Beschränkung auf einzelne Sorten ergäbe sich allerdings eine Reduzierung der Gesamtzyklatmenge, die im Markt zur Verfügung gestellt werden könnte. Daher eignet sich das Instrument nur bedingt zum Vergleich mit den anderen untersuchten Steigerungsmaßnahmen. Wird die bisherige Erfassung beibehalten und zusätzlich eine ökoeffektive Erfassung einzelner Kunststoffabfallströme eingeführt, kann ein disjunkter, zusätzlicher Steigerungseffekt angenommen werden.

Der Charakter dieser Maßnahme ähnelt dann Instrument 4 zur weiteren Befandung einzelner Kunststoffprodukte. Als zusätzliches Instrument ist die Ökoeffektivität ähnlich der Erweiterung der Pfandpflicht dann mit Infrastrukturkosten für die parallele Einführung verbunden. Diese werden geringer als bei den Pfandsystemen angesetzt, da auf technische Pfandrücknahmesysteme wie Automaten verzichtet werden kann - analog der PET-Erfassung in separaten und entsprechend gekennzeichneten Behältern in der Schweiz. Berücksichtigt werden die Verwaltungskosten und die Kosten für die Behältergestaltung und das Abholungsregime.

Das Instrument im Einzelnen ist dann angebotssteigernd für die betrachtete Kunststoffsorte, da eine höhere Rezyklatmenge zu erwarten ist. Im Vergleich zu den Pfandsystemen muss die Erfassung nicht auf einzelne Produktgruppen (wie beispielweise PP-Flaschen aus dem Konsumgüterbereich) beschränkt werden, wodurch sich eine höhere Erfassung abschätzen lässt. Das Szenario soll eine

zusätzliche Erfassung von PP-Hohlkörpern über ein flächendeckendes Erfassungssystem für Bürger und Gewerbe abbilden. Voraussetzung dafür ist die Aufklärung in der Bevölkerung und deutliche Materialkennzeichnung für PP-Material auf den Produkten. Dabei können sowohl Verpackungs- als auch Nichtverpackungsmaterialien (z.B. sortenreines und entsprechend gekennzeichnetes Haushaltszubehör) abgegeben werden. Ein Beispiel ist ein Modellprojekt Rücknahme von Kinderspielzeug aus Kunststoff im Rahmen einer Werbeaktion anlässlich des Jubiläums eines großen Spielzeugkonzerns. Dies machte allerdings deutlich, dass große Anstrengungen bei der Information zu diesem zusätzlichen Sammelangebot unternommen werden müssen, diese sind im Erfüllungsaufwand berücksichtigt worden.

Jährlich werden über das PET-Pfandsystem ca. 470.000 Mg erfasst, davon werden inklusive der Mehrweg-PET-Menge 390.000 Mg einer stofflichen Verwertung zugeführt (GVM 2018). Ein weiteres System im Betrachtungszeitraum soll in einem wesentlich kleineren Maßstab eingeführt und von der Bevölkerung genutzt werden. Zudem soll die Verschiebung aus anderen Erfassungssystemen hier nicht berücksichtigt werden, damit die Mengensteigerungen der einzelnen Instrumente voneinander unabhängige dargestellt werden können und nicht an anderer Stelle im Recyclingsystem in Deutschland Minderungsmengen abgezogen werden müssen. Die Erfassung soll mit ca. 25.000 Mg zusätzlich bereitstellbares Rezyklat aus der separaten Erfassung von ausgewählten PP-Abfällen für eine versuchsweise Einführung angenommen werden.

Tabelle 20 Zusammenfassung Maßnahme 11 Ökoeffektivität

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	25.000 Mg (15.000 – 100.000)
Kosten	45.000.000 (30.000.000 – 90.000.000)
Wirkungsweise	angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	PP Kunststoffabfall

4.1.12 Recyclingfonds

Fonds zur Förderung des werkstofflichen Kunststoffrecyclings durch (Anlagen)optimierungs- und Marktanzreizprojekte

Über einen Fonds sollen einzelne Bestrebungen und Initiativen lanciert werden, die mittels Projektförderung zu einer Steigerung der bereitgestellten Menge als auch zu einem gesteigerten Absatz an Rezyklat führen. Zum einen kann das durch die Bewerbung der Vorteile der Rezyklatnutzung durch geeignete Promotionskampagnen erfolgen, zum anderen können damit vereinzelt Recyclingoptimierungsprojekte angestoßen werden. Dieses Instrument kann somit nachfrage- als auch angebotsstimulierende Projekte fördern. Da bereits mehrere entsprechende Initiativen bestehen und deren Wirkung sich auf Förderung einzelnen Leuchtturmprojekte beschränkt, ist von einem geringen Steigerungseffekt auszugehen.

Grundsätzlich gibt es bei der Förderung von Innovationen 3 Entwicklungsphasen. Die erste Phase stellt die Forschungs- und Entwicklungsphase dar, in der entsprechende Technologien bzw. Maßnahmen entwickelt werden, die zweite besteht in der Markteinführung durch start-up-Aktivitäten und die dritte Phase beschreibt die Diffusion oder Marktdurchdringung der Innovation (Rennings 2010). Ein Recyclingfonds kann in allen drei Phasen fördernd eingreifen.

Bei der konkreten Ausgestaltung stellt sich die Frage, ob dieser Fonds auf staatlicher Ebene oder in privatwirtschaftlich organisierter Weise agieren soll. Wilts et al. (2016) schlagen einen nicht-staatlichen Fonds vor, um keine europäischen Marktschutzregularien zu verletzen. Es wird empfohlen, diesen durch die beteiligten Industrien und Unternehmen zu gründen.

Mit einem Startkapital von 7 Millionen Euro (orientiert an einem britischen Beispiel gemäß Wilts et al. (2016)) können mehrere Förderprojekte mit einem Förderzeitraum von drei Jahren angestoßen werden, zusätzlich wurden 2,4 Millionen Euro Initiierungskosten berechnet. Es wird von einem Mengeneffekt von 5.000 Mg an zusätzlich bereitgestellter Rezyklatmenge ausgegangen, die sich aus Abklärungen mit Betreibern von Sortieranlagen ergeben, die eine solche Fördermaßnahme evaluiert haben (Veolia 2020).

Tabelle 21 Zusammenfassung Maßnahme 12 Recyclingfonds

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	5.000 Mg (2.500 – 25.000)
Kosten	9.400.000 € (7.5000.000 – 20.000.000)
Wirkungsweise	angebots- und nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	alle Kunststoffabfälle und Rezyklate

4.1.13 Selbstverpflichtung

Selbstverpflichtungskampagne der Europäischen Kommission bezogen auf nationale Akteure

Selbstverpflichtung wird seitens einer marktwirtschaftlichen Philosophie der EU-Kommission präferiert, da damit nicht gesetzgeberisch in den Markt eingegriffen wird und Marktmechanismen die Erreichung entsprechender Rezyklateinsatzziele bewirken sollen. In dem Zusammenhang hat die EU-Kommission im Rahmen Ihrer Kunststoffstrategie die relevanten Branchen aufgefordert, im Rahmen einer Selbstverpflichtung sich für eine höhere Rezyklatnutzung einzusetzen (Europäische Kommission 2018a). Es wird gefordert, bis 2025 10 Millionen Mg Rezyklat mehr auf den europäischen Markt und in entsprechende Produkte zu bringen. Bei einer Erhebung zu dieser Selbstverpflichtungskampagne wurde abgefragt, wie viel Rezyklatmaterial zum einen die Recyclingfirmen bereitstellen wollen und wie viel die kunststoffverarbeitenden Unternehmen abschätzen, einzusetzen. Die Recyclingfirmen (Angebotsseite) geht von einer Menge von 11 Millionen Mg. aus, die Kunststoffindustrie (Nachfrageseite) hat sich verpflichtet 6,4 Millionen Mg. einzusetzen. Die sich daraus ergebende Differenz von über 4,5 Millionen Mg. ist kennzeichnet die großen Herausforderungen beim Rezyklateinsatz (Europäische Kommission 2019a) und zeigt, dass vorrangig nachfragestimulierende Instrumente initiiert werden müssen, um die theoretisch bereitstellbare Menge auch zur Anwendung zu bringen.

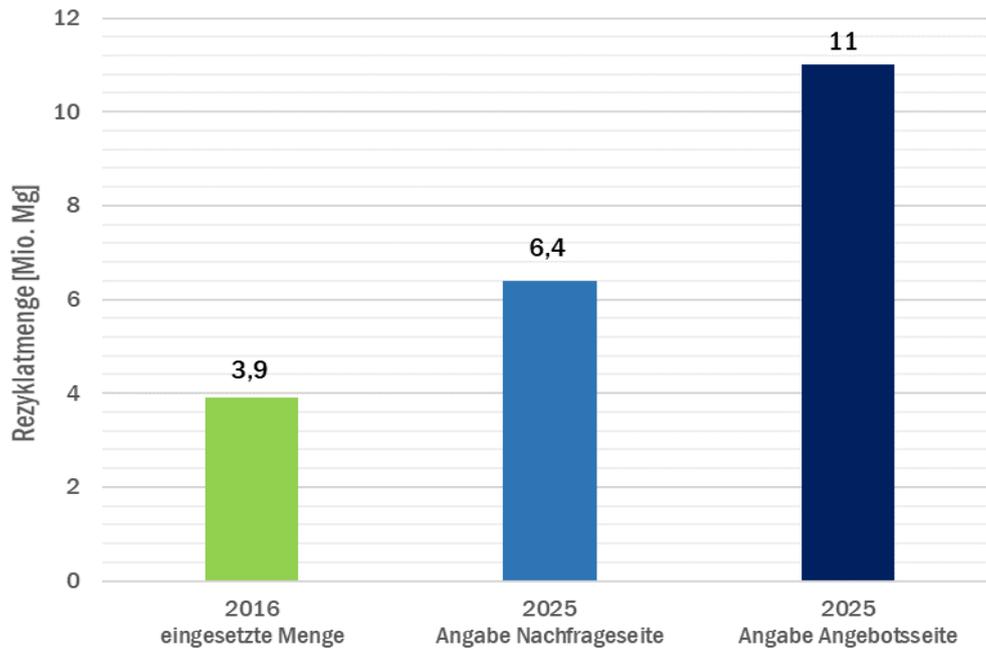


Abbildung 26 Erhebung der Europäischen Kommission zum Bedarf an Rezyklatmaterial 2016 und den Selbstverpflichtungsmengen sowohl von der Nachfrageseite (Mitte) als auch von der Angebotsseite (rechts) (Europäische Kommission 2018b). Das Ziel ist dabei 10 Millionen Mg.

Bezogen auf Deutschland mit einem Produktionsanteil von circa 25 % der in Europa verarbeiteten Kunststoffmenge (Plastics Europe 2017) entspräche das einem Einsatz durch die Nachfrageseite von 1,6 Millionen Mg insgesamt bis ins Jahr 2025. Diese Menge fällt nur an, wenn neben der Selbstverpflichtung weitere Maßnahmen erfolgreich greifen würden. Um einen disjunkte, also voneinander abgrenzbare Darstellung der Effekte der vorgestellten Maßnahmen zu ermöglichen, soll davon ausgegangen werden, dass diese Verpflichtung zu 20% erreicht wird, was einem Mengeneffekt von über 300.000 Mg entsprechen würde. Reduziert man weiterhin die Umsetzungszeit entsprechend des Betrachtungszeitraums auf drei Jahre, wird ein Mengeneffekt von ca. 250.000 Mg abgeschätzt. Es handelt sich um eine nachfragesteigernde Maßnahme, da sich die Kunststoffproduzenten verpflichten, Rezyklat einzusetzen.

Tabelle 22 Zusammenfassung Maßnahme 13 Selbstverpflichtung

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	250.000 Mg (150.000 – 350.000)
Kosten	140.000.000 € (100.000.000 – 250.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus Verwertung von Kunststoffabfällen

4.1.14 Substitutionsquoten

Einführung von Substitutionsquoten und Neuberechnung der Lizenzentgelte in Abhängigkeit der Menge an bereitgestelltem Rezyklat

Mit der Einführung der erweiterten Produktverantwortung des Dualen Systems in Deutschland 1990 sollten die Aufwendungen der Entsorgung des immer weiter gestiegenen Verpackungsaufkommens durch die Erzeuger der Verpackungen und der daraus resultierenden Abfälle getragen werden. Dies wurde durch die Lizenzierung der Verpackungen bei einer zentralen Stelle (damals noch der Grüne Punkt GmbH als einziges Duales System) realisiert. Die derartige Übertragung der kostenmäßigen Verantwortung für die Entsorgung auf die Hersteller ist prinzipiell ein sinnvoller Ansatz. Verschiedene technische und organisatorische Probleme führten in den Neunziger Jahren dazu, dass sich daraus zwar ein großer Recyclingsektor entwickelte, eine ausreichende Rückführung von sekundären Rohstoffen blieb allerdings aus und beschränkte sich nur auf wenige Vorreiter. Das Recycling entwickelte sich zum Selbstzweck mit nicht immer klaren Verwertungsdefinitionen und Quotenberechnungen.

Der Sinn der Produktverantwortung ist, dass die Hersteller die Kosten für eine möglichst umweltfreundliche Verwertung übernehmen. Da sich gezeigt hat, dass mit dem Paradigma der Kreislaufwirtschaft vor allem auf den Wiedereinsatz entsprechend verwerteter Materialströme abgezielt wird, wird hier vorgeschlagen, die Lizenzierung nicht entsprechend des Verwertungsnachweises zu kalkulieren, sondern über die tatsächlich für die Produktionsindustrie bereitgestellte Rezyklatmenge. Das heißt, die Bewertung erfolgt nun nicht mehr mittels Recycling- oder Verwertungsquoten, da diese den Grad der Kreislaufführung nur unzureichend wiedergeben, sondern über die Quote der Substituierung von

primären Rohstoffen bei den Herstellern. Eine Untersuchung dazu wurde im Verlauf der Erstellung vorliegender Arbeit durchgeführt (Maletz et al. 2018). Es konnte gezeigt werden, dass Substitutionsquoten ein verlässlicheres Maß für die Kreislaufführung darstellen. Auch die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt schlägt vor, derartige Quoten als weiteren Indikator einzuführen (KRU 2019). Es wird vorgeschlagen, die Substitutionsquote vorerst auf Rohstoffbasis oder Materialien für einen Wirtschaftsraum anzuwenden und später die Quoten branchen- und produkt(gruppen)spezifisch auszuweisen. (ebenda). Mit Hilfe dieses Indikators kann der Erreichungsgrad einer zirkulären Wirtschaft besser abgebildet werden.

Daher erscheint eine Bemessung der Lizenzentgelte nach der aus dem zu lizenzierenden Material bereitstellbaren oder tatsächlich bereitgestellten Rezyklatmenge sinnvoll. Da die erweiterte Produktverantwortung mittels Lizenzierung in Deutschland in der angedachten Form nur für die Verpackungen über die Dualen Systeme eingeführt ist, beschränkt sich dieser Maßnahmenvorschlag auf die Kalkulation für die Verpackungskunststoffe. Die jährliche Lizenzmenge in den Dualen System beläuft sich auf ca. 800.000 Mg pro Jahr (Bünemann 2011). Die Angaben sollen für die überschlägige Kalkulation der Maßnahme hinreichend genau sein. Für diese Menge müsste demnach die Verwendung der daraus bereitstellbaren Rezyklate nachgewiesen werden, beispielsweise mit einem Rezyklatvermarktungsnachweis. Um das Funktionieren des Systems beizubehalten, sollten die bisherigen Lizenzierungskosten als Maßstab für Lizenzierungsgesamtkosten verwendet, dann aber entsprechend anders verteilt werden. Derjenige Hersteller, der einen größeren Teil seiner Lizenzmenge nachweislich in die Produktionsindustrie zurückführen konnte, hat entsprechend geringere Lizenzierungskosten. Wichtig für die Wirksamkeit der Maßnahme ist, dass die Lizenzierungskosten deutlich an diesen Rezyklatanteil gekoppelt werden, da sonst der Handlungsdruck der Akteure nicht groß genug wäre. Die nachvollziehbare Weitergabe der Lizenzierungsgebühren über die Verpackungspreise an die Konsumenten muss so erheblich sein, dass damit das Konsumverhalten der Bürger entsprechend beeinflusst wird, wonach sich dann die Verpackungshersteller mit höherem Rezyklateinsatznachweis richten müssen. Für die Ermittlung der Steigerungsmenge wurde sich an den Überlegungen zum Mindestrezyklateinsatz Kapitel 4.1.3 für verschiedene Produktgruppen orientiert. Da hier jedoch gemäß Kapitel 2.2.2 wesentlich größere Mengen für Verpackungen

durch Bestehen des Dualen Systems erfasst werden können, wird von einer größeren Steigerung innerhalb des dreijährigen Betrachtungszeitraums ausgegangen. Langfristig ist zu erwarten, dass bei erfolgreicher Umsetzung damit ein noch größerer Effekt erzielt werden kann. Für die Kostenberechnung wurden die betroffenen Akteure erfasst (Anhang A 2.14).

Tabelle 23 Zusammenfassung Maßnahme 14 Substitutionsquoten

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	100.000 Mg (50.000 – 150.000)
Kosten	64.800.000 € (50.000.000 – 100.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus Verwertung von Kunststoffabfällen

4.1.15 Anlagenoptimierung

Optimierung von Recyclinganlagen durch spezialisierte Beratungsunternehmen

Bei dieser Maßnahme wird davon ausgegangen, dass aufgrund Optimierungsmaßnahmen von rezyklatbereitstellenden Akteuren in der Recyclingindustrie mehr Material und in besserer Qualität potenziellen Nutzern zur Verfügung gestellt werden kann. Die Optimierungen werden von einem externen Beratungsunternehmen durchgeführt, deren Geschäftsmodell darauf basiert.

Die Fachserie 19 des Statistischen Bundesamtes weist 62 Sortieranlagen für Leichtverpackungen aus, die eine Menge von 2.000.000 Mg sortieren. Christiani (2018) ermittelt für 2017 einen hochgradig recyclingfähigen Kunststoffanteil von 830.000 Mg und 430.000 Mg nicht werkstofflich verwertbaren Anteil. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass durch Optimierungen von Sortieranlagen eine höhere Wertstoffausbringung bis zu 10% erreicht werden kann (Veolia 2020). Daher wird für vorliegendes Instrument ein Wert von 80.000 Mg zusätzlichen Rezyklats ausgegangen.

