

Kreislaufwirtschaft: Von der Rhetorik zur Praxis

Inhalt

3	Kreislaufwirtschaft: Von der Rhetorik zur Praxis	113
3.1	Einleitung.....	114
3.2	Kreislaufwirtschaft: Gründe, Prinzipien und Status quo in Deutschland	115
3.2.1	Rohstoffbedarf und Umweltwirkungen.....	115
3.2.2	Was bedeutet Kreislaufwirtschaft?	116
3.2.3	Etablierte Ansätze und Instrumente der Abfall- und Kreislaufwirtschaft.....	119
3.2.4	Abfälle in Deutschland in Zahlen	123
3.2.5	Zwischenfazit: Kreislaufwirtschaft noch nicht erreicht	127
3.3	Aktuelle Entwicklungen hin zu einer Kreislaufwirtschaft	128
3.3.1	Weiterentwicklung auf EU-Ebene	128
3.3.2	Weiterentwicklung in Deutschland	131
3.4	Erweiterte Zielhierarchie und Defizitanalyse.....	132
3.4.1	Plädoyer für eine erweiterte Zielhierarchie	133
3.4.2	Kreislaufwirtschaft ist unzureichend in die Umweltpolitik integriert	134
3.4.3	Ziele für Abfallvermeidung fehlen.....	138
3.4.4	Recycling ist zu wenig ökologisch ausgerichtet	138
3.4.5	Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen finanziell verankern.....	140
3.4.6	Zwischenfazit: Herausforderungen für Deutschland	141

3.5	Herausforderungen auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft: Fallbeispiel Kunststoffe	142
3.5.1	Kunststoffe – ein Umweltproblem?.....	142
3.5.2	Regulierung und Strategien	146
3.5.3	Kunststoffverpackungen: Status quo der Vermeidung	147
3.5.4	Kunststoffe aus Altfahrzeugen: Status quo der Verwertung	150
3.5.5	Kunststoffbewirtschaftung unter sich ändernden Rahmenbedingungen: Wege in eine treibhausgasneutrale (Kreislauf-)Wirtschaft	152
3.5.6	Zwischenfazit: Etablierte Instrumente greifen (noch) nicht.....	154
3.6	Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft.....	155
3.6.1	Kreislaufwirtschaftspolitik als Teil einer vorsorgenden Umweltpolitik weiterentwickeln	155
3.6.2	Abfallvermeidung stärken	161
3.6.3	Hochwertiges Recycling sicherstellen	163
3.6.4	Erweiterte Herstellerverantwortung konsequenter institutionalisieren	169
3.6.5	Öffentliche Institutionen zu Vorreitern machen	171
3.6.6	Monitoring als Schlüssel für die Steuerung der Stoffströme verbessern.....	174
3.7	Fazit und Ausblick.....	174
3.8	Literatur	176

Abbildungen

Abbildung 3-1	Gewinnung biogener, fossiler, metallischer und mineralischer Primärrohstoffe von 1900 bis 2060 in Milliarden Tonnen pro Jahr	115
Abbildung 3-2	Abfallhierarchie gemäß Abfallrahmenrichtlinie	120
Abbildung 3-3	Entwicklung des Gesamtnettoabfallaufkommens sowie ausgewählter Abfallarten in Deutschland von 1996 bis 2017.....	125
Abbildung 3-4	Entwicklung der Abfallintensität in Deutschland von 1996 bis 2017	126
Abbildung 3-5	Primärer Verbleib von Siedlungsabfällen in Behandlungsanlagen in Deutschland (1995 bis 2018)	127
Abbildung 3-6	Zusammenspiel von Strategien und Regulierungen zur Kreislaufwirtschaft auf europäischer und deutscher Ebene.....	128
Abbildung 3-7	Erweiterung der Abfallhierarchie zu einer Kreislaufwirtschaftshierarchie	134
Abbildung 3-8	Lenkungswirkung von Abgaben für eine Kreislaufwirtschaft.....	141
Abbildung 3-9	Anteile der Branchen an der Kunststoffverarbeitung im Jahr 2017	143
Abbildung 3-10	Kunststoffeinsatz und -verwertung in Deutschland (2007 bis 2017).....	144
Abbildung 3-11	Aufbereitung von Kunststoffabfällen zum Wiedereinsatz (2017)	145
Abbildung 3-12	Regulierung des Stoffstroms Kunststoffe auf europäischer und deutscher Ebene..	147
Abbildung 3-13	Entwicklung der Mehrweganteile bei Getränkeverpackungen (2004 bis 2017) ..	149
Abbildung 3-14	Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft	155
Abbildung 3-15	Instrumente zur Sicherstellung eines hochwertigen Recyclings	164
Abbildung 3-16	Kennzeichnung der Recyclingfähigkeit von Produkten am Beispiel von LED-Lampen	168
Abbildung 3-17	Öffentliches Beschaffungsvolumen (2016)	172

Tabellen

Tabelle 3-1	Abfallwirtschaftliche Begriffe: Definitionen und Erläuterungen	122
--------------------	--	-----

Kästen

Kasten 3-1	Indikatoren für die Rohstoffnutzung	117
Kasten 3-2	Abgrenzung und Differenzierung der Begriffe Recycling und stoffliche Verwertung	121
Kasten 3-3	Erweiterte Herstellerverantwortung	124
Kasten 3-4	Ökodesign-Richtlinie.....	129
Kasten 3-5	Bewertung von Mehrwegsystemen – Relevanz der Rahmenbedingungen	149

Kreislaufwirtschaft: Von der Rhetorik zur Praxis

Kreislaufwirtschaft gilt heute als Patentrezept gegen Rohstoffknappheiten und gleichzeitig als Motor für Jobs und Wohlstand in Europa und Deutschland. De facto aber nehmen Rohstoffverbräuche und die damit verbundenen Umweltschäden zu. Der Bedarf an Materialien wird nur zu geringen Anteilen durch Kreislaufführung innerhalb des Bestandes gedeckt, weil die bestehende Abfallwirtschaft hinter den Ansprüchen einer Kreislaufwirtschaft zurückbleibt. Menschen und Märkte erfordern eine Produktpolitik, die einen guten Lebensstandard bei geringerem Rohstoffbedarf ermöglicht. Dafür ist es notwendig, das Ziel der Verringerung der Stoffströme politisch zu verankern und das Thema Suffizienz deutlich stärker als bisher voranzutreiben. Produkte müssen von Anfang an kreislaufwirtschaftsfähig konzipiert und ein hochwertiges Recycling endlich Realität werden. Um von der Rhetorik zur Praxis zu gelangen, müssen regulatorische und ökonomische Lenkungsinstrumente neu an ökologischen Kriterien ausgerichtet und umgesetzt werden.

3.1 Einleitung

126. Die Nutzung von Rohstoffen ist eine wichtige Grundlage für das Leben heutiger und zukünftiger Zivilisationen. Gleichzeitig sind weltweit steigende Rohstoffnutzungen mitverantwortlich für die Zerstörung von Lebensräumen und das Erreichen und teilweise Überschreiten planetarer Grenzen (SRU 2019). Für Verbraucherinnen und Verbraucher oft unsichtbar, entstehen bei Rohstoffgewinnung und -aufbereitung in den Abbauländern häufig tiefgreifende Umweltschäden. Erst wenn die aus den Rohstoffen hergestellten Produkte schließlich zu Abfällen werden und in eine unsachgemäße Entsorgung gelangen, können Konsequenzen für die Verursachenden fühl- und sichtbar werden, zum Beispiel durch verunreinigtes Grundwasser.

Diese Auswirkungen führten in Deutschland in den 1970er- bis Anfang der 2000er-Jahre dazu, dass eine Reihe von Regelungen für eine umweltgerechte Abfallbehandlung erlassen wurde. Zunächst galt es vor allem, Schäden für Gesundheit und Umwelt zu verhindern. Mit der schrittweisen Weiterentwicklung der gesetzlichen Anforderungen sowie durch Forschung und Investitionen wurde so eine in weiten Teilen gut funktionierende Entsorgungsstruktur etabliert, die im europäischen Vergleich schon früh hohe Standards erreichte. Mit steigenden Abfallmengen verschob sich die Zielrichtung hin zur Verwertung. So hat Deutschland eine der niedrigsten direkten Deponierungsraten für unbehandelte Siedlungsabfälle und damit stark verringerte Treibhausgasemissionen in diesem Sektor.

Die abfallwirtschaftlichen Entwicklungen in Deutschland haben das europäische Abfallrecht maßgeblich beeinflusst. Jedoch hat Deutschland die Rolle als Vorreiter und Tempomacher mittlerweile verloren (s. SRU 2016, Abschn. 1.4.2) da es nicht gelungen ist, die kreislauforientierte Abfallwirtschaft in eine Kreislaufwirtschaft weiterzuentwickeln, die auch Konsum- und Vermeidungsaspekte sowie hochwertiges Recycling vorantreibt. So sind Abfallvermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung kaum mit Zielen und Maßnahmen unterlegt und werden in der Praxis nicht umgesetzt. Die weiter zunehmende Produkt- und Stoffvielfalt stellt die Abfallwirtschaft immer wieder vor neue Herausforderungen und erfordert Anpassungen. Veränderungen finden aber weitgehend inkrementell innerhalb der bestehenden Strukturen statt. Dies betrifft sowohl die Gestaltung der Abfallsammlung, die bestehende Anlageninfrastruktur und die Finanzierung der

Abfallwirtschaft als auch die generelle, strategische Herangehensweise an den Umgang mit Produkten und Abfällen. Neue Anforderungen von der EU-Ebene werden zumeist nur eins-zu-eins in das deutsche Recht umgesetzt. Sowohl in der Politik als auch in der Entsorgungswirtschaft scheinen Widerstände zu bestehen, größere Veränderungen herbeizuführen. Ein tiefgreifender Wandel ist mit dieser zögerlichen Politik und dem bestehenden, wenig flexiblen System nicht zu erreichen. Obwohl eine umweltsichere Abfallentsorgung etabliert wurde, liegt das Ziel einer Kreislaufwirtschaft noch in weiter Ferne.

Da der Konsum von Produkten und anderen Gütern wie Infrastrukturen und in der Folge die Menge an Abfällen sehr hoch sind, ist ein deutlicher Kurswechsel notwendig. So ist der Rohstoffkonsum in Deutschland fast doppelt so hoch wie im weltweiten Durchschnitt und im Jahr 2013 deckten aus Abfall gewonnene Rohstoffe (Sekundärrohstoffe) nur knapp 16 % des Rohstoffbedarfs. Diese beiden Aspekte führen zu einem nach wie vor sehr hohen Primärrohstoffbedarf – mit entsprechenden Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit. Es ist notwendig, sowohl den Bedarf an Rohstoffen zu verringern, als auch Stoffe und Materialien in größeren Mengen und hochwertiger zu recyceln und als Sekundärrohstoffe wieder in den Produktionskreislauf zurückzuführen.

127. Mit dem Kreislaufwirtschaftspaket (Circular Economy Package) hat die EU 2018 eine Strategie sowie neue verbindliche Anforderungen verabschiedet, die die Abfallwirtschaft mit anderen Politikbereichen entlang des Lebenszyklus von Konsumgütern zu einer Kreislaufwirtschaft verknüpfen soll. Der Umgang mit Produkten und Gütern soll künftig nicht mehr allein aus dem Blickwinkel einer Abfallbewirtschaftung, sondern vielmehr aus der Produkt- und Stoffstromperspektive entwickelt werden.

In diesem Kapitel wird der Status quo der Kreislaufwirtschaft in Deutschland mit Blick auf die Ansprüche des Kreislaufwirtschaftspakets bewertet. Es wird diskutiert, ob und wie künftig eine Kreislaufwirtschaft umgesetzt werden kann, die auch zu geringeren Stoffströmen führt. Dies erfordert, dass insbesondere etablierte, aber auch neue Instrumente zielgenauer wirken und sich stärker in eine Produktpolitik einordnen.

3.2 Kreislaufwirtschaft: Gründe, Prinzipien und Status quo in Deutschland

3.2.1 Rohstoffbedarf und Umweltwirkungen

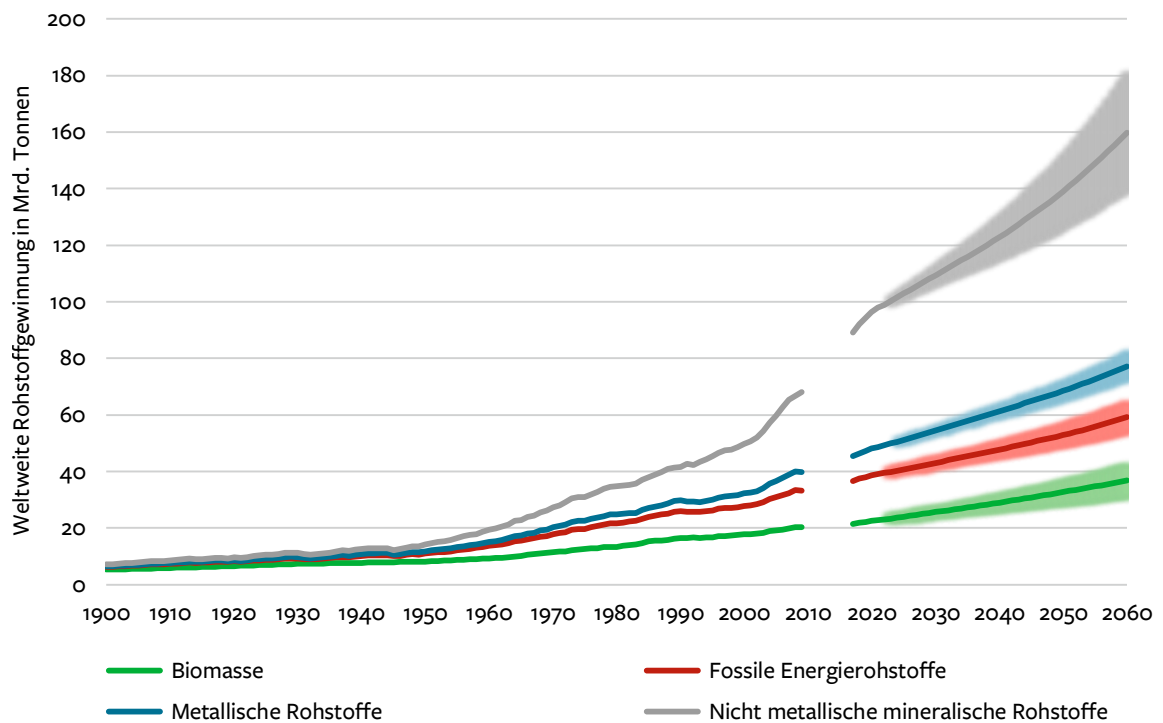
128. Die weltweite Inanspruchnahme von biogenen, fossilen, metallischen und mineralischen Primärrohstoffen (gemessen als Domestic Extraction (DE), s. Kasten 3-1) hat sich von 1900 bis zum Jahr 2009 von sieben auf circa 68 Mrd. t pro Jahr in etwa verzehnfacht (KRAUSMANN et al. 2009). Für das Jahr 2017 gibt die Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) einen Gesamtverbrauch von 89 Mrd. t an und prognostiziert bis 2060 einen Anstieg auf circa 167 Mrd. t pro Jahr (OECD 2019). Daten des UN Environment International Resource Panel (UNEP 2018) weichen von

denen der OECD aus methodischen Gründen leicht ab, entsprechen sich aber in ihrer Größenordnung. Die Daten zeigen weiterhin, dass die Stärke des Anstiegs der Rohstoffgewinnung zunimmt: Während die weltweite Rohstoffgewinnung von 1970 bis 2000 jährlich um 2,3 % anstieg, nahm sie in den Jahren 2000 bis 2017 um jeweils 3,2 % zu (UNEP 2019a).

Stärkste Treiber für den prognostizierten Anstieg sind die zunehmende Weltbevölkerung sowie das ökonomische Wachstum (OECD 2019). Zukünftige Rohstoffeinsparungen durch eine höhere Materialeffizienz sowie einen Strukturwandel hin zu einer serviceorientierten Wirtschaft können demnach den voraussichtlichen Anstieg zwar dämpfen, ihn aber nicht aufhalten (ebd.). Die unterschiedlichen möglichen Entwicklungspfade führen deshalb bei den Projektionen zu gewissen Schwankungsbreiten für die einzelnen Rohstoffgruppen (Biomasse, fossile Energierohstoffe, metallische Rohstoffe, nicht metallische mineralische Rohstoffe) (Abb. 3-1).

o Abbildung 3-1

Gewinnung biogener, fossiler, metallischer und mineralischer Primärrohstoffe von 1900 bis 2060 in Milliarden Tonnen pro Jahr



gestapelt; ab 2017 modellierte Vorhersage mit Schwankungsbreite

SRU 2020; Datenquelle: Daten 1900 bis 2009 s. KRAUSMANN et al. 2009; Daten 2017 bis 2060 s. OECD 2019;

Die Lebensstandards und Konsummuster, die zur Rohstoffnachfrage führen, sind dabei in den verschiedenen Ländern der Welt sehr unterschiedlich. So ist der Rohstoffkonsum in industrialisierten Ländern um ein Vielfaches höher als in Entwicklungs- und Schwellenländern.

In Deutschland ist die Nutzung von Rohstoffen seit Jahrzehnten sehr hoch: Der Rohstoffverbrauch (gemessen als RMC, s. Kasten 3-1) war im Jahr 2017 mit 22,8 t pro Einwohner (berechnet aus UNEP 2018 und Daten zur Bevölkerung, Statistisches Bundesamt 2020) fast doppelt so hoch wie der weltweite Durchschnitt von 12,2 t pro Einwohner und Jahr (UNEP 2019a, S. 42). Der durchschnittliche Rohstoffkonsum der afrikanischen Länder lag im Jahr 2017 bei 3,1 t pro Einwohner und Jahr (gemessen als RMC, berechnet aus UNEP 2018 und Daten zur Bevölkerung, UNDESA – Population Division 2019). Dabei zeigt der Verlauf des Rohstoffkonsums je Einwohner in Deutschland von 1970 bis 2017 insgesamt einen Rückgang um circa 11 % (gemessen als DMI, da Daten für RMI für 1970–1989 nicht verfügbar; berechnet aus UNEP 2018 und Daten zur Bevölkerung, Statistisches Bundesamt 2020). Dies ist jedoch hauptsächlich auf die Substitution von inländisch gewonnener Kohle durch andere importierte Energieträger sowie die rückgängige Nutzung von Baustoffmineralien – bei großen Schwankungen über die Jahre – zurückzuführen (Daten nach 13 Rohstoffgruppen gemäß UNEP 2018; UBA 2018c).

Das Statistische Bundesamt (2018) gibt den RMC für Deutschland für das Jahr 2014 mit 16,1 t pro Einwohner an. Die Differenz zu den Daten des UN Environment International Resource Panel für denselben Indikator (UNEP 2018) sind methodisch begründet. So unterscheidet sich insbesondere, wie Sekundärrohstoffe und länderspezifische Produktionsbedingungen berücksichtigt werden (E-Mail-Kommunikation mit Stephan Lutter und Jim West vom 19. November 2019 und mit Lucia Maier vom 15. November 2019; MAIER, L. 2018). Dennoch zeigen auch diese Daten, dass der Pro-Kopf-Rohstoffkonsum in Deutschland sehr hoch ist.

129. Die Gewinnung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung der Rohstoffe und der aus ihnen hergestellten Produkte verursachen zahlreiche, teils gravierende Umweltschäden und soziale Auswirkungen (CHAHOUD et al. 1999; ERICSSON und SÖDERHOLM 2010; MUDD und WARD 2008; UNEP 2019a; OECD 2019; UNEP und IPSRM 2010; UBA 2018c; Circle Economy 2019). Die vielfältigen Stoffströme haben damit auch einen entscheidenden Einfluss auf den Zustand des Erdsystems und

folglich auf die planetaren Belastungsgrenzen (s. ausführlich SRU 2019, Tz. 125 ff. und 272).

So führen niedrige Umwelt- und Sozialstandards in vielen rohstofffördernden Ländern zu ökologischen und sozialen Missständen (vgl. z. B. SRU 2017, Abschn. 2.3.2; 2012, Kap. 2.2). Je nach Bilanzgrenzen gehen Schätzungen davon aus, dass circa 10 bis 30 % der globalen Treibhausgasemissionen auf die Verarbeitung von Rohstoffen zu Produkten (ohne Emissionen in der Nutzungsphase) entfallen (Deloitte 2016; UNEP und IPSRM 2010). Aufgrund des steigenden Rohstoffbedarfs wird insbesondere bei Metallen erwartet, dass sich die Umweltbelastungen der Gewinnung bis 2060 – verglichen mit 2015 – in etwa verdoppeln werden (OECD 2019).

In der Nutzungsphase der aus den gewonnenen Rohstoffen hergestellten Produkte kommt es zu weiteren Umweltbelastungen – zum Beispiel aufgrund des Energieverbrauchs oder als dissipative (fein verteilte) Einträge in die Umwelt, wie zum Beispiel durch Reifenabbrieb. Schließlich fallen alle Produkte früher oder später als Abfall zur Entsorgung an. Erfolgt keine weitere Nutzung oder Verwertung, müssen die Altprodukte beseitigt werden. Auch diese Maßnahmen gehen mit Umweltwirkungen und gegebenenfalls irreversiblen Materialverlusten einher.

Die weltweite regionale Verteilung der Umweltbelastungen ist dabei sehr unterschiedlich. Während der größere Anteil an der Wertschöpfung und des Konsums in der Regel in den Industrieländern stattfindet, entstehen die Umweltwirkungen überwiegend in Schwellen- und Entwicklungsländern (UNEP 2019a). Mit Blick auf den hohen Rohstoffkonsum der Industrieländer und der dadurch verursachten Umweltwirkungen wird klar, dass dieser weder vertretbar noch global skalierbar ist.

3.2.2 Was bedeutet Kreislaufwirtschaft?

Sind Kreislaufwirtschaft und Circular Economy dasselbe?

130. Im englischsprachigen Kontext wird die Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft häufig als Circular Economy bezeichnet. Dieser Begriff wird auch in der englischsprachigen Fassung des 2015 von der Europäischen Kommission verabschiedeten Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft (Tz. 143) genutzt.

Kasten 3-1: Indikatoren für die Rohstoffnutzung

Um die Rohstoffnutzung zu messen, stehen verschiedene Indikatoren zur Verfügung. Der Indikator Domestic Extraction (DE, auch Domestic Extraction Used (DEU)), gibt an, welche Mengen an Rohstoffen in einem Land entnommen und in der Produktion genutzt werden (OECD 2008; WU Wien 2018; UBA 2012). Die nicht verwerteten Entnahmen werden nicht berücksichtigt. Werden die Entnahmen aller Länder summiert, ergibt sich die weltweit gewonnene und genutzte Rohstoffmenge.

Um den Materialeinsatz einer Volkswirtschaft zu messen, werden die Indikatoren Direct Material Input (DMI, direkter Materialeinsatz) und Raw Material Input (RMI, Rohstoffeinsatz) genutzt. Der DMI ergibt sich aus der Summe der inländisch entnommenen Rohstoffe sowie des Gewichts der importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren bei Grenzübertritt (OECD 2008; WU Wien 2018; UBA 2012). Beim RMI werden zusätzlich die ausländischen Rohstoffvorketten der importierten Halb- und Fertigwaren einbezogen (WU Wien 2018; UBA 2012). Sie werden auch als „indirect flows“ (indirekte Stoffströme) bezeichnet (OECD 2008). Die Summe des Produktgewichts und der für die Produktion eines Produktes notwendigen Rohstoffe werden auch Raw Material Equivalents (RME, Rohstoffäquivalente) genannt (OECD 2008). Nicht verwertete Entnahmen werden bei beiden Indikatoren nicht berücksichtigt. Der RMI gibt damit eine bessere Auskunft über die tatsächlich genutzte Menge an Rohstoffen und ist somit aussagekräftiger (BUYNY et al. 2009). Denn findet eine Verschiebung rohstoffintensiver Vorketten ins Ausland statt, würde der DMI sinken, während der RMI dies berücksichtigt und – bei geringerer Materialeffizienz in den Produktionsprozessen im Ausland – sogar steigen könnte.

Soll der Rohstoffkonsum eines Landes gemessen werden, werden die Indikatoren Domestic Material Consumption (DMC, inländischer Materialkonsum) und Raw Material Consumption (RMC, Rohstoffkonsum) bestimmt. Sie ergeben sich aus den Indikatoren DMI (für den DMC) und RMI (für den RMC) abzüglich exportierter Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren (OECD 2008; WU Wien 2018; UBA 2012). So wird ersichtlich, welcher Material- bzw. Rohstoffverbrauch durch ein Land für den eigenen Konsum benötigt

wird. Ebenso wie bei DMI und RMI sind keine nicht genutzten Entnahmen enthalten und der RMC enthält im Gegensatz zum DMC die Rohstoffvorketten der importierten Waren. DMC und RMC eignen sich für den Vergleich des Rohstoffkonsums verschiedener Länder. Weltweit aufsummiert entspricht der RMC dem Indikator DE.

Unter nicht verwerteten beziehungsweise genutzten Entnahmen werden Entnahmen aus der Natur verstanden, die nicht in Aufbereitungsprozesse eingehen, sondern ungenutzt in der Natur verbleiben (OECD 2008; UBA 2012). Hierzu zählt beispielsweise die Ablagerung von Abraum aus der Rohstoffgewinnung. Werden nicht verwertete Entnahmen einbezogen, ergibt sich für den Input in ein (Wirtschafts-) System der Indikator Total Material Requirement (TMR, gesamter Materialeinsatz) und für den Konsum eines Landes der Indikator Total Material Consumption (TMC, gesamter Materialkonsum).

Für die Summe der Rohstoffaufwendungen zur Herstellung eines Produktes (ohne das Produktgewicht selbst) wird auch der Begriff „materieller Rucksack“ verwendet – angelehnt an den Begriff des „ökologischen Rucksacks“ (SCHMIDT-BLEEK 1994; 2004).

Im Rahmen der Umsetzung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms II (ProgRes II) wurden zwei Indikatoren entwickelt, die Auskunft darüber geben, inwieweit Primärrohstoffe durch Sekundärrohstoffe ersetzt und damit eingespart wurden (BMUB 2015, S. 43). Diese beiden Sekundärrohstoffindikatoren sind der Direct Effects of Recovery (DERec, direkte Effekte der Verwertung) und der Direct and Indirect Effects of Recovery (DIERec, direkte und indirekte Effekte der Verwertung). Sie geben an, in welchem Umfang Primärrohstoffe sowie Halb- und Fertigwaren importiert bzw. inländisch gewonnen werden müssten, wenn keine Verwertung von Sekundärrohstoffen erfolgen würde (WAGNER et al. 2012, S. 78 f.; STEGER et al. 2019, S. 59). Dabei enthält der DIERec – analog zum RMI und im Gegensatz zum DERec – die indirekten Stoffströme der importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren. Bisherige Berechnungen des DERec und DIERec basieren auf dreißig mengenmäßig relevanten Materialien (STEGER et al. 2019).

Ins Deutsche übersetzt wird Circular Economy dabei mit Kreislaufwirtschaft (Europäische Kommission 2015c).