Es gibt insgesamt 1.100 Sortieranlagen in Deutschland, darunter befinden sich weitere Anlagen, die weitere Kunststoffströme sortieren. Beispielsweise wird eine Zahl von über 400 Anlagen angegeben, die unter anderem Verpackungskunststoffe

(AVV150102) sortieren (470.000 Mg) oder 385 Anlagen, die nicht weiter differenzierbare Verpackungen (AVV15010602) mit einer Menge von 1.300.000 Mg sortieren (Destatis 2019).

Becker et al. (2009) geben 150 Kunststoffverwertungsbetriebe an, die theoretisch 6000 Kunststoffverarbeiter versorgen könnten.

Da aber die letztgenannten Anlagen bereits in der Maßnahme zur optimierten Getrennthalten von Gewerbeabfällen berücksichtigt werden, wird hier lediglich ein Mengeneffekt aus der Optimierung der 62 Leichtverpackungsanlagen in Deutschland ermittelt. Für dieses Instrument wird sich daher auf das Optimierungspotenzial der Sortieranlagen beschränkt. Es wird eine Fallzahl von 50 der letztgenannten Anlagen für die Kalkulation angesetzt. Für diese Anlagen wird eine Optimierung mit einer Investition 1 Million Euro unterstellt. Dieser Wert ergibt sich aus den durchschnittlichen Angaben von zwei bereits durchgeführten Anlagenoptimierungen und der Erfüllungsaufwandsermittlung für den Deutschen Bundestag im Rahmen der Gesetzesinitiative zur Novellierung der Gewerbeabfallverordnung, hierbei sei auf Kapitel 4.16 Vorbehandlung verwiesen (Veolia 2020; Amand 2020; Deutscher Bundestag 2016). Für die Investition wurde gemäß Abschreibungstabelle für Aggregate zur Abfallbehandlung des Bundesfinanzministeriums eine sechsjährige Abschreibungsdauer gewählt und auf den Betrachtungszeitraum interpoliert (Bundesministerium für Finanzen 1995). Somit ergeben sich zusammen mit den kalkulierten Bürokratiekosten gesamthafte Aufwendungen von circa 54 Millionen Euro. Die Kalkulation der Kostenschätzung befindet sich im Anhang A 2.15.

Auch Siebertz (2016) geht für Deutschland (und die meisten europäischen Länder) von einem großen Marktpotenzial für Sortieranlagen aus. Hierbei wurde untersucht, wie viele weitere Anlagen zukünftig gebaut werden dürften. Allerdings können damit ebenfalls Rückschlüsse auf die Optimierung der bestehenden Anlagen bzw. die erhöhte Ausbringungsmenge für den Rezyklatmarkt gezogen werden.

Der Effekt ergibt sich zum einen durch ein erhöhtes Wertstoffausbringen bei gleichzeitig gesteigener Reinheit des Materials, was entsprechend den genannten Herausforderungen im Grundlagenkapitel eine Grundvoraussetzung für den erhöhten Einsatz dieser sekundären Stoffe darstellt. Ebenso können das verbesserte Ausschleusen von Monosorten sowie die Generierung von neuen

Sortierfraktionen in einer Anlage Anteile im abgeschätzten Mengeneffekt ausmachen. Dieser soll für dieses Instrument mit 5 % der gesamthaft in den Anlagen sortierten Kunststoffabfallmengen angenommen werden (Christiani 2018). Einzelne Experten gehen davon aus, dass bis zu 15% Erhöhung der Ausbringungsmenge an Material für die Herstellung von Rezyklat erzielt werden können (Wilts 2020). In einem Zeitraum von drei Jahren wurde daher mit einer Steigerung von 5 % kalkuliert. Das Berechnungsmodell mit den vorgenannten Annahmen ist im Anhang A 2.15 zu finden.

Tabelle 24 Zusammenfassung Maßnahme 15 Anlagenoptimierung

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	80.000 Mg (50.000 – 100.000)
Kosten	53.900.000 € (30.000.000 – 100.000.000)
Wirkungsweise	Angebotssteigernd
betroffene Stoffströme	Kunststoffabfälle aus LVP und Gewerbeabfallsortierung

4.1.16 Akteursvernetzung

Eine intensiviertere Vernetzung der bisher unzureichend mit einander kooperierenden Akteure der Kunststoff- und Recyclingindustrie

Für diese Maßnahme wird angenommen, dass es durch Gründung entsprechender vernetzender Akteure zu einem erhöhten Austausch zwischen Recycling- und Kunststoffindustrie kommt, wodurch sich der Rezyklateinsatz erhöht. Im Zuge dieser Entwicklung sind bereits mehrere Startups gegründet worden, die sich diese Vernetzung zur Aufgabe gemacht haben, erwähnt werden können dabei Cirplus GmbH bzw. HolyPoly GmbH.

Begleitet wird die Maßnahme durch die Bestrebungen von großen Akteuren aus der gesamten Prozesskette des Kunststoffkreislaufs, Unternehmen aus anderen Bereichen als den eigenen Prozessschritten zu erwerben, um eigene Kreisläufe zu kreieren und damit einen betriebswirtschaftlichen Vorteil zu erzielen. Ein Beispiel ist der Kunststoffhersteller Borealis, welcher den Kunststoffrecycler mtm plastics GmbH gekauft hat, um direkt Zugriff auf sekundäre Stoffströme zu haben und

Erkenntnisse in dem Sektor zu gewinnen. Weitere Beispiele sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Ein weiteres Beispiel ist der Kauf des Entsorgers PreZero durch die Schwarz-Gruppe (Lidl- und Kaufland-Märkte).

Tabelle 25 Beispielhafte Auswahl von Akteuren, die weitere Firmen im Kunststoffkreislauf erworben haben

Akteur	Firma übernommen mit Tätigkeitsfeld in der Wertschöpfungskette
Borealis AG (Kunststoffproduzent)	mtm plastics GmbH (PO-Recycling, Herstellung Rezyklat)
BASF SE (Chemiekonzern/Kunststoffproduzent)	Quantafuel (Pyrolierung von Altkunststoffen zu Pyrolyseöl)
MOL Gruppe (Mineralölkonzern)	Aurora Kunststoffe GmbH (Post production KS)
Schwarzgruppe (Handelsunternehmen)	Tönsmeier Gruppe (Umbenennung in PreZero) mit Gründung eines eigenen Dualen Systems
Graf Gruppe (Regenwasserbewirtschaftungsprodukte)	Wilken Plastics Energy GmbH

Firmen wie zum Beispiel Henkel als Konsumgüterhersteller mit einem hohen Lizenzierungsaufkommen an Verpackungen suchen verstärkt nach Möglichkeiten der Abstimmung mit der Recyclingindustrie und engagieren sich auch mit eigenen Bestrebungen. Als Beispiel kann deren DFR-Bewertungstool genannt werden (siehe Kapitel 4.1.10).

Es fanden auch Neugründungen statt, die sich der Vernetzung angenommen haben. Die Firma cirplus GmbH dient hier als Beispiel.

Diese Maßnahme kann nicht direkt als Regelungsvorhaben charakterisiert werden, da es sich um ein marktwirtschaftliches Geschehen handelt. Ein solches Instrument bedarf keiner übergeordneten Instanz, die aktiv ein entsprechendes Regelungsvorhaben umsetzt.

Die mit diesem Instrument verbundenen Kosten setzen sich somit zusammen aus den Gründungskosten der Vernetzungsfirmen und dem Abstimmungsaufwand der bestehenden Akteure, also zwischen den Recyclingunternehmen und den Kunststoffverarbeitern. Für die bestehenden Betriebe kann der organisatorische Aufwand vernachlässigt werden, da davon auszugehen ist, dass kein weiteres

Personal für die Abstimmung mit beispielweise Rezyklatlieferanten eingestellt wird. Es wird hier in Abstimmung mit Wilts (2020) von einem aufzubringenden Gründungsbudget und zugehörigen Verwaltungskosten von zusammen 5,7 Millionen Euro ausgegangen. Da es sich um einen komplexen Transformationsprozess handelt, können mittels derartiger Firmen über den dreijährigen Betrachtungszeitraum circa 10.000 Mg an Mehrmenge abgeschätzt werden. Für die weitere Konkretisierung eines solchen Instruments ist es sinnvoll, eine umfassende Darstellung des Kunststoffrecyclingmarktes mit Erhebung der Anzahl aller Akteure anzufertigen.

Tabelle 26 Zusammenfassung Maßnahme 16 Akteursvernetzung

Charakterisierung	Größe (Schwankungsbereich)
Mengeneffekt	10.000 Mg (7.500 – 25.000)
Kosten	5.700.000 € (5.000.000 – 20.000.000)
Wirkungsweise	nachfragesteigernd
betroffene Stoffströme	Rezyklate aus der Verwertung von Kunststoffabfällen

Rubik (2019) ermittelte ebenfalls im Forschungsprojekt „Geschäftsmodelle zur Reduktion von Plastikmüll entlang der Wertschöpfungskette: Wege zu innovativen Trends im Handel (Innoredux)“, dass aufgrund des aktuellen Transformationsdrucks bei der Kreislaufführung von Kunststoffen Geschäftsmodelle zur Vernetzung der Akteure ein großes Potenzial haben, seien es Neugründungen oder Veränderungen in bestehenden Unternehmensstrukturen

4.2 Charakterisierung der Maßnahmen

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die in vorangegangenem Kapitel vorgestellten Maßnahmen. 10 Instrumente sind angebotssteigernd, sie bewirken eine größere Bereitstellung auf dem Rezyklatmarkt („market-push“). Dabei wird angenommen, dass diese Menge auch direkt in Produkten eingesetzt wird. Bei den 8 nachfrageorientierten Maßnahmen wird der Steigerungseffekt für die am Markt eingesetzte Rezyklatmenge durch eine höhere Nachfrage hervorgerufen (sogenannter Pull-Effekt). Durch die Gründung eines Recyclingfonds und durch akteursvernetzende Aktivitäten können sowohl auf angebotsseitig als auch nachfrageseitig zu einer höheren Rezyklatmenge führen.

Von den 16 Maßnahmen sind 11 Maßnahmen vom Gesetzgeber anzustoßen. Daran zeigt sich, dass die Politik Möglichkeiten hat, auf die Steigerung des Rezyklateinsatzes Einfluss zu nehmen. Rein wirtschaftlich funktionierende Maßnahmen sind die Selbstverpflichtung der Industrie, die Anlagenoptimierung und die Akteursvernetzung. Es gibt bei der Selbstverpflichtungskampagne der Industrie einen politischen Willen durch die Europäische Kommission (siehe Kapitel 4.1.13), letztendlicher Treiber ist aber auch hier die Industrie mit ihren Vorgaben hinsichtlich langfristiger Ausrichtung auf Nachhaltigkeit, um diesen, auch aus Marketingsicht, Megatrend nicht zu verpassen.

Tabelle 27 Charakterisierung der Maßnahmen

Bezeichnung	Angebots- steigernd	Nachfrage- steigernd	Initiator	Charakterisierung	maßgebliche Kosten
Recyclingquoten	x		Gesetzgeber	politische Vorgabe	organisatorisch
Verbrennungs- steuer	x		Gesetzgeber	politische Vorgabe	organisatorisch
Mindestrezyklat- einsatz		x	Gesetzgeber	politische Vorgabe	organisatorisch, technisch
Pfandsysteme	x		Gesetzgeber	politische Vorgabe	technisch
Sammel- optimierung	x		Duale Systeme, Entsorger	betriebswirtschaftlich, gesellschaftlich	kommunikativ
Vorbehandlung	x		Gesetzgeber, Gewerbeabfall behandlungs- anlagen	betriebswirtschaftlich	technisch
Steuerreduktion		x	Gesetzgeber	politisch	organisatorisch
Umweltlabel		x	Gesetzgeber, Verbände, Industrie	politisch, betriebswirtschaftlich	organisatorisch, kommunikativ
GPP		x	Gesetzgeber	politisch	organisatorisch
Ökodesign	x		Gesetzgeber, Bildungs- system Industrie	politisch, betriebswirtschaftlich	organisatorisch
Ökoeffektivität	x		Gesetzgeber	politisch	organisatorisch, technisch
Recyclingfonds	x	x	Verbände	betriebswirtschaftlich	technisch
Selbstverpflichtung		x	Produktionsin- dustrie	betriebswirtschaftlich	organisatorisch technisch
Substitutionsquoten		x	Gesetzgeber	politisch	organisatorisch
Anlagenoptimierung	x		Anlagen- betreiber	betriebswirtschaftlich	technisch
Akteursvernetzung	x	x	Beratungs- unternehmen	betriebswirtschaftlich	organisatorisch technisch

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der hiermit durchgeführten Umweltbewertung, also die Steigerung des Rezyklateinsatzes können nun mit dem Produktsystemnutzen in ein Ökoeffizienzportfolio eingetragen werden. Für den Produktsystemnutzen werden hierbei die Schätzkosten für die Maßnahme als wirtschaftliche Kenngröße dargestellt.

5.1 Zusammenfassung Quantifizierung von Steigerungseffekt und Kosten

In Tabelle 28 sind die ermittelten Abschätzungen zu den erzielbaren Mengensteigerungen der Maßnahme und den damit verbundenen Kosten aufgelistet.

Die Hauptwerte sind gemäß der in Kapitel 4.1 durchgeführten Analysen zur Ermittlung des Erfüllungsaufwands und weiteren Annahmen berechnet worden. Die Analysen sind durch eine studentische Arbeit und Einschätzung von Experten (Wilts 2020; Thomas Müller-Kirschbaum 2020) validiert worden (siehe Kapitel 5.4). Da es sich bei den Maßnahmen um komplexe Vorhaben mit vielen Einflussfaktoren handelt, war es erforderlich, Schwankungsbreiten anzugeben. Die sind als Minimal- und Maximalwert ebenfalls in der Tabelle verzeichnet. Bei den sich ergebenden Mengen- und Kostenbereichen befinden sich die berechneten Werte nicht immer als Mittelwert im Zentrum des Bereichs, da die möglichen Einflüsse auf die Mengeneffekte und Kosten sich nicht immer in beide Ausprägungsrichtungen gleich verteilen. Hierbei wurden die gewonnenen Erkenntnisse aus den Recherchen der Quellen der Maßnahmen als auch die Informationen aus den Abstimmungen mit den kontaktierten Experten als Grundlage für die Einschätzung genutzt (Wilts 2020; Amand 2020; Veolia 2020).

Tabelle 28 Zusammenfassung der Steigerungsmengen- und Kostenschätzungen für jede Maßnahme

Bezeichnung	Mengeneffekt			Kosten		
	berechnet	Unterer Schätzwert	Oberer Schätzwert	berechnet	Unterer Schätzwert	Oberer Schätzwert
	[Mg]	[Mg]	[Mg]	TEuro	TEuro	TEuro
Recyclingquoten	25.000	15.000	50.000	41.800	21.000	84.000
Verbrennungssteuer	48.000	20.000	60.000	29.600	15.000	60.000
Mindestrezyklat-einsatz	80.000	50.000	200.000	74.600	37.000	150.000
Pfandsysteme	40.000	25.000	100.000	110.600	50.000	150.000
Sammeloptimierung	35.000	30.000	100.000	24.000	20.000	50.000
Vorbehandlung	140.000	50.000	150.000	86.400	40.000	120.000
Steuerreduktion	50.000	10.000	75.000	27.700	20.000	50.000
Umweltlabel	10.000	5.000	25.000	1.400	1.000	5.000
GPP	20.000	15.000	50.000	24.300	20.000	35.000
Ökodesign	75.000	50.000	150.000	45.000	40.000	100.000
Ökoeffektivität	25.000	15.000	100.000	45.000	30.000	90.000
Recyclingfonds	5000	2500	25000	9.400	7.500	20.000
Selbstverpflichtung	250.000	150.000	350.000	140.000	100.000	250.000
Substitutionsquoten	100.000	50.000	150.000	64.800	50.000	100.000
Anlagenoptimierung	80.000	50.000	100.000	53.900	30.000	100.000
Akteursvernetzung	10.000	7.500	25.000	5.700	5.000	20.000
Summe	993.000	545.000	1.710.000	784.200	486.500	1.384.000
Mittelwert	62.000	34.000	107.000	49.013	30.406	86.500

Fasst man alle Maßnahmen zusammen, ergibt sich ein Steigerungseffekt von 993.000 Mg an Rezyklat, welches durch Anwendungen in Produkten primäres Material substituiert. Es wurde die Annahme getroffen, dass bei angebotssteigernden Maßnahmen eine direkte Nutzung in der Kunststoffindustrie erfolgt. Der ermittelte Schwankungsbereich liegt zwischen 545.000 und 1,71 Millionen Mg Rezyklat. Aufgrund des Schätzwertcharakters kann hier auf 100.000 Mg gerundet werden. Für die Mengen im Millionenbereich ist weiterhin die Genauigkeit auf 200.000 Mg genau sinnvollerweise anzugeben. Somit ergeben sich

als Schätzung für die Berechnung 1 Million Mg mit einem Schwankungsbereich von 500.000 bis 1,5 Millionen Mg unter Annahme einer konservativen Bestimmung der Obergrenze, die im Betrachtungszeitraum zusätzlich als Rezyklat eingesetzt würden.

Der Mittelwert über alle Maßnahmen ergibt sich dabei zu 62.000 Mg (Schwankungsbereich gerundet 30.000 – 100.000 Mg).

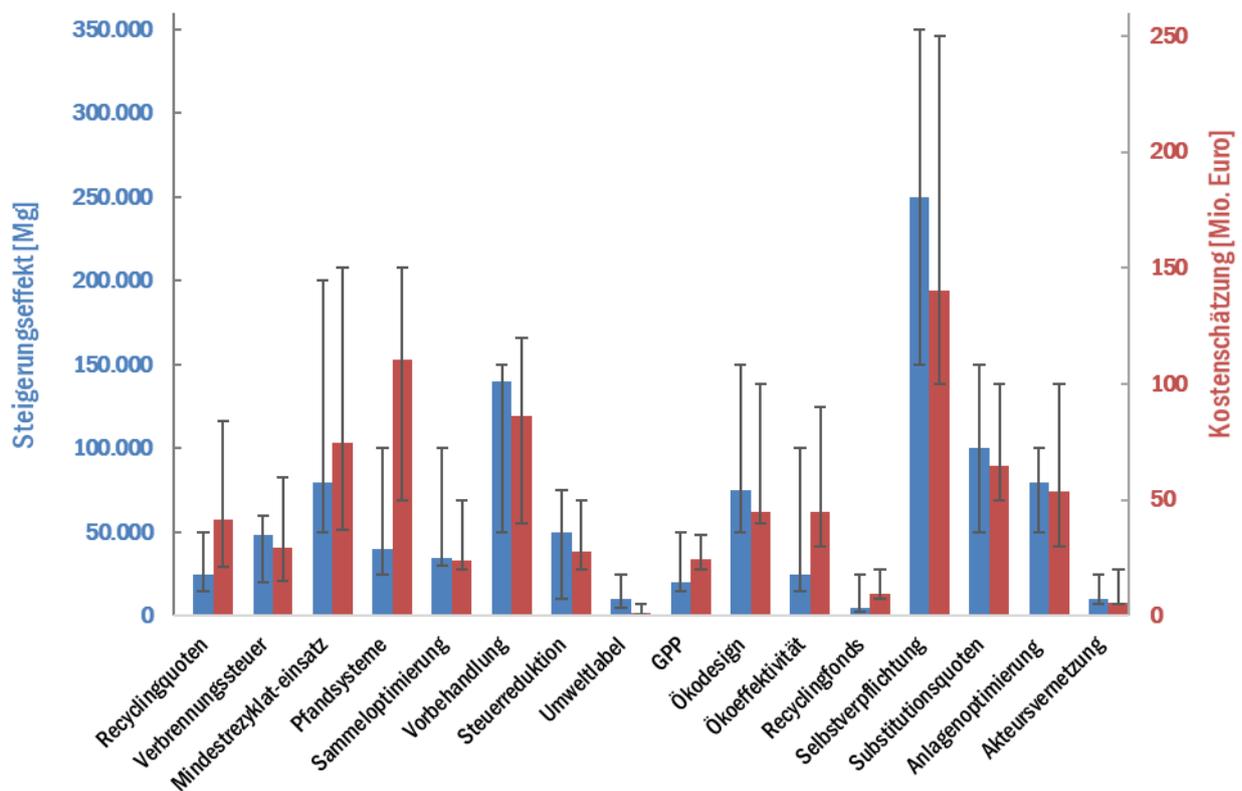


Abbildung 27 Darstellung der Mengeneffekte und Kostenschätzungen mit Schwankungsbreiten

Den größten Mengeneffekt bewirkt die Selbstverpflichtung der Industrie, eine größere Rezyklatmenge einzusetzen (250.000 Mg bei Schwankung zwischen 150.000 und 350.000 Mg). Ebenso ergeben sich für die Instrumente Vorbehandlungspflicht von Gewerbeabfällen und die Einführung von Substitutionsquoten bei der Lizenzierung von Kunststoff(verpackungs)material hohe Mengenpotenziale von 140.000 (50.000 – 200.000 Mg) beziehungsweise 100.000 Mg (50.000 – 150.000 Mg).

Als Maßnahme mit den geringsten Mengenschätzungen kann die Förderung von Projekten durch einen Recyclingfonds angesehen werden. Es wurde ein Steigerungseffekt von 5.000 Mg (2.500 – 25.000 Mg) ermittelt. Die hohe positive Schwankung ergibt sich daraus, dass die Ansatzpunkte der Projektförderung in allen Bereichen des Kunststoffkreislaufs liegen können und somit auch große Akteure (z.B. große Entsorgungsunternehmen) gefördert werden können, bei denen es durch Skaleneffekte bzw. bereits bei kleineren Optimierungsprojekten zu größeren Steigerungseffekten kommen kann. Weiterhin werden die Effekte durch einen verstärkten Einsatz von Umweltlabeln und die Vernetzungsaktivitäten von Beratungsunternehmen als gering angenommen entsprechend den Beschreibungen in den jeweiligen Maßnahmen.

Bei der Kostenbetrachtung ergibt sich über alle Maßnahmen ein gesamter Betrag von 784,2 Millionen Euro, der innerhalb des Betrachtungszeitraums von drei Jahren aufgebracht werden muss, um die Maßnahmen in der vorgeschlagenen Form umzusetzen und den angegebenen Mengeneffekt zu realisieren. Dabei werden ebenfalls Unter- und Obergrenzen für die Kostenschätzungen festgelegt. Würden alle Maßnahmen umgesetzt, ergibt sich somit ein Kostenbereich unter Verwendung einer Genauigkeit von 500 Millionen bis 1,4 Milliarden Euro. Die meisten Maßnahmen entfalten ihre Wirkung über den Betrachtungszeitraum hinaus, wodurch sich dann aber auch die Mengeneffekte und Kosten entsprechend erhöhen würden. Für die Kostenschätzungen wurden die Initiierungskosten unter Berücksichtigung der Abschreibungsdauern und jährliche Aufwendungen für drei Jahre kalkuliert, wodurch sich bei längeren Umsetzungsspannen auch die Kosten um die jeweiligen jährlichen Kosten und Abschreibungen erhöhen würden.

Als teuerste Maßnahme kann die Selbstverpflichtung der Industrie angegeben werden, da hier die erforderlichen Umstellungen in den Produktionsprozessen auf den gesamten Sektor bezogen werden. Dadurch ergibt sich gleichzeitig der größte Mengeneffekt. Für alle Maßnahmen kann grundsätzlich festgestellt werden, dass größere Steigerungseffekte mit höheren Kosten verbunden sind.

Für das Instrument Umweltlabel wurden die geringsten Kosten abgeschätzt. Eine Zertifizierung mit den derzeit vorgeschlagenen und teilweise neu eingeführten Labeln ist mit geringem wirtschaftlichen Aufwand für die vermarktenden Akteure von Rezyklat verbunden, da dafür keine technischen Investitionen oder ähnliches erforderlich sind. Darüber hinaus ergibt sich für die potenziellen Konsumenten oder

die Verwaltung auch kein erhöhter bürokratischer Aufwand. Mit einer Bezeichnung ist ein (Rezyklat)Produkt „schnell versehen“, das zeigt sich heute bereits in der Vielfalt und Konkurrenzsituation zu anderen Marketingstrategien und – erfordernissen.

Betrachtet man alle 16 Regelungsvorhaben, ergibt sich ein Durchschnittswert von 50 Millionen Euro je Maßnahme. Die Aussagekraft ist hierbei aber nur bedingt gegeben, da die Maßnahmen auch unterschiedliche Mengeneffekte erzeugen. Für die Einschätzung der kosten- und umweltmäßigen Effizienz ist es erforderlich, die spezifischen (Umwelt)Kennzahlen in nachfolgendem Kapitel zu betrachten.

Bei den ermittelten Kostendimensionen handelt es sich um verhältnismäßig geringe Kosten für die beteiligten Akteure, vergleicht man die für die Wirtschaft, Politik und Bevölkerung erforderlichen Aufwendungen in anderen Transformationsprozessen. Die Verpackungsindustrie geht zum Beispiel davon aus, für Ihren Sektor Umstellungskosten von mehreren Milliarden Euro notwendig sind, will man lediglich versuchsweise einzelne Kunststoffsortengruppen auf eine vollständige Rezyklierung umstellen und damit eine Defossilierung erreichen (Thomas Müller-Kirschbaum 2020).

5.2 Umweltkennzahlen - Ökoeffizienzwert

Mit den ermittelten Schätzungen der Mengeneffekte und Kosten sind die im Kapitel 3 vorgestellten Umweltkennzahlen berechnet worden, siehe Tabelle 29. Für die Erhöhung der Substitutionsquote wurde die von Conversio (2020) für das Jahr 2019 ermittelte Kunststoffverarbeitungsmenge in Höhe von 14,23 Millionen Mg verwendet. Die Autoren der Studie gehen für 2019 von einer Substitutionsquote von 13,6% aus, welche den Anteil des Rezyklateinsatzes an der gesamten Kunststoffverarbeitungsmenge darstellt. Im Vergleich zur Datenerhebung von 2017 (Conversio 2018) ergibt das somit eine Steigerung um 1,4% in zwei Jahren.

In nachfolgender Tabelle sind die in anschließenden Unterkapiteln näher betrachteten Umweltkennzahlen zusammengefasst.

Tabelle 29 Darstellung der Kennzahlen zur Bewertung der Maßnahmen

Bezeichnung	Erhöhung Substitutionsquote	Einsparung klimarelevante CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Vermeidungskosten / Substituierungseffizienz	Ökoeffizienzwert
		Mg CO ₂ -Äq.	[Euro / Mg CO ₂ -Äq. eingespart]	[Euro / %-Erhöhung Substitutionsquote]
Recyclingquoten	0,18%	30.000	1.393	237.900.000
Verbrennungssteuer	0,34%	57.600	514	87.751.667
Mindestrezyklateinsatz	0,56%	96.000	777	132.694.750
Pfandsysteme	0,28%	48.000	2.304	393.459.500
Sammeloptimierung	0,25%	42.000	571	97.577.143
Vorbehandlung	0,98%	168.000	514	87.800.000
Steuerreduktion	0,35%	60.000	462	78.834.200
Umweltlabel	0,07%	12.000	117	19.922.000
GPP	0,14%	24.000	1.013	172.894.500
Ökodesign	0,53%	90.000	500	85.380.000
Ökoeffektivität	0,18%	30.000	1.500	256.140.000
Recyclingfonds	0,04%	6.000	1.567	267.524.000
Selbstverpflichtung	1,76%	300.000	467	79.688.000
Substitutionsquoten	0,70%	120.000	540	92.210.400
Anlagenoptimierung	0,56%	96.000	561	95.874.625
Akteursvernetzung	0,07%	12.000	475	81.111.000
Summe	7%	1.192.000		
Mittelwert	0,44%	74.475	830	141.676.612

5.2.1 Erhöhung der Substitutionsquote

Mit den vorliegenden Daten ergibt sich bei einer erfolgreichen Umsetzung aller Maßnahmen für den gewählten Betrachtungszeitraum eine Steigerung der Substitutionsquote um 7%-Punkte. Durch die möglichen Schätzfehler für Kosten und Mengen beträgt der Schwankungsbereich der Summe der Erhöhung der Substitutionsquoten aller Maßnahmen von 4 – 12%-Punkte, siehe auch Tabelle A 1.2 im Anhang. Abbildung 27 stellt alle sich ergebenden

Substitutionsquotensteigerungen mit den Schwankungsbereichen für jede Maßnahme dar, die sich aus den Fehlergrenzen der Mengeneffekte ergeben.

Analog der bei den jeweiligen Maßnahmen vorgestellten Mengeneffekte wird mit jeder Maßnahme durchschnittlich 0,44%-Punkte mehr Primärmaterial durch sekundäres Material ersetzt.

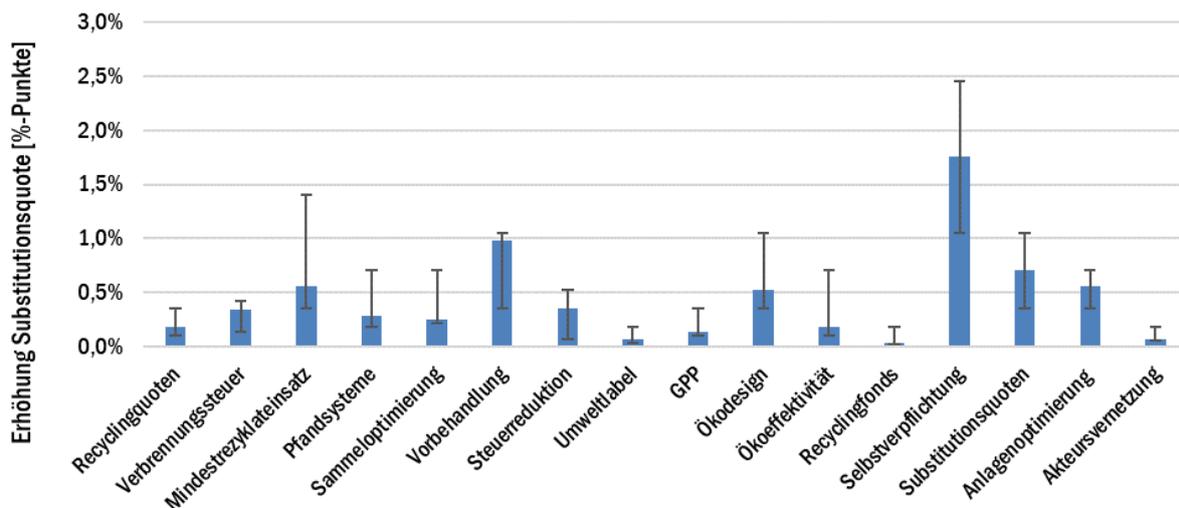


Abbildung 28 Erhöhung der Substitutionsquote für jede Maßnahme

5.2.2 Einsparung Kohlenstoffdioxidemissionen

Für die Angabe der eingesparten Mengen an CO₂-Äquivalentemissionen ergibt sich mit dem im Methodenteil zugrunde gelegten Wert von 1200 kg je eingesetztem Mg Rezyklat die in der Spalte „Einsparung...“ zu findende Menge an vermiedenen Treibhausgasemissionen. Mit allen Maßnahmen lassen sich circa 1,2 Millionen Mg klimarelevante CO₂-Äquivalentemissionen vermeiden. Es ist, wie bereits im Methodenteil erwähnt, davon auszugehen, dass dieser Einspareffekt eine Untergrenze darstellen dürfte, da die in der Literatur zu findenden ökobilanziellen Überprüfungen des Kunststoffrecyclings überwiegend höhere Werte berechnet wurden (siehe Kapitel 3.2.3).

Der Abfallwirtschaft in Deutschland wurden 2019 Emissionen in Höhe von 9 Millionen Mg zugeschrieben (BMU 2020). Damit beträgt die Reduktion durch die Maßnahmen circa 4,4 % der abfallwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen.

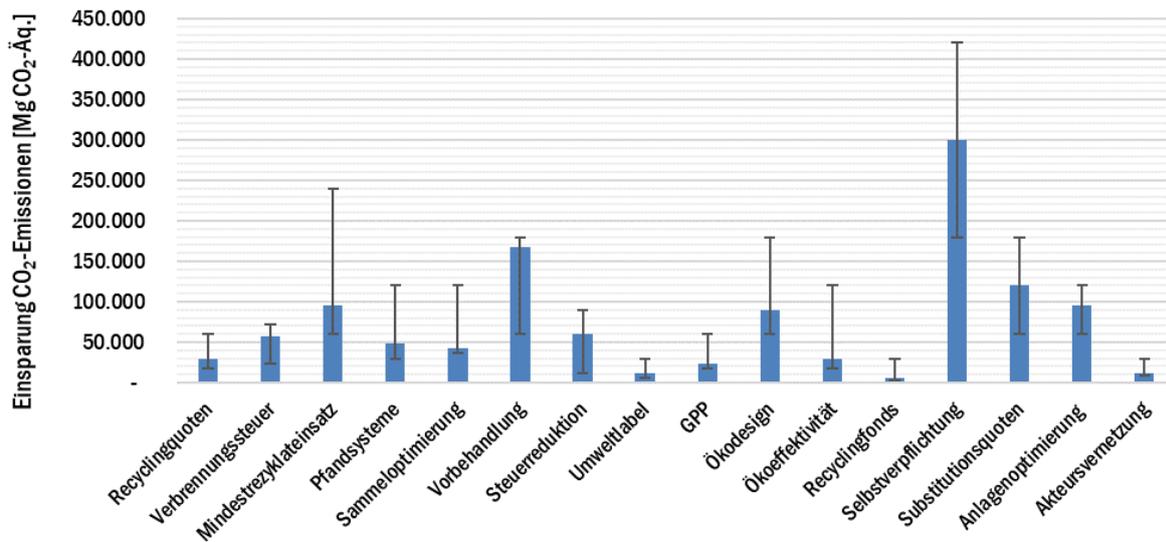


Abbildung 29 Vermiedene klimarelevante Treibhausgasemissionen für jede Maßnahme

5.2.3 Vermeidungskosten / Substituierungseffizienz

Mit den angegebenen Einsparungen in Zusammenhang mit den Schätzkosten ergeben sich in Spalte 3 der Tabelle 29 Vermeidungskosten für jede Maßnahme. Diese sind im Vergleich zu anderen CO₂-Reduktionsmöglichkeiten wie Bereitstellung erneuerbarer Energie hoch (vgl. auch Franke et al. (2014)).

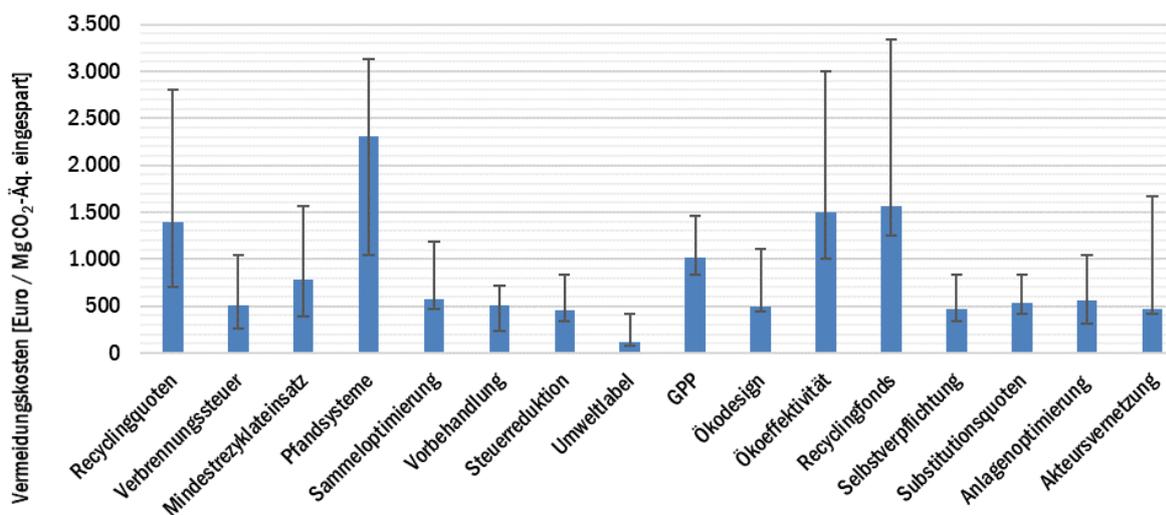


Abbildung 30 Vermeidungskosten für jede Maßnahme

Dies liegt daran, dass hier lediglich die verschiedenen Steigerungsinstrumente für ein verbessertes Kunststoffrecycling betrachtet werden. Optimierungsprozesse haben naturgemäß häufig höhere spezifische Kosten (hier Reduktion von Umweltbelastungen) als Vermeidungsoptionen im Ganzen. Für die Verwertung von LVP geben Franke et al. (2014) beispielsweise Vermeidungskosten von circa 100 Euro je vermiedenes Mg an Kohlenstoffdioxidemissionen an. Der Mittelwert über alle Steigerungsmaßnahmen wurde mit 830 Euro / Mg CO₂-Äquivalent ermittelt. Auch hier ist es sinnvoll aufgrund des Schätzcharakters der Ausgangswerte eine Schwankung von 500 – 1500 Euro / Mg CO₂-Äquivalent für den Mittelwert anzugeben. Die vollständigen Angaben der gewählten Schwankungsbereiche für alle Parameter sind in der Tabelle A 1.2 im Anhang zu finden.