In Deutschland wurde Kreislaufwirtschaft erstmals im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) von 2012 definiert – und zwar als „Vermeidung und Verwertung von Abfällen“ (§ 3 Nr. 19 KrWG). In der Praxis hat sich aufbauend auf spezifizierte und quantifizierte Anforderungen zu Recycling und sonstiger Verwertung (Tz. 133) eine recyclingorientierte Abfallwirtschaft entwickelt. In der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG (AbfRRL) wird Kreislaufwirtschaft nicht definiert, aber in den Erwägungsgründen sowie im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft erläutert. So gibt der Aktionsplan als Ziel der Kreislaufwirtschaft eine „stärker kreislauforientierte Wirtschaft, bei der es darum geht, den Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen innerhalb der Wirtschaft so lange wie möglich zu erhalten und möglichst wenig Abfall zu erzeugen“ an (Europäische Kommission 2015c). Um dies zu erreichen, soll laut Erwägungsgründen zur novellierten Abfallrahmenrichtlinie 2018 „der gesamte Lebenszyklus von Produkten in einer Art und Weise betrachtet [werden], [die] die Ressourcen erhält und den Kreislauf schließt“ (Erwägungsgrund 1 der Änderungsrichtlinie 2018/851/EU).

Im Gegensatz zum bis dato in Deutschland gebräuchlichen Verständnis von Kreislaufwirtschaft bezieht die EU-Strategie also die Produktions- und Konsumphase explizit mit ein (JARON 2017; UBA 2018c). Damit geht der Begriff Circular Economy über die übliche bisherige Nutzung des Begriffs Kreislaufwirtschaft im deutschsprachigen Raum hinaus. Im Folgenden wird die in Deutschland bisher praktizierte Kreislaufwirtschaft deshalb als „kreislauforientierte Abfallwirtschaft“ bezeichnet. Wird der Begriff Kreislaufwirtschaft genutzt, ist das weitergehende Verständnis des EU-Kreislaufwirtschaftspakets gemeint.

Warum Kreislaufwirtschaft?

131. Das Verständnis darüber, was exakt Kreislaufwirtschaft bedeutet und welche Probleme genau damit gelöst werden sollen, ist sehr unterschiedlich (SCHROEDER et al. 2017; LAZAREVIC und VALVE 2017; KIRCHHERR et al. 2017; PARCHOMENKO et al. 2019; GEISSDOERFER et al. 2017).

Der EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft gibt an, dass Kreislaufwirtschaft einen wesentlichen Beitrag für eine nachhaltige, CO₂-arme, ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft leisten soll. In den Erwä-

gungsgründen zur Novellierung der Abfallrahmenrichtlinie 2018 heißt es, dass die „Abfallbewirtschaftung [...] zu einer nachhaltigen Materialwirtschaft umgestaltet werden“ soll (Erwägungsgrund 1 der Richtlinie 2018/851/EU). Ziele der Kreislaufwirtschaft sind demnach der Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit sowie eine umsichtige Verwendung der natürlichen Ressourcen. Weiterhin soll die Kreislaufwirtschaft auch die Energieeffizienz verbessern sowie die Verbreitung erneuerbarer Energieträger fördern. Ferner bietet sie neue wirtschaftliche Chancen und trägt zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit bei. Eine weitere wichtige Motivation ist die Rückgewinnung von solchen Rohstoffen, bei denen Lieferrisiken bestehen (insb. Critical Raw Materials – CRM, s. Europäische Kommission 2017b; 2014; 2011b).

Eine Auswertung von KIRCHHERR et al. (2017) von 114 in der internationalen Literatur zu findenden Definitionen von „Circular Economy“ hat ergeben, dass als Hauptziel der Kreislaufwirtschaft wirtschaftlicher Wohlstand genannt wird, gefolgt von Umweltqualität. Dabei wird zumeist nicht betont, dass Kreislaufwirtschaft einen systemischen Wandel erfordert. Vielmehr wird darunter eine Kombination von Reduktions-, Wiederverwendungs- und Recyclingaktivitäten verstanden. Auch werden Auswirkungen auf die soziale Gerechtigkeit und zukünftige Generationen kaum diskutiert (ebd.). Gleichzeitig wird die Kreislaufwirtschaft aber als bedeutend für die Erfüllung der Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals – SDGs) gesehen, insbesondere für das SDG 12 „Nachhaltige Produktion und Konsum“ (s. Europäische Kommission 2015c; SCHROEDER et al. 2017).

Da Sekundärrohstoffe in der Regel mit weniger Energie- und Hilfsmitelesinsatz produziert werden können als Primärrohstoffe, werden Treibhausgas- und andere Emissionen durch Recycling gesenkt. Somit wird ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet (GRIMES et al. 2008; BGS 2019; MICHAUD et al. 2010). Beispielsweise spart das Aluminiumrecycling gegenüber der Primärproduktion von Aluminium 90 bis 97 % der notwendigen Energie; bei Stahl sind es circa 60 bis 75 % (UNEP 2013). Der Ausbau des Recyclings ist damit auch ein wesentlicher Baustein, um die Produktion von Metallen zu dekarbonisieren, das heißt die Treibhausgasemissionen des Sektors zu senken (BGS 2019).

Über das Recycling hinaus hat insbesondere die Vermeidung von Abfällen ein hohes Potenzial, negative Umweltwirkungen zu reduzieren. Lebensdauererlän-

gerung und Wiederverwendung von Produkten verringern die Nachfrage nach neuen Produkten und somit auch den Bedarf an Primär- und Sekundärrohstoffen (Deloitte 2016). Demnach können bereits mit vergleichsweise konservativen Maßnahmen, wie einem moderaten Level an Wiederverwendung oder Umsetzung einer Sharing Economy, in bestimmten Bereichen hohe Einsparungen erzielt werden. So würde beispielsweise die Erhöhung der Wiederverwendungsrate von Elektro- und Elektronikgeräten von derzeit 2 auf 30 % die mit der Produktion verbundenen Treibhausgasemissionen um gut 50 % verringern. Eine Erhöhung des derzeitigen durchschnittlichen Einsatzes von Recyclingmaterialien auf nahezu 100 % würde eine Reduktion der mit der Produktion verbundenen Treibhausgasemissionen um gut 40 % bedeuten (ebd.).

3.2.3 Etablierte Ansätze und Instrumente der Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Historische Entwicklung des Abfall- und Kreislaufwirtschaftsrechts

132. Bereits seit den 1970er-Jahren wurde in Deutschland eine Abfallwirtschaft mit gesetzlichen Regelungen etabliert. Im ersten Abfallbeseitigungsgesetz von 1972 ging es vor allem um Gefahrenabwehr, indem die wachsenden Abfallmengen weg von der ungeordneten Ablagerung in eine geordnete Entsorgung gelenkt werden sollten. Mit der Verabschiedung des Abfallgesetzes von 1986 wurden erstmals abfallwirtschaftliche Steuerungselemente wie der Vorrang der Vermeidung und Verwertung von Abfällen eingeführt. Der Begriff Kreislaufwirtschaft wurde 1996 erstmals im Namen des Gesetzes verankert, jedoch nicht definiert. Das 2012 in Kraft getretene Kreislaufwirtschaftsgesetz ist das gegenwärtig gültige Gesetz. Ein wichtiger Meilenstein waren die Vorgaben zur Ablagerung von Abfällen, die erstmals in der Technischen Anleitung Siedlungsabfall von 1993 festgelegt wurden. In der Konsequenz durften ab 2005 keine unbehandelten gemischten Siedlungsabfälle mehr abgelagert werden. Dies führte zum Ausbau der mechanisch-biologischen und thermischen Behandlungskapazitäten. Ziel ist zum einen biologisch abbaubare Anteile, die bei einer Deponierung über Jahre zu Methangasemissionen führen würden, zu reduzieren. Zum anderen werden heizwertreiche Fraktionen wie Kunststoffe vor der Ablagerung separiert und verbrannt.

Während die Abfallgesetzgebung zunächst eher innerhalb der Nationalstaaten geregelt wurde, spielte die EU insbesondere etwa ab dem Jahr 2000 eine immer größere Rolle. Dies ist mit Blick auf einheitliche Anforderungen an den Umgang mit Abfällen zur Wahrung des europäischen Binnenmarktes und der Warenverkehrsfreiheit sinnvoll (Kasten 8-3).

Die ersten europäischen Richtlinien waren die 1975 in Kraft getretene Abfallrichtlinie 75/442/EWG und die Altölrichtlinie 75/439/EWG sowie die Richtlinie über Verpackungen für flüssige Lebensmittel 85/339/EWG aus dem Jahr 1985. Seitdem wurden diese Richtlinien vielfach novelliert und es kamen weitere Regelungen hinzu, zum Beispiel die Richtlinien über gefährliche Abfälle 91/689/EWG und über spezifische Abfallarten wie die Batterierichtlinie 2006/66/EG, Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG und Elektroaltgeräte-Richtlinie 2012/19/EU. Wichtige neue Anforderungen waren bei Letzteren die Einführung der Herstellerverantwortung sowie die Festlegung von europäeinheitlichen Recycling- und Verwertungsquoten. Europäische produktstromspezifische Richtlinien werden meist durch ein entsprechendes Gesetz oder eine Verordnung in nationales Recht umgesetzt, zum Beispiel das Verpackungsgesetz (VerpackG), die Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV) oder das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) sowie die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV).

Neben den rechtlich verbindlichen Regelungen gibt es sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene Programme und Strategien, durch die die Kreislaufwirtschaft weiterentwickelt werden soll (Kap. 3.3).

Abfallhierarchie

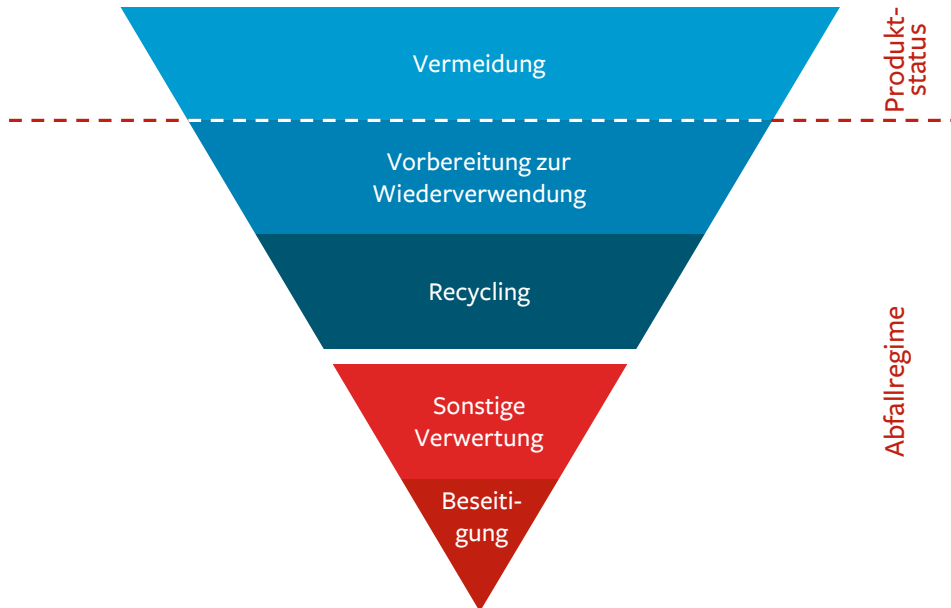
133. In der Abfallrahmenrichtlinie 2008 wurde die bis dahin geltende dreistufige Abfallhierarchie auf eine fünfstufige erweitert. Diese fünfstufige Abfallhierarchie stellt eine Prioritätenfolge dar (Abb. 3-2).

Die Vermeidung von Abfällen als oberste Stufe dieser Abfallhierarchie umfasst Maßnahmen, die bereits ansetzen, bevor ein Produkt zu Abfall wird. Ziel ist es, das absolute Abfallaufkommen, negative Umwelt- und Gesundheitswirkungen von Abfällen sowie schädliche Substanzen in Materialien und Produkten zu verringern.

Ab der Stufe der Vorbereitung zur Wiederverwendung setzen alle Maßnahmen an, nachdem ein Produkt zu Abfall geworden ist. Mit der Vorbereitung zur Wiederverwendung sollen (rechtlich) zu Abfall gewordene

o **Abbildung 3-2**

Abfallhierarchie gemäß Abfallrahmenrichtlinie



SRU 2020; Datenquelle: Abfallrahmenrichtlinie

Produkte durch Prüfung, Reinigung oder Reparatur so vorbereitet werden, dass sie wiederverwendet werden können. Da die Unterscheidung von Abfall und Nicht-Abfall subjektiv und in der Praxis teilweise schwierig ist, ist auch der Übergang zwischen Wiederverwendung (außerhalb des Abfallregimes) und Vorbereitung zur Wiederverwendung (innerhalb des Abfallregimes) fließend. Letztlich führt die Vorbereitung zur Wiederverwendung zur Wiederverwendung, die Teil der Vermeidung ist.

Die dritte Stufe der Abfallhierarchie, das Recycling, umfasst die Aufbereitung von Abfällen zu Materialien oder Stoffen, die erneut für die Herstellung von Produkten genutzt werden können. Jedoch ist Recycling je nach Kontext unterschiedlich definiert (s. Kasten 3-2). Gleichzeitig sind quantitative Ziele für Recycling in Form von zu erreichenden Recyclingquoten festgelegt. Diese sind in der Berechnung stark von der Recyclingdefinition und Berechnungsmethode abhängig (Tz. 138).

Die energetische Verwertung und die Verfüllung zählen nicht zum Recycling – sie sind Bestandteil der sonstigen Verwertung, die in der Abfallhierarchie auf das Recycling folgt.

Die unterste Hierarchiestufe ist die Beseitigung. Sie umfasst insbesondere die Deponierung und thermische

Behandlung. Ihr Hauptzweck ist die Beseitigung des Schadstoffpotenzials des Abfalls.

Neben den fünf Stufen der Abfallhierarchie wird in der Abfallrahmenrichtlinie der Begriff der stofflichen Verwertung definiert, der die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die Verfüllung beinhaltet und somit hierarchiestufenübergreifend ist (zu weiteren Begrifflichkeiten s. Tabelle 3-1).

Zur Umsetzung der Abfallhierarchie sind in den verschiedenen abfallwirtschaftlichen Regelungen für eine Reihe von Abfällen bzw. Altprodukten Anforderungen an die getrennte Erfassung (Sammlung und Rücknahme) sowie zu erreichende Recycling- und Verwertungsquoten festgelegt. Für die Beseitigung gibt es ebenfalls Anforderungen, und zwar an die Beschaffenheit der Abfälle, die deponiert werden, sowie an die Anlagen, in denen die Abfälle beseitigt werden. Im Unterschied dazu bestehen für die beiden obersten Abfallhierarchiestufen Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung – bis auf die Vermeidung von Lebensmittelabfällen – bisher keine quantitativen Ziele.

Die Ausführungen zeigen, dass es viele unterschiedliche abfallwirtschaftliche Verfahren gibt. Sich überschneidende und widersprüchliche Definitionen erschweren dabei die Umsetzung und den Vollzug.

Kasten 3-2: Abgrenzung und Differenzierung der Begriffe Recycling und stoffliche Verwertung

Vor der Einführung des Begriffs Recycling in das deutsche Abfallrecht wurde bis 2012 der Begriff der stofflichen Verwertung genutzt. Definitionsgemäß umfasste die stoffliche Verwertung im Gegensatz zum Recycling auch die Verfüllung (WEIDEMANN in: BRANDT/RUCHAY/WEIDEMANN 1997, §4, Rn. 152 ff.). Mit dem Wechsel der Begriffe im Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2012 fand somit eine Änderung statt, welche Entsorgungsmaßnahmen in festgelegte Recyclingquoten einbezogen werden dürfen. Da der Begriff Recycling im deutschen Sprachgebrauch in der Regel mit stofflicher Verwertung übersetzt wird, kommt es häufig zu Unschärfen und Missverständnissen darüber, was genau bei der Nutzung der Begriffe gemeint ist.

Entgegen der Definition in der Abfallrahmenrichtlinie enthält die Altfahrzeug-Richtlinie eine Definition von Recycling, die explizit lediglich die energetische Verwertung ausschließt (Art. 2 Nr. 7 Altfahrzeug-Richtlinie). Damit ist die Verfüllung (Tabelle 3-1) zur Erreichung des Recyclingziels zugelassen. In der deutschen Umsetzung wurde der Begriff Recycling mit stofflicher Verwertung übersetzt bei Beibehaltung der Definition (§ 2 Nr. 10 AltfahrzeugV).

Recycling kann weiter in werkstoffliches und rohstoffliches Recycling differenziert werden. Beide Begriffe sind weder in der Abfallrahmenrichtlinie noch im Kreislaufwirtschaftsgesetz definiert. Lediglich im Verpackungsgesetz wird der Begriff werkstoffliche Verwertung definiert. Gemäß § 3 Abs. 19 VerpackG bedeutet werkstoffliche Verwertung eine „Verwertung durch Verfahren, bei denen stoffgleiches Neumaterial ersetzt wird oder das Material für eine weitere stoffliche Nutzung verfügbar bleibt“. Diese Definition ist enger gefasst als die Recyclingdefinition und bezieht sich insbesondere auf die Verwertung von Kunststoffen in Abgrenzung zum rohstofflichen Recycling (Tz. 197 ff.).

Hochwertigkeit der Verwertung

134. Neben der Priorisierung der fünf Stufen der Abfallhierarchie stellt sich die Frage, ob die Maßnahmen bzw. Behandlungsarten innerhalb der einzelnen Hierarchiestufen gleichgestellt sind oder ob bestimmte Maßnahmen bzw. Behandlungsarten gegenüber anderen zu bevorzugen sind. In den rechtlichen Regelungen auf eu-

ropäischer und nationaler Ebene finden sich mehrere Stellen, an denen Begriffe wie Verwertung und Recycling durch den Zusatz „hochwertig“ präzisiert werden:

- Bereits 1996 wurde im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) festgelegt, dass „eine hochwertige Verwertung anzustreben“ ist (§ 5 Abs. 2).
- Im Jahr 2012 wurde ins Kreislaufwirtschaftsgesetz eine Verordnungsermächtigung aufgenommen, wonach durch Rechtsverordnung Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung gestellt werden können (§ 8 Abs. 2 Nr. 2 KrWG). Demnach kann „insbesondere bestimmt werden, dass die Verwertung des Abfalls [...] durch mehrfache, hintereinander geschaltete stoffliche und anschließende energetische Verwertungsmaßnahmen (Kaskadennutzung) zu erfolgen hat.“ Wichtig ist dabei, dass die Hochwertigkeit innerhalb jeder Abfallhierarchiestufe anzustreben ist (BMUB 2017).
- Hochwertige Verwertung wird weiterhin in § 23 KrWG genutzt – demnach müssen Hersteller im Rahmen der Produktverantwortung ihre Erzeugnisse so gestalten, dass unter anderem eine hochwertige Verwertung möglich ist.
- In Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie ist in § 14 Abs. 1 KrWG festgelegt, dass ein ordnungsgemäßes, schadloses und hochwertiges Recycling zu erfolgen hat. Hierfür sind Papier-, Metall-, Kunststoff- und Glasabfälle getrennt zu sammeln.
- In der novellierten Abfallrahmenrichtlinie wurde der Begriff hochwertige Sekundärrohstoffe eingeführt (Erwägungsgründe 41 und 56 der Richtlinie 2018/851/EU).
- In § 17 KrWG wird der Begriff hochwertige Erfassung genutzt.
- § 21 Abs. 2 S. 2 VerpackG nutzt ebenfalls den Begriff hochwertiges Recycling.

Andere Konkretisierungen oder Definitionen, was jeweils unter „hochwertig“ zu verstehen ist, finden sich weder in der Abfallrahmenrichtlinie noch im Kreislaufwirtschaftsgesetz. Somit bleibt unklar, wie genau hochwertige Erfassung, Recycling und Verwertung umgesetzt werden sollen und was unter hochwertigen Sekundärrohstoffen zu verstehen ist.

o Tabelle 3-1

Abfallwirtschaftliche Begriffe: Definitionen und Erläuterungen

	Begriff	Definition	Erläuterung und Besonderheiten
Abfallhierarchie	Vermeidung	Art. 3 Nr. 12 AbfRRL	Gegenstand ist noch kein Abfall geworden und wird erneut genutzt (z. B. privater Weiterverkauf, Repaircafé). Quantitatives Ziel bisher nur für Lebensmittelabfälle gesetzt.
	Vorbereitung zur Wiederverwendung	Art. 3 Nr. 16 AbfRRL	Gegenstand ist bereits Abfall, wird aber mit dem Ziel Wiederverwendung aufbereitet (z. B. Recyclinghof separiert und gibt an Gebrauchtmöbelhaus weiter). Teilweise gemeinsame Quote für Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling; diese Quote kann dann auch ohne Vorbereitung zur Wiederverwendung – also nur durch Recycling – erfüllt werden.
	Recycling	Art. 3 Nr. 17 AbfRRL	Aufbereitung für den ursprünglichen oder einen anderen Zweck; energetische Verwertung und Verfüllung gehören nicht dazu (Ausnahme: in der Altfahrzeug-Richtlinie zählt Verfüllung in die Recyclingquote). Häufig gemeinsame Quote für Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling (z. B. Siedlungsabfälle, Elektroaltgeräte). Für Verpackungsabfälle gibt es eine reine Recyclingquote.
	Sonstige Verwertung	Art. 4 Nr. 1d AbfRRL	Alles, was anderswo nicht genannt wird: AbfRRL konkretisiert durch „z. B. energetische Verwertung“; § 6 Abs. 1 KrWG benennt auch Verfüllung. Für viele Abfallarten sind Quoten für die Verwertung insgesamt definiert. Beispiel Elektroaltgeräte Kategorie 2: Gefordert 80% Verwertung, davon mindestens 70% durch Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling, d. h. bis 10% sonstige Verwertung sind möglich.
	Beseitigung	Art. 3 Nr. 19 AbfRRL	Jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, insbesondere Deponierung und thermische Beseitigung.
weitere Begriffe	Wiederverwendung	Art. 3 Nr. 13 AbfRRL	Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für den ursprünglichen Zweck verwendet werden. Wiederverwendung ist ein typisches Beispiel für Vermeidung und führt zur Verlängerung der Lebensdauer eines Produktes (z. B. Pfandflaschen, Second-Hand-Kleidung).
	Verwertung	Art. 3 Nr. 15 AbfRRL	Verfahren, bei dem Abfälle einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie andere Materialien ersetzen. Verwertung umfasst die drei Abfallhierarchiestufen Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und sonstige Verwertung.
	Stoffliche Verwertung	Art. 3 Nr. 15a AbfRRL	Jedes Verwertungsverfahren, ausgenommen die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Brennstoffen. Stoffliche Verwertung umfasst die Abfallhierarchiestufen Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling sowie die Verfüllung der Hierarchiestufe sonstige Verwertung.
	Werkstoffliche Verwertung	§ 3 Abs. 19 VerpackG	Verfahren, bei denen stoffgleiches Neumaterial ersetzt wird oder das Material für eine weitere stoffliche Nutzung verfügbar bleibt; schließt ein rohstoffliches/chemisches Recycling aus.
	Verfüllung	Art. 3 Nr. 17a AbfRRL	Verwertungsverfahren, bei dem Abfälle zum Zweck der Rekultivierung von Abgrabungen oder zu bautechnischen Zwecken bei der Landschaftsgestaltung verwendet werden. Für Bau- und Abbruchabfälle Teil der Quote zur Stofflichen Verwertung. Bei Altfahrzeugen für die Erfüllung der Recyclingquote zugelassen (Art. 2 Nr. 7 Altfahrzeug-Richtlinie).

Weitere in der Literatur und in Diskussionen genutzte Begriffe rund um das Thema hochwertige Verwertung bzw. hochwertiges Recycling sind Downcycling und Kaskadennutzung. Beide Begriffe werden im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft genutzt, werden aber weder dort noch in der novellierten Abfallrahmenrichtlinie definiert. Für die Kaskadennutzung von Biomasse hat die Europäische Kommission inzwischen einen Leitfaden entwickelt, der fünf Leitprinzipien hierfür enthält (Europäische Kommission 2019b). Unter Kaskadennutzung wird dabei „die ressourceneffiziente Nutzung jedweder Biomasse nach dem Kreislaufprinzip“ verstanden. Andere genutzte Begriffe sind Upcycling und Zero Waste. Auch für diese Begriffe gibt es keine allgemeingültigen Definitionen. Jedoch scheint Upcycling häufig als werbender Begriff genutzt zu werden, ohne sich von bisherigen Wieder- und Weiterverwendungs- oder Recyclingmaßnahmen zu unterscheiden. Der Begriff Zero Waste wurde bisher vor allem von der Initiative Zero Waste Europe definiert. Hierunter wird eine differenziertere und erweiterte Abfallhierarchie verstanden, wobei die beiden untersten Stufen – also die sonstige Verwertung und die Beseitigung – perspektivisch wegfallen sollen (SIMON 2019).

Finanzierung von Abfall- und Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

135. Aufgrund der abfallrechtlichen und -wirtschaftlichen Rahmenbedingungen hat sich über Jahrzehnte eine Struktur des Abfallmanagements entwickelt, welche auf hohen Investitionen von öffentlichen als auch privatwirtschaftlichen Institutionen beruht. Die so geschaffene Infrastruktur umfasst beispielsweise Abfallverbrennungs- und Sortieranlagen ebenso wie Fuhrparke und Abfallerfassungssysteme. Zu letzteren gehören zum Beispiel auch Pfandautomaten im Einzelhandel oder das flächendeckende Netz von Sammelstellen für Altbatterien.

Maßnahmen der Abfall- bzw. Kreislaufwirtschaft für Siedlungsabfälle unterliegen traditionell der Verantwortung der Kommunen und werden über Abfallgebühren finanziert. Je nach Ausgestaltung des Gebührensystems, welches in den Satzungen der Kommunen festgelegt wird, werden die Gebühren entweder stärker durch die Allgemeinheit oder die Abfallverursachenden gezahlt. Für Abfälle, die nicht aus privaten Haushalten stammen, änderte sich mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz 1996 die Zuständigkeit. Während die Abfälle zur Beseitigung weiterhin den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) überlassen werden müssen, können Abfälle zur Verwertung durch private Entsorgungsunternehmen behandelt werden. Diese veränderte Aufgabenteilung

führte zunächst zu einem Rückgang der Abfallmengen in der Verantwortung der örE und zu Investitionen in die privatwirtschaftlich organisierte Verwertungsinfrastruktur. Je nach Abfallart und Entsorgungsschritt variieren die Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen (BIRNSTENGEL et al. 2018, S. 50 f.). Die Verteilung der Verantwortlichkeiten, wie zum Beispiel im geplanten, aber letztlich nicht verabschiedeten Wertstoffgesetz, war immer wieder auch Gegenstand der politischen Diskussion (MEIWALD et al. 2014).

Mit der Einführung der Herstellerverantwortung (s. Kasten 3-3) wurden Teile der Entsorgungsverantwortung von ausgewählten Siedlungsabfällen – nämlich Elektroaltgeräte, Verpackungsabfälle, Altbatterien, Altfahrzeuge und Altöl – den Herstellern übertragen.