Die günstigsten spezifischen Kosten für die vermiedenen CO₂-Emission ergeben sich mit Abstand für die verstärkte Nutzung von Umweltlabeln in Höhe von 117 Euro pro eingespartes Megagramm an CO₂-Äquivalentemissionen. Jedoch kann diese Maßnahme aufgrund des geringen Mengeneffekts nur einen kleinen Beitrag zu Erhöhung des Rezyklateinsatzes liefern. Es ist daher für die Bewertung der geeignetsten Maßnahme die zu betrachten, welche höhere Steigerungspotenziale besitzen. Hier können die Instrumente Vorbehandlung, Steuerreduktion, Ökodesign, Selbstverpflichtung, Substitutionsquoten und Anlagenoptimierung genannt werden, die bei Steigerungseffekt von jeweils mindestens 50.000 Mg Vermeidungskosten im Bereich von 500 Euro / Mg CO₂-Äquivalent aufweisen.

5.2.4 Ökoeffizienzwert

Als zusätzlichen Parameter kann für die Maßnahmen ein Ökoeffizienzwert in Bezug auf die Substitutionsquote angegeben werden (Spalte 4 Tabelle 29). Das sind die spezifischen Kosten für die Erhöhung der Quote um ein Prozent. Diese liegen zwischen 20 Millionen Euro (Umweltlabel) und 400 Millionen (Pfandsysteme). Sie geben an, mit welcher Maßnahme die kostengünstigste Steigerung der Rezyklatmengen und damit gleichbedeutend der Substitutionsquote erreicht werden kann. Wenn das ökologisch vorteilhafteste Instrument der Umweltlabelnutzung aufgrund des begrenzten Mengeneffekts unberücksichtigt bleibt, lassen sich für die Maßnahmen Verbrennungsabgabe, Sammeloptimierung, Steuerreduktion, Ökodesign-verbesserungen, Selbstverpflichtung, Substitutionsquoten, Anlagenoptimierung und Akteursvernetzung Ökoeffizienzwerte von unter 100 Millionen Euro je prozentualer Steigerung der

Substitutionsquote ermitteln. Alle 16 Ökoeffizienzwerte sind in Abbildung 30 dargestellt.

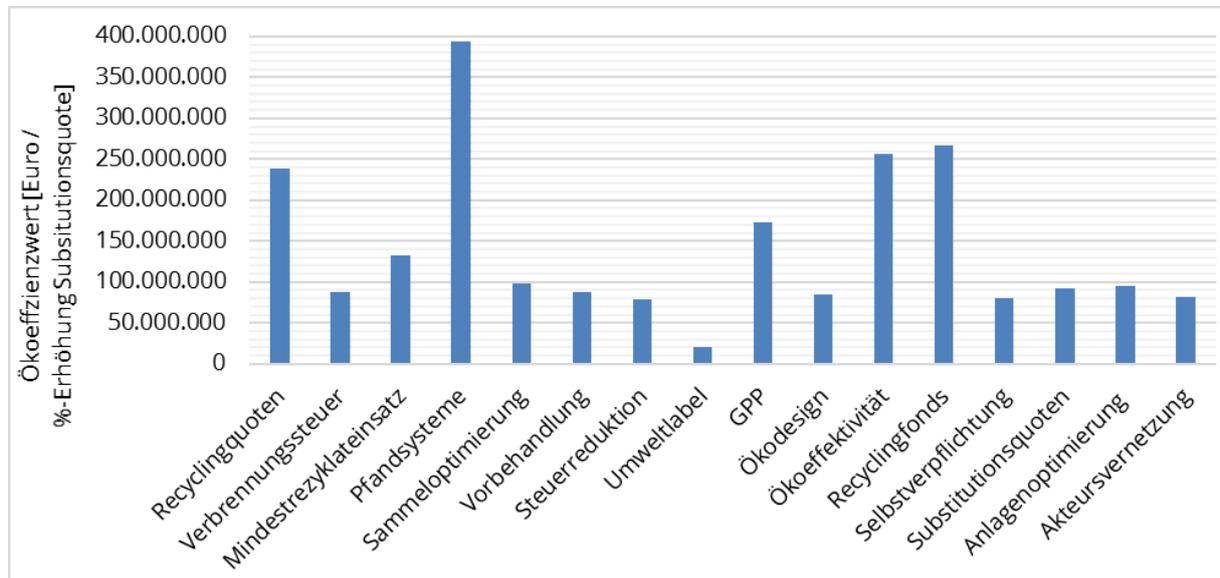


Abbildung 31 Ökoeffizienzwerte für alle Maßnahmen

Für die Ökoeffizienzwerte wurden keine Schwankungsbreiten angegeben. Der Wert ergibt sich aus zwei Kennzahlenschätzungen, für die jeweils Schwankungsbereiche angegeben wurden. Damit lässt sich die Fehlerfortpflanzung nicht eindeutig in eine Richtung bestimmen. Das heißt, bei einer Maßnahme könnte zum Beispiel der tatsächlich eintretende Mengeneffekt im unteren Schätzbereich liegen und die bei der vorschlagsgemäßen Einführung real anfallenden Kosten würden sich als Wert im oberen Schwankungsbereich ergeben. Für diese Betrachtung scheint daher die Eintragung in einem Ökoeffizienzportfolio sinnvoll. In diesem spannen die Fehlerbalken rechteckige Ökoeffizienzflächen auf, in denen die tatsächlichen Werte liegen können.

5.2.5 Ökoeffizienzportfolio

Wie in der Ökoeffizienznorm beschrieben, kann man die ermittelten Umweltwirkungen (hier Einsparungen) und die zugehörigen wirtschaftlichen Aufwendungen in einem Ökoeffizienzportfolio eintragen, siehe Abbildung 31 (DIN ISO 14045).

Die festgelegten Schwankungsbereiche wurden darin mittels Fehlerbalken für die Umweltwirkung sowie die Kosten eingetragen. Es ergibt sich für jede Maßnahme

ein Ökoeffizienzbereich, in dem sich die Maßnahme in Abhängigkeit verschiedener Sensitivitäten bewegt. Instrumente im rechten, oberen Quadranten des Portfolios stellen dabei jene mit hoher Ökoeffizienz dar, jene im unteren linken Quadranten die mit geringer. Für den oberen, linken Quadranten kann gesagt werden, dass dort befindliche Maßnahmen hohe Einsparungen im Umweltbereich erwirken, jedoch auch mit hohen Kosten verbunden sind.

Eine Selbstverpflichtungskampagne der Industrie würde den mit Abstand höchsten Umwelteffekt erzielen. Da dadurch die übrigen Maßnahmen im Portfolio sich relativ dazu in einem kleinen gemeinsamen Ökoeffizienzbereich befinden würden, wird diese hier für eine geeignete Darstellung der restlichen Instrumente nicht gezeigt. Darauf wird dann bei der Bewertung der Maßnahmen entsprechend eingegangen.

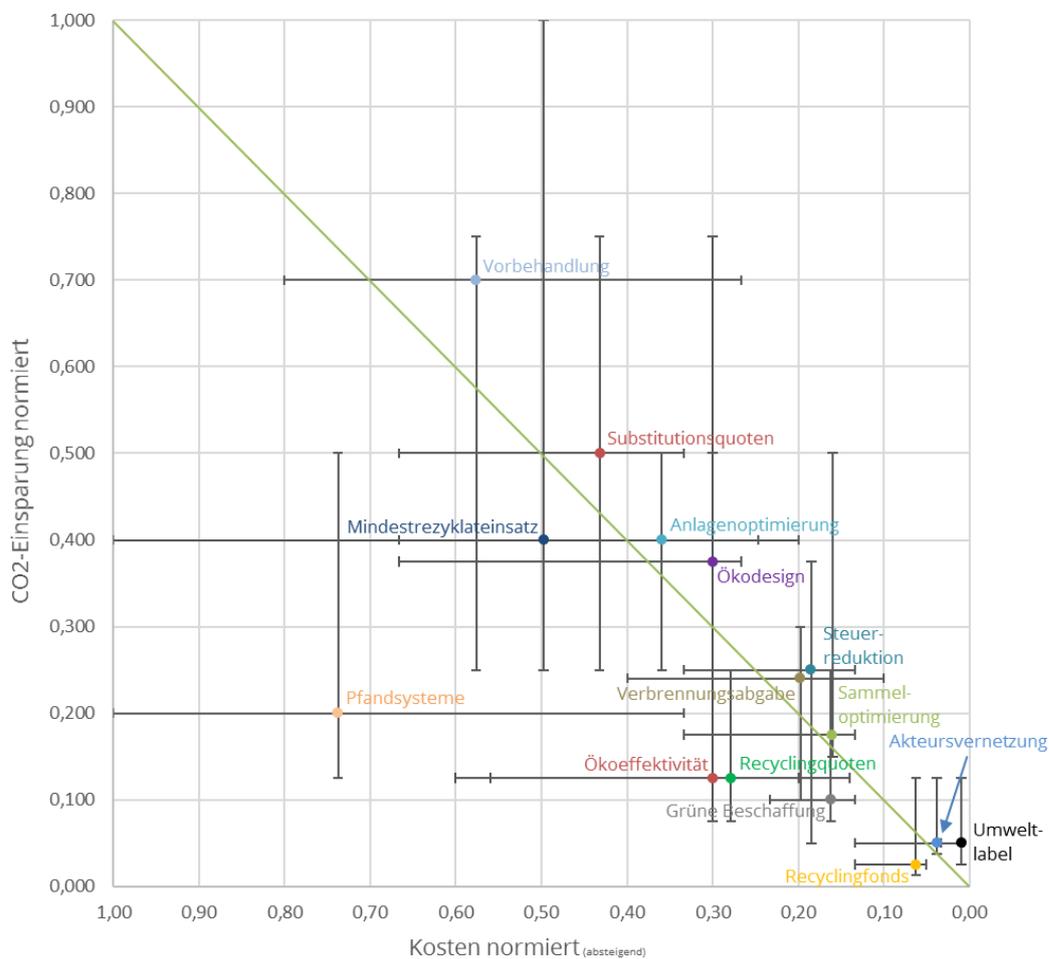


Abbildung 32 Ökoeffizienzportfolio der betrachteten Maßnahmen ohne Maßnahme Selbstverpflichtung

Die Maßnahmen oberhalb der Diagonalen besitzen demnach eine höhere Ökoeffizienz als die darunter befindlichen. Das Verhältnis aus Umweltnutzen und

normierten Kosten ist dort größer als eins. Die größten Unbestimmtheiten besitzen die Maßnahmen mit großen Mengeneffekten wie beim Instrument Vorbehandlung, Substitutionsquoten, Anlagenoptimierung und Ökodesign ersichtlich. Bei letzterem lässt sich die größte relative Schwankung beim Umweltnutzen in positiver Richtung erkennen. Die Einführung eines zusätzlichen Pfandsystems ist in diesem Zusammenhang die Maßnahme mit den höchsten spezifischen Kosten, da eine gemäß der vorgeschlagenen Ausgestaltung eine vollständige zusätzliche Sammelinfrastruktur mit Pfandautomaten geschaffen werden muss. Es bestehen aber Möglichkeiten, ggf. bestehende Sammelinfrastruktur beispielsweise des PET-Flaschenerfassungssystems mit zu nutzen. Nach Aussage von Experten und Informationen der entsprechenden Gerätehersteller wäre es möglich, mittels geringem technischen Anpassungsaufwand die bestehenden Automaten für einen weiteren Stoffstrom umzurüsten, wodurch sich die Einführungskosten der Maßnahme deutlich reduzieren würden (Wilts 2020). Beispielsweise weist die Maßnahme „Ökoeffektivität“ einen wesentlich günstigeren Ökoeffizienzwert aus, da hier dem Vorbild des PET-Erfassungssystems in der Schweiz folgend auf eine technische Rücknahmeinfrastruktur verzichtet wird, auch wenn dieses aufgrund des prognostizierten geringen Steigerungspotenzials im unteren Ökoeffizienzbereich verortet ist.

Ebenfalls die von der Maßnahme Recyclingquoten für Altfahrzeuge und EAG abgedeckte Ökoeffizienz liegt im unteren Bereich der Umweltwirkung bei relativ hohen spezifischen Kosten.

Die Maßnahmen Recyclingfonds, Akteursvernetzung und Umweltlabel weisen sowohl in Bezug auf die Kosten als auch auf die Umweltwirkungen geringe Werte auf. Spezifisch können dabei die Maßnahmen Umweltlabelförderung und Akteursvernetzung einer höheren Ökoeffizienz zugeordnet werden.

5.3 Bewertung der Maßnahmen

Mit Ausnahme der Verbesserung der angebotssteigernden Sammeloptimierung erscheinen überwiegend Maßnahmen mit einem nachfragestimulierenden Ansatz hinsichtlich Ökoeffizienz günstiger. Das heißt, die Mengeneffekte des Rezyklateinsatzes bzw. die damit verbundenen Emissionsreduktionen können zu geringeren Kosten erzielt werden.

Maßnahmen mit zusätzlicher Sammelinfrastruktur sind kostenintensiv, wodurch sich grundsätzlich auch höhere Mengensteigerungen ableiten lassen. Hier können die beiden Instrumente Pfandsysteme und die ökoeffektive Sammlung einzelner Kunststoffsorten genannt werden.

Maßnahmen mit Infrastrukturkosten sind teuer, aber wirksam in Bezug auf den Mengeneffekt.

In der Zusammenstellung der Maßnahmen wurde darauf geachtet, dass die zugehörigen Steigerungen voneinander abgegrenzt berechnet wurden. Dennoch zeigt sich bereits in der Praxis, dass die Maßnahmen als Maßnahmenpaket umzusetzen sind, um alle anfangs beschriebenen Hemmnisse zu überwinden. Beispielsweise erfordert eine umfassende Anwendung eines grünen Beschaffungswesens in den Behörden das ausreichende Vorhandensein von rezyklatbeinhaltenden Produkten. Deren Bereitstellung in erforderlichem Umfang muss unter anderem mit der Einführung von Mindestrezyklatgehalten für verschiedene Güterströme ermöglicht werden. Bei der Abschätzung der Maßnahmen wurde berücksichtigt, dass die kalkulierten Steigerungen auch ohne weitere Instrumente umsetzbar sind, jedoch ermöglicht eine parallele Umsetzung Sensitivitäten, die mit den oberen Schätzzgrenzen angegeben werden können. Das heißt, je mehr dieser Maßnahmen erfolgreich angestoßen werden, desto wahrscheinlicher wird, dass die Mengenschätzungen in den oberen Schwankungsbereichen liegen werden.

5.4 Kritische Betrachtung

Entsprechend der Empfehlung aus der DIN zur Ökoeffizienzanalyse ist eine kritische Prüfung durch interne oder externe Sachverständige durchzuführen. Die hier vorliegenden Ergebnisse der Mengeneffekte und Kostenschätzungen wurden zum einen durch zwei Abschlussarbeiten am Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft validiert und zum anderen mit dem Studienverantwortlichen der UBA-Studie diskutiert, aus denen ein Teil der kalkulierten Instrumente verwendet wurden. Die Rückmeldungen sind in die Annahmen der Berechnungen als auch in die Auswahl der Schwankungsbereiche eingeflossen.

Es liegt an der Komplexität der betrachteten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozesse, dass derartige Schätzungen großen Unbestimmtheiten unterliegen. Aus diesem Grund wurden relativ große Schwankungsbereiche festgelegt, die je nach

der konkreten, letztendlichen Ausgestaltung die ökologische Vorteilhaftigkeit des Instruments positiv oder negativ beeinflussen können.

Es wurde auf einzelne kostenbeeinflussende Faktoren verzichtet, hierbei ist vor allem die Berücksichtigung von Mehrkosten durch Rezyklat anzuführen. Würden diese einberechnet, ergeben sich Mehrkosten von 10-50 Euro je eingesetztem Mg Rezyklat an Stelle von Primärware. Diese Mehrkosten sind technologisch begründbar durch einen höheren Aufbereitungsaufwand in der Recyclingkette. Es wird empfohlen, dass das Prinzip der Produktverantwortung auf andere Kunststoffströme zu auszuweiten. Damit werden die erforderlichen Mehrkosten durch das Recycling dem Verursacher – dem Produzenten – übertragen.

Derzeit werden durch Politik und Wirtschaft bereits mehrere Initiativen entwickelt, wie man diesen wirtschaftlichen Mehraufwand durch Rezyklatnutzung besser ausgleichen kann, in dem man die volkswirtschaftlichen Mehrkosten durch die Primärmaterialnutzung hervorgerufenen Umweltnachteile (hier: klimaschädliche Emissionen) auf diese aufschlägt, beispielsweise durch eine CO₂-Bepreisung. Derartige politische Instrumente werden unter anderem im Sachverständigenrat für Umweltfragen und in Forschungsinitiativen wie der Circular Economy Initiative diskutiert. Da davon ausgegangen wird, dass mindestens mittelfristig ein Kostenausgleich erreicht wird, wurde auf die Berücksichtigung der Mehrkosten des Rezyklats im Vergleich zur Primärware verzichtet. Darüber hinaus wurde die Schätzkostenermittlung gewählt, mit der die einzelnen Maßnahmen, die einen Politikmix abbilden, untereinander in ihrer Effizienz verglichen werden. Dadurch verändern sich lediglich die Größenordnungen der Kosten, nicht aber die relativen Verhältnisse untereinander.

Abschließend kann hinsichtlich der Eignung der Methode kritisch festgestellt werden, dass die Bewertung des Umweltnutzens mittels Treibhausgaswirksamkeit nur einen Aspekt von einer Reihe von Umweltwirkungen darstellt. Weiterhin wurden die mit der Verbesserung des Kunststoffrecyclings ebenfalls gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wirkungen unberücksichtigt gelassen. Es kann zum Beispiel auch weitere positive Effekte auf die Gesellschaft haben, wenn Kreislaufwirtschaftsprozesse optimiert werden. Die Wirksamkeit des eigenen Handels in einer Bevölkerung durch eine optimierte Sammlung von Wertstoffen kann zu einer erhöhten Identifikation mit den umweltpolitischen Strategien in einem Land führen, um einen einzelnen Aspekt zu nennen. Um alle entsprechende

gesellschaftlichen und umweltbezogenen Wirkungen mit einzubeziehen, könnte beispielsweise auf die Methode der Bewertung Kosten-Nutzen-Analyse genutzt werden. Es war im begrenzten Rahmen dieser Untersuchungen nicht möglich, diese vollständig abzubilden. Derartige Erweiterungen der Betrachtungsweise werden neben der erwähnten weiteren Spezifizierung der Maßnahmen und deren Berechnungen für sich anschließende Forschungsprojekte empfohlen.