Je nach Ausgestaltung der Systeme zur Sammlung, Behandlung und Verwertung entstehen den Herstellern unterschiedliche Kosten. Dabei sind sie in der Regel bestrebt, diese so gering wie möglich zu halten. Ob Kosten entstehen und in welcher Höhe, hängt vom logistischen Aufwand der Sammlung, der Art der Behandlung und den Erlösen der Sekundärrohstoffe sowie gegebenenfalls notwendiger Verwertungs- und Beseitigungsmaßnahmen ab. In einigen Fällen, wie zum Beispiel der Herstellerverantwortung für Fahrzeuge, tragen die Hersteller keine Kostenverantwortung (Tz. 192) und die Demontagebetriebe und Schredderanlagen müssen entsprechend der wirtschaftlichen Situation agieren (EUWID 2019a; 2019b). In anderen Fällen, wie zum Beispiel der Entsorgung von Kühlgeräten, sind Kosten von Herstellern zu tragen. Daneben gibt es den Fall, dass die Erlöse die Kosten übersteigen und die Hersteller einen Gewinn aus der Verwertung erzielen. Dies ist beispielsweise bei Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) wie Computern der Fall (EUWID 2019d; 2019c; 2017).

3.2.4 Abfälle in Deutschland in Zahlen

Abfallaufkommen und Abfallintensität

136. Zwischen den Jahren 1996 und 2000 stieg das jährliche Gesamtnettoabfallaufkommen in Deutschland von circa 385 Mio. t auf circa 407 Mio. t (Statistisches Bundesamt 2019a). Danach sank es bis zum Jahr 2005 kontinuierlich auf eine Menge von circa 332 Mio. t. Ab 2006 bis 2017 stieg das jährliche Gesamtnettoabfallaufkom-

Kasten 3-3: Erweiterte Herstellerverantwortung

Erweiterte Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility – EPR, auch nur „Herstellerverantwortung“ genannt) ist ein Ansatz der Umweltpolitik, bei dem die physische und/oder finanzielle Verantwortung eines Herstellers über die Nutzungsphase eines Produktes hinaus auf die Abfallphase ausgedehnt wird (OECD 2001). Dies bedeutet insbesondere, dass Hersteller für die Kosten der Rücknahme und Entsorgung ihrer Produkte aufkommen müssen. Dadurch soll ein Anreiz zu umwelt- bzw. verwertungsfreundlichem Produktdesign gegeben sowie die Vermeidung von Abfällen und ein effizienterer Ressourceneinsatz erreicht werden (ebd.). Herstellerverantwortung setzt das Verursacher- und Vorsorgeprinzip mit einem flexiblen, marktwirtschaftlichen und anreizorientierten Ansatz um (KLOEPFER 2001). Sie kann durch Teilnahme an kollektiven, das heißt gemeinsamen Systemen mehrerer Hersteller wahrgenommen werden (kollektive Herstellerverantwortung) oder individuell (jeder Hersteller ist verantwortlich für die Rücknahme seiner eigenen Altprodukte) (LINDHQVIST und LIFSET 2003; van ROSSEM et al. 2006). Die individuelle Herstellerverantwortung folgt der Idee, besondere Anreize zu verwertungsfreundlichem Produktdesign zu schaffen, da entsprechende Kostenvorteile bei der Verwertung dem jeweiligen Hersteller zugutekommen und nicht in einem kollektiven System verteilt werden (LINDHQVIST und LIFSET 2003). Es ist auch möglich, individuelle Elemente in kollektive Systeme zu integrieren (van ROSSEM et al. 2006). Die Grenzen zwischen individueller und kollektiver Herstellerverantwortung sind daher fließend.

Die Umsetzung der Herstellerverantwortung in der EU gibt den Mitgliedstaaten einen großen Gestaltungsspielraum in der Verteilung von Verantwortung an die Kommunen und Hersteller sowie andere Akteure. So kann durch wirtschaftlichen Wettbewerb die Entwicklung kosteneffizienter Systeme erfolgen und die Subsidiarität, das heißt die Gestaltung der

Herstellerverantwortungssysteme durch die Mitgliedstaaten anstatt durch die EU, sichergestellt werden (Europäische Kommission – Generaldirektion Umwelt 2014).

In Deutschland gilt beispielsweise im Rahmen des Verpackungsgesetzes sowie des Batteriegesetzes eine Systempflicht, das heißt hier wird eine kollektive Herstellerverantwortung umgesetzt. Die Altfahrzeug-Verordnung hingegen setzt eine individuelle Herstellerverantwortung um, bei der die Hersteller allerdings lediglich ein flächendeckendes Rücknahmesystem garantieren müssen und derzeit keine Kostenverantwortung tragen (Tz. 192). Das Elektro- und Elektronikgerätegesetz enthält ebenfalls eine individuelle Herstellerverantwortung, wobei die Hersteller aber für ihre Geräteart eine finanzielle und physische Verantwortung für entsprechende Altgeräte *aller* Hersteller haben. Eine Besonderheit bei der Umsetzung der Herstellerverantwortung im Elektro- und Elektronikgerätegesetz ist, dass weitere Akteure – nämlich die Kommunen und der Handel – insbesondere durch die Pflicht zur Erfassung von Altgeräten einbezogen sind. Hierfür wird auch der Begriff (geteilte) Produktverantwortung genutzt, der offen lässt, wer die Verantwortung trägt.

Eine pauschale Beurteilung, welche Ausgestaltung der Herstellerverantwortung den größten ökologischen Nutzen bringt, ist nicht möglich, sondern muss entsprechend vorhandener Strukturen (Hersteller, abfallwirtschaftlich) und der Art der Produkte abgewogen werden. So kann bei Fahrzeugen, bei denen vergleichsweise wenige Produkte und Hersteller am Markt sind, eine individuelle Herstellerverantwortung umgesetzt werden. Bei Elektro- und Elektronikgeräten, bei der eine große Anzahl an Herstellern existiert und jeder Haushalt sowie Unternehmen und öffentliche Einrichtungen eine Vielzahl an Produkten besitzt, sind eher kollektive Systeme umsetzbar. Hier ist es wichtig, dass die Rahmenbedingungen so gestaltet werden, dass tatsächlich eine ökologische Steuerung erfolgt.

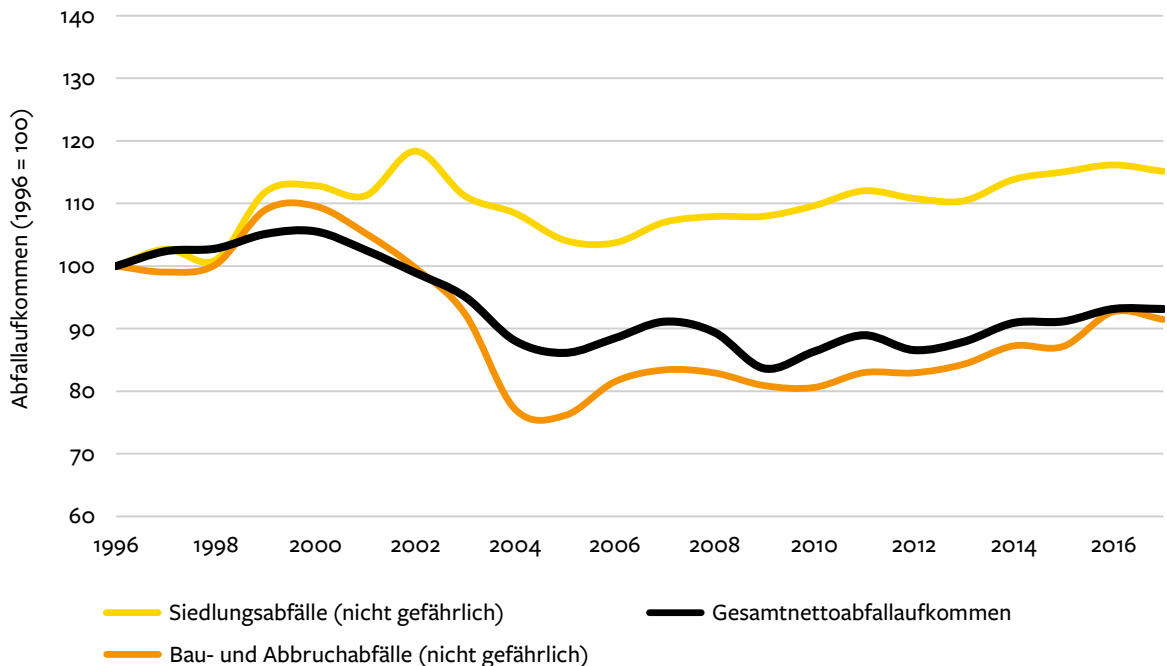
men mit Schwankungen wieder an – auf circa 359 Mio. t. Mehr als die Hälfte entfällt dabei auf Bau- und Abbruchabfälle, gefolgt von Siedlungsabfällen sowie Abfällen aus Produktion und Gewerbe (ebd.).

Deutlich ist der Einfluss der Bauabfallmengen, deren Menge zwischenzeitlich konjunkturbedingt abnahm

und in den letzten Jahren wieder deutlich anstieg. Auch das Siedlungsabfallaufkommen stieg entsprechend einer schwächeren Konjunktur Anfang der 2000er-Jahre weniger stark an, zeigt aber trotz des Ziels der Vermeidung von Abfällen weiterhin einen kontinuierlichen Aufwärtstrend (s. indexierte Darstellung in Abb. 3-3 und Abb. 3-5).

o Abbildung 3-3

Entwicklung des Gesamtnettoabfallaufkommens sowie ausgewählter Abfallarten in Deutschland von 1996 bis 2017



SRU 2020; Datenquelle: Statistisches Bundesamt 2019a

137. Die Abfallintensität (Abb. 3-4), die als Indikator für die Entkopplung des Abfallaufkommens von der Wirtschaftsleistung dient und bei der das Nettoabfallaufkommen auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogen wird, hat sich zwischen den Jahren 1996 und 2017 deutlich verringert (Statistisches Bundesamt 2019a).

Abbildung 3-4 zeigt, dass das BIP deutlich gestiegen ist, während das Abfallaufkommen stagniert. Gründe für diese Entkopplung von BIP und Abfallaufkommen sind zum Beispiel Verlagerungen von abfallintensiven Produktionsschritten ins Ausland (ZANKER et al. 2013; BRINGEZU et al. 2009), der wirtschaftliche Strukturwandel hin zu einem höheren Anteil an Dienstleistungen (WILTS et al. 2019, S. 93), aber auch materialsparende Produktionsweisen aufgrund gesteigener Material- und Abfallkosten (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie 2014, S. 7 f.).

Verwertung und Beseitigung

138. Abfälle werden nach der Erfassung behandelt und anschließend recycelt oder anderweitig verwertet, verbrannt und/oder deponiert. Sie gelten als recycelt oder

verwertet, sobald sie erstmals einer entsprechenden Behandlungsanlage zugeführt wurden. Das bedeutet, dass im Input der Anlagen enthaltene Fremdstoffe, die im Rahmen einer Vorbehandlung oder Sortierung ausgeschleust und einem anderen Verwertungsweg oder der Beseitigung zugeführt und somit nicht recycelt werden, mit in die Recyclingquote einfließen (OBERMEIER und LEHMANN 2019). Die tatsächlich recycelten Mengen des Siedlungsabfalls sind – je nach Zusammensetzung und Behandlungsart – also geringer, als die bisherigen Berechnungen es ausweisen (vgl. z. B. NELIGAN 2016; OBERMEIER und LEHMANN 2019). Aufgrund der Änderung der Berechnungsweise (Art. 11a Abs. 1 lit. c und Abs. 2 Abfallrahmenrichtlinie) werden Recyclingquoten zukünftig – sofern nicht größere Anteile tatsächlich recycelt werden – also geringer ausfallen, als die im Folgenden zitierten und dargestellten Daten es wiedergeben. Während entsprechend der bisherigen Berechnungsweise im Jahr 2016 eine Recyclingquote für Siedlungsabfälle von 67 % in Deutschland erreicht wurde, ergibt sich gemäß neuer Berechnungsweise nach OBERMEIER und LEHMANN (2019) eine Recyclingquote von 49 %.

Durch anspruchsvollere Vorgaben zur Ablagerung von Abfällen ab 2005 sank der prozentuale Anteil der Deponierung. Für Siedlungsabfälle ergibt sich eine Reduktion des Anteils der direkten Ablagerung an der Entsorgung von circa 61 % im Jahr 1995 auf circa 38 % im Jahr 2005. Ab dem Jahr 2006 lag die Deponierungsrate von Siedlungsabfällen unter 1 % (UBA 2019a). Abfälle, die erst nach einer Vorbehandlung abgelagert werden, werden allerdings in dieser Statistik nicht erfasst. Allein auf Deponien der Klasse II (Deponien für Abfälle mit geringem organischem Anteil) wurden 2017 circa 7,2 Mio. t Abfall abgelagert (Statistisches Bundesamt 2019b, S. 40). Die verwerteten Mengen der Siedlungsabfälle stiegen in gleichem Zuge an: So erhöhte sich der Anteil der recycelten Menge von 1995 bis 2005 von circa 39 % auf 61 %. Von 2005 bis 2018 fand nur ein moderater weiterer Anstieg der Recyclingquote auf circa 68 % statt. Während die energetische Verwertung von Siedlungsabfällen von 1995 bis 2005 eine untergeordnete Rolle spielte (unter 1 %), stieg sie ab 2005 auf circa 31 % an (Eurostat 2020). Abbildung 3-5 zeigt die prozentualen Anteile des primären Verbleibs der Siedlungsabfälle.

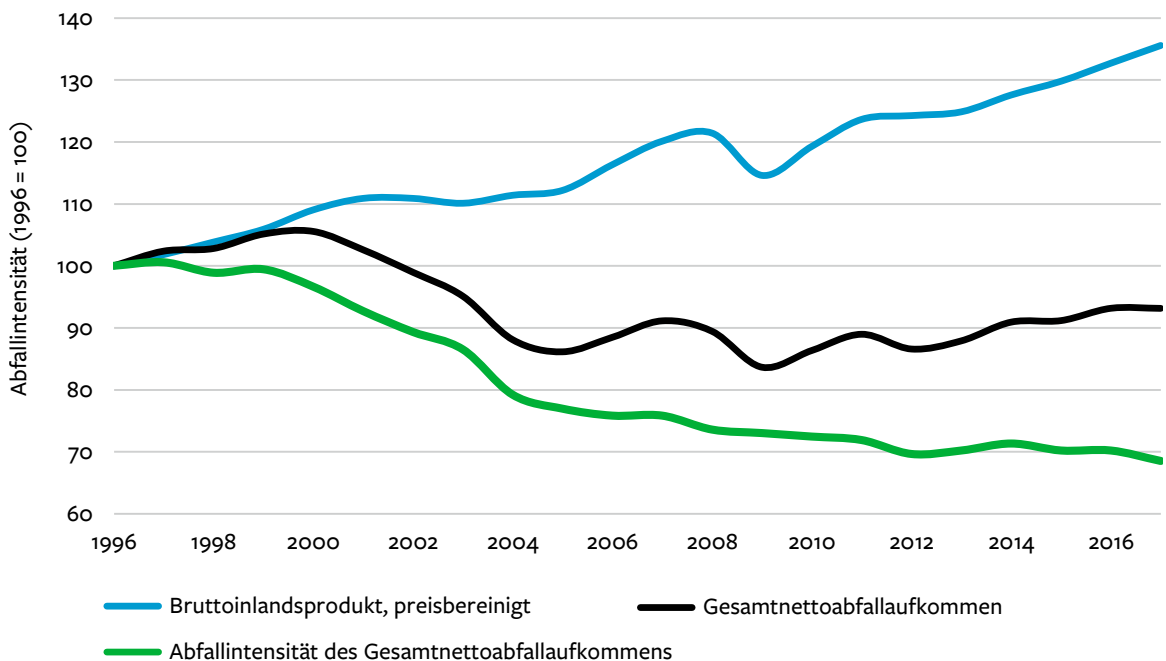
Für das Gesamtnettoaufkommen an Abfällen sank die Ablagerungsquote von circa 29 % im Jahr 2000 (UBA 2019a) auf circa 21 % im Jahr 2017 (Statistisches Bundesamt 2019a). Dass sich die Ablagerungsquote der Gesamtabfallmenge nicht so stark verringert hat wie die der Siedlungsabfälle (Abb. 3-5), liegt im Wesentlichen am mengenmäßig großen Anteil der Bau- und Abbruchabfälle am Gesamtabfallstrom. Diese stellen einen weitgehend inerten Abfallstrom dar, dessen Ablagerungsquote über die Jahre in etwa konstant geblieben ist.

Ersatz von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe

139. Von Bedeutung ist nicht nur, wie viel Abfälle recycelt bzw. verwertet werden, sondern auch, wie viel Primärrohstoffe damit substituiert werden können. Für diese Information können die neu entwickelten Indikatoren DIERec und DERec genutzt werden (s. Kasten 3-1). Werden diese in Bezug zum RMI bzw. DMI gesetzt, wird sichtbar, inwieweit der Primärrohstoffeinsatz durch die Verwendung von Sekundärrohstoffen gesunken ist.

o Abbildung 3-4

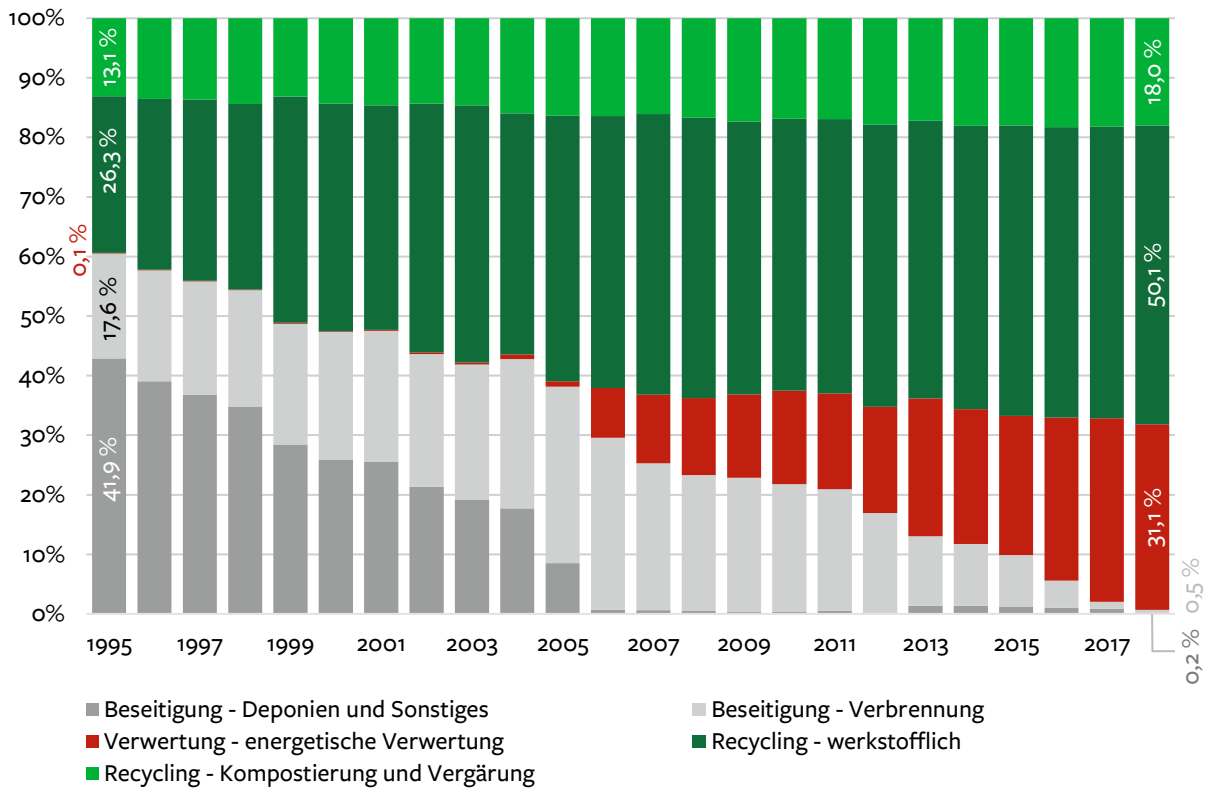
Entwicklung der Abfallintensität in Deutschland von 1996 bis 2017



SRU 2020; Datenquelle: Statistisches Bundesamt 2019a

o Abbildung 3-5

Primärer Verbleib von Siedlungsabfällen in Behandlungsanlagen in Deutschland (1995 bis 2018)



SRU 2020; Datenquelle: Eurostat 2020

Um Effekte im Ausland zu berücksichtigen, wird an dieser Stelle das Verhältnis von DIERec und RMI betrachtet. Für das Jahr 2013 betrug der RMI 2.655 Mio. t, der DIERec 493 Mio. t. Ohne Maßnahmen zum Einsatz von Sekundärrohstoffen ergibt sich damit eine rechnerische Erhöhung des RMI auf 3.158 Mio. t (STEGGER et al. 2019). Bezogen auf diesen durch den DIERec korrigierten RMI bedeutet dies, dass der Rohstoffeinsatz Deutschlands zu circa 16 % aus Sekundärrohstoffen und zu circa 84 % aus Primärrohstoffen gedeckt wurde (ebd., S. 367). Bezüglich der Ergebnisse ist zu beachten, dass sie auf der Betrachtung von direkten und indirekten Stoffströmen von 30 ausgewählten massenrelevanten Materialien beruhen und somit eine erste Abschätzung des Einflusses der Sekundärrohstoffwirtschaft auf den Rohstoffeinsatz in Deutschland zeigen.

3.2.5 Zwischenfazit: Kreislaufwirtschaft noch nicht erreicht

140. Deutschland hat den Schritt von einer deponiebasierten Bewirtschaftung von Abfällen hin zu einer kreislauforientierten Abfallwirtschaft geschafft. Die Weiterentwicklung zu einer Kreislaufwirtschaft gelang aber noch nicht (WILTS 2017). Eine deutliche Verminderung des Rohstoffeinsatzes für Wirtschaft und inländischen Konsum fand bisher nicht statt. Ebenso sind die anfallenden Abfallmengen unvermindert hoch. Die hohen Recyclingquoten spiegeln aufgrund der bisherigen Berechnungsweise die tatsächlich recycelten Mengen nicht

wider. In der Konsequenz werden nur circa 16 % der für die deutsche Wirtschaft benötigten Rohstoffe durch Sekundärrohstoffe gedeckt. Die Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe erfordert ein hochwertiges Recycling, für das bisher aber keine Spezifizierungen existieren.

Mit Blick auf die zukünftige Entwicklung der Rohstoffnachfrage und ihrer Auswirkungen auf die Umwelt wird deutlich, dass ein „weiter so“ nicht vertretbar ist. Mithilfe der Kreislaufwirtschaft können, wenn sie umfassend verstanden und umgesetzt wird, zahlreiche Umweltwirkungen verringert werden. So kann sie über die bisherigen Erfolge der kreislauforientierten Abfallwirtschaft hinaus insbesondere zum Erreichen der Klimaziele beitragen. Darüber, welche Ziele durch Kreislaufwirtschaft erreicht werden sollen, gibt es unterschiedliche Positionen. Die Ausrichtung an ökologischen Zielen sollte klarer priorisiert werden. Hierfür bedarf es in Politik und Gesellschaft einer höheren Aufmerksamkeit für die Potenziale und Möglichkeiten der Kreislaufwirtschaft.

3.3 Aktuelle Entwicklungen hin zu einer Kreislaufwirtschaft

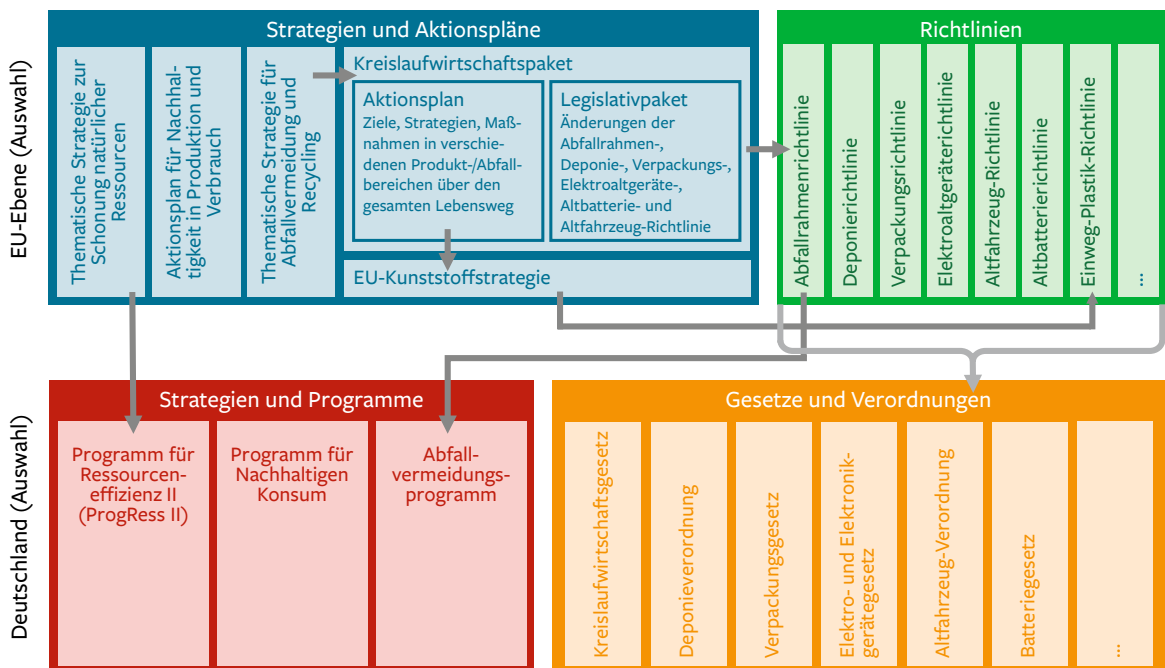
141. Die Kreislaufwirtschaft wird maßgeblich von Entscheidungen beeinflusst, die auf europäischer Ebene getroffen, aber national umgesetzt und mit Leben erfüllt werden müssen (Abb. 3-6). Neben der europäischen Abfallgesetzgebung, die in deutsches Recht überführt wird, existieren auch EU-Strategien, die oftmals übergeordnet sind und verschiedene Politikbereiche umfassen. Auch auf nationaler Ebene wurden verschiedene Strategien entwickelt, die unterschiedlich stark auf den europäischen Strategien und Aktionsplänen basieren.

3.3.1 Weiterentwicklung auf EU-Ebene

142. Im Jahr 2015 legte die Europäische Kommission einen Vorschlag für das sogenannte Kreislaufwirtschaftspaket vor. Er umfasste einen Aktionsplan für die Kreis-

o Abbildung 3-6

Zusammenspiel von Strategien und Regulierungen zur Kreislaufwirtschaft auf europäischer und deutscher Ebene



Kasten 3-4: Ökodesign-Richtlinie

Ziel der Ökodesign-Richtlinie ist es, die Energieeffizienz energiebetriebener Produkte zu verbessern, indem Mindestanforderungen an Energieeffizienz bzw. -verbrauch festgelegt wurden. Ihr Anwendungsbereich schließt auch energieverbrauchsrelevante Produkte ein. Alle drei Jahre wird im Arbeitsplan zur Ökodesign-Richtlinie festgelegt, welche Produktgruppen reguliert werden sollen.

Neben der Erhöhung der Energieeffizienz enthält die Ökodesign-Richtlinie auch das Ziel, die Ressourceneffizienz von Produkten insgesamt zu verbessern. Um hierzu Kriterien und Anforderungen entwickeln zu können, hat die Europäische Kommission mit dem Mandat M/543 im Jahr 2015 die europäischen Normungsgremien beauftragt, entsprechende Standards zu entwickeln (Europäische Kommission 2015a). Es sollen unter anderem die Produktlebensdauer verlängert und die Wiederverwendungs- und Recycling-

fähigkeit sowie Nutzungsmöglichkeiten für gebrauchte Komponenten und Materialien verbessert werden.

Die Arbeiten zur Entwicklung entsprechender Normen sind vorangeschritten, aber noch nicht abgeschlossen. Insofern bestehen bisher keine Erfahrungen bezüglich der Anwendung und Umsetzung dieser Normen. Vereinzelt beinhalten spezifische Durchführungsverordnungen aber bereits Anforderungen an Ersatzteile (z.B. für Geschirrspüler) oder Haltbarkeit (z.B. für Schläuche von Staubsaugern).

Als weiterer Schritt wurden im Jahr 2019 zehn Durchführungsverordnungen zum Ökodesign (u. a. für Kühlgeräte und Waschmaschinen) um Anforderungen hinsichtlich Lebensdauer, Wartung und Reparatur, Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit von Geräten ergänzt („Mehr Reparieren, mehr Recyceln: Neue EU-Vorschriften für mehr Energieeffizienz von Haushaltsgeräten“, Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom 1. Oktober 2019).

laufwirtschaft (Europäische Kommission 2015c) sowie ein Legislativpaket, das Änderungen der Abfallrahmenrichtlinie, der Verpackungsrichtlinie 94/62/EG, der Deponierichtlinie 1999/31/EG sowie der Altfahrzeug-Richtlinie, Batterierichtlinie und Elektroaltgeräte-Richtlinie vornimmt. Der Aktionsplan benennt 54 Maßnahmen in verschiedenen Lebenszyklusphasen unterschiedlicher Produkte. So sollen die Bereiche Design und Produktion sowie Konsum mit der Abfallphase verknüpft werden. Die Maßnahmen umfassen dabei ein breites Instrumentarium (z. B. Erlass von Rechtsnormen, ökonomische Instrumente, finanzielle Förderung von Projekten).

Der politische Handlungswille der EU in diesem Bereich ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass sich die Europäische Kommission von einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft – neben den ökologischen Vorteilen – eine erhöhte Wettbewerbsfähigkeit und sicherere Rohstoffversorgung der europäischen Wirtschaft verspricht. Dies wird in der Einleitung des Aktionsplans sowie in der öffentlichen Kommunikation stark betont (WILTS 2016).

Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft

143. Mit dem Aktionsplan nimmt die Kommission den gesamten Lebenszyklus in den Blick und macht Vorschläge für Produktgestaltung, Produktionsprozesse, Konsum, Abfallvermeidung, Abfallbewirtschaftung und die Stärkung des Marktes für Sekundärrohstoffe. Bezüglich der

Stoffströme werden insbesondere sogenannte kritische Rohstoffe (hierzu s. Europäische Kommission 2017b), Lebensmittel und Biomasse, Bau- und Abbruchabfälle, Kunststoffe, Düngemittel sowie (Ab-)Wasser detailliert betrachtet. Um die Ziele des Aktionsplans zu verwirklichen, fordert die EU die Mitgliedstaaten auf, insbesondere finanzielle Anreize und Instrumente zu nutzen.

Für die Lebenszyklusphasen Produktgestaltung und Produktion ist beispielsweise vorgesehen, Kohärenz zwischen einzelnen EU-Produktpolitiken und Kreislaufwirtschaftszielen herzustellen, die Aspekte Reparierbarkeit, Langlebigkeit, Nachrüstbarkeit und Recyclingfähigkeit unter der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG (s. Kasten 3-4) zu berücksichtigen. Zudem sollen eine nachhaltige Rohstoffbeschaffung etabliert und Beste-Verfügbare-Technik-Standards (BVT-Standards) und Industriesymbiosen gefördert werden.

144. Darüber hinaus existieren eine Reihe von horizontalen Maßnahmen wie Forschungsförderung und Investitionen in Abfallbehandlungsanlagen und Deponien. In den Jahren 2017 und 2019 hat die Europäische Kommission jeweils über den Fortschritt der Entwicklung von Maßnahmen berichtet (Europäische Kommission 2017a; 2019a). So wurden zum Beispiel

- o insgesamt zehn Schlüsselindikatoren in den Bereichen Produktion und Konsum, Abfallmanagement,

Sekundärrohstoffe sowie Wettbewerbsfähigkeit und Innovation für die Überwachung der Kreislaufwirtschaft (Eurostat 2019) entwickelt,

- o Methoden zur Messung des ökologischen Fußabdrucks von Produkten (Product Environmental Footprint – PEF) und von Organisationen (Organisation Environmental Footprint – OEF) weiterentwickelt,
- o in das Arbeitsprogramm 2016 bis 2019 zur Ökodesign-Richtlinie die Betrachtung des kreislaforientierten Designs aufgenommen (Europäische Kommission 2016b),
- o die Kunststoffstrategie sowie die Einweg-Plastik-Richtlinie 2019/904/EU über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt verabschiedet,
- o die bisherige Düngemittelverordnung (EG) Nr. 2003/2003 durch die neue Düngeprodukteverordnung (EU) Nr. 2019/1009 ersetzt,
- o ein Leitfaden und ein Protokoll für den Rückbau von Gebäuden entwickelt (Europäische Kommission 2016a; 2018a) sowie
- o eine Europäische Plattform für die Interessensvertreter der Kreislaufwirtschaft eingerichtet und die jährliche Durchführung der Circular Economy Stakeholder Conference etabliert.

Das Legislativpaket

145. Als Teil des Aktionsplans wurden bestehende rechtliche Grundlagen weiterentwickelt (sog. Legislativpaket). Wesentliche Änderungen betreffen die Abfallrahmenrichtlinie. So wird die Recyclingquote für Siedlungsabfälle bis 2035 schrittweise auf 65 % angehoben und die Methode für die Quotenberechnung neu definiert (Art. 11 Abs. 2 lit. e). Weiterhin muss die getrennte Erfassung von Haushaltsbioabfällen bzw. deren direkte Kompostierung durch die Verbraucherinnen und Verbraucher eingeführt werden (Art. 22) ebenso wie eine getrennte Erfassung von Textilien und gefährlichen Abfällen aus Haushalten (Art. 11 Abs. 1 bzw. Art. 20). Daneben werden Mindestanforderungen an die Umsetzung der Herstellerverantwortung formuliert (Art. 8a).

Neu ist weiterhin der Anhang IV a, der beispielhaft wirtschaftliche Instrumente und andere Maßnahmen zur Unterstützung der Umsetzung der Abfallhierarchie enthält.

Diese sollen von den Mitgliedstaaten aufgegriffen und angewendet werden. Die Instrumente und Maßnahmen sind dabei breit gefächert und allgemein gehalten. Sie reichen von der Einrichtung von (verursacherbezogenen) Gebührensystemen über das Aufsetzen von Systemen der Herstellerverantwortung bis hin zur Nutzung der öffentlichen Beschaffung zur Stärkung der Nachfrage an Recyclingprodukten. Weiterhin sollen Subventionen mit negativen Auswirkungen auf die Anwendung der Abfallhierarchie abgebaut und steuerliche Anreize für die Spende von Produkten gesetzt werden. Dabei bleibt offen, welche Instrumente sich für welche Stoffströme und welche Aspekte der Kreislaufwirtschaft besonders eignen. Diese Umsetzung wird den Mitgliedstaaten überlassen (Kasten 8-12). Um EU-weit harmonisierte Ansätze durchsetzen zu können und insbesondere kleinere Mitgliedstaaten zu unterstützen, wären durch die EU gesetzte Mindestanforderungen und gegebene Empfehlungen sinnvoll (EEB o. J.).

Die novellierte Deponierichtlinie legt in Art. 5 Abs. 5 fest, dass die Ablagerung von Siedlungsabfällen auf höchstens 10 % des gesamten Siedlungsabfallaufkommens bis 2035 zu begrenzen ist. Teilweise ist eine Verlängerung der Frist von bis zu fünf Jahren möglich (Art. 5 Abs. 6). Im Rahmen der Verpackungsrichtlinie werden neue Ziele für den Gesamtstrom an Verpackungsabfällen sowie für einzelne Materialströme (Kunststoffe, Holz, Fe-Metalle, Aluminium, Glas, Papier/Pappe/Karton) festgelegt (Art. 6 Abs. 1 lit. f, g, h und i).

Diese Rechtsänderungen sind von den Mitgliedstaaten bis zum 5. Juli 2020 in nationales Recht umzusetzen. Dabei haben die verschiedenen Mitgliedstaaten immer noch stark unterschiedliche Ausgangspunkte für die Umsetzung der Ziele. Insbesondere ist der Anteil der Deponierung in einigen Ländern sehr hoch (z. T. deutlich über 60 % in Bulgarien, Kroatien, Zypern, Litauen, Rumänien, Slowakei, Griechenland, s. POMBERGER et al. 2017). Ursache ist, dass die Länder sich in verschiedenen wirtschaftlichen Entwicklungsstadien befinden, unterschiedliche stoffliche Zusammensetzungen der Gesamtabfallmenge aufweisen und unterschiedliche historisch gewachsene Abfallbehandlungsarten (inkl. Sammelstrukturen) haben.

Pläne der Europäischen Kommission

146. Die Präsidentin der Europäischen Kommission misst der Kreislaufwirtschaft eine hohe Bedeutung zu und verspricht einen zweiten Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft (New Circular Economy Action Plan) (von der LEYEN 2019). Im European Green Deal

legt die Europäische Kommission eine anspruchsvolle Vision vor, die auch die Entwicklung einer kreislauforientierten Wirtschaft umfasst (Europäische Kommission 2019c). Ein Schwerpunkt eines zweiten Aktionsplanes Kreislaufwirtschaft soll eine Strategie für nachhaltige Produkte sein, die ein kreislauforientiertes Design unterstützt und neue Marktbedingungen für deren Nutzungsweg festlegen soll. Sektoren, für die vorrangig Maßnahmen entwickelt werden sollen, sind der Textil-, Bau-, Elektronik- und Kunststoffsektor. So sollen beispielsweise Anforderungen erarbeitet werden, die die Wiederverwendbarkeit oder Recyclingfähigkeit aller Verpackungen in wirtschaftlich tragfähiger Weise sicherstellt. Weiterhin gibt die Europäische Kommission an, Maßnahmen zur Bekämpfung überflüssiger Verpackungen und Abfallerzeugung zu prüfen. Es sollen Informationen zur Verfügung gestellt werden, die die Verbraucherinnen und Verbraucher in die Lage versetzen, bewusste Entscheidungen zu treffen. Ebenso soll ein Recht auf Reparatur geprüft werden. Für die Gewährleistung einer sicheren, kreislauforientierten und nachhaltigen Wertschöpfungskette für Batterien sollen bereits im Jahr 2020 Vorschläge für Rechtsvorschriften unterbreitet werden.

Als ersten Schritt zur Erarbeitung eines neuen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft hat die Europäische Kommission eine Roadmap vorgelegt und eine öffentliche Konsultation durchgeführt (Europäische Kommission 2019d).

3.3.2 Weiterentwicklung in Deutschland

Programme mit Bezug zur Kreislaufwirtschaft

147. In Deutschland soll das Ziel einer Kreislaufwirtschaft durch drei Programme gefördert werden:

- das Abfallvermeidungsprogramm (AVP) aus dem Jahr 2013 (BMU 2013),
- das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm II (ProgRess II) aus dem Jahr 2016 (BMUB 2016b) und
- das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum aus dem Jahr 2016 (Bundesregierung 2019).

Die Erarbeitung des Abfallvermeidungsprogramms erfolgte in Umsetzung von Art. 29 Abfallrahmenrichtlinie.

Das Programm enthält, wie in der Abfallrahmenrichtlinie vorgegeben, die Auswertung möglicher Maßnahmen zur Abfallvermeidung und bewertet diese hinsichtlich verschiedener Kriterien. Dabei haben viele Maßnahmen einen freiwilligen Charakter und sind zudem informativ, wie zum Beispiel Maßnahmen für Unternehmen oder Vermeidungsmaßnahmen bei den Konsumentinnen und Konsumenten. Quantifizierte Vermeidungsziele werden nicht festgelegt – vielmehr stellt die Bundesregierung klar, dass dies nicht sinnvoll sei, da der Staat nur beschränkte Handlungsmöglichkeiten bezüglich Maßnahmen zur Abfallvermeidung habe und nicht in die Einzelentscheidungen der wirtschaftlich Handelnden eingreifen könne. Für das Verbot bestimmter Produkte bestünden außerdem EU-rechtliche Hürden. Weiterhin wird argumentiert, dass eine Vermeidung wegen nachfolgender Substitutionseffekte sowie des Rebound-Effektes (Tz. 153) gegebenenfalls nicht zum Ziel der Verminderung von Umweltbelastungen führe. Insofern sei die Abfallvermeidung „keine kategorische Zielverpflichtung“. Vielmehr sei das Ziel eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Abfallerzeugung (BMU 2013, S. 19).

Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm betrachtet, wie der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, den gesamten Lebenszyklus von Produkten – vom Bezug der Rohstoffe, über das Design, die Produktion, den Konsum bis hin zur Abfallentsorgung. Festgesetzte quantitative Ziele gehen jedoch kaum über ohnehin bestehende hinaus, sowohl bezüglich der Ziele für Indikatoren, wie der Gesamtrohstoffproduktivität, als auch zum Beispiel Erfassungs- und Recyclingziele für verschiedene Abfallströme. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind ebenso wie im Abfallvermeidungsprogramm in der Regel unverbindlich. Im Dezember 2019 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) den Entwurf für ProgRess III veröffentlicht (BMU 2019c). Dieser ist noch nicht ressortabgestimmt. Der Entwurf von ProgRess III enthält insgesamt 118 Maßnahmen, von denen 27 als prioritär eingestuft werden. Wie auch ProgRess II setzt ProgRess III auf die freiwillige Umsetzung von Maßnahmen. Messbare Ziele und die Festlegung einer Erfolgskontrolle fehlen.

Das Nationale Programm für nachhaltigen Konsum soll der Umsetzung des SDG 12 „Nachhaltige Produktion und Konsum“ dienen und sicherstellen, dass die Bedürfnisbefriedigung der heutigen und nachfolgenden Generationen die Belastbarkeitsgrenzen der Erde einhält. Das Programm enthält Maßnahmenvorschläge unter anderem für Bildung, Verbraucherinformationen, Ökodesign und öffentliche Beschaffung. Neben diesen übergreifen-

den Ansätzen betrachtet es die Bedürfnisfelder Mobilität, Ernährung, Wohnen und Haushalte, Arbeiten und Büro, Bekleidung sowie Freizeit und Tourismus näher. Verbindliche Ziele und Maßnahmen werden nicht festgelegt.

Veränderungen werden in allen drei Programmen fast ausschließlich über auffordernde und informierende Maßnahmen adressiert und bleiben freiwillig. Verbindliche und überprüfbare Ziele fehlen weitgehend, was die Wahrnehmung und Umsetzung durch die Akteure schwächt.

Der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zur Umsetzung der novellierten Abfallrahmenrichtlinie

148. Ein wichtiger Baustein für die Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft ist die Ausgestaltung der europäischen Vorgaben im nationalen Recht. Der Referentenentwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union (Stand 5. August 2019 (KrWG-E)) greift neben den Vorgaben der Abfallrahmenrichtlinie auch einzelne Regelungen der Einweg-Plastik-Richtlinie auf. Erklärtes Ziel ist eine ökologische Fortentwicklung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, die weitgehend auf einer Eins-zu-eins-Umsetzung der europäischen Vorgaben basiert (BMU 2019b) (Kasten 8-8 und 8-12). Darüber hinausgehende Regelungen, die positive Wirkungen für Vermeidung und hochwertige Verwertung erzielen könnten, sind die Pflichten der öffentlichen Hand bei der Beschaffung (§ 45 KrWG-E) sowie eine Obhutspflicht als Weiterentwicklung der Produktverantwortung (§ 23 Abs. 1 S. 2, Abs. 2 Nr. 11, § 24 Nr. 10 KrWG-E). Durch die Obhutspflicht soll die Vernichtung gebrauchsfähiger Waren reduziert werden. Diese Regelungen entsprechen der Aufforderung an die Mitgliedstaaten, „wirtschaftliche Instrumente und andere Maßnahmen, um Anreize für die Anwendung der Abfallhierarchie zu schaffen“, umzusetzen (Abfallrahmenrichtlinie Art. 4, Abs. 3, Beispiele im Anhang IVa). Ansonsten werden die in Anhang IVa aufgeführten Maßnahmen lediglich im Kreislaufwirtschaftsgesetz genannt und nicht durch konkrete Anforderungen umgesetzt.

149. Der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sieht vor, dass einzelne Begriffsbestimmungen, etwa für Siedlungs-, Bau-, Abbruch- und Bioabfälle sowie für die stoffliche Verwertung und die Verfüllung, überarbeitet beziehungsweise diese neu aufgenommen werden. Die Verordnungsermächtigung zur Festlegung von Abfallende-Eigenschaften wurde spezifiziert, sodass

Standards für Behandlungsverfahren und Qualitätskriterien festgelegt werden können (§ 5 Abs. 2 KrWG-E). Voraussichtlich unverändert bleibt § 8 KrWG, der die Festlegung von Kriterien hinsichtlich der Rangfolge und Hochwertigkeit einer Verwertungsmaßnahme durch Rechtsverordnung erlaubt.

Zur Stärkung der Abfallvermeidung wird das Prinzip der Produktverantwortung erweitert und um Aspekte, die den gesamten Lebenszyklus betreffen, ergänzt. Die Anforderungen, die allerdings wie bisher erst durch den Erlass von Rechtsverordnungen wirksam werden, ermöglichen Vorgaben zum Beispiel hinsichtlich kritischer Rohstoffe, Schadstoffe, technischer Langlebigkeit, Reparierbarkeit, des Rezyklateinsatzes oder Vorkehrungen gegen Littering. Auch die auf die Produzenten bezogenen Vorgaben der Einweg-Plastik-Richtlinie (v. a. Sensibilisierung, Beteiligung an Kosten zur Reinigung der Umwelt) sollen umgesetzt werden (§ 23 Abs. 2 KrWG-E).

Die Quoten für Recycling und Verwertung der spezifischen Abfallarten werden direkt aus der Abfallrahmenrichtlinie übernommen (§ 14 KrWG-E). Dabei ändert sich die bisherige Berechnungsweise (Tz. 138). Nach dem Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes muss erst bis 2035 wieder ein Wert von 65 Gewichtsprozent für Siedlungsabfälle erreicht werden. Unterstützen soll dabei die Pflicht zur getrennten Sammlung weiterer Abfallarten (§ 20 KrWG-E).

Der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes enthält eine Reihe neuer Anforderungen, die das Potenzial haben, positive Änderungen hin zu einer Kreislaufwirtschaft zu entfalten. Insgesamt könnte der Entwurf die Chance einer ambitionierten Umsetzung mutiger nutzen.

3.4 Erweiterte Zielhierarchie und Defizitanalyse

150. Im Folgenden werden ausgewählte Aspekte der Kreislaufwirtschaft sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene kritisch diskutiert. Dafür wird zunächst ein Zielsystem basierend auf dem Grundkonzept der Abfallhierarchie aufgestellt. Anschließend werden Defizite der jetzigen Umsetzung der kreislauforientierten Abfallwirtschaft aufgezeigt.

3.4.1 Plädoyer für eine erweiterte Zielhierarchie

151. Die bisherige an der Abfallhierarchie ausgerichtete nationale und europäische Abfallpolitik hat es nicht geschafft, den absoluten Verbrauch an Rohstoffen zu verringern sowie die dauerhafte Kreislaufführung von Stoffen und Materialien entscheidend zu verbessern (BEHRENS et al. 2007; VAN EWIJK und STEGEMANN 2016). Es ist daher notwendig, die strategische und operationale Herangehensweise an die Kreislaufwirtschaft neu zu strukturieren. Teilweise ist dies im Kreislaufwirtschaftspaket der EU bereits angelegt. Mit der Einbeziehung von Rohstoffgewinnung und Produktion in die Kreislaufwirtschaft (Tz. 143 f.) wählt die Europäische Kommission aus Sicht des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) den richtigen Ansatz. So wird das Abfallrecht, dessen Reichweite begrenzt ist, in Zusammenhang mit anderen Aspekten, wie zum Beispiel Produktgestaltung und Chemikalienpolitik, gesetzt. Auch der nachhaltige Konsum ist richtigerweise Bestandteil der Kreislaufwirtschaft. Jedoch bestehen aus Sicht des SRU Defizite sowohl bei der programmatischen als auch der regulatorischen Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft.

152. Aufgrund der Notwendigkeit, gesellschaftliche Stoffströme stärker als bisher zu steuern (s. ausführlich SRU 2019, Tz. 125 ff., 274 ff. und 362), sollte die fünfstufige Abfallhierarchie (Tz. 133, Abb. 3-2) um „Produktstufen“ ergänzt werden. Der SRU schlägt deshalb ein neues, erweitertes Zielsystem vor. Hieran sollten sich zukünftige Maßnahmen und Instrumente ausrichten:

- Input an Rohstoffen für Produkte, Infrastrukturen und Dienstleistungen verringern,
- Produkte kreislaufwirtschaftsfähig gestalten (langlebig, schadstofffrei, materialeffizient, reparierbar, rezyklierbar etc.),
- verbindliche Ziele für Abfallvermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung definieren und das Kreislaufwirtschaftssystem so gestalten, dass diese ersten beiden Stufen der Abfallhierarchie auch tatsächlich stattfinden, sowie
- Recycling nicht nur an seiner Quantität, sondern auch an seiner Qualität messen und Schadstoffe sicher ausschleusen.

In Abbildung 3-7 werden diese Ziele orientiert an der Abfallhierarchiepyramide dargestellt. Die neuen Stufen „Verringerung der Stoffströme“ und „Produkte kreislaufwirtschaftsfähig gestalten“ sind kein Bestandteil der Abfallhierarchie gemäß Abfallrahmenrichtlinie. Der SRU erachtet es jedoch als notwendig, diese klar als Bestandteil der Kreislaufwirtschaft zu benennen und mit Zielen zu unterlegen.

Um eine Verringerung der Stoffströme zu erreichen, sind sowohl Effizienz- als auch Suffizienzmaßnahmen notwendig. Dies muss dabei so erfolgen, dass es auch tatsächlich zu einer Verringerung von negativen Umweltwirkungen kommt. Dafür müssen beispielsweise Alternativen für bestehende Konsumprinzipien angeboten werden. Der fehlende kulturelle Wandel im Umgang mit Rohstoffen und daraus hergestellten Gütern ist ein wesentliches Hemmnis für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft (KIRCHHERR et al. 2018). Weiterhin sollte ein Abgleich mit den Zielen anderer Umweltpolitikbereiche erfolgen und eine möglichst hohe Kohärenz hergestellt werden. Damit Maßnahmen effektiv sind, ist außerdem eine ökologische Priorisierung notwendig.

Die kreislaufwirtschaftsfähige Gestaltung von Produkten bedeutet, dass sie grundsätzlich langlebig, schadstofffrei, materialeffizient, reparierbar und recyclingfähig sind. Die Kombination dieser Eigenschaften wird hier mit dem Begriff „kreislaufwirtschaftsfähig“ zusammengefasst. Dieser Begriff ist damit weitergehend als „kreislauffähig“, worunter vor allem Recyclingfähigkeit verstanden wird. Die Umsetzung der kreislaufwirtschaftsfähigen Produktgestaltung hat direkten Einfluss auf die Vermeidung und das Recycling von Abfällen. Mit dieser expliziten Nennung wird aber klargestellt, dass eine umfassende Produktpolitik als Teil der Kreislaufwirtschaft notwendig ist.

Die Vermeidung von Abfällen entspricht der jetzigen obersten Stufe der Abfallhierarchie. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung wird hier direkt an die Vermeidung angeschlossen, da sie zur Wiederverwendung führt und somit letztendlich zur Vermeidung beiträgt.

Die nachfolgende Stufe, das Recycling, wird um den Zusatz „hochwertig“ sowie den Aspekt der Schadstoffausschleusung ergänzt. Letztere ist notwendig, um dauerhaft schadstofffreie Produkte herstellen zu können. Hier ist es wichtig, Kenntnis darüber zu haben, welche noch in Nutzung befindlichen Produkte und Infrastrukturen welche Schadstoffe enthalten.

o **Abbildung 3-7**

Erweiterung der Abfallhierarchie zu einer Kreislaufwirtschaftshierarchie



SRU 2020

Die anschließenden Stufen, sonstige Verwertung und Beseitigung, entsprechen den untersten Stufen der Abfallhierarchie. Dabei wird die sonstige Verwertung – analog zum Recycling – um „hochwertig“ ergänzt. Diese beiden untersten Stufen der Kreislaufwirtschaftshierarchie sollten zukünftig möglichst wenig genutzt werden. Ihre hauptsächliche Funktion sollte in der Ausschleusung von Schad- und Störstoffen liegen.

3.4.2 Kreislaufwirtschaft ist unzureichend in die Umweltpolitik integriert

Konsum und Kreislaufwirtschaft

153. Effizienz- und Recyclingmaßnahmen sind nicht ausreichend, um die notwendige Reduzierung der mit der Rohstoffnutzung verbundenen Umweltbelastungen zu erzielen (UBA 2015; BRINGEZU 2015; IVANOVA et al.

2016; OECD 2019). Vielmehr sind Strategien erforderlich, die zu einer absoluten Verminderung des Rohstoffeinsatzes führen, da Effizienzsteigerungen allein nicht ausreichen. Ein möglicher Grund ist, dass die durch technische Maßnahmen erzielten Einsparungen zu einer Nachfragesteigerung führen (SANTARIUS 2012, S. 10), da die finanziellen Einsparungen für weiteren Konsum oder Investitionen eingesetzt werden (SACHS und SANTARIUS 2014). Dieser sogenannte Rebound-Effekt wurde bisher vor allem im Bereich Energie untersucht. Er führt dazu, dass Rohstoffeinsparungen und/oder Umweltentlastungen aus Effizienzgewinnen teilweise oder ganz aufgezehrt werden (siehe zusammenfassend u. a. SRU 2016, Tz. 197; 2011, Tz. 375 ff.). Folglich führen Effizienzgewinne nicht unbedingt zu einem verminderten Einsatz und Verbrauch von Rohstoffen. Suffizienz hingegen zielt darauf ab, Konsumprinzipien und die mit dem Konsum verbundenen Nutzenaspekte so zu verändern, dass die ökologischen Grenzen der Erde eingehalten werden können (FISCHER und GRIEßHAMMER 2013,

S. 9 f.). Ein verändertes Konsumverhalten aus Gründen der Suffizienz bedeutet nicht zwangsläufig Verzicht, sondern die Reflexion des Konsumverhaltens und die Abwägung von Alternativen, zum Beispiel eigener Pkw oder Nutzung von CarSharing (QUACK et al. 2017, S. 16). Suffizienz und Effizienz sind strategische Elemente des Konsums. Dabei setzt Effizienz in erster Linie beim Hersteller eines Produktes an, während Suffizienz auf das Konsumverhalten zielt (SRU 2015, Tz. 58). Allerdings sollte Suffizienz auch Hersteller und Handel adressieren, um Lösungen mit stärkerem Bezug zur Dienstleistung (Nutzen) als zum Produkt (Besitzen) anzubieten.