6 Zusammenfassung

Der Übergang von einer linearen Wirtschaftsweise zu einer Kreislaufwirtschaft hat gerade erst begonnen. Beim Umgang mit Kunststoffen wird deutlich, dass die Kreislaufführung noch nicht in dem Maße erfolgt, dass die möglichen Potenziale der Rückführung von verwertbaren Kunststoffabfällen in den Produktionskreislauf ausgeschöpft sind. Die damit verbundenen Hemmnisse beziehungsweise Herausforderungen wurden im ersten Kapitel der Arbeit vorgestellt.

Anschließend wurden nach Vorstellung der Grundlagen zur Kreislaufwirtschaft und dem Kunststoffrecycling sowie dem Stoffstrom der Kunststoffe 16 Maßnahmen mittels einer umfassenden Literaturrecherche ausgewählt und charakterisiert. Mit volkswirtschaftlichen Berechnungsmethoden wurde der mögliche Steigerungseffekt für den Rezyklateinsatz im Kunststoffmarkt jedes betrachteten Instruments sowie die erwarteten Kosten für einen Betrachtungszeitraum von drei Jahren berechnet. Dazu wurde die Erfüllungsaufwandsermittlung für Regelungsvorhaben gemäß Vorgaben des Normenkontrollrates der Bundesregierung verwendet.

Die ermittelten Werte wurden in Anlehnung an die Methode der Ökoeffizienzanalyse miteinander in Zusammenhang gebracht. Es wurde dabei dem Mengeneffekt ein Umweltnutzen zugeordnet. Dabei wurde angenommen, dass mit jedem Mg durch die Maßnahmen zusätzlich bereitgestelltes Rezyklat eine Einsparung von 1.200 kg CO₂-Äquivalentemissionen erreicht wird. In weiteren Untersuchungen wird empfohlen, die verwendeten Instrumente in ihrer konkreten Ausgestaltung auf die kunststoffsortenspezifischen Einsparungen zu verfeinern.

Mit den so ermittelten Einsparungen an Treibhausgasemissionen konnten neben einem Ökoeffizienzkennwert weitere Umweltkennzahlen angegeben werden. Diese waren die für jede Maßnahme die CO₂-Vermeidungskosten und die Erhöhung der Substitutionsquote bezogen auf die im Jahr 2019 eingesetzte Kunststoffverarbeitungs Menge von 14,23 Millionen Mg.

Da für alle 16 Maßnahmen voneinander abgrenzbare Steigerungseffekte und maßnahmenspezifische Kosten ermittelt wurden, kann ein gesamter Mengeneffekt von 993.000 Mg angegeben werden, der sich im Betrachtungszeitraum von drei Jahren einstellt, wenn alle Maßnahmen umgesetzt würden. Aufgrund der Komplexität der damit verbundenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen

Prozesse wurden für die Mengensteigerungen und die Kostenschätzungen Schwankungsbreiten festgelegt. Für den Mengeneffekt ergibt sich ein Bereich von 500.000 bis 1,5 Millionen Mg. Durchschnittlich ergibt sich eine Mengensteigerung für den Rezyklateinsatz von 62.000 Mg je Maßnahme. Dabei bewirken einzelne Maßnahmen eher geringe Mengeneffekte, mit anderen Maßnahmen lassen sich hohe Effekte erzielen. Prinzipiell führen Maßnahmen mit geringeren Kosten auch zu geringeren Steigerungseffekten. Maßnahmen, die viele Akteure betreffen, sind grundsätzlich auch kostenintensiver, dazu zählen vor allem die drei Maßnahmen Pfandsysteme, die Vorbehandlung (von Gewerbeabfällen) und die Selbstverpflichtung der (Produktions)industrie, da dort die Umstellungsbeziehungsweise Optimierungskosten in hohen Fallzahlen auftreten. Die umfassendere Wirkung auf den Rezyklatmarkt spiegelt sich in den dort verzeichneten höheren Mengeneffekten wider.

Bei den Kosten ergibt sich als Summe über alle Maßnahmen ein Betrag von 784 Millionen Euro, um diesen gesamten Mengeneffekt zu realisieren. Hierbei wurde ein Schwankungsbereich von 500 bis 1.400 Millionen festgelegt. Als Maßnahme mit den höchsten Kosten wurde die Selbstverpflichtung ermittelt, wobei sich aufgrund schwer quantifizierbarer Transformationskosten auch hohe Schätzunsicherheiten ergeben.

Die Summe der Erhöhung der Substitutionsquote aller Maßnahmen beträgt 7 %-Punkte mit einem Varianzbereich von 4 bis 12 %-Punkten für einen Betrachtungszeitraum von drei Jahren. Vergleicht man die Erhöhung mit der Entwicklung von 2017 bis 2019, stellt dieser Wert ein ambitioniertes Ergebnis dar. Mit den Daten der Stoffstromstudien von Conversio Market & Strategy GmbH aus den genannten Jahren wurde eine Erhöhung von 1,3 %-Punkten festgestellt. (Conversio 2018, 2020) Die vorgestellten Maßnahmen und Berechnungen sollen jedoch eine Prognose für die zukünftige Entwicklung darstellen.

Durch die aktuell umfangreichen politischen und wirtschaftlichen Aktivitäten in diesem Bereich kann davon ausgegangen werden, dass sich Steigerungen in den ermittelten Bereichen bewegen werden, wenn die Maßnahmen erfolgreich eingeführt werden.

Der günstigste (geringste) Ökoeffizienzwert ergibt sich für die Maßnahme der Umweltlabelförderung mit circa 20 Millionen Euro je Prozentpunkt Erhöhung der Substitutionsquote. Da aber der erzielbare Mengeneffekt als gering anzunehmen

ist, sollten wirtschaftliche und politische Entscheidungsträger auf Maßnahmen mit höheren Effektwirkungen fokussieren. Die hinsichtlich Mengeneffekt und Ökoeffizienz vorteilhaftesten Maßnahmen mit jeweils Ökoeffizienzwerten von unter 100 Millionen Euro und Mengeneffekten von mindestens 100.000 Mg sind die konsequente Umsetzung der Vorbehandlungspflicht gewerblicher Abfälle, die Selbstverpflichtungsbemühungen der Industrie bzw. die Einführung von Substitutionsquoten als Bemessung für die Lizenzierung.

Die Nachfrage nach Rezyklat wird mit den zukünftigen Regelungen nach verpflichtendem Einsatz weiter zunehmen, daher muss die verfügbare Menge durch geeignete Instrumente erhöht werden. Es konnte gezeigt werden, welche Instrumente spezifische Mengensteigerungen und damit einen Umweltnutzen der Treibhausgaseinsparungen mit geringen wirtschaftlichen Aufwendungen ermöglichen.

6.1 Relevanz für Akteure

Insbesondere nachfragesteigernde Maßnahmen sind mit geringerem wirtschaftlichen Aufwand verbunden. Zuerst kann hier die Selbstverpflichtung der Produktionsindustrie angeführt werden, die durch die eigene Nachfrageerhöhung nach Rezyklat einen transformativen Druck auf die vorgeschaltete Recyclingindustrie ausüben kann. Instrumente wie der Mindestrezyklateinsatz oder die Nutzung von Substitutionsquoten erzielen gute Effekte. Den involvierten Interessengruppen wird empfohlen, verstärkt auf den tatsächlichen Einsatz von sekundären Kunststoffmaterialien zu fokussieren, als das Recycling an sich zu fördern, da damit der Recyclinggedanke vom ursprünglichen Ziel her praktiziert wird. Damit wird das Ziel verstanden, nicht das Recycling als Selbstzweck zu betreiben, sondern als Dienstleistung für die Produktionsindustrie.

Auch politische Maßnahmen, die stoffstromlenkende Ansätze verfolgen, sind geeignet, ökoeffiziente Mengensteigerungen zu bewirken. Hier seien die zwei Instrumente Einführung einer Verbrennungssteuer und die Steuerreduktion für sekundäre Produkte genannt. Gesetzgeberisch sind diese zwar schwierig umzusetzen, aber es gibt bereits Erfahrungen in anderen Ländern, wo derartige Maßnahmen zumindest zeitweise erfolgreich eingeführt wurden.

Die praktische Relevanz der Arbeit besteht darin, dass hiermit zum ersten Mal der Versuch unternommen wurde, entsprechende transformatorische Maßnahmen

konkret volkswirtschaftlich zu quantifizieren. Gleichzeitig soll damit auch ein wissenschaftlicher Nutzen generiert werden, auch wenn diese Arbeit als Ansatzpunkt für weitergehende wissenschaftliche Arbeiten gesehen werden muss. Insbesondere bei der konkreten Ausgestaltung der Instrumente und der Verfeinerung sowie weiteren Validierung der Kostenschätzungen und Mengeneffekte wird hier der Wissenschaftsgemeinschaft empfohlen, diesen Ansatz weiter zu entwickeln.

6.2 Übertragbarkeit auf andere Betrachtungsfelder

Bei Transformationsprozessen sind immer politische und wirtschaftliche Anpassungsmaßnahmen notwendig. Für den Wandel von einer linearen Bewirtschaftung der Kunststoffströme zur Verbesserung der Kreislaufführung wurden Maßnahmen charakterisiert und hinsichtlich Steigerungseffekten und aufzubringenden Kosten quantifiziert. Es ist ein methodischer Ansatz entwickelt worden, mit dem Optimierungsaktivitäten bewertet werden können. Transaktionskosten und damit verbundene Umweltnutzen zu ermitteln lässt sich prinzipiell auch auf andere Betrachtungsfelder anwenden.

Grundsätzlich eignet sich der Ansatz, ökologische Vorteile durch technisch-, gesellschaftlichen Veränderungsbedarf mit den dazugehörigen ökonomischen Aufwendungen für alle Transformationsprozesse anzuwenden. Für die möglichst genaue Erfassung der Kosten ist es erforderlich, die Prozesse in ihrer konkreten Ausgestaltung gut zu kennen. Sollten derartige Untersuchungen auf andere Betrachtungsfelder ausgedehnt werden, ist dabei besonders Augenmerk zu richten.

6.3 Ausblick

Für die betrachtete Untersuchung der verschiedenen Instrumente wurde ein Betrachtungszeitraum von drei Jahren gewählt. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Umstellungsprozesse sind in einem komplexen Produktionssystem wie dem hier betrachteten deutschen Markt träge. Daher ist es wahrscheinlich, dass bei gleichbleibendem öffentlichen, marktwirtschaftlichen oder politischen Druck die untersuchten Maßnahmen über einen längeren als den verwendeten Zeitraum ihre Wirksamkeit entfalten. Als weitergehender Forschungsansatz wird empfohlen, die Veränderungszeiträume der betrachteten Maßnahmen auszuweiten

und in ihrer Steigerungswirkung vom jeweiligen zeitlich nicht linear verlaufenden Umsetzungsgrad abhängig zu untersuchen.

Die betrachteten Stoffströme beziehen sich in den anfangs festgelegten Einschränkungen auf die Optimierung der Kreislaufführung von fossilen Kunststoffmaterialien. Zukünftig wird der Anteil an erneuerbaren beziehungsweise biogenen Polymeren zunehmen. Langfristig gesehen muss vollständig auf nicht erneuerbare, also nicht nachhaltige Materialien verzichtet werden. Dort verändern sich die Aspekte des Zirkulierens entsprechender Materialien auf Rückführung und Verwertung in biologischen Kreisläufen. Zukünftig scheint es daher geboten, eine optimale Kreislaufwirtschaft mit den bereits vorhandenen fossilen Kunststoffen und den biogenen Substitutionsprodukten in ihrer Rückführbarkeit in den Naturraum klar voneinander abzugrenzen.

Weiterhin ist die Entwicklung von alternativen Quellen für konventionelle Kunststoffsorten in anschließenden Untersuchungen mit einzubeziehen. Verwiesen sei hier auf einen renommierten Forschungsansatz, der CO₂ aus der Atmosphäre zur Herstellung von Ethylen als Ausgangsstoff für verschiedene Kunststoffsorten nutzt (Fengwang Li et al. 2019). Dazu gibt es weiter vielversprechende Forschungen mit leistungsfähigen Katalysatormaterialien, die den Energiebedarf für derartige Kohlenstoffdioxidumwandlung zu Plattformchemikalien reduzieren und somit langfristig als Ersatz für die fossile Rohstoffbasis angesehen werden können.

Selbst bei einer optimalen Kreislaufführung von Kunststoffen ist es langfristig erforderlich, eine vollständige Defossilierung, der Kunststoffindustrie zu erreichen. Da diese vollständige Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen aber ein sehr weit entferntes Zukunftsszenario darstellt, ist es von großer Bedeutung, die bis zu diesem Ziel genutzten fossilen Ressourcen möglichst effizient, also unter optimaler Zirkulierung im anthropogenen System zu bewirtschaften. Optimal bedeutet in diesem Sinne, die Umweltauswirkungen unter Beachtung der Kosteneffizienz beziehungsweise der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu beispielsweise ökologisch nachteiligeren Alternativen wie die reine Verwendung von primären Ressourcen zu reduzieren.

Dass diesem Ziel auch andere technische Entwicklungen entgegenstehen, kann am Beispiel der Verbreitung von sogenannten intelligenten Verpackungen gesehen werden. Durch die Integration von Informationstechnik in die Verpackungen kann

zwar zum einen die Detektierbarkeit in Sortiersystemen gegebenenfalls verbessert werden. Zum anderen ist aber zu erwarten, dass sich die Verwertung und damit die Rückführung in den Produktionskreislauf solcher hochintegrierter Verbundsysteme erschweren wird. Durch politische Regelungen zur Berücksichtigung der Recyclingfähigkeit für derartige Verpackungen muss lenkend Einfluss auf derartige Entwicklungen genommen werden. Beispielhaft ist eine Auswahl intelligenter oder aktiver Verpackungselemente mit ihren Zuordnungen zu den Verwertungs-pfaden abgebildet. Solche Verpackungen beeinflussen das Wertstoffausbringen aus diesen Entsorgungswegen bisher negativ.

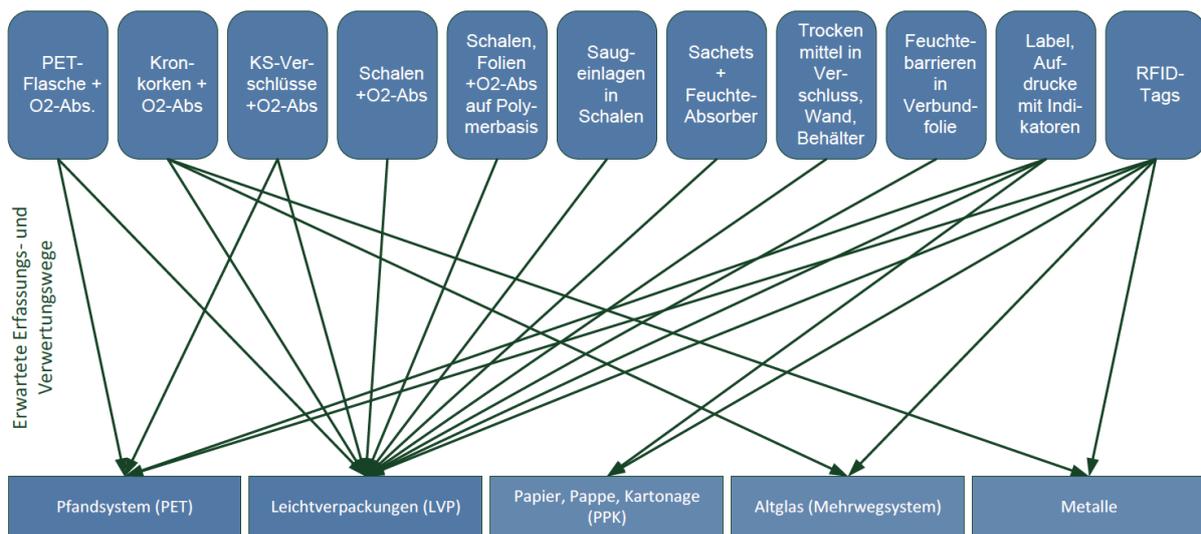


Abbildung 33 Anzunehmende Entsorgungswege für aktive und intelligente Verpackungen (Kreibe et al. 2017)

In Bezug auf einen Ausblick auf die Weiterentwicklung der Methodik soll hier das Konzept der umfassenden Herstellerverantwortung angeführt werden. Dabei geht es darum, dass jegliche Umweltauswirkungen, die durch einen Prozess oder Produkt hervorgerufen werden, durch die Verursacher ausgeglichen werden müssten. In Bezug auf Kunststoff(verpackungen) müssten alle diese Umweltbelastungen entsprechend mit in eine Lizenzierung der Entsorgungsgebühren eingepreist werden. Voraussetzung dafür ist eine umfassende Kenntnis über die Auswirkungen des Produktes oder Produktionssystems auf die Umwelt. Um diese Belastungen einpreisen zu können, ist im weiteren die exakte monetäre Quantifizierung der entsprechenden Umweltwirkungen erforderlich. Entsprechende Ansätze wie beispielsweise die Quantifizierung der natürlichen Umwelt sind im Methodenteil vorgestellt, aber zum Beispiel für die Kreislaufführung von Kunststoffen oder anderen Materialien bisher

noch nicht ausreichend kalkuliert. Mit zukünftig vorliegenden quantifizierten Erkenntnissen könnten durch die Übertragung der Verantwortung auf die Hersteller Umweltfolgen direkt ausgeglichen werden. Das kann auf weitere Bereiche des Wirtschaftens in einer Gesellschaft ausgeweitet werden. Diese vollständige ökonomische Quantifizierung der Umwelt, in der wir leben, würde jedoch auch Wissen darüber erfordern, wie hoch die Kosten für die entsprechenden Ausgleichsmaßnahmen ausfallen würden.

Literaturverzeichnis

Alwast, Holger (2020): Kunststoffbehandlung heute und perspektivisch in der Zukunft, 2020.

Amand (2020): Gespräch mit dem Betriebspersonal über Optimierungsvorhaben der Amand Gewerbeabfallsortieranlage Dresden der AMAND Umwelttechnik Lockwitz GmbH & Co. KG, 2020.

Baum, Heinz-Georg (2014): Defizite der dualen Verpackungsentsorgung - Brauchen wir einen neuen Ansatz?, 2014.

Baur, Erwin; Harsch, Günther; Moneke, Martin (2019): Werkstoff-Führer Kunststoffe: Eigenschaften - Prüfungen - Kennwerte. München: Carl Hanser Verlag.