154. Ein deutliches Bekenntnis zu dem Ziel, die gesellschaftlichen Stoffströme insgesamt zu verringern, findet sich in den verschiedenen politischen Programmen (Abb. 3-6) nicht. Jedoch umfasst die Definition der Abfallvermeidung in der Abfallrahmenrichtlinie auch das Konsumverhalten. Dieses soll auf den Erwerb von abfall- und schadstoffarmen Produkten sowie die Nutzung von Mehrwegverpackungen gerichtet sein. Die Begriffe „abfall- und schadstoffarm“ werden jedoch nicht spezifiziert. Ebenso nimmt die Kommission in ihrem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft den Konsum (Verbrauch) mit in den Blick und sieht ihn klar als Teil der Kreislaufwirtschaft. Statt verbindlicher Regelungen wird aber vielmehr darauf gesetzt, den Konsumentinnen und Konsumenten durch Informationsbereitstellung die Wahl des jeweils weniger umweltschädlichen Produktes zu ermöglichen. Durch das Instrument des Ökodesigns (Tz. 143; Kasten 3-4) soll die Umweltbilanz von Produkten schrittweise verbessert werden.

Inwieweit mit der pauschalen Verringerung der Stoffströme insgesamt tatsächlich eine Reduzierung der Umweltwirkungen einhergeht und auf welches Maß die Rohstoffnutzung verringert werden muss, wird vielfach diskutiert (UBA 2015; BRINGEZU 2015; MÜLLER et al. 2017; van der VOET et al. 2004). Um unterschiedlichen Umweltwirkungen der Rohstoffnutzungen sowie der Frage, ob bestimmte Rohstoffe zum Beispiel für die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Rohstoffe benötigt werden, Rechnung zu tragen, werden auch materialspezifische Reduktionsziele vorgeschlagen (BIO Intelligence Service 2012; BRINGEZU 2015). In Kombination mit der Analyse der damit verbundenen Umweltwirkungen könnten in nationalen Programmen und Strategien materialspezifische Reduktionsziele festgelegt und hierauf aufbauend wiederum spezifische Strategien für die Veränderung von Konsumententscheidungen entwickelt werden.

155. Fraglich ist, mit welchen Maßnahmen und Instrumenten eine Änderung des Konsums und damit der Rohstoffnachfrage inklusive der verbundenen Umweltwirkungen erreicht werden kann. Denn hierfür sind kulturelle Barrieren zu überwinden (KIRCHHERR et al. 2018). Sowohl im Nationalen Programm für nachhaltigen Konsum als auch im Abfallvermeidungsprogramm und in ProgReSS II werden vor allem sogenannte weiche Maßnahmen und Instrumente aufgeführt. Hierzu zählen unter anderem das Befördern einer gesellschaftlichen Diskussion über nachhaltige Lebensstile durch Bürgerdialoge, die Zusammenarbeit mit gesellschaftlichen Gruppen und die Aufnahme von Nachhaltigkeitsinhalten in den Bildungsbereich. Weiterhin sollen Verbraucherinformationen beispielsweise durch entsprechende Kennzeichnung (Umwelt- und Soziallabel) verbessert werden. Die Nachfrage nach ressourceneffizienten Produkten soll weiterhin zum Beispiel durch finanzielle Förderungen für neue Nutzungskonzepte und die Integration von sozialen und ökologischen Aspekten in der Finanzberatung von Verbraucherzentralen gestärkt werden. Ordnungsrechtliche Anforderungen bestehen lediglich für energieverbrauchsrelevante Produkte im Rahmen der Umsetzung der Durchführungsverordnungen unter der Ökodesign-Richtlinie (Tz. 143, Kasten 3-4). Der Fokus der Maßnahmen liegt dabei insgesamt aber eher auf der Frage des „anders“ Konsumierens im Sinne einer anderen Kaufentscheidung, als des „weniger“ Konsumierens. Zwar kann das „anders“ Konsumieren bei entsprechender Langlebigkeit und Reparierbarkeit auch zu insgesamt weniger Konsum führen. Um einen tatsächlichen Mengeneffekt zu erzielen, sollte aber gleichzeitig eine Strategie des insgesamt „weniger“ Konsumierens verfolgt werden.

Die Verringerung der Stoff- und Materialumsätze sollte dabei aber nicht nur auf Primärrohstoffe fokussieren. Auch wenn das Recycling von Produkten und somit das Bereitstellen von Sekundärrohstoffen mit geringeren Umweltwirkungen als die Primärherstellung verbunden ist (Tz. 131), ist das alleinige Etablieren von Recyclingkreisläufen aufgrund des damit verbundenen ökologischen Aufwandes nicht ausreichend. Diese Zielsetzung sollte parallel zur Langlebigkeit und Reparierbarkeit verfolgt werden.

Bisher bestehen aber weder Klarheit über die Notwendigkeit, das Konsumverhalten zu ändern, noch gibt es hierzu einen gesellschaftlichen Konsens. Suffizienz ist kaum ein Thema, weil sinkende Produktion dem Konzept des stetigen Wirtschaftswachstums auf den ersten Blick entgeht. Dies spiegelt sich beispielsweise im

Ziel der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie „Stetiges und angemessenes Wirtschaftswachstum“ und dem zugeordneten Indikator BIP wider. Steigt das BIP, wird dies trotz der damit verbundenen negativen Umweltwirkungen positiv angerechnet (SRU 2019, Tz. 383). Immerhin strebt die Bundesregierung dieses Ziel unter der Maßgabe an, den „absoluten Ressourcen- und Energieverbrauch entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu reduzieren und von der wirtschaftlichen Entwicklung zu entkoppeln“ sowie „die Effizienz fortlaufend zu steigern“ (Bundesregierung 2017, S. 122).

Zusammenspiel mit anderen Umweltpolitikbereichen

156. Aus Sicht des SRU ist eine enge Verzahnung der Ziele und Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft mit anderen Umweltpolitikbereichen notwendig. Zunächst gehört hierzu eine enge Kopplung der Programme und Strategien, die direkt an den einzelnen Lebenszyklusphasen von Produkten ansetzen. Auf europäischer Ebene betrifft dies den Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft (Europäische Kommission 2015c), den Aktionsplan für Nachhaltigkeit in Produktion und Verbrauch (Europäische Kommission 2008a) sowie die Thematische Strategie für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen (Europäische Kommission 2005a). Dabei nimmt der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft Bezug auf die Konsumphase und stellt einen eindeutigen Bezug zur Schonung der natürlichen Ressourcen her. Die Programme auf nationaler Ebene (AVP, ProgRess II und Programm zum Nachhaltigen Konsum, Tz. 147) überschneiden sich thematisch ebenfalls und sprechen teilweise auch die gleichen Akteure an, setzen aber unterschiedliche Schwerpunkte. Es ist anzunehmen, dass sie dadurch an Schlagkraft verlieren, weil nicht transparent ist, warum es verschiedene Programme mit teilweise gleichen Themen gibt. So ergab eine Befragung in Bundesministerien, deren Arbeit inhaltliche Überschneidungen mit den Themen des Abfallvermeidungsprogramms haben, dass das Abfallvermeidungsprogramm und seine Inhalte nur bei einzelnen Gesprächspartnern bekannt sind (BMU 2019c). Zwar würden Maßnahmen auch mit Wirkung auf die Abfallvermeidung umgesetzt, allerdings ohne Bezug auf das Abfallvermeidungsprogramm. Mit Blick auf den lebenszyklusübergreifenden Ansatz im EU-Kreislaufwirtschaftspaket stellt sich die Frage, ob diese Programme für eine größere Transparenz und Akzeptanz bei den Akteuren zusammengelegt und bearbeitet werden sollten.

Bereits angelegt im Maßnahmenkatalog des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft ist die notwendige Verknüp-

fung mit der Chemikalien- und Produktpolitik. Hierfür hat die Europäische Kommission Anfang 2018 ein Dokument zur Schnittstelle zwischen Abfall-, Chemikalien- und Produktpolitik veröffentlicht (Europäische Kommission 2018c) sowie eine öffentliche Konsultation durchgeführt (Europäische Kommission 2019f). Hier ging es zum Beispiel um die Position der Akteure zur Frage der Nachverfolgung von chemischen Verbindungen mit gefährlichen Eigenschaften sowie der Gleichheit der Behandlung von Primär- und Sekundärrohstoffen beispielsweise unter der Chemikalienverordnung (EG) Nr. 1907/2006 (sog. REACH-Verordnung). Vielfach wird diskutiert, für Sekundärrohstoffe höhere Schadstoffgehalte als für Primärmaterial zuzulassen, um das Recycling zu fördern. Das ist aus Sicht des SRU kritisch zu bewerten, weil dadurch dauerhaft Schadstoffe in die Stoffkreisläufe und damit in Produkte verschleppt würden.

Darüber hinaus gibt es viele weitere Strategien – sowohl im Bereich Umweltschutz als auch im Bereich wirtschaftliche Entwicklung. Dies sind zum Beispiel der Klimaschutzplan, die Hightech-Strategie oder die Bioökonomiestrategie. Die Frage, welchen Einfluss sie auf die Stoffströme haben und ob die Steuerung der Stoffströme dazu beitragen kann, die Ziele dieser Strategien zu erreichen, wird in der Regel nicht betrachtet.

Fehlende ökologische Kostenwahrheit

157. Die Durchsetzung des „wahren“ Preises von Produkten und Gütern würde Produktion und Konsum maßgeblich beeinflussen. Die hierfür notwendige Internalisierung der externen Kosten ist ein lang bekanntes Konzept, um Marktunvollkommenheiten auszugleichen, die zu Umweltschäden führen (SRU 2019, Tz. 182 f.). Denn würden die Preise für Produkte die Kosten der verursachten Umweltwirkungen sowie die Einhaltung sozialer Standards beinhalten, wären sie in vielen Fällen höher als dies derzeit der Fall ist. Dieser höhere Preis würde die Rohstoffnutzung verringern und dazu beitragen, dass sich die Aufbereitung von Abfällen zu Sekundärrohstoffen stärker als heute wirtschaftlich trägt. Des Weiteren hätte dies voraussichtlich zur Folge, dass die Produkte aufgrund des höheren Preises langlebiger gestaltet bzw. länger genutzt würden. Somit könnte die Internalisierung der externen Kosten das Konsumverhalten beeinflussen. Ob und wie langfristig ein Konsumverhalten erreicht werden kann, das mit (deutlich) weniger Umweltauswirkungen durch verringerten Rohstoffkonsum einhergeht, bleibt eine offene Forschungsfrage (LINZ 2017, S. 69).

Auch die Kosten einer hochwertigen Entsorgung sind in der Regel nicht im Produktpreis enthalten (Erfassungssystem, Behandlungsart etc.). Verwertungsverfahren mit hohen Umweltstandards sind in der Anschaffung und im Betrieb oft teurer und können deshalb nicht mit einfacheren Verwertungsverfahren konkurrieren. Weiterhin ist die Herstellung hochwertiger Rezyklate im Vergleich zu weniger hochwertigen mit höheren Kosten verbunden. Hinzu kommt, dass die kreislaforientierte Abfallwirtschaft globalen Märkten unterliegt und teilweise in rechtlichen Grauzonen stattfindet (GREGSON et al. 2015; LAZAREVIC und VALVE 2017). Hier werden selbst bestehende Standards teilweise unterlaufen und die Art der Behandlung auf den größtmöglichen ökonomischen Gewinn ausgerichtet, nicht auf die Erreichung einer bestmöglichen Kreislaufwirtschaft (ebd.). Dies zeigt, dass auch globale Bedingungen entscheidend für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft sind und Kreislaufwirtschaft nicht ohne Beachtung globaler Wirtschaftsverflechtungen implementiert werden kann (GRAEDEL et al. 2019). Somit erreichen letztlich auch etablierte ökonomische Instrumente der kreislaforientierten Abfallwirtschaft wie Entsorgungsgebühren oder die Herstellerverantwortung die Ziele der Kreislaufwirtschaft nicht oder nur teilweise. Ihre derzeitige Ausgestaltung muss deshalb mit Blick auf die Finanzierung einer hochwertigen Entsorgung geprüft werden.

Priorisierung von Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen

158. In den Strategien und Programmen auf europäischer und nationaler Ebene wird häufig die ökonomische Motivation von Kreislaufwirtschaft betont: Sie soll Arbeitsplätze schaffen und zur sicheren Rohstoffversorgung Europas beitragen (Tz. 142). Abgesehen von der Einhaltung von Mindeststandards, zum Beispiel für Schadstoffentfrachtung und Recyclingquoten, richten sich Abfallwirtschaftsaktivitäten in der Praxis an wirtschaftlichen Faktoren aus – nicht an der besten ökologischen Lösung (Tz. 135). Das ökonomische Optimum bezüglich Erfassungsmenge, Recyclingqualität und -quantität etc. liegt aber oftmals nicht dort, wo das Optimum aus ökologischer Sicht ist (BUNGE 2015; defra 2011). So bleiben Rückgewinnungsraten hinter dem zurück, was ökologisch sinnvoll ist. Mit Blick darauf, dass Kreislaufwirtschaft auch die Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung beinhaltet, ist die Frage des ökologischen Optimums sogar noch weiter zu fassen: Maßnahmen des Recyclings sollten auch mit Maßnahmen der Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung abgeglichen werden.

Aus Sicht des SRU ist es notwendig, aus ökologischer Perspektive abzuleiten, welche Stoffströme prioritätsgelenkt werden sollten und welche Ansatzpunkte über den Lebenszyklus für die Umwelt am vorteilhaftesten sind. Dies ist bisher weder im EU-Kreislaufwirtschaftspaket (Tz. 142 f.) noch im Rahmen der deutschen Programme zum nachhaltigen Konsum, zur Abfallvermeidung und zur Ressourceneffizienz (Tz. 147) ausreichend erfolgt. Insbesondere im Rahmen des Kreislaufwirtschaftspakets sollte entweder durch rechtliche Rahmenbedingungen oder durch Internalisierung externer Kosten mittels ökonomischer Instrumente eine Ökologisierung angestrebt werden. Wird eine solche Priorisierung vorgenommen, ist es außerdem wichtig, nicht nur den Status quo der Rahmenbedingungen auf Basis teilweise älterer Daten zu berücksichtigen, da dies zu falschen, nicht zukunftsgerichteten Entscheidungen führen kann (LAZAREVIC et al. 2012). Entscheidungen für zukünftige Entwicklungen sollten stattdessen auf Annahmen zur Zukunft beruhen. Dies würde zum Beispiel bedeuten, die Auswirkungen eines veränderten Strommix aufgrund der Dekarbonisierung der Energieversorgung im Rahmen des Klimaschutzes zu berücksichtigen (Tz. 182). Bewertungssysteme müssen weiterhin beachten, dass es nicht zu ökologisch schlechteren Substitutionen von Rohstoffen, Materialien oder Produkten kommt. Als positives Beispiel ist das Projekt RESCUE – Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität des Umweltbundesamtes zu nennen. Hier wurden verschiedene Szenarien modelliert, wie das Ziel der Treibhausgasneutralität in Deutschland im Jahr 2050 erreicht werden kann und welchen Einfluss die Kombination verschiedener Maßnahmen auf die insgesamt ausgestoßenen Treibhausgasemissionen sowie die Rohstoffnutzung haben (UBA 2019i). Dabei kommt das GreenSupreme-Szenario den internationalen Verpflichtungen zum Klimaschutz (1,5°-Ziel) am nächsten. Für die Rohstoffnutzung (gemessen als RMC, Tz. 128, Kasten 3-1) zeigen die Ergebnisse, dass es in allen Szenarien zu einem deutlichen Rückgang kommt, weil keine fossilen Energieträger mehr genutzt werden. Eine weitere Reduktion der Rohstoffnutzung kann zum Beispiel durch verstärkten Einsatz von Sekundärrohstoffen, Materialsubstitutionen und Lebensstiländerungen (z.B. kleinere Pro-Kopf-Wohnfläche, Ernährung) erreicht werden. So trägt eine kleinere Pro-Kopf-Wohnfläche zu einem geringeren Bedarf an nicht-metallischen Mineralien bei. Ein geringerer Fleischkonsum führt in Verbindung mit einem reduzierten Tierbestand zu einem Rückgang der benötigten Biomasse. Die Annahme eines zunehmenden Holzbaus dagegen erhöht die notwendige Menge an Biomasse. Die Inanspruchnahme von Metallerzen nimmt zunächst aufgrund

des notwendigen Mehrbedarfes für den Umbau der Energieversorgung kaum ab. Ab 2040 kann aber auch hier eine Abnahme erwartet werden. Die größte Reduzierung der Rohstoffnutzung – und zwar um 70 % im Jahr 2015 bezogen auf das Jahr 2010 – ergibt sich im sogenannten GreenSupreme-Szenario. Dieses Szenario geht von Änderungen in allen betrachteten Maßnahmenbereichen aus und erfordert damit im Vergleich der Szenarien die größten Veränderungen.

Produktpolitik für Kreislaufwirtschaftsfähigkeit existiert nur in Ansätzen

159. Die Erarbeitung von Methoden und ersten Durchführungsverordnungen mit Bezug zu Aspekten wie Lebensdauer, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit etc. unter dem Dach der Ökodesign-Richtlinie (Tz. 143, Kasten 3-4) ist ein erster wichtiger Schritt, um entsprechende Anforderungen für spezifische Produkte stellen zu können. Bisherige Anforderungen zum Beispiel im Elektro- und Elektronikgerätegesetz bleiben nur sehr allgemein und sind in der Praxis nicht vollziehbar. Danach haben Hersteller ihre Elektro- und Elektronikgeräte möglichst so zu gestalten, dass insbesondere die Wiederverwendung, die Demontage und die Verwertung von Altgeräten, ihren Bauteilen und Werkstoffen berücksichtigt und erleichtert werden (§ 4 Abs. 1 S. 1 ElektroG). Was genau dies für das Design von Elektro- und Elektronikgeräten bedeutet, wird nicht spezifiziert. Auch stellt ein Verstoß gegen diese Anforderung keine Ordnungswidrigkeit im Sinne des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes dar (§ 45 Abs. 1 ElektroG). Konkrete Regelungen gibt es hingegen für die Beschränkung bestimmter Schwermetalle, Weichmacher und Flammschutzmittel. Dies ist für Elektro- und Elektronikgeräte in der Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung geregelt (§ 3 Abs. 1 ElektroStoffV). Der Vollzug obliegt den Bundesländern, ein Verstoß gegen die Stoffbeschränkungen stellt eine Ordnungswidrigkeit dar (§ 14 Abs. 1 ElektroStoffV). Analoge Regelungen zu Stoffbeschränkungen existieren auch für Fahrzeuge, Batterien und Verpackungen. Weitere Stoffregulierungen bestehen insbesondere durch die POP- und die REACH-Verordnung.

Über diese Anforderungen hinaus gibt es keine Regelungen, die entweder weitergehend bzw. konkreter sind oder die sich allgemein auf alle Produkte beziehen. Da die Produktgestaltung aber Auswirkungen auf die Rohstoffnachfrage und alle abfallseitigen Maßnahmen hat, sollten Regelungen hierzu dringend konkretisiert und auf weitere Produkte erweitert werden.

3.4.3 Ziele für Abfallvermeidung fehlen

160. Obwohl der Vorrang der Abfallvermeidung im deutschen Abfallrecht seit 1986 verankert ist, findet sie kaum statt (Tz. 136). Weder im Kreislaufwirtschaftsgesetz noch im Abfallvermeidungsprogramm legt die Bundesregierung entsprechende konkrete Ziele fest (Kasten 8-8). Von der Möglichkeit, in ihren Abfallvermeidungsprogrammen keine Vermeidungsziele aufzunehmen (Art. 29 Abfallrahmenrichtlinie), haben neben Deutschland auch andere Mitgliedstaaten Gebrauch gemacht (EEA 2015). Es gibt jedoch auch Ausnahmen (ebd.). So will beispielsweise Frankreich eine Reduktion der pro Kopf produzierten Menge an Siedlungsabfällen bis 2020 um 10 % bezogen auf 2010 erreichen. Bulgarien möchte bis 2020 unter das Niveau von 2011 gelangen. Weitere Länder und Regionen, die Ziele festgelegt haben, sind Portugal, England, Italien, Estland, Finnland, Flandern und Wales. Jedoch sind die Ziele unterschiedlich ambitioniert. Sie streben auch nicht alle eine absolute Reduktion an – teilweise beziehen sie sich auf eine relative Entkopplung von der Wirtschaftsleistung (z. B. Estland). Aus Sicht des SRU ist dies nicht ausreichend. Es bedarf dringend einer Reduzierung der gesellschaftlichen Stoffströme (Tz. 128). Dafür müssen Indikatoren entwickelt und klare absolute Ziele formuliert werden.

3.4.4 Recycling ist zu wenig ökologisch ausgerichtet

161. In Abschnitt 3.4.2 (Tz. 158) wurde bereits aufgezeigt, dass das ökologische und das ökonomische Optimum bezüglich Abfallerfassung und Recyclingrate und -qualität oftmals weit auseinander liegen. Grund hierfür ist, dass nur wenig spezifizierte Anforderungen an das Recycling existieren. Im Folgenden werden Aspekte, die die ökologische Qualität des Recyclings bestimmen, detaillierter betrachtet.

Hochwertigkeit des Recyclings

162. Für das Recycling bestehen in der Regel nur sehr allgemeine Anforderungen in Form von quantitativen Recyclingquoten. Dabei werden – außer bei Verpackungen – keine materialspezifischen Anforderungen oder Qualitätsaspekte berücksichtigt.

In der Praxis bestimmt sich der Grad der Rückgewinnung der einzelnen enthaltenen Stoffe und Materialien aus der zu erfüllenden Recyclingquote, der technischen Machbarkeit sowie den Kosten und den erzielbaren Erlösen. Dies führt dazu, dass nicht alle Materialien optimal aus ökologischer Sicht recycelt werden. Dabei bestehen aufgrund der Komplexität der Produkte und thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten Grenzen für das Recycling und es kommt immer zu irreversiblen Verlusten (CIACCI et al. 2015; UNEP 2013; 2011). Die Gestaltung der Produkte sowie die Art der Behandlung und des Recyclings sind deshalb entscheidend für die Quantität und Qualität der Rückgewinnung. Maßnahmen und Instrumente sollten dahin wirken, die Summe der Umweltbelastungen zu minimieren und nicht die Gesamtmasse des Recyclings zu maximieren (GEYER et al. 2016). Erschwerend kommen kurze Zyklen bezüglich Änderungen im Design und in der Zusammensetzung von Produkten hinzu. Die Entsorgungswirtschaft muss sich somit immer wieder auf neuartige Abfälle einstellen, deren stoffliche Zusammensetzung ihr nicht bekannt ist.

163. Für die Frage, wie häufig ein Stoff oder Material im Kreislauf geführt werden kann, ist die Hochwertigkeit des Recyclings entscheidend. Denn es gelten Ausgangsfractionen aus dem Recycling verschiedener Qualität als „recycelt“ – unabhängig davon, wofür sie als Sekundärrohstoffe eingesetzt werden (d. h. welche Primärrohstoffe sie ersetzen) und ob sie selbst wieder recyclingfähig sind. So findet beispielsweise bei Kunststoffprodukten häufig ein Recycling zu einem Mischkunststoff statt (Consultic 2015, S. 23; Conversio 2018a, S. 68) und das daraus hergestellte Produkt wird an seinem Lebensende nicht erneut recycelt, sondern energetisch verwertet. Bei legierten Metallen wird von sogenanntem nicht funktionellem Recycling gesprochen. Werden speziell legierte Metalle nicht separat recycelt, sodass sie wieder für die speziellen Zwecke dieser Legierungsart eingesetzt werden können, sondern in einem Produkt, das diese Legierungsart gar nicht benötigt, ist kein sogenanntes funktionelles Recycling für die Legierungsmetalle erfolgt (UNEP 2011; NAKAMURA et al. 2012; LØVIK et al. 2014; MODARESI et al. 2014). Diese Anreicherung von Legierungselementen und Störmعادallen kann sogar so weit gehen, dass langfristig kein Bedarf bestehen wird, alle Schrotte zu recyceln, da zur Erreichung der notwendigen Produktqualität Verunreinigungen in Sekundärrohstoffen mit sauberem Primärmaterial verdünnt werden müssen (NAKAMURA et al. 2012; LØVIK et al. 2014; REUTER et al. 2013). Für bestimmte Anwendungen muss sogar vollständig Primärmaterial verwendet werden. So kann es – bei steigenden Recyclingraten – zu einem

Schrottüberschuss („scrap surplus“) kommen (NAKAMURA et al. 2012; LØVIK et al. 2014). Ein weiteres Beispiel ist die Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen. Hier wird zwar eine hohe Recyclingquote erreicht, aber der Einsatz von Bau- und Abbruchabfällen aus dem Hochbau erfolgt in der Regel nicht wieder im Hochbau, sondern im Tiefbau. Somit handelt es sich nicht um eine hochwertige Verwertung (KNBau 2018; UBA 2019c). Die im Vergleich zum Ausgangsstoff bzw. -material minderwertigeren Qualitäten gehen dann in Einsatzbereiche mit geringeren Anforderungen an die Stoff- bzw. Materialqualität und es entsteht zukünftig gegebenenfalls ein Überschuss dieser Sekundärrohstoffe.

Obwohl der Begriff der hochwertigen Verwertung bereits seit 1996 in der nationalen Abfallgesetzgebung besteht und im Kreislaufwirtschaftsgesetz seit 2012 eine Verordnungsermächtigung verankert ist (Tz. 134), wurden bisher keine Verordnungen erlassen, die spezifische Anforderungen an die Hochwertigkeit der Verwertung bzw. des Recyclings für ausgewählte Abfälle festlegt. Auch in ProgRess II sowie im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft finden sich keine Ansätze, die sich mit der Hochwertigkeit des Recyclings und damit der langfristigen Perspektive der Kreislaufführung eines Stoffes oder Materials auseinandersetzen. Die Definition von „hochwertigem Recycling“ wird zum Beispiel auch vonseiten der Metallindustrie eingefordert (Eurometaux 2016).

Rolle der Schadstoffausschleusung

164. Eng verknüpft mit der Schnittstelle zwischen Abfall-, Chemikalien- und Produktpolitik ist die Frage, welche Schadstoffe in derzeit genutzten Produkten und Infrastrukturen in welchen Mengen enthalten sind und wann diese als Abfall anfallen. Ohne dieses Wissen ist es kaum möglich, diese gezielt zu erfassen und dauerhaft aus dem Materialkreislauf zu ziehen und in letzten Senken unterzubringen bzw. zu zerstören (SRU 2005).

Sowohl im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft als auch auf nationaler Ebene in ProgRess II wird das Thema Schadstoffe insoweit betrachtet, als dass eine Schadstoffentfrachtung für die Kreislaufführung von Rohstoffen als notwendig erachtet wird und nur dadurch auch eine Akzeptanz für Sekundärrohstoffe geschaffen werden kann. Zusätzlich stellt der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft die Notwendigkeit der besseren Verknüpfung mit dem Chemikalien- und Produktrecht klar. Einige abfallwirtschaftliche Regelungen enthalten bereits Anforderungen zur Separierung von Schadstoffen, die zum Beispiel in Bauteilen enthalten sind. Jedoch wird der

Zielkonflikt zwischen der Schadstoffausschleusung und der Erhöhung der recycelten Mengen nicht ausreichend adressiert und mit klaren Zielen unterlegt. Auch die Frage, wann welche Schadstoffe zur Entsorgung anfallen bzw. ob und wie die Schadstoffeffassung gezielt gesteuert werden sollte, welchen Einfluss dies auf die erreichbaren Recyclingquoten hat und ob ausreichend finale Senken für die sichere Beseitigung zur Verfügung stehen, wird nicht diskutiert. Aus Sicht des SRU ist es notwendig, im Rahmen der Entwicklung von Kreislaufwirtschaftsstrategien Aspekte zur Schadstoffausschleusung stärker zu beachten.

3.4.5 Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen finanziell verankern

165. Eine der Grundfragen in der Kreislaufwirtschaft ist, wie das Ziel einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft neben Ver- und Geboten auch durch finanzielle Lenkungsmaßnahmen erreicht werden kann. Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz bewertete, welche Lenkungswirkung unterschiedliche Abgaben zugunsten einer Kreislaufwirtschaft bezüglich Vermeidung, Recycling und Verwertung entfalten können (Ecoplan AG und TBF + Partner AG 2015). Eine der Kernaussagen ist, dass Abfallgebühren keine Abfallvermeidungswirkungen zugeschrieben werden können, sie aber eine Lenkungswirkung hin zu Recycling und Verwertung haben. Lenkungsabgaben zugunsten einer Kreislaufwirtschaft bzw. der Abfallvermeidung seien vielmehr am Anfang des Materialstroms (Inputabgaben) – also direkt bei der Rohstoffgewinnung oder beim Import von Rohstoffen oder Produkten – am effizientesten und wirkungsvollsten. Abbildung 3-8 gibt einen Überblick über verschiedene Abgaben entlang des Lebensweges von Produkten.

166. Auch bei der Finanzierungskomponente ist die Lenkungswirkung in ökologische Recycling- und Verwertungsmaßnahmen von hoher Relevanz. Nicht alle ökologisch sinnvollen Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft tragen sich unter den aktuellen Marktbedingungen ökonomisch (Tz. 135 und 158). Die thematische Strategie für Abfallvermeidung und Recycling der Europäischen Kommission sieht vor, dass bei möglichem, aber unterbleibendem ökologisch sinnvollem Recycling, Maßnahmen ergriffen werden sollen, um dieses zu realisieren. Dies kann zum Beispiel durch die Einführung wirtschaftlicher Anreize und Herstellerverantwortungssysteme realisiert werden (Europäische Kommission 2005b). Auch

im Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft sowie der novellierten Abfallrahmenrichtlinie werden die Mitgliedstaaten aufgefordert, verstärkt ökonomische und andere Instrumente zu nutzen, die die Anwendung der Abfallhierarchie unterstützen (Tz. 145).

Die im Anhang IVa der novellierten Abfallrahmenrichtlinie aufgeführten Instrumente und Maßnahmen (Tz. 145) sind breit gefächert – bleiben aber unkonkret. Das gibt den Mitgliedstaaten einerseits Flexibilität in der Gestaltung ihres Kreislaufwirtschaftssystems, andererseits kann es dazu führen, dass sie diese Instrumente aufgrund fehlender verbindlicher Anforderungen nicht nutzen. Der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes übernimmt die Liste lediglich Eins-zu-eins, anstatt diese Instrumente und Maßnahmen konkret auszugestalten (Tz. 148; Kasten 8-12). Viele der im Anhang IVa aufgeführten Maßnahmen und Instrumente konnten auch bisher schon genutzt werden. Jedoch wurden sie kaum umgesetzt. Die Maßnahmen und Instrumente sollten aber nicht nur einzeln in ihrer Wirkung betrachtet werden, sondern in welcher Kombination sie für unterschiedliche Stoffströme und Produkte die beste Lenkungswirkung entfalten würden.

167. Mit Bezug auf bereits bestehende Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung seien hier die Entsorgung von Altfahrzeugen und Elektroaltgeräten beispielhaft genannt. Im Fall von Altfahrzeugen gibt es zwar eine Herstellerverantwortung, aber in der Realität wird die Verwertung über die Erlöse für die erzeugten Fraktionen finanziert, nicht durch die Hersteller. Mit einer Finanzierung könnten aber beispielsweise manuelle Demontagen von verschiedenen Werkstoffen und Bauteilen erfolgen, die eine deutlich bessere Kreislaufführung zum Beispiel für Aluminium, Glas, Kunststoffe sowie edel- und sondermetallhaltige Teile erlauben würden (SANDER et al. 2017). Im Falle von Elektroaltgeräten erfolgt die Vergabe von Verwertungsaufträgen durch die Hersteller auf Basis von privatwirtschaftlichen Verträgen. Die Kosten bzw. Erlöse sind hier ein treibender Faktor für die Auftragsvergabe. Auch die Prüfung zur Wiederverwendung findet bei den beauftragten Verwertungsunternehmen unter anderem aus Kostengründen kaum statt. Hierfür ist eine deutlich schonendere Sammlung und der Zugriff auf Altgeräte durch Akteure aus dem Reparaturbereich notwendig (SANDER et al. 2019). Diese Aktivitäten sind ökonomisch aber nicht konkurrenzfähig zum etablierten System der nicht zerstörungsfreien Sammlung und dem Schreddern von Altgeräten mit anschließender maschineller Sortierung.

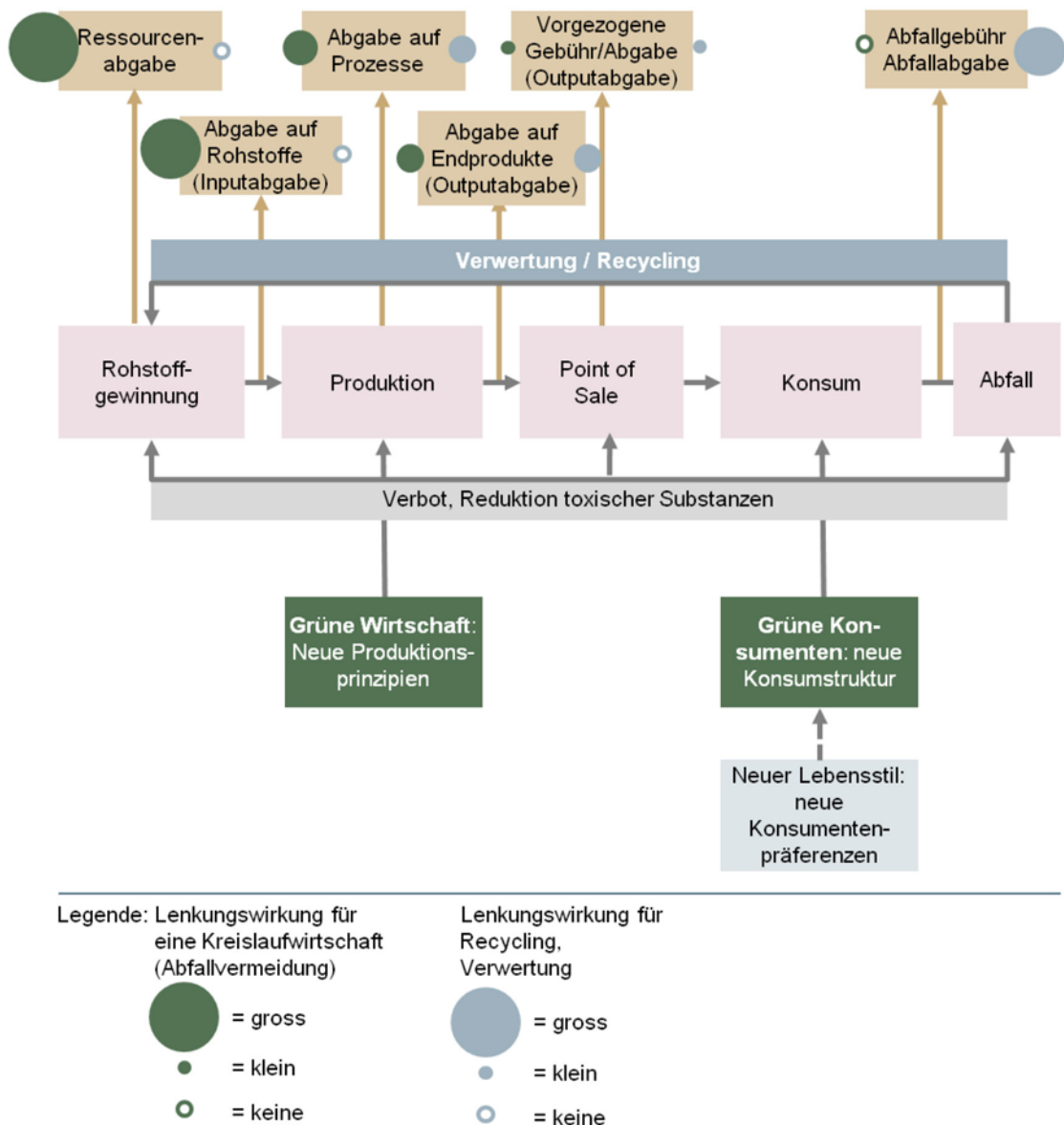
Mit der expliziten Aufnahme der öffentlichen Beschaffung in die Liste der Instrumente und Maßnahmen des Anhangs IVa wird die Rolle und Marktstellung von staatlichen Institutionen verdeutlicht. Aber auch hier bleiben die Anforderungen unkonkret und es wird vor allem auf den Einsatz von Produkten aus Recyclingmaterial abgestellt. Nicht angesprochen wird, dass staatliche Institutionen gerade auch bei der Verringerung des Verbrauchs eine Vorreiterrolle einnehmen könnten.

3.4.6 Zwischenfazit: Herausforderungen für Deutschland

168. Der SRU versteht die Kreislaufwirtschaft als eine auf ökologische Nachhaltigkeit ausgerichtete Steuerung der gesellschaftlichen Stoffströme (SRU 2019, Tz. 126 f., 272 ff. und 362). Dafür ist es notwendig, stärker als bisher die beiden obersten Stufen der Abfallhierarchie

o **Abbildung 3-8**

Lenkungswirkung von Abgaben für eine Kreislaufwirtschaft



Quelle: Ecoplan AG und TBF + Partner AG 2015, S. 40, angepasst

umzusetzen sowie Konsumaspekte in die Kreislaufwirtschaft zu integrieren. Dafür sollten der klassischen Abfallhierarchie zwei Stufen vorausgestellt werden, die klar die Produktphase adressieren. Dies ist zum einen die absolute Verringerung der Stoffströme und zum anderen die verbindliche kreislaufwirtschaftsfähige Gestaltung von Produkten, die nicht nur Recyclingfähigkeit, sondern vor allem auch Aspekte wie Langlebigkeit und Schadstofffreiheit beinhaltet. Mit dem Kreislaufwirtschaftspaket hat die EU eine Strategie verabschiedet, die über die bisherigen Ansätze der kreislauforientierten Abfallwirtschaft hinausgeht. So nimmt sie den gesamten Lebenszyklus von Produkten in den Blick und definiert Schwerpunkte für zu betrachtende Stoff- und Materialströme.

Bezüglich konkreter Ziele in den verschiedenen gesetzlichen Regelungen und Programmen sowohl auf EU- als auch auf deutscher Ebene ist festzustellen, dass lediglich die drei letzten Stufen der Abfallhierarchie (Recycling, sonstige Verwertung, Beseitigung) mit konkreten Zielen spezifiziert werden, während dies für die ersten beiden Stufen (Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung) nicht bzw. kaum der Fall ist.

Insofern hat sich in Deutschland eine kreislauforientierte Abfallwirtschaft etabliert, die hauptsächlich die absolut notwendigen Maßnahmen für den sicheren Umgang mit Abfällen festlegt sowie einen Recyclingsektor geschaffen hat, der sich vorrangig an den vorherrschenden ökonomischen Rahmenbedingungen ausrichtet.

Für den Schritt aus der Rhetorik in die Praxis und somit von der kreislauforientierten Abfallwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft bedarf es der richtigen Instrumente – auch in ihrer Kombination (WILTS 2017). Problemanalyse, Maßnahmenentwicklung und Instrumentenwahl sind komplex, weil es sich um eine Vielzahl von Produkten und Akteuren handelt, Wohlstand mit dem Besitz von materiellen Gütern einhergeht und sowohl Produktion als auch Abfallwirtschaft global stattfinden. Insbesondere die Anwendung ökonomischer Instrumente sollte geprüft werden (siehe z.B. YRJÖ-KOSKINEN et al. 2018 für Finnland). Dennoch ist es aus Sicht des SRU erforderlich, die Zielstellungen deutlicher als bisher aus der ökologischen Notwendigkeit heraus abzuleiten und vor allem auch Kohärenz mit anderen Politikbereichen und den dort formulierten Strategien und Programmen herzustellen.

3.5 Herausforderungen auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft: Fallbeispiel Kunststoffe

169. Herausforderungen und Hemmnisse für eine hochwertige Kreislaufführung von Materialien sind produktspezifisch, daher soll in diesem Kapitel konkret an zwei Produktströmen gezeigt werden, wie die Umsetzung der Programmatik in der Realität scheitern kann.

3.5.1 Kunststoffe – ein Umweltproblem?

170. Kunststoffe sind Teil einer auf fossile Rohstoffe ausgelegten Industriestruktur. Der Umgang mit ihnen in einer schnelllebigen Konsumgesellschaft verursacht weltweit Probleme durch eine ubiquitäre Verteilung in der Umwelt. Gleichzeitig bieten sie aber auch einen hohen Nutzen, zum Beispiel als Dämm- oder Leichtbaumaterial mit dem Ziel der Energieeinsparung.

Zunehmender Kunststoffeinsatz

171. Aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften haben Kunststoffe in den letzten 150 Jahren wie kaum ein anderes Material an Bedeutung gewonnen. Die Erzeugung und die Verwendung stiegen weltweit von 2 Mio. t im Jahr 1950 auf 381 Mio. t im Jahr 2015 (GEYER et al. 2017). Kunststoffe ersetzen dabei zunehmend andere Werkstoffe wie Papier, Holz, Glas oder Metall. Gründe dafür sind sowohl Produkaspekte, wie Gewichtsreduktion, Lebensdauer oder Funktionalität, als auch Modetrends, Werbewirksamkeit und vor allem die vergleichsweise geringen Herstellungskosten (BPF 2014). Im Jahr 2017 wurden 4 bis 6 % des in Europa verwendeten Erdöls für die Kunststoffherzeugung eingesetzt (PlasticsEurope 2018a, S. 8).

172. Die Mengenströme von festen Kunststoffen innerhalb Deutschlands werden regelmäßig dokumentiert (Conversio 2018b; Consultic 2016). So wurden 2017 insgesamt 14,4 Mio. t Kunststoffe in Form von Verpackungen, Bauprodukten, in Fahrzeugen, Elektrogeräten, Haushaltsgegenständen und Möbeln, in der landwirtschaftlichen Verwendung, der Medizin sowie vielfältig unter der Kategorie „Sonstiges“ verarbeitet (Abb. 3-9). Kunststoffe werden auch in flüssiger Form in Lacken, Klebern oder Fasern verwendet. Deren Wirkungen, Eintragswege in die und Austragswege aus der Umwelt

unterscheiden sich allerdings deutlich von den Lebenswegen fester Objekte aus Kunststoff und werden in diesem Kapitel nicht weiter betrachtet.

Der Verbrauch an Kunststoffen stieg kontinuierlich an (Abb. 3-10). Unter Berücksichtigung von Importen und Exporten wurden 2017 in Deutschland 11,8 Mio. t Kunststoffe genutzt. In einzelnen Produktbereichen ist der Anstieg besonders signifikant, wie beispielsweise bei den Verpackungen, wo sich der Kunststoffeinsatz von 1991 bis 2017 fast verdoppelt hat (SCHÜLER 2018, S. 48).

173. Abbildung 3-10 zeigt, dass im Verhältnis zu 11,8 Mio. t in Verkehr gebrachter Kunststoffe nur 6,2 Mio. t als Abfall erfasst und behandelt wurden. Diese Mengendifferenz hat verschiedene Gründe: So beträgt die Nutzungsdauer von Kunststoffprodukten zwischen Minuten für Produkte wie Einweggeschirr, bis hin zu Jahrzehnten für Möbel oder Baustoffe. Entsprechend sind die Zeiträume zwischen Produktion und Anfall als Abfall unterschiedlich lang. Teilweise – wie bei Fahrzeugen der Fall – werden die Produkte nach einer Nutzung in Deutschland anderswo weiter genutzt und fallen entsprechend gar nicht im Inland als Abfall an (Conversio 2018b, S. 9).

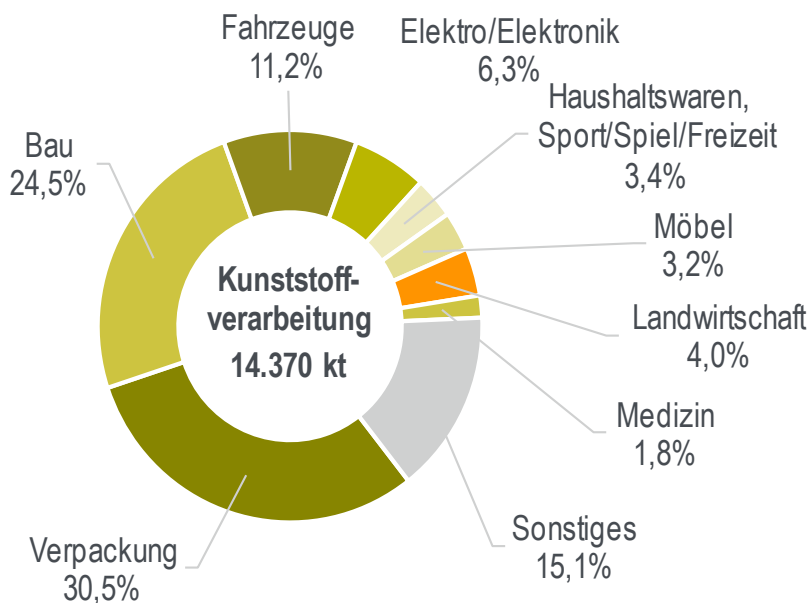
Erfassung, Verwertung und Entsorgung von Kunststoffen

174. 2017 wurden 6,2 Mio. t Kunststoffe als Abfall erfasst, davon 1 Mio. t als Produktionsabfälle und 5,2 Mio. t nach der Nutzung als Post-Consumer-Abfälle (Abb. 3-11; Conversio 2018b, S. 11). Die Erfassung schließt sowohl die getrennte Sammlung durch die dualen Systeme ein als auch Kunststoffanteile, die mit dem Restabfall erfasst wurden, ebenso wie Sperrmüll oder Gewerbeabfall (STEGGER et al. 2019, S. 79). Mit zunehmendem Konsum von Kunststoffprodukten und der Ausweitung der getrennten Sammlung von Verpackungsabfällen nehmen die separat erfassten Mengen zu (Abb. 3-10): Diese stiegen von 57 kg pro Kopf in 2007 auf 74 kg pro Kopf in 2017 an (s. UBA 2018a).

Über 99 % der Kunststoffabfälle gelten nach Definition der Abfallrahmenrichtlinie als verwertet, mehr als die Hälfte davon energetisch. Dies umfasst auch Mengen, die in Abfallverbrennungsanlagen verbrannt werden, welche Mindestanforderungen an die Energieeffizienz gemäß Abfallrahmenrichtlinie erfüllen. Diesen Status haben nach aktuellen Schätzungen fast 100 % der Müllverbrennungsanlagen (MVA) (SCHÜLER 2018, S. 108). 46,2 %

o Abbildung 3-9

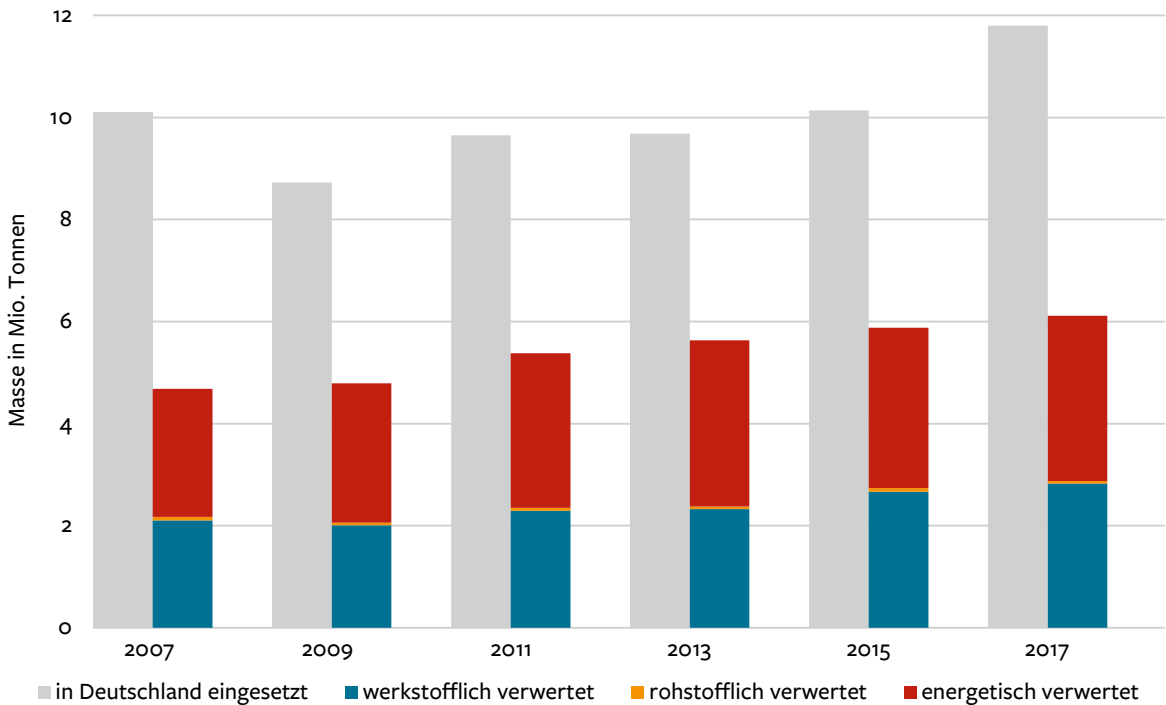
Anteile der Branchen an der Kunststoffverarbeitung im Jahr 2017



Quelle: Conversio 2018b, S. 15

o **Abbildung 3-10**

Kunststoffeinsatz und -verwertung in Deutschland (2007 bis 2017)



SRU 2020; Datenquelle: UBA 2018a; Conversio 2018b; Consultic 2016; 2014; 2012; 2010; 2008

der Gesamtkunststoffmenge wurde 2017 werkstofflich verwerten.

Hochwertigkeit der Verwertung

175. Für die Bewertung der Kreislaufführung ist entscheidend, welche Mengen und Qualitäten an Rezyklaten in den Kreislauf neu eingespeist und welche Rohstoffe dadurch ersetzt werden. Im Rahmen der stofflichen Verwertung wurden innerhalb Deutschlands 2017 aus 2,2 Mio. t Input etwa 1,9 Mio. t Rezyklat (davon 0,8 Mio. t aus Post-Consumer-Abfällen) erzeugt (Abb. 3-11). Dieses umfasst sowohl Regranulate definierter Qualität als auch Mischkunststoffe, die einen Störstoffgehalt bis 10% erlauben und für Produkte wie Parkbänke, Straßenbauprodukte (z.B. Bakenfüße und Aufstellvorrichtungen, Pfosten, Leitkegel, Leitzylinder und Absperrungen) eingesetzt werden (Consultic 2015, S. 23; Conversio 2018a, S. 68). Mit diesen Anwendungen werden oft nicht Kunststoffe per se, sondern auch andere Materialien, wie Holz,

Beton oder andere mineralische Produkte substituiert. Generell sind der werkstofflichen Verwertung Grenzen durch das Produktdesign gesetzt, zum Beispiel durch den Einsatz von Verbundkunststoffen mit verschiedenen nicht mechanisch trennbaren funktionalen Schichten, aber auch durch die Vielzahl von Farb- und Additivzusätzen (RAGAERT et al. 2017).

Kunststoffe in der Umwelt

176. Gelangen Kunststoffe in die Umwelt statt in eine geordnete Entsorgung, werden sie nur sehr langsam abgebaut und können dort Schäden verursachen (UBA 2019e; BERTLING et al. 2018; BREITBARTH und URBAN 2014). Ein Eintrag geschieht durch bewusst eingesetztes Mikroplastik (z.B. in Kosmetik und Putzmitteln) oder passiv, beispielsweise durch Abrieb von Reifen oder Textilien oder durch Fahrlässigkeit (Littering z.B. von Verpackungen oder Zigarettenfiltern, Verwehungen, Fischernetzen auf See). Aus großstückigen Kunststoffteilen (Makroplastik)

entstehen durch Alterungs-, Witterungs- und weitere physikalische Einflüsse immer kleinere Teilchen, die sich über Wasser und Luft verbreiten (Meso- und Mikroplastik). Mikro-, Meso- und Makroplastik sind deshalb nahezu weltweit in Flüssen, Meeren und terrestrischen Ökosystemen zu finden. Dies hat direkte Folgen für Lebewesen, die sich verheddern, verletzen oder durch mit Plastikteilchen gefüllte Mägen verhungern können (HANN et al. 2018; WERNER 2019). Zu den möglichen Folgen durch die Freisetzung von chemisch bzw. hormonell wirksamen Additiven (ZIMMERMANN et al. 2019) sowie Wirkungen innerhalb der Ökosysteme und auf den Menschen sind viele Fragen offen (SCHWABL et al. 2019; WHO 2019; BfR 2018; EFSA 2016).

1,4 kg pro Kopf jährlich liegen. Diese werden durch Park- und Straßenreinigung auf eine Restmenge von circa 0,4 kg pro Kopf reduziert, die in der Umwelt verbleiben. Weitere Verringerungen lassen sich durch gezielte Maßnahmen erreichen (BERTLING et al. 2018, S. 15). Gerade im Bereich der Außer-Haus-Verpflegung bestehen bereits konkrete Lösungen, zum Beispiel durch Mehrwegsysteme für To-Go-Becher (KAUERTZ et al. 2019). Schwieriger zu reduzieren sind die diffusen Einträge an Mikroplastik, wie zum Beispiel durch Reifenabrieb, der knapp ein Drittel des pro Kopf emittierten Mikroplastiks (Gesamtmenge ca. 4 kg pro Kopf und Jahr) ausmacht (BERTLING et al. 2018, S. 10 und 15).