Becker, Carsten; Grebe, Tim; Kirbach, Matthias; Zwisele, Betram; Baath, Alexander; Meister, Antje; Kränkel, Sven (2009): Die wirtschaftliche Bedeutung der Recycling- und Entsorgungsbranche in Deutschland - Stand, Hemmnisse, Herausforderungen: Final Report. Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie.

BKV GmbH (2020): Kunststoffreiche Abfälle und ihre Verwertung - Rechtslage und Stand der Umsetzung.

Blauer Engel (2019): Blauer Engel Das Umweltzeichen - Produkte aus Recyclingkunststoffen DE-UZ30a. Vergabekriterien - Version 6.

BMU (2020): Klimaschutz in Zahlen: Emissionsentwicklung 2019. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

Böttcher, Frank (2015): Kunststoffrecycling und europäische Marktentwicklung. Ökonomische Aspekte der Abfallwirtschaft. Leipzig, 2015.

BUND (2019): PlastikAtlas 2019. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff. 2. Aufl. Hg. v. Heinrich-Böll-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.

Bundesministerium für Finanzen (1995): AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Abfallentsorgungs- und Recyclingwirtschaft". Abschreibungstabelle.

Bünemann, Agnes (2011): Die Sammlung von Wertstoffen - Zahlen, Daten und Fakten zu den aktuellen Modellen. In: Arndt I. Urban und Gerhard Halm (Hg.):

Wertstofftonne und mehr - Auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft, Bd. 12, S. 79–90.

Bunge, Rainer (2019): Kunststoffrecycling lohnt sich nicht. In: Stephanie Thiel, Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann und Bernd Friedrich (Hg.): Recycling und Rohstoffe. Neuruppin: TK.

Busu, Mihail; Trica, Carmen Lenuta (2019): Sustainability of Circular Economy Indicators and Their Impact on Economic Growth of the European Union. In: *Sustainability* 11 (19), S. 5481. DOI: 10.3390/su11195481.

Christiani, Joachim (2018): Innovative Sortieranlagen - Der Schlüssel zur Erreichung der Quotenvorgaben nach VerpackungG? Die Zukunft des Kunststoffrecyclings, 2018.

CIEL (2019): Plastic & Climate - The Hidden Costs of a Plastic Planet. Center for International Environmental Law.

Conversio (2018): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017. Conversio Market & Strategy GmbH.

Conversio (2019): Global Plastics Flow 2018. Hg. v. Conversio Market & Strategy GmbH.

Conversio (2020): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019. Conversio Market & Strategy GmbH.

Dehne, Iswing; Oetjen-Dehne, Rüdiger; Siegmund, Nadine (2015): Stoffstromorientierte Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen. Hg. v. Umweltbundesamt.

Dehoust, Günter; Möck, Alexandra; Merz, Cornelia; Gebhardt, Peter (2016): Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recyclings von Wertstoffen im Dualen System. Bilanz der Umweltwirkungen. Ökoinstitut e.V.

Destatis (2018): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2018. Hg. v. Statistisches Bundesamt.

Destatis (2019): Abfallentsorgung - Fachserie 19 Reihe 1 - 2017. Hg. v. Statistisches Bundesamt.

Deutscher Bundestag (2016): Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen -

Kommentar und Stellungnahme des Nationalen Normenkontrollrates gem. § 6 Abs. 1 NKRG. Drucksache 18/10345.

Deutz, Pauline (Hg.) (2020): Circular Economy. 2. Aufl. (International Encyclopedia of Human Geography).

Dinkel, Fredy; Kägi, Thomas; Bunge, Rainer; Pohl, Thomas; Stäubli, Ariane (2017): Kunststoff Recycling und Verwertung. Ökonomisch-ökologische Analyse von Sammel- und Verwertungssystemen von Kunststoffen aus Haushalten in der Schweiz. Carbotech AG, UMTEC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik.

Domininghaus, Hans; Elsner, Peter; Eyerer, Peter; Hirth, Thomas (2008): Kunststoffe. Eigenschaften und Anwendungen. 7., neu bearb. und erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer (VDI-Buch), zuletzt geprüft am 04.06.2020.

DSD (2017): Nachhaltigkeitsbericht 2015/2016. Hg. v. DSD – Duales System Holding GmbH & Co. KG.

EEA European Environment Agency (Hg.) (2007): Europe's environment - The fourth assessment.

Endres, Hans-Josef; Shamsuyeva, Madina (2020): Kreislaufwirtschaft braucht bessere Standards. Online verfügbar unter <https://www.plastverarbeiter.de/100024/kreislaufwirtschaft-braucht-bessere-standards/>, zuletzt geprüft am 03.08.2020.

DIN ISO 14045, 2012: Environmental management - Ecoefficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines.

EP (2019): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt 2018/0172 (COD).

EPEAT (2020): Label zur Kennzeichnung von umweltfreundlichen Elektronikgeräten. Green Electronics Council. Online verfügbar unter www.epeat.net.

EU-Kommission (2009): Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter ProdukteText von Bedeutung für den EWR. Ökodesign-Richtlinie.

Europäische Kommission (2013): Grünbuch zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt. Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2015): Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.

Europäische Kommission (2018a): Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, dem Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.

Europäische Kommission (2018b): Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft: Anhänge.

Europäische Kommission (2019a): Assessment report of the voluntary pledges under Annex III of the European Strategy for Plastics in a Circular Economy.

Europäische Kommission (2019b): Der europäische Grüne Deal. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen.

FCIO (2020): Wie viele verschiedene Kunststoffe gibt es? Hg. v. Fachverband der chemischen Industrie Österreichs. Online verfügbar unter <https://kunststoffe.fcio.at/wissenswertes/wie-viele-verschiedene-kunststoffe-gibt-es/>.

Fengwang Li; Arnaud Thevenon; Alonso Rosas-Hernández; Ziyun Wang; Yilin Li; Christine M. Gabardo et al. (2019): Molecular tuning of CO₂-to-ethylene conversion, zuletzt geprüft am 29.12.2020.

Först, Manuel (2020): RWE - Für die Zerstörung Globaler Nachbarschaft angeklagt. In: *Energiezukunft*, 2020. Online verfügbar unter <https://www.energiezukunft.eu/klimawandel/fuer-die-zerstoerung-globaler-nachbarschaft-angeklagt/>, zuletzt geprüft am 30.11.2020.

Franke, Matthias; Reh, Katharina; Hense, Peter (2014): Ökoeffizienz in der Kunststoffverwertung. In: Entsorgung von Verpackungsabfällen. 978-3-944310-01-5: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 65–79.

Gerke, Gillan; Ebling, Sebastian; Snell, Herbert (2014): Potentiale zur Einsparung von klimarelevanten Emissionen durch den Einsatz von Kunststoff-Recyclaten. In: *Müll und Abfall*.

ElektroG (2020): Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz) vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 3. November 2020 (BGBl. I S. 2280) geändert worden ist.

SächsKrWBodSchG (2019): Gesetz über die Kreislaufwirtschaft und den Bodenschutz im Freistaat Sachsen (Sächsisches Kreislaufwirtschafts- und Bodenschutzgesetz).

NKRG (2006): Gesetz zur Einsetzung eines Nationalen Normenkontrollrates vom 14. August 2006 (BGBl. I S. 1866), das durch Artikel 8 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

KrWG (2012): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen - Kreislaufwirtschaftsgesetz.

Geyer, Roland; Jambeck, Jenna R.; Law, Kara Lavender (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. In: *Science Advances* 3 (7), e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.

Ghisellini, Patrizia; Cialani, Catia; Ulgiati, Sergio (2016): A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. In: *Journal of Cleaner Production* 114, S. 11–32. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

Govind Kharat, Manoj; Murthy, Shankar; Jaisingh Kamble, Sheetal; Raut, Rakesh D.; Kamble, Sachin S.; Govind Kharat, Mukesh (2019): Fuzzy multi-criteria decision analysis for environmentally conscious solid waste treatment and disposal technology selection. In: *Technology in Society* 57, S. 20–29. DOI: 10.1016/j.techsoc.2018.12.005.

GVM (2015): Recycling-Bilanz für Verpackungen. Bezugsjahr 2014. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH.

GVM (2017): Recycling-Bilanz für Verpackungen - Berichtsjahr 2016 - Zusammenfassung der Ergebnisse. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH.

GVM (2018): Aufkommen und Verwertung von PETGetränkeflaschen in Deutschland 2017. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH im Auftrag von Forum PET und IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.

Henkel AG & Co. KGaA (2020): EasyD4R – Bewertungstool. Version 4.0.5. Online verfügbar unter <https://www.henkel.de/nachhaltigkeit/nachhaltige-verpackungen/easyd4r>.

Hogg, Dominic; Ballinger, Ann: The Potential Contribution of Waste Management to a Low Carbon Economy - Main Report: Online.

IK (2016): Kunststoffverpackungen im Direktkontakt mit Lebensmitteln. Praxisleitfaden. Leitfaden für die Hersteller von Kunststoffverpackungen für Lebensmittel aus Sicht des Bedarfsgegenständerechts. Hg. v. IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.

Janz, Alexander (2020): Chemisches Recycling von Kunststoffabfällen – eine Alternative zur werkstofflichen Verwertung? In: Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Peter Quicker und Alexander Gosten (Hg.): Energie aus Abfall, Bd. 17. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, S. 67–70.

Kirchherr, Julian; Reike, Denise; Hekkert, Marko (2017): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In: *Resources, Conservation and Recycling* 127, S. 221–232. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.

Kreibe, Siegfried; Pitschke, Thorsten; Berkmüller, Ruth; Bokelmann, Monika; Förster, Andreas; Stramm, Cornelia; Pant, Astrid (2017): Umweltbezogene Bilanzierung von "intelligenten" und "aktiven" Verpackungen hinsichtlich der Recyclingfähigkeit und Durchführung eines Dialogs mit Akteuren der Entsorgungs- und Herstellungsbranchen. Hg. v. Umweltbundesamt. Umweltbundesamt.

KRU (2019): Substitutionsquote - Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft! Positionspapier. Hg. v. Ressourcenkommission am Umweltbundesamt.

- Kuchta, Kerstin (2020): Bewertung des Recyclingprozesses von Kunststoffverpackungen - Post-Consumer. Berliner Recycling- und Sekundärrohstoffkonferenz. Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2020.
- Lebreton, Laurent; Andrady, Anthony (2019): Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. In: *Palvgrave Communications* 5. DOI: 10.1057/s41599-018-0212-7.
- Lieder, Michael; Rashid, Amir (2016): Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. In: *Journal of Cleaner Production* 115, S. 36–51. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.12.042.
- Lindner, Christoph (2020): Vortrag Kunststoffkreislauf. Conversio Market & Strategy GmbH. VDI-Ausschuss Kunststoffrecycling, 2020.
- Lönnecke, Karin; Lohmann, Dietmar; Wagner, Steffen (2002): Erfassungs-, Verwertungs- und Nutzungskreisläufe für Kunststoff - Kunststoffrecycling durch regionale Kreisläufe - Abschlussbericht. Hg. v. IG Kuris e.V.
- Maier, Ralph-Dieter; Schiller, Michael (2016): Handbuch Kunststoffadditive. 4. Auflage: Carl Hanser Verlag. Online verfügbar unter http://www.ebook.de/de/product/6614139/handbuch_kunststoff_additive.html.
- Maletz, Roman (2019): Calculation of eco-efficiencies of different actions increasing substitution rates of plastic material. In: *Proceedings of the 17th International Waste Management and Landfill Symposium Oct. 2019*.
- Maletz, Roman (2020): Berechnung der Ökoeffizienz von Maßnahmen zur Steigerung des Rezyklateinsatzes. In: DGAW - Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. (Hg.): Tagungsband 10. DGAW-Wissenschaftskongress.
- Maletz, Roman; Jöstingmeier, David; Dornack, Christina (2017): Einfluss der Sammelqualität auf die NIR-Sortierung von Leichtverpackungen. In: *Müll und Abfall*, S. 80–85.
- Maletz, Roman; Perschau, Nina; Dornack Christina (2018): Ermittlung von Substitutionsquoten durch Recyclingmaterial für verschiedene Verpackungsmaterialien mit besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe. In: Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky und Daniel Goldmann (Hg.): *Recycling und Rohstoffe*, Bd. 11. Nietwerder: TKh2018, S. 361–376.

Mantel, Rainer; Schlotter, Ulrich (2017): Mehr Recycling ist möglich: Kunststoffrecycling. In: *RECYCLING magazin* 02/2017, S. 12–14.

Martens, Hans; Goldmann, Daniel (2016): Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg.

VDI3925, 2016: Methoden zur Bewertung von Abfallbehandlungsverfahren.

Möller, Martin; Köhler, Andreas; Moritz, Susanne (2016): Methoden und Hilfsmittel des Ecodesigns von Kunststoffverpackungen. Hg. v. Ökoinstitut e.V.

ISO 14008, 2019: Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects.

Mudgal, Shailendra; Lyons, Lorcan; Kong, Mary Ann (2013): Study on an increased mechanical recycling target for plastics. Final Report. Hg. v. Plastics Recyclers Europe und BIO Intelligence Service.

Mudgal, Shailendra; Lyons, Lorcan; Kong, Mary Ann; Nejma, André; Monier, Veronique; Lbouze, Eric (2011): Assessment of impacts of options to reduce the use of single - use plastic carrier bags, Final Report prepared for the European Commission - DG Environment. Hg. v. BIO Intelligence Service. European Commission.

NKR (2018): Leitfaden zur Ermittlung und Darstellung des Erfüllungsaufwands in Regelungsvorhaben der Bundesregierung. Hg. v. Statistisches Bundesamt. Nationaler Normenkontrollrat.

Obermeier, Thomas; Henkel, Isabelle (2019): Alleine schafft es keiner. Qualitatives Recycling bedarf enger Kooperation aller Stakeholder. DGAW-Kunststoff-Newsletter Nr. 4. Hg. v. DGAW - Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.

OECD (2004): OECD Key Environmental Indicators.

Plasticker (2020): Handelsnamen Polypropylen. Online verfügbar unter <https://plasticker.de/recybase/handelsnamen.php?text=PP>, zuletzt geprüft am 12.11.2020.

Plastics Europe (2017): Plastics - the facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Hg. v. Plastic Europe Association of Plastic Manufacturers.

RAL GZ 720 (2018): Nachweis für den Anteil an Rezyklaten aus haushaltsnahen Wertstoffsammlungen. Gütesicherung. Hg. v. RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.

Reitz, Alexander (2019): Hemmnisse für den Rezyklateinsatz in Kunststoffverpackungen: Online. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, 2019.

Rennings, Klaus (2010): Innovationspolitische Instrumente zur Förderung von Materialeffizienz und Ressourcenschonung. Meilenstein zu AS3.2: Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik zur Gestaltung der Rahmenbedingungen im Projekt MaRes.

Rothgang, Michael; Dehio, Jochen; Timmen, Ronald Janßen (2017): Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings - die Rolle des dualen Systems. RWI - Leibnitz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (RWI Materialien, 118).

Rubik, Frieder (2019): Geschäftsmodelle zur Reduktion von Plastikmüll. Fachtagung der Hanns-Seidel-Stiftung „Innovation statt (Plastik)Müll“, 2019.

Rudolph, Natalie; Kiesel, Raphael; Aumnate, Chuanchom (2020): Einführung Kunststoffrecycling - Ökonomische, ökologische und technische Aspekte der Kunststoffabfallverwertung. München: Carl Hanser Verlag.

Schlotter, Ulrich (2017): Recyclinggerechtes Design und zusätzliche Verwertungsmöglichkeiten für Kunststoffverpackungen. In: Recycling von Kunststoffen und Verbundwerkstoffen.

Schmid, Hanna (2020): Bedeutung und Wirkung von Aufklärungskampagnen zur Verbesserung des Sammelverhaltens bei der Abfallerfassung. Projektarbeit. Technische Universität Dresden. Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft.

Schüller, Vera (2017): Die konstruierte Perzeption des Übriggelassenen. Eine explorative Studie über das Potential einer Kampagne zur gesellschaftlichen Wertsteigerung von Abfall. Masterarbeit. Austrian Marketing University of Applied Sciences.

Schulte, Anna (2020): Bewertung von Kunststoffen in der Kreislaufwirtschaft - Alles eine Frage der Rahmenbedingungen? Welche Methoden und

Rahmenbedingungen bilden die Zirkularität von Kunststoffen richtig ab? VDI Richtlinienausschuss, 2020.

Schwer, Saskia; Amani, Gregor (2018): Entwurf einer Kampagne zur Sensibilisierung der Bevölkerung im Raum Dresden zur Trennung von Leichtverpackungen. Projektarbeit. Technische Universität Dresden. Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft.

Siebertz, Marcel (2016): Bestand und Markt für Kunststoffsortierung und -recycling in Europa. In: *Müll und Abfall* (3), S. 123–126.

Snell, Herbert (2016): Qualitätssicherung bei dem Recycling von Getränkeverpackungen aus Polyethylenterephthalat (PET). Dissertation. Universität Rostock.

SRU (2012): Verantwortung in einer begrenzten Welt. Umweltgutachten 2012. Sachverständigenrat für Umweltfragen.

SRU (2020): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa. Umweltgutachten 2020. Sachverständigenrat für Umweltfragen.

Statistisches Bundesamt (2020): OnDEA - Online-Datenbank des Erfüllungsaufwands. Online verfügbar unter https://www.ondea.de/DE/Home/home_node.html, zuletzt geprüft am 15.11.2020.

Steger, Sören; Ritthoff, Michael; Bulach, Winfried; Schüler, Doris; KOSINSKA, IZABELA; Degreif, Stefanie et al. (2019): Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität. Hg. v. Umweltbundesamt.

Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister (2019): Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen gemäß § 21 Abs. 3 VerpackG.

Subklew, Axel (2020): Mitteilung über die Kosten und Wirkung der Aufklärungskampagne "Mülltrennung wirkt", 2020. Telefonat.

Sukhdev, Pavan; Wittmer, Heidi; Schröter-Schlaak, Christoph; Nesshöver, Carsten; Bishop, Joshua; Brink, Patrick ten et al. (2010): Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren: Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB - eine Synthese, 2010.

Technikatlas (2016): Technikatlas Kunststoffe, zuletzt geprüft am 20.06.2016.

Textor, Dirk (2018): Derzeitiger Stand beim (Verpackungs-)Kunststoffrecycling in Deutschland, 2018.

Thomas Müller-Kirschbaum (2020): Mehrkosten der Verpackungsindustrie durch defossilierte Produktion, 2020.

Tiessen, Jan; Freudl, Daniel; Ley, Sebastian; Mehlin, Sabine; Wegrich, Kai (2013): Gutachten Quantifizierung des Nutzens von Regelungsvorhaben - Internationale Erfahrungen im Vergleich. Hg. v. Prognos AG im Auftrag des Nationalen Normenkontrollrats.