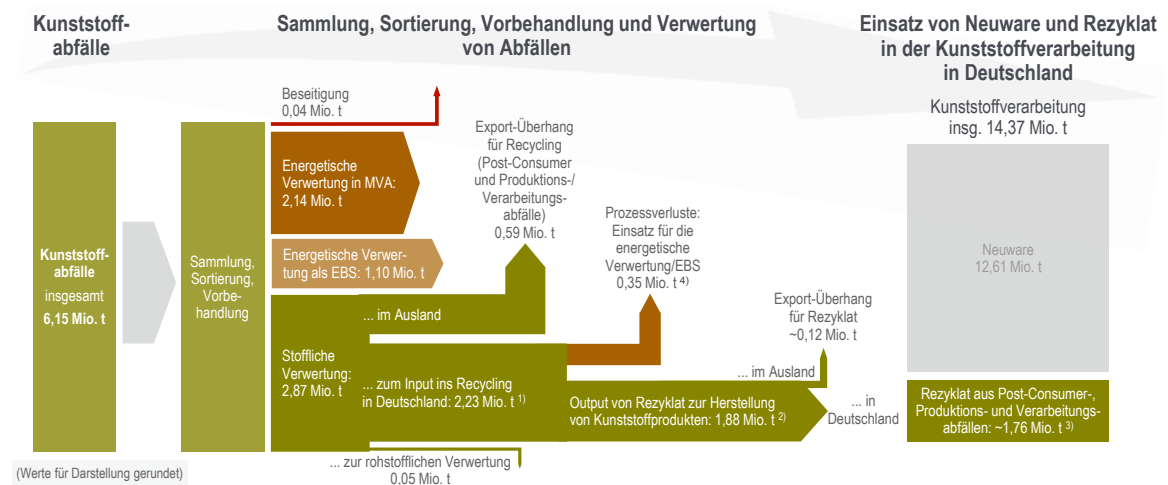
In Deutschland ist der direkte Eintrag von Makroplastik in die Umwelt vergleichsweise niedrig, weil die Erfassung von Kunststoffabfällen in den etablierten Entsorgungssystemen weitgehend gelingt. So wurden 2017 circa 63 kg Kunststoffabfall pro Kopf aus dem Post-Consumer-Bereich erfasst, während die Einträge durch Littering nach einer ersten Schätzung derzeit bei etwa

Kunststoffe und Klimaschutz

177. Kunststoffe wurden 2017 noch zu mehr als 99 % aus erdölstämmigen Vorprodukten erzeugt (s. IfBB 2018, S. 42; PlasticsEurope 2018b, S. 18). Schon die Herstellung von Kunststoffen verursacht Umweltbelastungen. Gewinnung, Raffination, Transport und Verarbeitung von Erdöl haben Folgen wie zum Beispiel die Zerstörung von

o **Abbildung 3-11**

Aufbereitung von Kunststoffabfällen zum Wiedereinsatz (2017)



¹⁾ Davon rd. 1,76 Mio. t Input bei Recyclingbetrieben sowie rd. 0,47 Mio. t Input in internes Recycling bei Kunststoffverarbeitern

²⁾ Davon rd. 1,41 Mio. t Output bei Recyclingbetrieben sowie rd. 0,47 Mio. t Output durch internes Recycling bei Kunststoffverarbeitern

³⁾ Inklusive ca. 0,135 Mio. t Rezyklat bei Recyclern mit eigener Produktherstellung

⁴⁾ Geringfügige Mengen an Prozessverlusten beim Recycling von Produktions- und Verarbeitungsabfällen wurden in den dargestellten Mengen für „Energetische Verwertung in MVA bzw. als EBS“ bereits berücksichtigt

EBS = Ersatzbrennstoffe

Quelle: Conversio 2018b, S. 10

Lebensräumen oder Emissionen in Wasser, Boden und Luft. Zudem erfordert jeder Verfahrensschritt Energie (CIEL 2019).

Die Emissionen aus der Produktion schwanken zwischen 1,6 und 4,0 t CO_{2eq} pro Tonne Kunststoff (PlasticsEurope 2019) mit einem Durchschnitt von 2,7 t CO_{2eq} pro Tonne Kunststoff (Material Economics Sverige AB 2018, S. 166). Diese Menge variiert je nach Polymerart und Herstellungsverfahren.

Der Beitrag, der bei der Verbrennung von Kunststoffen mit und ohne energetische Verwertung entsteht, wird durch die Verbrennung des chemisch gebundenen Kohlenstoffes bestimmt. Je nach Polymerart und deren Kohlenstoffgehalt (KOST 2001) lassen sich die direkten Emissionen durch Oxidation des Kohlenstoffs auf 1,4 bis zu 3,1 t CO₂ pro Tonne Kunststoff berechnen. Die Durchschnittsemissionen für die Verbrennung über alle Polymerarten werden nach Material Economics Sverige AB (2018, S. 80) mit 2,5 t CO₂ pro Tonne Kunststoff angegeben. Die Abschätzungen der direkten Emissionen berücksichtigen explizit keine CO₂-Gutschriften für Strom- und Wärmeproduktion aus der energetischen Verwertung, da diese künftig wenig Relevanz für die ökologische Bewertung der Klimawirksamkeit haben werden. Eine weitgehende Dekarbonisierung der Wirtschaft führt im Strom- und Wärmesektor zu einer nahezu CO₂-freien Energiebereitstellung und damit zum Beispiel zu Stromgutschriften deutlich unter 100 g CO₂/kWh für erzeugten Strom (Öko-Institut 2014).

Aktuell ergeben sich für die in Deutschland in Produkten verwendete Kunststoffmenge Emissionen von circa 30 Mio. t CO_{2eq} pro Jahr aus der Herstellung und 9 Mio. t CO₂ aus der Verbrennung der anfallenden Kunststoffabfälle (zum Vergleich: In Deutschland wurden 2017 insgesamt 904,7 Mio. t Treibhausgase freigesetzt, s., „Klimabilanz 2017: Emissionen gehen leicht zurück“, gemeinsame Presseerklärung von UBA und BMU vom 26. März 2018). Die globale Klimawirksamkeit des Kunststoffeinsatzes wird aus Hochrechnungen von CIEL (2019) deutlich. Die Autoren schätzen ab, dass sich die globalen Treibhausgasemissionen aus der Produktion und der Verbrennung von Kunststoffen bis 2050 auf 56 Gt CO₂ kumulieren werden. Damit würden circa 10 bis 13 % des globalen Kohlenstoffbudgets beansprucht, das zum Erreichen des 1,5°-Klimaziels maximal verbleibt (legt man eine 50 bzw. 67%ige Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung zugrunde (Tab.2-1)), wenn sich der Verbrauch und der Umgang mit Kunst-

stoff nicht nachhaltig ändert. Diese Zahlen verdeutlichen, dass wirksamer Klimaschutz auch den Umgang mit Kunststoffen berücksichtigen muss.

3.5.2 Regulierung und Strategien

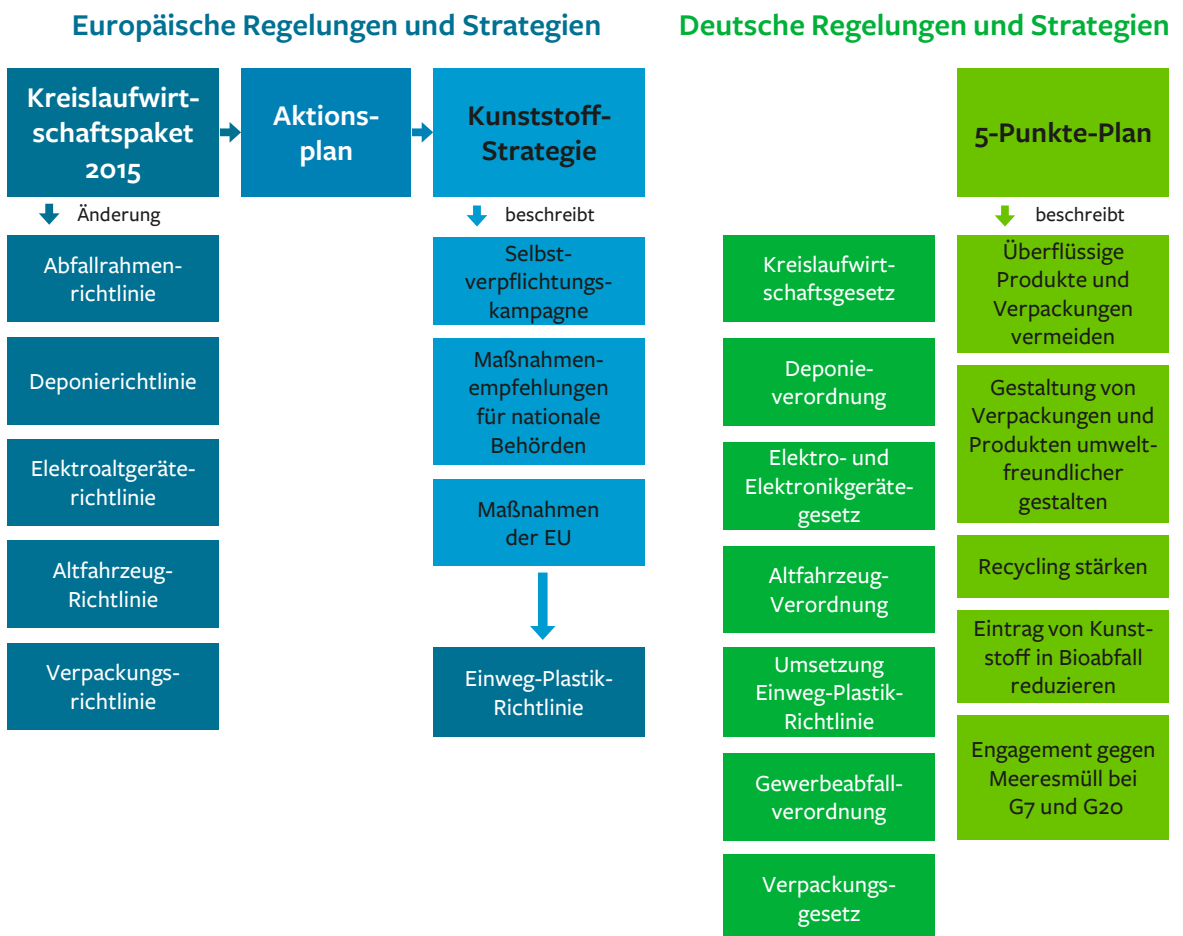
178. Auf europäischer Ebene werden Kunststoffe abfallseitig vor allem durch die Abfallrahmenrichtlinie und die Verpackungsrichtlinie reguliert (Abb. 3-12). Im Rahmen des EU-Kreislaufwirtschaftspakets wurden mit dem sogenannten Legislativpaket (Tz. 145) Änderungen der Richtlinien beschlossen. Die dort vorgesehenen Recyclingquoten, Deponierungsverbote für separat gesammelte Abfälle und die Förderung des Rezyklateinsatzes zielen auf eine Steigerung der im Kreislauf geführten Mengen. Gemäß dem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft erarbeitete die Kommission eine eigene Strategie für Kunststoffe (Europäische Kommission 2018b; 2013), die den Schwerpunkt auf umweltgerechte Optimierungen entlang von Gestaltung, Herstellung, Verwendung und Recycling legt. Es bestand insbesondere große Einigkeit darüber, dass der Eintrag von Kunststoffen in die Meere eingedämmt werden muss (s. a. OSPAR Commission 2014; HELCOM 2015; WERNER 2019). Eine erste verbindliche Regelung stellt die Einweg-Plastik-Richtlinie dar, die die Mitgliedstaaten unter anderem verpflichtet, typische und bereits ersetzbare Einwegkunststoffprodukte ab 2021 zu verbieten.

In Deutschland wurde 2018 zudem ein strategisches Konzept – der 5-Punkte-Plan „Nein zur Wegwerfgesellschaft“ – veröffentlicht (BMU 2018), welches verschiedene Ansätze zur Vermeidung und zu einem verbesserten Recycling von Kunststoff(verpackungs)abfällen verfolgt. Mit dem Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes soll auch die Verordnungsermächtigung für generelle Produktverbote erweitert werden, um die Einweg-Plastik-Richtlinie in deutsches Recht überführen zu können.

Die Wirksamkeit der Regelungen und Konzepte hängt jedoch davon ab, wie, wie schnell und mit welchen Instrumenten diese konkret umgesetzt werden. Dabei sind die Rahmenbedingungen je nach Produktstrom und Einsatzgebiet sehr unterschiedlich. Für die Verbrauchgruppen Verpackung (kurzlebig, kleinteilig, hohe Materialvielfalt) und Fahrzeuge (langlebig, teils großstückig oder schadstoffhaltig, hohe Materialanforderungen). Beide Gruppen zusammen machen über 40 % der insgesamt in Deutschland verarbeiteten Menge

o Abbildung 3-12

Regulierung des Stoffstroms Kunststoffe auf europäischer und deutscher Ebene



SRU 2020

aus (Abb. 3-9). Nachfolgend sollen einige Besonderheiten mit Blick auf die Vermeidung (Verpackungen) und das Recycling (Fahrzeuge) hervorgehoben werden. Für beide Produktströme existieren Regelungen nach § 23 KrWG (Produktverantwortung).

3.5.3 Kunststoffverpackungen: Status quo der Vermeidung

179. Transport- und Verkaufsverpackungen werden genutzt für Schutz, Konfektionierung und effektive Logistik, Werbe- und Wiedererkennungseffekte, Hygiene und einfache Handhabung im Verkauf. Politik und Gesellschaft streben sinkende Verpackungsmengen an (BMU

2018; PwC 2018). Kunststoffeinwegverpackungen bilden einen kurzlebigen, sehr vielfältigen Stoffstrom, der in Deutschland wie andere Kunststoffe (Tz. 173) nach seiner Nutzung weitgehend erfasst und ordnungsgemäß entsorgt wird.

2017 wurden von 3,4 Mio. t Kunststoffverpackungen circa 47 % stofflich und circa 47 % energetisch verwertet, der Rest wurde zur stofflichen Verwertung exportiert (SCHÜLER 2018, S. 133 ff.). Die Verwertungsquote (stoffliche und energetische Verwertung gemäß der für diese Jahre gültigen Berechnungsmethode) stieg im Laufe der letzten Jahrzehnte von 11,7 % (1991) auf 99,4 % (2017) (GVM 2018, S. 16). Im gleichen Zeitraum stieg aber die Menge an angefallenen und entsorgten Kunststoffverpackungen von 20,5 auf 38,5 kg

pro Kopf und Jahr (SCHÜLER 2018, S. 48), davon 12,2 bzw. 25,4 kg beim privaten Endverbraucher (ebd., S. 51). Mögliche Gründe für den Anstieg der Mengen liegen zum Beispiel in der Zunahme von Singlehaushalten, die kleinere Verpackungseinheiten bevorzugen, dem Trend zu fertig zubereiteten transportablen Mahlzeiten und im zunehmenden Versandhandel (ebd., S. 43 ff.).

Etablierte Instrumente für die Vermeidung von (Kunststoff-)Verpackungsabfällen

180. Im Verpackungsgesetz heißt es: Das Gesetz soll „das Verhalten der Verpflichteten so regeln, dass Verpackungsabfälle vorrangig vermieden und darüber hinaus einer Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zugeführt werden“ (§ 1 Abs. 1 VerpackG). Alle dort verankerten Instrumente basieren auf dem Grundgedanken der Produktverantwortung. So verpflichtet § 4 VerpackG die Hersteller zu einer materialsparenden, recyclingorientierten, schadstoffarmen Gestaltung von Verpackungen. Auch die Steigerung der Wiederverwendbarkeit und ein möglichst hoher Einsatz von Rezyklaten sind vorgeschrieben. Diese sehr allgemein gehaltenen Anforderungen werden jedoch nicht weiter konkretisiert, sodass ihnen kaum konkrete Verhaltensregeln entnommen werden können und sie somit in der Rechtspraxis nicht vollziehbar bzw. sanktionierbar sind.

181. Das Ziel der Vermeidung soll gemäß § 1 VerpackG dadurch erreicht werden, dass der Anteil der in Mehrwegverpackungen abgefüllten Getränke erhöht wird. Ein Zielwert für den Mehrweganteil bei Getränken wurde in der früheren Verpackungsverordnung und wird auch im nunmehr geltenden Verpackungsgesetz genannt (LEIGHTY und HEINISCH 2018, S. 53). Aktuell liegt er bei 70 %. Weil die ursprünglich geltende Zielquote von 72 % unterschritten wurde, wurde bereits 2003 die Einführung eines Pflichtpfands auf bestimmte Einweggetränkeverpackungen wirksam. Dieses Instrument führte zwar zu hohen Rücklaufquoten von bepfandeten Einweggetränkeverpackungen, größerer Materialreinheit der separat erfassten Getränkeverpackungen sowie einer Abnahme des Litterings, nicht jedoch zu einer Stabilisierung der Mehrweganteile (Abb. 3-13). Seit Januar 2019 gilt eine Hinweispflicht für bepfandete Einweg- und Mehrweggetränkeverpackungen an den Regalen zur Verbraucherinformation, um die Nutzung von Mehrwegflaschen anzureizen. Von der Hinweispflicht ausgenommen sind jedoch alle nicht-pfandpflichtigen Einweggetränkeverpackungen, beispielsweise für Fruchtsaft.

182. In diversen Studien (SCHONERT et al. 2002; GDB 2008; IFEU 2010; KAUERTZ et al. 2018) wurden Mehrweggetränkeverpackungen unter ökologischen Gesichtspunkten auf Basis der gegenwärtigen Rahmenbedingungen nicht grundsätzlich positiv bewertet (s. Kasten 3-5).

183. Konsumtrends, eine Änderung der Bewertungskriterien von Ökobilanzen, aber auch regulatorische Vorgaben können Auswahl und Angebot von Getränkeverpackungen beeinflussen. Auch für andere Verpackungsarten und Nutzungen, zum Beispiel Transport- und Umverpackungen (Fraunhofer IBP 2018; LANG und PELKA 2013) oder To-Go-Becher (KAUERTZ et al. 2019), können Mehrwegsysteme durch hohe Umlaufzahlen, durch mehr Standardisierung und echte Poollösungen so gestaltet werden, dass sie ökobilanzielle Vorteile haben.

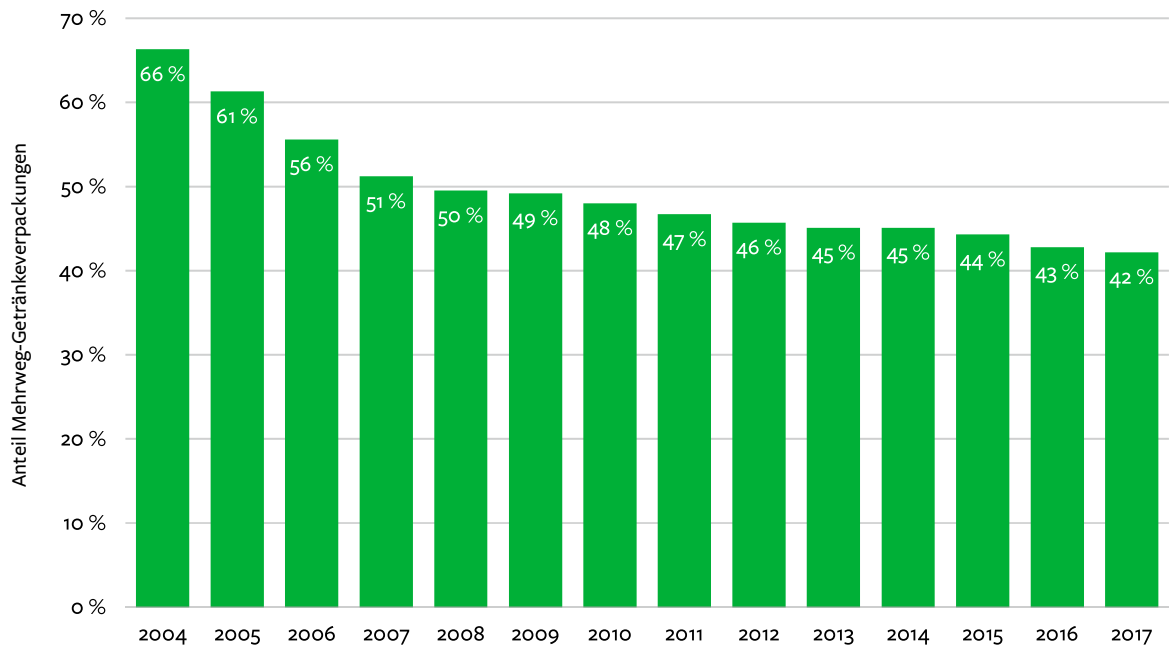
Derzeit wird international erprobt, ob sich Mehrwegsysteme auf ausgewählte Verpackungen von Lebensmitteln, Reinigungs- und Kosmetikartikeln ausdehnen lassen (WirtschaftsWoche 15.05.2019; dm drogerie markt GmbH 2019; Ellen MacArthur Foundation 2019; MEYER 2019). Diese sind jedoch noch auf einzelne kleinskalige Initiativen beschränkt.

184. Das Abfallvermeidungsprogramm des Bundes von 2013 empfahl zwei Instrumente, die auch Kunststoffverpackungen betrafen. Vorgeschlagen wurde erstens, im Einzelfall freiwillige Vereinbarungen zwischen dem Handel und staatlichen Stellen zu schließen. Zweitens sollten die Ausrichter von Veranstaltungen, auf die Bund oder Länder Einfluss nehmen können, zur Umstellung von Einweg- auf Mehrweggeschirr verpflichtet werden.

185. Politik, Öffentlichkeit, Hersteller und Handel suchen derzeit nach Wegen, mit dem Problem des Kunststoffabfalls anders umzugehen. Im Fokus stehen dabei vor allem Verpackungskunststoffe. Viele der Maßnahmen zielen darauf, mehr Kunststoffe länger im Kreislauf zu halten, also zu recyceln (z. B. G7 2018; BMU 2018; IK 2018; AEPW 2019). Eine Reduktion der absoluten Kunststoffmengen wird in Selbstverpflichtungen einzelner Handelsketten avisiert, zum Beispiel „minus 20 % Kunststoffverbrauch bis 2025“ (LIDL 2018, S. 28) oder „Reduktion der Verpackungsmenge bei Eigenmarken um 30 Prozent bis 2025“ (Aldi Nord 2019). Die Erfolge von freiwilligen Selbstverpflichtungen der Wirtschaft können nur anhand von konkreten Zielwerten und mit Bezug auf den absoluten Verbrauch an Kunststoffverpackungsmaterial beurteilt werden.

o Abbildung 3-13

Entwicklung der Mehrweganteile bei Getränkeverpackungen (2004 bis 2017)



SRU 2020; Datenquelle: BMU 2019a; LEIGHTY und HEINISCH 2018

Kasten 3-5: Bewertung von Mehrwegsystemen – Relevanz der Rahmenbedingungen

Ein Instrument, um eine vergleichende ökologische Bewertung zum Beispiel für Produkte oder Dienstleistungen vorzunehmen, sind Ökobilanzen. Sie können auch Maßnahmen der Abfallvermeidung aus der Lebenszyklusperspektive untersuchen, wie dies vom Kreislaufwirtschaftsgesetz gefordert ist. In aktuellen Ökobilanzen für Getränkeverpackungen schneiden Mehrweglösungen teilweise schlechter ab als Einweglösungen (KAUERTZ et al. 2018; IFEU 2011). Grund sind bei Glas-Mehrwegflaschen lange Transportwege, ihr hohes Gewicht, die CO₂-Emissionen durch Erdgasnutzung bei der Glasherstellung sowie die deutlichen Strom- und damit CO₂-Gutschriften bei der energetischen Verwertung von Getränkekartons durch deren biogene Anteile. Die Berechnungen sind konform mit der Norm ISO 14040 und beruhen in der Regel auf Annahmen, die den aktuellen Ist-Stand und Bedingungen mit einer weitgehenden abgebauten Mehrweginfrastruktur abbilden. So werden in KAUERTZ et al. (2018)

für Milchglasflaschen Transportentfernungen von 1.400 km angesetzt, für Getränkekartons 700 km. Ökobilanzen, die mit Annahmen heutiger Rahmenbedingungen gerechnet werden, werden als Argument dafür genutzt, dass das Mehrwegsystem auch aus ökologischen Gründen in der Zukunft immer weniger genutzt werden wird. Um trotzdem aus Ökobilanzen Politikentscheidungen für eine richtungssichere Umweltpolitik abzuleiten, sollten die zugrunde gelegten Rahmenbedingungen kritisch geprüft werden.

Geht es um die strategischen Weichenstellungen für die Kreislaufwirtschaft der Zukunft, in der die erste Stufe der Abfallhierarchie, nämlich die Vermeidung, gestärkt und insgesamt der Stoffdurchsatz in der Gesellschaft verringert werden soll, sind die Rahmenbedingungen der Zukunft zu berücksichtigen. Dazu zählt insbesondere eine treibhausgasneutrale, weitgehend dekarbonisierte Wirtschaft.

Derzeit werden in vielen Ökobilanzen CO₂-Gutschriften für energetisch verwertete Materialien erteilt, weil diese fossil erzeugten Strom bzw. Wärme gemäß

dem aktuellen Energiemix ersetzen. Diese Gutschriften reduzieren sich mit dem Anteil von erneuerbaren Energien und werden langfristig nicht mehr anwendbar sein (Öko-Institut 2014). Dies wird auch dazu führen, dass bei der Verbrennung des Faseranteils von Getränkekartons die Stromgutschriften nicht mehr CO₂-Gutschriften zur Folge haben (ebd.) und dass die Glasherstellung wegen des Einsatzes alternativer Brennstoffe weniger CO₂-Emissionen verursacht. Ebenso werden Transportentfernungen mit treibhausgasneutralem Verkehr bestritten werden oder Waschvorgänge für Mehrwegflaschen unter Einsatz erneuerbarer Energien durchgeführt. Solche Annahmen werden sich auf die ökobilanzielle Bewertung in der Zukunft auswirken, die heute noch CO₂-dominiert sind (KAUERTZ et al. 2018; UBA 2014).

Auch Veränderungen im System können zu einer Neubewertung führen: Eine Zunahme von einheitlichen Mehrweggefäßen wie Mehrwegpoolflaschen, aus denen sich viele Abfüllbetriebe bedienen können, ermöglicht kurze Wege zur Wiederbefüllung und regi-

onale Vertriebsstrukturen, wodurch sich die Transportwege deutlich reduzieren lassen („Mehrweganteil bei Getränken 2017 weiter gesunken“, Pressemitteilung des UBA vom 18. September 2019).

Eine ökologische Vorteilhaftigkeit kann sich also aus der Skalierung und der Langfristbetrachtung von Lösungsansätzen ergeben, die unter aktuellen durchschnittlichen Rahmenbedingungen nicht gegeben ist. Als Entscheidungsgrundlage für politische Vorgaben und Lenkungen sollten neben den aktuell bestehenden durchschnittlichen Systemen vorrangig langfristig ökologisch ambitioniert weiterentwickelte Systeme bewertet werden.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe von bewertungsrelevanten Aspekten, die nicht über die Wirkungskategorien von Ökobilanzen abgebildet sind, wie Biodiversität und Meeresvermüllung, die komplexe toxikologische Bewertung von Mikroplastik oder anderen Schadstoffen. Diese Tatsachen werden mit der klassischen Anwendung des Instrumentes Ökobilanz bislang nicht ausreichend berücksichtigt.

3.5.4 Kunststoffe aus Altfahrzeugen: Status quo der Verwertung

186. Nach dem Verpackungs- und dem Bausektor steht die Automobilindustrie in Deutschland an dritter Stelle der Kunststoffanwendungsbereiche (Abb. 3-9). Fahrzeugbestand (Statistisches Bundesamt 2019c, S. 92) und Fahrzeuggewichte (KBA 2019) nehmen kontinuierlich zu. Um das Gewicht einer zusätzlichen Sicherheits- und Komfortausstattung auszugleichen, kommen Leichtbaumaterialien zur Anwendung, zu denen auch Kunststoffe gehören (SRU 2017, S. 94; LIEBERWIRTH und KRAMPITZ 2015; ICKERT et al. 2012), sodass die Kunststoffmengenanteile am Automobil ansteigen (FAULSTICH et al. 2018; SCHÖNMAYR 2016; CHEManager 2014). Neufahrzeuge mit 1,5 t Gewicht bestehen zu 12 bis 15 % aus Kunststoffen (PlasticsEurope 2013), dieser Anteil könnte bis 2030 auf bis zu 28 % anwachsen (FAULSTICH et al. 2018). Aufgrund der langen Lebensdauer von Fahrzeugen von im Durchschnitt 17 bis 18 Jahren (UBA und BMU 2018, S. 24) müssen Entsorgungsbetriebe verschiedene Generationen von Bautypen über lange Zeiträume im Blick behalten.