TRUCOST (2016): Scaling Sustainable Plastics: Solutions to drive plastics towards a circular economy. Hg. v. TRUCOST.

Umweltbundesamt (2020a): Chemisches Recycling.

Umweltbundesamt (2020b): Produkte aus Recyclingkunststoffen. Leitfaden zur umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung, zuletzt geprüft am 05.06.2020.

DIN EN ISO 14044, 2018: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.

DIN ISO 14045:2012, 2012: Umweltmanagement – Ökoeffizienzbewertung von Produktsystemen – Prinzipien, Anforderungen und Leitlinien.

United Nations (2018): Sustainable Development Goals Report. Hg. v. United Nations.

van Velzen, Thoden (2015): Post-consumer plastic packaging waste recycling systems in the Netherlands. ISWA. Hamburg, 2015.

Veolia (2020): Mitteilung über die Erhöhung der ausgebrachten Wertstoffmenge durch Anlagenoptimierung, 2020. mündliche Mitteilung des Betriebsingenieurs von Veolia Umweltservice Ost GmbH & Co. KG.

GewAbfV (2017): Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen - Gewerbeabfallverordnung vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), die durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234) geändert worden ist.

AltfahrzeugV (2020): Verordnung über die Überlassung, Rücknahme und umweltverträgliche Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Verordnung) in

der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juni 2002 (BGBl. I S. 2214), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2020 (BGBl. I S. 2451) geändert worden ist.

VerpackG (2017): Verpackungsgesetz - Gesetz zur Fortentwicklung der haushaltnahen Getrennung von wertstoffhaltigen Abfällen.

Fundstelle: Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 45. In: *Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 45*.

Wagner, Jörg; Heidrich, Kerstin; Baumann, Janett; Kügler, Thomas;

Reichenbach, Jan (2012): Ermittlung des Beitrages der Abfallwirtschaft zur Steigerung der Ressourcenproduktivität sowie des Anteils des Recyclings an der Wertschöpfung unter Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungspfade des ressourcenrelevanten Abfallaufkommens: Online. Umweltbundesamt.

Watkins, Emma; Hogg, Dominic; Mitsios, Andreas; Mudgal, Shailendra; Neubauer, Alexander; Reisinger, Hubert et al. (2012): Use of Economic Instruments and Waste Management Performances. Hg. v. BIO Intelligence Service. Europäische Kommission.

WBGU (2014): Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken. Ein Beitrag zur SDG-Debatte. Hg. v. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Regierung der Bundesrepublik Deutschland.

Wilts, Henning (2020): Optimierungspotenzial Sortieranlagen, 04.12.2020. Mündliche Mitteilung.

Wilts, Henning; Gries, Nadja von; Dehne, Iswing; Oetjen-Dehne, Rüdiger; Buschow, Nadine; Sanden, Joachim (2016): Entwicklung von Instrumenten und Maßnahmen zur Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen - mit Schwerpunkt Sekundärkunststoffe. Hg. v. UBA - Umweltbundesamt (65).

Anhang

A 1 Tabellen

A 1.1 Tabelle Kostenbestandteile der Maßnahmen

Werte gerundet auf 100 Teuro

Bürgerinnen und Bürger		Wirtschaft		Verwaltung		Betrach- tungs- zeitraum	Gesamtkosten (Änderung Erfüllungs- aufwand)
jährlicher Aufwand	einmaliger Aufwand	jährlicher Aufwand	einmaliger Aufwand	jährlicher Aufwand	einmaliger Aufwand		
[Teuro]	[Teuro]	[Teuro]	[Teuro]	[Teuro]	[Teuro]	[a]	[Teuro]
0	0	8.000	14.400	400	2.200	3	41.800.000
0	0	436.700	20.700	-435.400	5.000	3	29.600.000
0	0	3.300	56.700	1.200	4.400	3	74.600.000
0	0	13.800	57.700	1.300	7.600	3	110.600.000
0	0	8.000	0	0	0	3	24.000.000
0	0	8.000	62.400	0	0	3	86.400.000
0	0	-59.700	20.600	60.400	5.000	3	27.700.000
0	0	200	800	0	0	3	1.400.000
0	0	0	0	3.400	14.100	3	24.300.000
0	0	15.000	0	0	0	3	45.000.000
0	0	10.000	15.000	0	0	3	45.000.000
0	0	300	100	200	7.800	3	9.400.000
0	0	40.000	20.000	0	0	3	140.000.000
0	0	5.700	45.700	300	1.100	3	64.800.000
0	0	2.000	47.900	0	0	3	53.900.000
0	0	1.300	1.800	0	0	3	5.700.000
						Summe	784.200.000

A 1.2 Tabelle Kennzahlen der Maßnahmen

Maßnahme	Erhöhung Rezyklatmenge		Erhöhung Substitutionsquote		Einsparung CO2		Kosten			CO2-Vermeidungskosten			Ökoeffizienz			
	[Mg / Betrachtungszeitraum]	min	max	min	max	[Mg CO2eq]	min	max	[Euro / Betrachtungszeitraum]	min	max	[Euro / eingesparte Menge CO2]	min	max	[Euro / Prozent Rezyklateinsatzsteigerung]	
1	25.000	15.000	50.000	0,18%	0,11%	0,35%	30.000	18.000	60.000	41.800.000	21.000.000	84.000.000	1.393	700	2.800	237.900.000
2	48.000	20.000	60.000	0,34%	0,14%	0,42%	57.600	24.000	72.000	29.600.000	15.000.000	60.000.000	514	260	1.042	87.751.667
3	80.000	50.000	200.000	0,56%	0,35%	1,41%	96.000	60.000	240.000	74.600.000	37.000.000	150.000.000	777	385	1.563	132.894.750
4	40.000	25.000	100.000	0,28%	0,18%	0,70%	48.000	30.000	120.000	110.600.000	50.000.000	150.000.000	2.304	1.042	3.125	393.459.500
5	35.000	30.000	100.000	0,25%	0,21%	0,70%	42.000	36.000	120.000	24.000.000	20.000.000	50.000.000	571	476	1.190	97.577.143
6	140.000	50.000	150.000	0,98%	0,35%	1,05%	168.000	60.000	180.000	86.400.000	40.000.000	120.000.000	514	238	714	87.800.000
7	50.000	10.000	75.000	0,35%	0,07%	0,53%	60.000	12.000	90.000	27.700.000	20.000.000	50.000.000	462	333	833	78.834.200
8	10.000	5.000	25.000	0,07%	0,04%	0,18%	12.000	6.000	30.000	1.400.000	1.000.000	5.000.000	117	83	417	19.922.000
9	20.000	15.000	50.000	0,14%	0,11%	0,35%	24.000	18.000	60.000	24.300.000	20.000.000	35.000.000	1.013	833	1.458	172.894.500
10	75.000	50.000	150.000	0,53%	0,35%	1,05%	90.000	60.000	180.000	45.000.000	40.000.000	100.000.000	500	444	1.111	85.380.000
11	25.000	15.000	100.000	0,18%	0,11%	0,70%	30.000	18.000	120.000	45.000.000	30.000.000	90.000.000	1.500	1.000	3.000	256.140.000
12	50.000	25.000	250.000	0,04%	0,02%	0,18%	6.000	3.000	30.000	9.400.000	7.500.000	20.000.000	1.567	1.250	3.333	267.524.000
13	250.000	150.000	350.000	1,76%	1,05%	2,46%	300.000	180.000	420.000	140.000.000	100.000.000	250.000.000	467	333	833	79.888.000
14	100.000	50.000	150.000	0,70%	0,35%	1,05%	120.000	60.000	180.000	64.800.000	50.000.000	100.000.000	540	417	833	92.210.400
15	80.000	50.000	100.000	0,56%	0,35%	0,70%	96.000	60.000	120.000	53.900.000	30.000.000	100.000.000	561	313	1.042	95.874.625
16	10.000	7.500	25.000	0,07%	0,05%	0,18%	12.000	9.000	30.000	5.700.000	5.000.000	20.000.000	475	417	1.667	81.111.000
	Summe	993.000	1.710.000	7%	4%	12%	1.191.600	654.000	2.052.000	784.200.000	486.500.000	1.384.000.000				
	Mittelwert	62.063	34.063	106.875	0,44%	0,24%	74.475	40.875	128.250	49.012.500	30.406.250	86.500.000	830	533	1.560	141.672.612
	Kleinstwert	5.000	2.500	25.000	0,04%	0,02%	6.000	3.000	30.000	1.400.000	1.000.000	5.000.000	117	83	417	19.922.000
	größter Wert	250.000	150.000	350.000	1,76%	1,05%	300.000	180.000	420.000	140.000.000	100.000.000	250.000.000	2.304	1.250	3.333	393.459.500

A 2 Berechnungsblätter Erfüllungsaufwand Maßnahmen

A 2.1 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Recyclingquoten

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Recyclingquoten	
Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen <small>Hilfe zu Schritt 3.1</small>	Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung <small>Hilfe zu Schritt 3.2</small>
	zurück zu Schritt 1 zu Schritt 3 - Vorblatt

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Faltzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Faltzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Faltzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Faltzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Faltzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Faltzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.002	Einarbeitung in die Thematik, Schulungen, Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte, Wartung technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.003	Dokumentation der Einhaltung der Recyclingquoten Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	Informationspflicht		336	35,0	24,50	5			5
E.2.004	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe		3.770		845	1.500,00	3.770	5.655	6.500
E.2.005	Schaffung zusätzlicher Erfassungssysteme Falgruppe: Hersteller/ Rücknahmestellen	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.006	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.007	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe		84		21	1.500,00	84	126	147
E.2.008	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.009	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe		336		7	200,00	336	67	74
E.2.010	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Hersteller	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.011	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Hersteller	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		241		54	1.500,00	241	361	415
E.2.012	Schaffung zusätzlicher Erfassungssysteme Falgruppe: Hersteller/ Rücknahmestellen	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.013	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.014	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		310		77	1.500,00	310	465	542
E.2.015	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.016	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		1.240		24	200,00	1.240	248	272
E.2.017	Dokumentation der Einhaltung der Recyclingquoten Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	Informationspflicht		1.240	35,0	24,50	18			18

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Faltzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Faltzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe		15.081		3.378	100,00	15.081	1.508	4.886
E.2.002	Einarbeitung in die Thematik, Schulungen, Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte, Wartung technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.003	Dokumentation der Einhaltung der Recyclingquoten Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	Informationspflicht								
E.2.004	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.005	Schaffung zusätzlicher Erfassungssysteme Falgruppe: Hersteller/ Rücknahmestellen	ElektroG	weitere Vorgabe		15.081		1.689	1.000,00	15.081	15.081	16.770
E.2.006	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe		336		83	100,00	336	34	117
E.2.007	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.008	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe		336		83	5.000,00	336	1.680	1.763
E.2.009	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.010	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Hersteller	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		962		1.077	100,00	962	96	1.173
E.2.011	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Hersteller	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.012	Schaffung zusätzlicher Erfassungssysteme Falgruppe: Hersteller/ Rücknahmestellen	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		962		108	1.000,00	962	962	1.070
E.2.013	Einarbeitung in die Thematik Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		1.240		308	100,00	1.240	124	432
E.2.014	Absolvieren von Schulungen Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.015	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe		1.240		154	5.000,00	1.240	6.200	6.354
E.2.016	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	weitere Vorgabe								
E.2.017	Dokumentation der Einhaltung der Recyclingquoten Falgruppe: Entsorgungsbetriebe	AllfahrzeugV	Informationspflicht								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	7.973
davon Büroarbeitskosten aus Informationspflichten in Tsd. €	23
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	32.565

Anschaffung zusätzlicher Geräte (Investitionskosten) 26.927
 Abschreibung 3 Jahre 7.787
 Einmaliger Aufwand Wirtschaft 14.395

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	ElektroG und AllfahrzeugV								
E.3.002	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	AllfahrzeugV						0		
E.3.003	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.004	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG	1			3	150.000,00	1	150	153
E.3.002	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	AllfahrzeugV								
E.3.003	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.004	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.005	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	AllfahrzeugV								
E.3.006	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	AllfahrzeugV	1			2	150.000,00	1	150	152
E.3.007	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt	ElektroG								
E.3.008	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt	ElektroG	4			1	1.500,00	4	6	7
E.3.009	Kontrolle der Einhaltung der Recyclingquote Fallgruppe: Landesamt	ElektroG	67	135,0	40,80	6	50,00	67	3	9
E.3.010	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV								
E.3.011	Absolvieren Schulungen Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV	4			1	1.500,00	4	6	7
E.3.012	Kontrolle der Einhaltung der Recyclingquote Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV	248	135,0	40,80	23	50,00	248	12	35

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	ElektroG und AllfahrzeugV	4			140	950.000,00	1	950	1.090
E.3.002	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	AllfahrzeugV	4			140	950.000,00	1	950	1.090
E.3.003	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG	5			2	100,00	5	0	2
E.3.004	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.002	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium	AllfahrzeugV								
E.3.003	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.004	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	ElektroG								
E.3.005	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt	AllfahrzeugV	5			2	100,00	5	0	2
E.3.006	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt	AllfahrzeugV								
E.3.007	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt	ElektroG	16			5	100,00	16	2	7
E.3.008	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt	ElektroG								
E.3.009	Kontrolle der Einhaltung der Recyclingquote Fallgruppe: Landesamt	ElektroG								
E.3.010	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV	16			5	100,00	16	2	7
E.3.011	Absolvieren Schulungen Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV								
E.3.012	Kontrolle der Einhaltung der Recyclingquote Fallgruppe: Landesamt	AllfahrzeugV								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	363
davon auf Bundesebene in Tsd. €	305
davon auf Landesebene in Tsd. €	58
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	2.198
davon auf Bundesebene in Tsd. €	2.184
davon auf Landesebene in Tsd. €	14

A 2.2 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Verbrennungssteuer

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Verbrennungssteuer	
<p>Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen</p> <p>Hilfe zu Schritt 3.1</p>	<p>Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung</p> <p>Hilfe zu Schritt 3.2</p>
	<p style="font-size: small;">zurück zu Schritt 1</p> <p style="font-size: small;">zu Schritt 3 - Vorblatt</p>

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe	419			94	1.500,00	419	628	722
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller		weitere Vorgabe	3.770			845	1.500,00	3.770	5.655	6.500
E.2.003	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.004	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe	1.676			33	100,00	1.676	168	201
E.2.005	Einrichtung Steuern für die Abfallverwertung Fallgruppe: alle Unternehmen, die Abfälle erzeugen		weitere Vorgabe					44,00	9.903.000	435.732	435.732
E.2.006	Automatisierung der neuen Steuervorgaben Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe	1.676			1.877	500,00	1.676	838	2.715
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller		weitere Vorgabe								
E.2.003	Anschaffung zusätzlicher technischer Geräte Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe	1.676			831	10.000,00	1.676	16.760	17.591
E.2.004	Wartung der zusätzlichen technischen Geräte Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe								
E.2.005	Einrichtung Steuern für die Abfallverwertung Fallgruppe: alle Unternehmen, die Abfälle erzeugen		weitere Vorgabe								
E.2.006	Automatisierung der neuen Steuervorgaben Fallgruppe: Entsorgungsbetriebe		weitere Vorgabe	1.676			2.078	5.000,00	1.676	8.380	10.458

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	436.655	Anschaffung zusätzlicher Geräte (Investitionskosten)	17.591
davon Rückkosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0	Abschreibung 3 Jahre	7.539
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	30.764		20.712

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		10			105	150.000,00	1	150	255
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt									
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt		50			16	1.500,00	50	75	91
E.3.006	Überarbeitung des Systems zur Ausstellung der Steuerbescheide Fallgruppe: Landesamt						100,00		0	0
E.3.007	Erzielen von zusätzlichen Steuereinnahmen						-44,00	9.903.000	-435.732	-435.732

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		10			701	3.050.000,00	1	3.050	3.751
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		50			174	100.000,00	5	500	674
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt		200			326	100,00	200	20	346
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt									
E.3.006	Überarbeitung des Systems zur Ausstellung der Steuerbescheide Fallgruppe: Landesamt		32			52	10.000,00	16	160	212
E.3.007	Erzielen von zusätzlichen Steuereinnahmen									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	-435.386
davon auf Bundesebene in Tsd. €	-435.477
davon auf Landesebene in Tsd. €	91
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	4.983
davon auf Bundesebene in Tsd. €	4.425
davon auf Landesebene in Tsd. €	558

A 2.3 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Mindestrezyklateinsatz

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Mindestrezyklateinsatz	
<p>Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen</p> <p>Hilfe zu Schritt 3.1</p>	<p>Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung</p> <p>Hilfe zu Schritt 3.2</p>
	<p style="font-size: small;">zurück zu Schritt 1</p> <p style="font-size: small;">zu Schritt 3 - Vorblatt</p>

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe	500			462	5.000,00	500	2.500	2.962
E.2.005	Darlegung der Einhaltung der Mindestrezyklatquote Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		Informationspflicht	1.000	235,0	24,50	96				96
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe	3.770			845	1.500,00	3.770	5.655	6.500
E.2.003	Zusatzkosten durch den Rezyklateinsatz Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe	0				0,00	83.325	0	0
E.2.004	Aufwand zur Beschaffung der Rezyklate Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe	12.000			274	100,00	0	0	274
E.2.006	Integration der Rezyklate in den Produktionsprozess Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe	1.000			10.992	1.500,00	1.000	1.500	12.492
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe								
E.2.005	Darlegung der Einhaltung der Mindestrezyklatquote Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		Informationspflicht								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.003	Zusatzkosten durch den Rezyklateinsatz Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe					0,00	0	0	0
E.2.004	Aufwand zur Beschaffung der Rezyklate Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe								
E.2.006	Integration der Rezyklate in den Produktionsprozess Fallgruppe: Kunststoffverarbeitende Industrie		weitere Vorgabe	1.000			9.206	35.000,00	1.000	35.000	44.206

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	3.332
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	96
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	56.698

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Einarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		2			21	700.000,00	1	700	721
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt									
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt		12			4	1.500,00	12	18	22
E.3.006	Kontrolle der Einhaltung des Mindestrezyklateinsatzes Fallgruppe: Landesamt		1.000	480,0	40,80	326	100,00	1.000	100	426

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Einarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		10			701	3.050.000,00	1	3.050	3.751
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		50			87	100.000,00	5	500	587
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt		48			78	100,00	48	5	83
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt									
E.3.006	Kontrolle der Einhaltung des Mindestrezyklateinsatzes Fallgruppe: Landesamt									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	1.169
davon auf Bundesebene in Tsd. €	721
davon auf Landesebene in Tsd. €	448
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	4.421
davon auf Bundesebene in Tsd. €	4.338
davon auf Landesebene in Tsd. €	83

A 2.4 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Pfandsysteme

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben		
Pfandsysteme		
Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen <small>Hilfe zu Schritt 3.1</small>	 Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung <small>Hilfe zu Schritt 3.2</small>	<small>zurück zu Schritt 1</small> <small>zu Schritt 3 - Vorblatt</small>

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabellen: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Information über die Pfandpflicht Fallgruppe: Bevölkerung							
E.1.002	Getrennte Erfassung und Rückgabe Fallgruppe: Bevölkerung		50.000.000	5,0	4.166.667,0			

Tabellen: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Information über die Pfandpflicht Fallgruppe: Bevölkerung		50.000.000	5,0	4.166.667,0			
E.1.002	Getrennte Erfassung und Rückgabe Fallgruppe: Bevölkerung							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	4.166.667
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	4.166.667
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabellen: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe	6.989			1.566	1.500,00	6.989	10.484	12.050
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe	3.770			845	1.500,00	3.770	5.655	6.500
E.2.003	Anschaffung zusätzlicher Pfandautomaten Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe								
E.2.004	Wartung der zusätzlichen Pfandautomaten Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe	15.000			239	100,00	15.000	1.500	1.739

Tabellen: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe	34.947			23.484	100,00	34.947	3.495	26.979
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.003	Anschaffung zusätzlicher Pfandautomaten Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe	5.000			1.120	10.000,00	5.000	50.000	51.120
E.2.004	Wartung der zusätzlichen Pfandautomaten Fallgruppe: Lebensmittelgeschäfte		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	13.789	Anschaffung zusätzlicher Geräte (Investitionskosten) Abschreibungsdauer 5 Jahre 51.120 Abschreibung 3 Jahre 30.672 57.651
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0	
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	78.099	

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabellen: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		5			52	600.000,00	1	600	652
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt									
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt		12			4	1.500,00	12	18	22
E.3.006	Kontrolle der Umsetzung der Pfandrücknahmesysteme Fallgruppe: Landesamt		3.500	120,0	40,80	286	100,00	3.500	350	636
E.3.007	Informationskampagne für die Bevölkerung Fallgruppe: Bundesamt									

Tabellen: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		5			351	2.050.000,00	1	2.050	2.401
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		15			52	1.000,00	15	15	67
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt		48			78	100,00	48	5	83
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt									
E.3.006	Kontrolle der Umsetzung der Pfandrücknahmesysteme Fallgruppe: Landesamt									
E.3.007	Informationskampagne für die Bevölkerung Fallgruppe: Bundesamt		10			58	5.000.000,00	1	5,000	5,058

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	1.310
davon auf Bundesebene in Tsd. €	652
davon auf Landesebene in Tsd. €	658
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	7.609
davon auf Bundesebene in Tsd. €	7.526
davon auf Landesebene in Tsd. €	83

A 2.5 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Sammeloptimierung

(Angabe nachempfunden aus tatsächlichen Kampagnenkosten „Mülltrennung wirkt“)

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Sammeloptimierung	
Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen <small>Hilfe zu Schritt 3.1</small>	 Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung <small>Hilfe zu Schritt 3.2</small>
<small>zurück zu Schritt 1</small> <small>zu Schritt 3 - Vorblatt</small>	

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Information über die Pfandpflicht Fallgruppe: Bevölkerung							
E.1.002	Gelenkte Erfassung der Bevölkerung Fallgruppe: Bevölkerung		50.000.000	2,0	1.666.667,0			

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Information über die Pfandpflicht Fallgruppe: Bevölkerung		50.000.000	5,0	4.166.667,0			
E.1.002	Gelenkte Erfassung der Bevölkerung Fallgruppe: Bevölkerung							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	1.666.667
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	4.166.667
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Keine		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Keine		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Informationskampagne für die Bevölkerung Fallgruppe: Bundesamt		15	14.100,0	40,80	144	7.856.000,00	1	7.856	8.000

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Informationskampagne für die Bevölkerung Fallgruppe: Bundesamt						1.000,00	0	0	0

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	8.000
davon auf Bundesebene in Tsd. €	8.000
davon auf Landesebene in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0

A 2.6 Stellungnahme des deutschen Bundestages zum Erfüllungsaufwand Maßnahme Vorbehandlungspflicht

Auszug

...

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Durch die Verordnung entsteht kein Erfüllungsaufwand für die Bürgerinnen und Bürger.

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Durch die Verordnung entsteht für die Wirtschaft ein zusätzlicher Erfüllungsaufwand in Höhe von rund 16 Mio. Euro jährlich und ein einmaliger Umstellungsaufwand in Höhe von rund 192 Mio. Euro.

Die Verordnung setzt die EU-rechtlichen Vorgaben der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG zur Abfallhierarchie für gewerbliche Siedlungsabfälle sowie für bestimmte Bau- und Abbruchabfälle „eins zu eins“ um. Daher wird kein Anwendungsfall der One-in, one-out-Regel für neue Regelungsvorhaben der Bundesregierung (siehe Kabinettsbeschluss vom 25. März 2015) begründet.

Von den in der Verordnung enthaltenen 27 Informationspflichten werden gegenüber der bisherigen Gewerbeabfallverordnung 7 unverändert übernommen, 10 geändert und 10 neu begründet. 2 Informationspflichten wurden abgeschafft. Die Informationspflichten verursachen einen jährlichen Erfüllungsaufwand von 210.000 Euro.

Entsprechend dem Leitfaden zur Berücksichtigung der Belange mittelständischer Unternehmen in der Gesetzesfolgenabschätzung (KMU-Test) vom 30. Dezember 2015 wurde geprüft, ob weniger belastende Regelungsalternativen oder Unterstützungsmaßnahmen möglich sind. Bei der Konzeption der Pflichten aus der Verordnung wurden an verschiedenen Stellen Sonder- und Ausnahmeregelungen geschaffen, die vor allem kleinen und mittleren Unternehmen zu Gute kommen (vgl. insbesondere § 3 Absatz 2 und § 8 Absatz 2 – fehlender Platz für die Aufstellung von Behältnissen oder geringe Menge der Abfälle, § 5 – gemeinsame Erfassung und Entsorgung von Kleinmengen mit Abfällen aus privaten Haushaltungen, § 8 Absatz 3 Satz 4 und § 9 Absatz 6 Satz 4 – Freistellung von Dokumentationspflichten bei kleineren Baumaßnahmen). Die Interessen von kleinen und mittleren Unternehmen wurden damit ausreichend berücksichtigt.

E.3 Erfüllungsaufwand der Verwaltung

Durch die Verordnung entsteht für die Verwaltung des Bundes und der Länder kein zusätzlicher Erfüllungsaufwand.

...

A 2.7 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Steuerreduktion

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben
Steuerreduktion

Schritt 3.1 Ex-ante-Schätzung überprüfen



Schritt 3.2 Export für den Allgemeinen Teil der Begründung

zurück zu
Schritt 1

zu Schritt 3 -
Vorblatt

Hilfe zu Schritt 3.1

Hilfe zu Schritt 3.2

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	200			45	1.500,00	200	300	345
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe	3.770			845	1.500,00	3.770	5.655	6.500
E.2.003	Steuervorteil beim Rezyklatverkauf Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe					-40,00	1.500.000	-60.000	-60.000
E.2.004	Automatisierung der MwSt-Änderung Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	200			224	500,00	200	100	324
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.003	Steuervorteil beim Rezyklatverkauf Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								
E.2.004	Automatisierung der MwSt-Änderung Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	200			248	0,00	200	0	248

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	-88.656
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	572

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		10			105	150.000,00	1	150	255
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt									
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt		50			16	1.500,00	50	75	91
E.3.006	Überarbeitung des Systems zur Ausstellung der Steuerbescheide Fallgruppe: Landesamt						100,00	0	0	0
E.3.007	Verringern der Steuereinnahmen						40,00	1.500.000	60.000	60.000

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		10			701	3.050.000,00	1	3.050	3.751
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		50			174	100.000,00	5	500	674
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt		200			326	100,00	200	20	346
E.3.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Landesamt									
E.3.006	Überarbeitung des Systems zur Ausstellung der Steuerbescheide Fallgruppe: Landesamt		32			52	10.000,00	16	160	212
E.3.007	Verringern der Steuereinnahmen									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	60.346
davon auf Bundesebene in Tsd. €	60.255
davon auf Landesebene in Tsd. €	91
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	4.983
davon auf Bundesebene in Tsd. €	4.425
davon auf Landesebene in Tsd. €	558

A 2.8 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Umweltlabel

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben
Umweltlabel

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung
überprüfen



Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil
der Begründung

zurück zu
Schritt 1

zu Schritt 3 -
Vorblatt

Hilfe zu Schritt 3.1

Hilfe zu Schritt 3.2

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								
E.2.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Blauer Engel		weitere Vorgabe	0			0	5.000,00	0	0	0
E.2.003	Weiterentwicklung Fallgruppe: Blauer Engel		weitere Vorgabe	0				50,00	0	0	0
E.2.004	Zertifizierung der Rezyklate Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	0			0	1.000,00	200	200	200

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	200			99	100,00	200	20	119
E.2.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Blauer Engel		weitere Vorgabe	5			11	100,00	5	0	11
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller		weitere Vorgabe								
E.2.003	Weiterentwicklung Fallgruppe: Blauer Engel		weitere Vorgabe	10			198	250.000,00	1	250	448
E.2.004	Zertifizierung der Rezyklate Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	200			99	400,00	200	80	179

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	200
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	757

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0

A 2.9 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Grünes Beschaffungswesen

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Grünes Beschaffungswesen	

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung
überprüfen

Hilfe zu Schritt 3.1

Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil
der Begründung

Hilfe zu Schritt 3.2

zurück zu Schritt 1

zu Schritt 3 - Vorblatt

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Keine		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Keine		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		2			21	700.000,00	1	700	721
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt									
E.3.005	Beschaffung der Produkte mit Rezyklatanteil Fallgruppe: Landesamt		30.000	60,0	40,80	1.224	50,00	30.000	1.500	2.724

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		10			701	3.050.000,00	1	3.050	3.751
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		16			28	30.000,00	16	480	508
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Landesamt		30.000			9.792	0,00	0	0	9.792
E.3.005	Beschaffung der Produkte mit Rezyklatanteil Fallgruppe: Landesamt									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	3.445
davon auf Bundesebene in Tsd. €	721
davon auf Landesebene in Tsd. €	2.724
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	14.051
davon auf Bundesebene in Tsd. €	4.259
davon auf Landesebene in Tsd. €	9.792

A 2.10 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Ökodesign

Die Annahmen und die pauschale Berechnung sind im Textteil der Arbeit Kapitel 4.1.10 verzeichnet.

A 2.11 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Ökoeffektivität

Die Annahmen und die pauschale Berechnung sind im Textteil der Arbeit Kapitel 4.1.11 verzeichnet.

A 2.12 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Recyclingfonds

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben	
Recyclingfonds	

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung
überprüfen

Hilfe zu Schritt 3.1

Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil
der Begründung

Hilfe zu Schritt 3.2

zurück zu Schritt 1

zu Schritt 3 - Vorblatt

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								
E.2.002	Beantragung der Subventionierung Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	25				220	25	2.500,00	62

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe	100			74	100,00	100	10	84
E.2.002	Beantragung der Subventionierung Fallgruppe: Kunststoffverwerter		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	282
davon Büroalkotkosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	84

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Schaffen des Recyclingfonds Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		2			21	100.000,00	1	100	121
E.3.004	Bearbeitung der Anträge Fallgruppe: Bundesamt		25			35	150,00	25	4	39

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Schaffen des Recyclingfonds Fallgruppe: Bundesministerium		10			701	7.000.000,00	1	7.000	7.701
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		5			9	1.000,00	5	5	14
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Bearbeitung der Anträge Fallgruppe: Bundesamt						0,00	0	0	0

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	160
davon auf Bundesebene in Tsd. €	121
davon auf Landesebene in Tsd. €	39
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	7.715
davon auf Bundesebene in Tsd. €	7.715
davon auf Landesebene in Tsd. €	0

A 2.13 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Selbstverpflichtung

Die Annahmen und die pauschale Berechnung sind im Textteil der Arbeit Kapitel 4.1.13 verzeichnet.

A 2.14 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Substitutionsquoten

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben
Substitutionsquoten

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung
überprüfen



Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil
der Begründung

zurück zu
 Schritt 1

zu Schritt 3 -
 Vorblatt

Hilfe zu Schritt 3.1

Hilfe zu Schritt 3.2

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe	25			6	1.500,00	25	38	44
E.2.009	Dokumentation der Einhaltung der Substitutionsquoten Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		Informationspflicht		5.000	35,0	24,50		71		71
E.2.003	Schaffung zusätzlicher Lizenzsysteme Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe								
E.2.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe								
E.2.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	250			62	1.500,00	250	375	437
E.2.006	Lizenzierungsentgelte Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	0				30,00	5.000	150	150
E.2.007	Kommunikation zwischen den Akteuren Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	1.000				2.480	1.000	200	2.680
E.2.008	Bearbeitung der Lizenzierung Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe	5.000	440,0	40,80	1.496	150,00	5.000	750	2.246

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe	10			83	1.500,00	10	15	98
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe								
E.2.009	Dokumentation der Einhaltung der Substitutionsquoten Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		Informationspflicht								
E.2.003	Schaffung zusätzlicher Lizenzsysteme Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe	10			737	2.750.000,00	10	27.500	28.237
E.2.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	1.000			7.370	10.000,00	1.000	10.000	17.370
E.2.005	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe								
E.2.006	Lizenzierungsentgelte Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	0							
E.2.007	Kommunikation zwischen den Akteuren Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe								
E.2.008	Bearbeitung der Lizenzierung Fallgruppe: Duale Systeme		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	5.628
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	71
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	45.705

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium									
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt		1			3	150.000,00	1	150	153
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.005	Kontrolle der Einhaltung der Substitutionsquote Fallgruppe: Landesamt		200	800,0	40,80	109	150,00	200	30	139

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Erarbeitung des Gesetzesentwurfs Fallgruppe: Bundesministerium		4			140	950.000,00	1	950	1.090
E.3.002	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt		5			2	100,00	5	0	2
E.3.003	Berichterstattung Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.004	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Bundesamt									
E.3.005	Kontrolle der Einhaltung der Substitutionsquote Fallgruppe: Landesamt									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	292
davon auf Bundesebene in Tsd. €	153
davon auf Landesebene in Tsd. €	139
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	1.099
davon auf Bundesebene in Tsd. €	1.092
davon auf Landesebene in Tsd. €	7

A 2.15 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Anlagenoptimierung

Maßnahmen / Instrument / Regelungsvorhaben	
Anlagenoptimierung	

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung überprüfen

[Hilfe zu Schritt 3.1](#)

Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil der Begründung

[Hilfe zu Schritt 3.2](#)

[zurück zu Schritt 1](#)

[zu Schritt 3 - Vorblatt](#)

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe								
E.2.002	Inanspruchnahme von Beratungsleistungen Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe								
E.2.003	Optimierung der Anlage Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe								

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Einarbeitung in die Thematik Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe	50			110	1.500,00	50	75	185
E.2.002	Inanspruchnahme von Beratungsleistungen Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe	50			368	401.500,00	50	20.075	20.443
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.003	Optimierung der Anlage Fallgruppe: Recyclinganlagen		weitere Vorgabe	50			4.422	1.000.000,00	50	50.000	54.422

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0	Anschaffung zusätzlicher Aggregate (Investitionen) (Abschreibung 6 Jahre) 54.422 Abschreibungszeitraum 3 Jahre 27.211 47.839
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0	
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	75.050	

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0

A 2.16 Berechnung Erfüllungsaufwand Maßnahme Akteursvernetzung

Maßnahme / Instrument / Regelungsvorhaben
Akteursvernetzung

Schritt 3.1
Ex-ante-Schätzung
überprüfen



Schritt 3.2
Export für den Allgemeinen Teil
der Begründung

zurück zu
Schritt 1

zu Schritt 3 -
Vorblatt

Hilfe zu Schritt 3.1

Hilfe zu Schritt 3.2

Schritt 3.1 - Ex-ante-Schätzung überprüfen

E.1 Erfüllungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Tabelle: Umstellungsaufwand für Bürgerinnen und Bürger

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Zeitaufwand in Stunden	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €
E.1.001	Keine							

Veränderung des jährlichen Zeitaufwandes in Std.	0
Veränderung des jährlichen Sachaufwandes in Tsd. €	0
Einmaliger Zeitaufwand in Std.	0
Einmaliger Sachaufwand in Tsd. €	0

E.2 Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Gestaltung von Kampagnen zur Akteursvernetzung Fallgruppe: verschied. Initiativen		weitere Vorgabe								
E.2.002	Beratung der Kunststoff- und Recyclingindustrie Fallgruppe: verschied. Initiativen/ Unternehmen		weitere Vorgabe	50			110	21.000,00	50	1.050	1.160
E.2.003	Teilnahme an den Kampagnen Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe	50			62	500,00	50	25	87
E.2.004	Teilnahme an den Kampagnen Fallgruppe: Recyclingindustrie		weitere Vorgabe	50			77	500,00	50	25	102

Tabelle: Umstellungsaufwand Wirtschaft

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Art der Vorgabe	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.2.001	Gestaltung von Kampagnen zur Akteursvernetzung Fallgruppe: verschied. Initiativen		weitere Vorgabe	5			249	1.500.000,00	1	1.500	1.749
E.2.002	Beratung der Kunststoff- und Recyclingindustrie Fallgruppe: verschied. Initiativen/ Unternehmen		weitere Vorgabe								
E.2.002	Absolvieren von Schulungen Fallgruppe: Hersteller	ElektroG	weitere Vorgabe								
E.2.003	Teilnahme an den Kampagnen Fallgruppe: Kunststoffverarbeiter		weitere Vorgabe								
E.2.004	Teilnahme an den Kampagnen Fallgruppe: Recyclingindustrie		weitere Vorgabe								

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	1.349
davon Bürokratiekosten aus Informationspflichten in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	1.749

E.3 Erfüllungsaufwand für die Verwaltung

Tabelle: Veränderung des jährlichen Aufwandes Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Tabelle: Umstellungsaufwand Verwaltung

Nr.	Bezeichnung	Paragraf und Rechtsnorm	Fallzahl	Zeitaufwand in Minuten pro Fall	Lohnsatz in Euro/h	Personalaufwand in Tsd. €	Sachaufwand in € pro Fall	Fallzahl	Sachaufwand in Tsd. €	Gesamtaufwand in Tsd. €
E.3.001	Keine									

Veränderung des jährlichen Erfüllungsaufwandes in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0
Einmaliger Erfüllungsaufwand in Tsd. €	0
davon auf Bundesebene in Tsd. €	0
davon auf Landesebene in Tsd. €	0