Im Fahrzeugbau wird eine Vielzahl hochwertiger Kunststoffe eingesetzt (CHEManager 2014), deren Recycling aus Umweltsicht besonders vorteilhaft ist (WÄGER und HISCHIER 2015). Das Recycling ist allerdings limitiert: Aus Gründen des Brandschutzes wurden und werden in einzelnen Bauteilen Flammenschutzmittel eingesetzt, die inzwischen zum Teil durch die POP-Verordnung (EU) Nr. 2019/1021 verboten sind. Diese dürfen nach Nutzungsende nicht wieder in den Materialkreislauf zurückkehren (MEHLHART et al. 2019) und müssen dementsprechend sicher ausgeschleust werden (Tz. 200).

187. In Deutschland werden jährlich circa 3 Mio. Pkw und leichte Nutzfahrzeuge endgültig stillgelegt. Etwa 2,2 Mio. davon gelangten 2017 in andere EU-Staaten, 0,2 Mio. wurden ins außereuropäische Ausland exportiert und 0,5 Mio. in Deutschland entsorgt. Auch wenn die verbleibende Datenlücke 2017 auf 60.000 Fahrzeuge deutlich verringert wurde, belegen die früheren Datenlücken (im Jahr 2016 430.000 Fahrzeuge) die Herausforderung, Produktströme bis an das Nutzungsende zu dokumentieren (UBA und BMU 2019). Art und Grad der Behandlung und des Recyclings der Fahrzeuge, die als Gebrauchtfahrzeuge legal oder illegal ins Ausland exportiert werden (UBA 2019b), hängen von den jeweiligen

Standards des Landes ab, in denen die Fahrzeuge dann letztlich als Abfall anfallen und entsorgt werden. Dieser Aspekt wird hier jedoch nicht weiter vertieft, auch wenn er einerseits in Bezug auf die Menge (UBA und BMU 2019, S. 36) und andererseits wegen der teils umweltschädigenden Entsorgung (HOLZHAUER 2015) durchaus relevant ist.

188. 2017 wurden in Deutschland 510.307 Fahrzeuge entsprechend der Altfahrzeug-Verordnung entsorgt (UBA 2019b). Zwischen 2004 und 2017 stieg die Recyclingquote für Altfahrzeuge bezogen auf das Gesamtgewicht von 77,2 auf 89,5 % an (ebd.).

Von einem durchschnittlichen Leergewicht von circa 1.047 kg wurden 160 kg, also 15,2 % des Fahrzeuggewichts, vor dem Schreddern demontiert. Bestimmend für den Grad der Demontage ist die Wirtschaftlichkeit. Nachgefragt werden Bauteile wie Motor, Lichtmaschine oder Anlasser sowie Reifen (PARKER et al. 2015). Der Ausbau von Kunststoffen, die mit mehr als 140 kg pro Fahrzeug (SANDER et al. 2017, S. 317) vorhanden sind, ist dagegen mangels Nachfrage und hoher Personalkosten unwirtschaftlich und lag 2017 bei gerade 2,1 kg pro Fahrzeug (UBA 2019b).

Die Restkarossen werden gemeinsam mit weiteren Schrotten sowie spezifischen (Elektro-)Altgeräten geschreddert. Der Hauptanteil der Kunststoffe gelangt in die sogenannte Schredderleichtfraktion, die aus Kunststoffen, Gummi, Glas, Restmetallen und weiteren Materialien besteht. Mit einer mechanischen Post-Schredder-Behandlung können circa 54 % der Menge für eine stoffliche Verwertung gewonnen werden. Darunter fallen Restmetallgehalte sowie eine mineralische Fraktion, die im Bergversatz oder im Deponiebau verwertet werden kann. Die organikreiche Fraktion, circa 37 %, enthält auch die Kunststoffe. Diese Fraktion wird energetisch verwertet, da durch den Schreddervorgang auch flammenschutzmittelhaltige Bauteile zerkleinert werden und verteilt in der Fraktion vorliegen (MEHLHART et al. 2019). Eine Rückführung von Kunststoffen im Sinne einer hochwertigen Verwertung in den Materialkreislauf findet also kaum statt.

189. Produktspezifische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen hemmen die Kreislaufführung: Barrieren sind die zeitlich verzögerte Freisetzung der Altkunststoffe in den Kreislauf, die permanente Weiterentwicklung von Materialien, Alterungsprozesse der Kunststoffmatrix, Schadstoffbelastungen, unbekannte Zusammensetzung und Einbauarten sowie die Verringerung der inländisch

anfallenden Mengen durch den Gebrauchtfahrzeugexport (SCHMID 2010). Das größte Hemmnis ist jedoch die fehlende Wirtschaftlichkeit einer Demontage. Die zunehmende Bedeutung von Kunststoffen im Fahrzeugbau (WENZ und ZÖLLNER 2019) spiegelt sich deshalb nicht in ihrer Gewichtung für eine Kreislaufführung wider. Dennoch bieten Fahrzeuge auch produktimmanente Chancen für eine Kreislaufführung durch die einheitliche rechtliche Regelung auf europäischer und deutscher Ebene, ein bereits etabliertes Entsorgungssystem sowie die Tatsache, dass es sich um ein Produkt handelt, das große und demontagefähige Bauteile enthält und von einer überschaubaren Anzahl von Herstellern angeboten wird.

Etablierte Instrumente für die Stärkung der Verwertung von Kunststoffen aus Altfahrzeugen

190. Bereits bei der Fahrzeugentwicklung soll die Richtlinie 2005/64/EG über die Typgenehmigung für Kraftfahrzeuge Einfluss auf die Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit nehmen. Die Hersteller werden darin verpflichtet, eine Strategie für die Gewährleistung dieser Ziele vorzulegen. Die Richtlinie bezieht sich in ihren Begriffsbestimmungen auf die Altfahrzeug-Richtlinie. In Deutschland wurden deren Vorgaben in der Altfahrzeug-Verordnung umgesetzt. In § 8 AltfahrzeugV werden die Grundsätze für eine Abfallvermeidung benannt, die bereits bei der Produktplanung gelten. Dazu gehört auch ein Verbot für die Stoffe Blei, Quecksilber, Kadmium und sechswertiges Chrom, die nur noch im Ausnahmefall eingesetzt werden dürfen. Die Hersteller werden weiterhin verpflichtet, ihre Fahrzeuge unentgeltlich zurückzunehmen oder zurücknehmen zu lassen. Zusätzlich bestehen Kennzeichnungs- und Informationspflichten, um eine Demontage von verwertbaren oder schadstoffhaltigen Bauteilen zu ermöglichen (§ 5 AltfahrzeugV). Diese Vorgaben sollen zur Erreichung von hohen Verwertungsquoten beitragen: 85 % für Wiederverwendung und Recycling (inkl. Bergversatz) (Tz. 133), beziehungsweise 95 % für die Wiederverwendung und Verwertung (Anmerkung: Wiederverwendung entspricht hier dem neuen Begriff Vorbereitung zur Wiederverwendung). Die Quoten beziehen sich dabei auf die durchschnittliche Gesamtmasse der entsorgten Altfahrzeuge und sind – anders als beispielsweise im Verpackungsgesetz – nicht materialspezifisch angelegt. Die einzelnen Materialien tragen dementsprechend in unterschiedlichem Maße zur Quotenerfüllung bei. Um relevante Mengen an Kunststoffen hochwertig zurückzugewinnen, ist deutlich mehr Aufwand notwendig als zum Beispiel für Metalle.

Neben Quoten sind auch Behandlungsvorgaben ein Instrument zur Umsetzung des Ziels der hochwertigen Verwertung. Diese sind für Kunststoffe im Anhang der Altfahrzeug-Verordnung spezifiziert, wie die Anforderung der Demontage großer Kunststoffbauteile zur Sicherstellung der Wiederverwendung oder der stofflichen Verwertung. Als Alternative zur vorgeschalteten Demontage wird das Schreddern genannt, solange die entsprechenden Materialien beim oder nach dem Schreddern in einer Weise getrennt werden, die eine stoffliche Verwertung ermöglicht. In der Praxis führt die Verpflichtung, dies zu ermöglichen, jedoch nicht zu einer Umsetzung.

191. Die rechtlichen Voraussetzungen für eine hochwertige Verwertung sind im Prinzip gegeben: Herstellerverantwortung, Design for Recycling schon bei der Produktplanung, Dokumentation und Kennzeichnung, Schadstoffverbote, Behandlungsvorgaben und hohe Verwertungsquoten, die seit 2006 durchgängig (über) erfüllt werden (SANDER et al. 2017, S. 306). Diese Quoten werden erreicht, weil zum einen Fahrzeuge zu mehr als 75 % aus gut recyclingfähigen Metallen bestehen, zum anderen aber auch, weil unter das Recycling auch der Bergversatz der mineralischen Anteile gezählt wird (UBA 2018b, S. 7). Die Möglichkeit, die Verfüllung in die gesetzlich vorgeschriebene Recycling- bzw. stoffliche Verwertungsquote einzubeziehen, führt dazu, dass kaum noch eine Motivation zum Recycling von Glas und Kunststoffen aus Altfahrzeugen entsprechend der Definition in der Abfallrahmenrichtlinie – das heißt ohne Verfüllung – besteht (SANDER et al. 2017). In der Realität der klein- und mittelständisch geprägten Demontagebetriebe werden die nach § 9 AltfahrzeugV (Kennzeichnungsnormen und Demontageinformationen) angebotenen Informationen nur dort genutzt, wo es einen wirtschaftlichen Nutzen gibt. Nicht vermarktete Bauteile verbleiben im Altfahrzeug (HOLZHAUER 2015) und werden zusammen mit der Karosserie geschreddert.

192. Das bestehende Entsorgungssystem für Altfahrzeuge finanziert sich aus dem Schrottwert und dem Verkauf nachgefragter Ersatzteile (SCHMID und ZUR-LAGE 2014). Bei Abgabe des Altfahrzeugs kann teilweise noch Geld an die Letztbesitzerin oder den Letztbesitzer ausbezahlt werden. Zusätzlich besteht eine Konkurrenz zu Exportbetrieben, die auch für schrottreife Fahrzeuge noch Zahlungen bieten. Dieser finanzielle Mehraufwand muss dann durch eine möglichst kosteneffiziente Behandlung refinanziert werden. Die Fahrzeughersteller sind de facto in Deutschland finanziell nicht an der Ent-

sorgung beteiligt. Das Prinzip der Herstellerverantwortung hat für den Produktstrom Altfahrzeuge daher kaum Auswirkungen.

Solange sich die rechtlichen Vorgaben mit dem bestehenden Behandlungssystem erfüllen lassen, wird die Qualität der Verwertung nicht ansteigen. Sie steht in direktem Zusammenhang mit der Recyclingdefinition, die den Bergversatz und den Deponiebau mit umfasst, und einer sehr weich formulierten Demontageausnahme für große Kunststoffteile. Für einen höheren Aufwand wie Demontage, Getrennhaltung, Schadstoffausschleusung und Rückführung in die Produktion besteht also wenig Motivation. Die Ziele der Kreislaufwirtschaft werden so nicht vollständig erreicht.

3.5.5 Kunststoffbewirtschaftung unter sich ändernden Rahmenbedingungen: Wege in eine treibhausgasneutrale (Kreislauf-)Wirtschaft

193. Vor dem Hintergrund einer künftigen Treibhausgasneutralität und der damit verbundenen Dekarbonisierung von allen Wirtschaftssektoren muss auch die Kunststoffbewirtschaftung neu diskutiert und ausgerichtet werden. Aktuell gibt es verschiedene Szenarien für eine CO₂-neutrale Kunststoffbewirtschaftung. Als alternative Rohstoffe stehen biomassebasierte oder aus strombasierten Chemikalien hergestellte Kunststoffe zur Verfügung (ARNOLD et al. 2018). Am Ende des Lebenszyklus lassen sich Technologien zur Vermeidung von CO₂-Emissionen bei der Verbrennung anwenden.

Biomassebasierte und bioabbaubare Kunststoffe

194. Als materialspezifische Strategien werden „bio(masse)basierte“ und „bioabbaubare“ Kunststoffe diskutiert. In der Praxis werden diese häufig unter dem Begriff „Biokunststoff“ zusammengefasst. Beide Strategien können Lösungen für unterschiedliche Probleme anbieten: Kunststoffe, die aus biogenen Rohstoffen (Mais, Weizen, Zuckerrohr) hergestellt werden, sollen die Nutzung fossiler Rohstoffe sowie damit verbundene CO₂-Emissionen vermeiden. Eine Besonderheit sind Drop-In-Kunststoffe, bei denen zum Beispiel Ethylen aus Rohöl durch aus Bioethanol gewonnenes Ethylen ersetzt wird. Diese entsprechen chemisch fossil basierten Kunst-

stoffen. Bioabbaubare Kunststoffe können am Ende der Lebensdauer durch Mikroorganismen wieder in die natürlichen Bestandteile Kohlenstoffdioxid, Wasser oder Methan, mineralische Salze und Biomasse abgebaut werden, wodurch negative Wirkungen durch den Eintrag von Makro-, Meso- und Mikrokunststoffen in die Umwelt vermieden werden sollen. Idealerweise lassen sich die Eigenschaften „biomassebasiert“ und „bioabbaubar“ kombinieren, in der Praxis ist dies aber nur begrenzt der Fall.

195. Eine verstärkte Nutzung von Biomasse hat negative Wirkungen wie Flächenkonkurrenz und Wasserverbrauch, aber auch Umweltwirkungen wie Eutrophierung und Versauerung durch landwirtschaftliche Aktivitäten (SRU 2007; KLEPPER und THRÄN 2019; HOTTLE et al. 2013; WEISS et al. 2012; MILLER et al. 2007; PAWELZIK et al. 2013; PIMENTEL et al. 2009; SEARCHINGER et al. 2015; RATHMANN et al. 2010). Unter der Maßgabe einer nachhaltigen Gewinnung werden dementsprechend nur begrenzte Mengen zur Verfügung stehen.

Die fehlende Fähigkeit zur hochwertigen stofflichen Verwertung vieler biomassebasierter Post-Consumer-Kunststoffe, welche nicht dieselbe chemische Struktur aufweisen wie fossilbasierte Kunststoffe, erschwert das Recycling herkömmlicher Kunststoffe und verhindert langfristige Treibhausgas-Vermeidungsstrategien durch Kreislaufführung (UBA 2019h; DETZEL et al. 2018, S.53).

196. Viele der eingesetzten bioabbaubaren Kunststoffe sind ohne Sauerstoff (anaerob) nicht abbaubar und daher für den Einsatz in Biogasanlagen nicht geeignet. In Kompostierungsanlagen benötigen sie längere Abbauezeiten als die üblichen Anlagenverweilzeiten. Auch bei diesen Kunststoffen ist auf fehlende Möglichkeiten eines werkstofflichen Recyclings hinzuweisen, welches Emissionen aus der Kunststoffproduktion deutlich reduzieren würde. Dieser Produktstrom sollte daher nicht in die Bioabfallentsorgung gelangen (MAIER, N. 2018). Der Ersatz fossilbasierter Kunststoffe durch bioabbaubare Kunststoffe stellt aus Umweltsicht eine Scheinlösung dar. Da nur ein hoher Anteil an Rezyklat künftig die aufwendige Produktion von Kunststoff und die negativen Wirkungen bei der Produktion reduzieren und minimieren kann, ist die biologische Abbaubarkeit kein zielführender Weg hin zur Kreislaufwirtschaft.

PtC-Kunststoffe und chemisches Recycling

197. Technologien zur strombasierten Herstellung der Grundchemikalien aus CO₂ werden oft mit dem Begriff

Power-to-Chemicals (PtC) bezeichnet. Die so erzeugten Grundchemikalien können für die Kunststoffherstellung eingesetzt werden. Die chemische Grundstoffindustrie und somit auch die Kunststoffherstellung wird sicher einer der Nachfragesektoren der Zukunft für PtC sein. Die hohen Herstellungskosten und Rohstoff- sowie Energieaufwendungen für die Bereitstellung der PtC-Infrastruktur führen dazu, dass diese Option nur als „third-best“-Option neben der signifikanten Reduktion des Kunststoffverbrauches und der hochwertigen (werk)stofflichen Verwertung bewertet werden kann.

198. Der Begriff „chemisches Recycling“ wurde in den letzten Jahren verstärkt genutzt, ohne klar definiert und abgrenzbar zu sein. Allgemein werden damit Verfahren bezeichnet, bei denen die Kettenmoleküle von Kunststoffen wieder in ihre niedermolekularen Bausteine gespalten werden und nach Reinigung und Aufarbeitung neuerlich für Kunststoffe verwendet oder zu anderen Verbindungen umgesetzt werden können. Im Vergleich mit PtC-Technologien weisen Verfahren des chemischen Recyclings geringere Energiebedarfe für die Herstellung von Polymeren auf (BAZZANELLA und AUSFELDER 2017, S. 105; ELSEER und ULBRICH 2017, S. 9).

Solvolyseverfahren eignen sich für definierte Polymere wie PET, PA und PUR aus Kunststoffabfällen, um Monomere für die erneute Polymerisation zu gewinnen. Dagegen erzeugen Verfahren der thermischen Spaltung von Polymeren wie Pyrolyse, Hydrierung und Vergasung aus Mischkunststoffen kurzkettige Kohlenwasserstoffe sowie CO, CH₄ oder H₂ als Produkt, die in klassische petrochemische Verarbeitungsketten aber auch neue Syntheseprozesse eingespeist werden können (RAGAERT et al. 2017). Rohstoffliche Verwertungsverfahren haben eine lange Geschichte, sind aber in Zeiten des geringen Ölpreises und weniger Anreize, Verwertungsquoten zu steigern, unwirtschaftlich geworden (Material Economics Sverige AB 2019). Die Verfahren sind wegen des hohen Energieaufwandes in der Kritik (DENEFF 2019) und für Verpackungen nicht für die werkstoffliche Verwertungsquote nach dem Verpackungsgesetz anerkannt (EUWID 2018). Auf der anderen Seite erlauben rohstoffliche Verwertungsverfahren, ähnlich wie die Verbrennung, die gezielte Schadstoffausschleusung bei Erhaltung eines Teiles der im Material chemisch gebundenen Energie. Unter den Voraussetzungen einer geschlossenen Kohlenstoffbilanz ohne CO₂-Verluste können diese Verfahren helfen, Treibhausgasemissionen der Kunststoffherstellung und -nutzung zu reduzieren. Aktuell laufen zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum chemischen Recycling.

199. Durch die Knappheit von PtC-Grundchemikalien für die Kunststoffherstellung und Grenzen einer hochwertigen werkstofflichen Verwertung bedarf es in der Praxis eines Mix an Maßnahmen, um die CO₂-Emissionen aus der Verwendung von Kunststoffen bis 2050 zu reduzieren. Dabei gilt es, insbesondere kosteneffiziente Ansätze wie die absolute Mengenreduktion und Vermeidung der Kunststoffverwendung sowie die Reduktion der Primärproduktion durch Einsatz hochwertiger Rezyklate durch hochwertiges Recycling umzusetzen.

Kunststoffverbrennung als Schadstoffsенke

200. Die Verbrennung und energetische Nutzung von Kunststoffabfällen wurde und wird häufig kontrovers diskutiert. Neben Fragen nach CO₂-Emissionen und Verlusten für die Kreislaufführung gilt es aber auch, den Aspekt der Schadstoffausschleusung zu betrachten. Gerade Kunststoffe aus langlebigen Anwendungen enthalten viele Additive und Substanzen, die heute teilweise unter die POP-Verordnung fallen (Tz. 186). Mit Bezug auf die Rechtslage ist zu beachten, dass der Weg der stofflichen Verwertung nur dann offensteht, wenn die im Rahmen der POP-Verordnung vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden (FAULSTICH et al. 2016, S. 94; POTRYKUS et al. 2015, S. 258). Prinzipiell ist ein chemisches oder physikalisches Recycling möglich, wenn sichergestellt ist, dass der Gehalt an persistenten organischen Schadstoffen (persistent organic pollutants – POPs) zerstört, unumkehrbar umgewandelt oder ausgeschleust wird.

Schadstoffe können auch effizient durch einen Verbrennungsprozess zerstört oder ausgeschleust werden. Die Rolle der Verbrennung mit energetischer Verwertung für Kunststoffe wird sich verändern und konsequent das Ziel der Schadstoffsенke verfolgen müssen. Um dies CO₂-neutral umzusetzen, muss langfristig dessen Freisetzung verhindert werden. Dieses kann durch sogenannte Carbon-Capture-and-Utilization-Verfahren (CCU-Verfahren) für die Synthese genutzt werden (vergl. Kap. 2). Diese Möglichkeit soll in der Müllverbrennungsanlage Helmstedt getestet werden, indem CO₂ aus dem Rauchgas abgeschieden und zu Methangas aufbereitet wird (EUWID 2019e).

Der Energieaufwand dieser Verfahren erfordert, die Anwendung auf ein Minimum zu begrenzen und alle anderen Maßnahmen der oberen Stufen der Abfallhierarchie vorzuziehen. Gleichzeitig werden durch die Verteuerung der Behandlungskosten für schadstoffbelastete Kunststoffe auch Anreize für bessere Sortierung der schadstoffbelasteten Fraktionen gesetzt.

3.5.6 Zwischenfazit: Etablierte Instrumente greifen (noch) nicht

201. In der Praxis zeigt sich, dass der aktuelle Umgang mit Kunststoffen weit von der in Kapitel 3.4 beschriebenen Zielhierarchie der Kreislaufwirtschaft entfernt ist. Eine Nachjustierung sollte zuerst eine Verringerung der eingesetzten Kunststoffmenge und an zweiter Stelle die Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine deutlich höhere Kreislaufführung adressieren. Dabei müssen Qualität und Quantität der derzeit gewonnenen und eingesetzten Rezyklatmenge gesteigert werden, um Primärrohstoffe zunehmend substituieren zu können. Etablierte Instrumente der Abfall- und Kreislaufwirtschaft für kunststoffhaltige Produkte sind aktuell nicht in der Lage, die notwendige Lenkungswirkung zu entwickeln.

Zahlreiche Aktivitäten, Aktionen und Selbstverpflichtungen verschiedenster Akteure zeigen zwar den Willen zur Veränderung in Richtung Vermeidung und hochwertiges Recycling, erzielen jedoch bislang nicht die gewünschten Effekte.

Kurzlebige Kunststoffverpackungen werden produziert, um hygienische, schützende und bedarfsorientierte Behältnisse anzubieten. Standardisierte Mehrwegbehältnisse können diese Anforderungen im Lebensmittel-, Reinigungs- und Kosmetikbereich erfüllen. Schließlich verringern Mehrweglösungen nicht nur den Bedarf an Kunststoffen, sondern gleichzeitig auch den Anteil von Kunststoffen im Restmüll und Einträge in die Umwelt. Die Umsetzung der europäischen Vorgaben zu ausgewählten Einwegartikeln, die Symbolwirkung des Plastiktütenverbots und der Runde Tisch zur Reduzierung von Verpackungen sind als weitere Schritte auf dem Weg ausdrücklich zu begrüßen, müssen aber auch messbare Wirkungen zeigen.

Für langlebige und teils schadstoffhaltige Kunststoffbauteile wie im Automobilbereich sind andere Lösungsstrategien zu verfolgen: Das Ökodesign muss hierzu konsequent umgesetzt werden, um künftiges Recycling sicherzustellen. Auch schon bevor Maßnahmen des Ökodesigns in der Entsorgung greifen, das heißt bei heutigen Altfahrzeugen, gilt es, Kunststoffbauteile weitgehend zu demontieren und hochwertig zu verwerten. Dabei müssen aber Schadstoffe konsequent ausgeschleust werden.

Weder biomassebasierte noch bioabbaubare Kunststoffe sind Lösungen für Probleme, die durch den hohen Materialumsatz von Kunststoffen entstehen. Biomasse kann nur in begrenzten Mengen nachhaltig produziert werden. Auch der Anspruch einer Rückführung in den Materialkreislauf ist derzeit kaum erfüllbar. Umso mehr müssen zum Erreichen von Klimaschutzziele Vermeidung und hochwertige Verwertung prioritäre Ziele der Kunststoffbewirtschaftung sein.

202. Damit die Transformation von der kreislauforientierten Abfallwirtschaft in die Kreislaufwirtschaft gelingt, müssen insbesondere rechtliche Vorgaben zur Herstellerverantwortung stringent weiterentwickelt werden. Materialspezifische Problemlösungsstrategien müssen in eine Gesamtstrategie nachhaltiger Entwicklung eingebettet werden und lassen sich nicht mit Optimierungen für Einzelaspekte, wie beispielsweise Klimaschutz, lösen.

3.6 Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft

203. Sowohl übergreifend als auch am Beispiel mehrerer Kunststoffprodukte wurde gezeigt, dass der Anspruch der Kreislaufwirtschaft derzeit nicht verwirklicht wird. Im Folgenden werden Ansatzpunkte für den Weg hin zu einer Kreislaufwirtschaft dargestellt. Die Empfehlungen sind strategischer Natur, werden aber anhand von ausgewählten Beispielen näher erläutert. Die beschriebenen

Überlegungen sind aber grundsätzlich auch auf weitere Stoffe und Produkte anwendbar.

Abbildung 3-14 gibt eine Übersicht der Empfehlungen aufbauend auf dem Zielsystem, das in Abschnitt 3.4.1 entwickelt wurde. Die Empfehlungen des SRU setzen an der Rolle der Kreislaufwirtschaftspolitik im Sinne einer vorsorgenden Umweltpolitik sowie den Abfallhierarchiestufen Vermeidung und Recycling an. Sie werden anschließend um die drei Querschnittsfelder Herstellerverantwortung, Rolle öffentlicher Institutionen und Monitoring ergänzt. Die zwei untersten Abfallhierarchiestufen, die in Abbildung 3-2 rot dargestellt sind, werden nicht mit Empfehlungen unterlegt. Sie sollen zukünftig eine untergeordnete Rolle spielen und weitestgehend nur noch der Schadstoffausschleusung dienen.

3.6.1 Kreislaufwirtschaftspolitik als Teil einer vorsorgenden Umweltpolitik weiterentwickeln

Reduktion der Stoffströme als Politikziel verankern und Suffizienz fördern

204. Bereits 1994 empfahl die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“, dass „Umweltpolitik vom Krisenmanagement auf eine berechenbare Vorsorgepolitik, von Maßnahmenorientierung auf Zielorientierung umgestellt werden muss“ (Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ 1994).

o **Abbildung 3-14**

Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft



Dabei soll der Staat „die Zielrichtung seiner Umweltpolitik [...] offen und eindeutig darlegen“. Mit Blick auf die Prognosen der zukünftigen Rohstoffnachfrage und der damit verbundenen Umweltwirkungen (Tz. 128 f.) empfiehlt der SRU der Bundesregierung, die Reduktion der Stoffströme als ein Ziel der Kreislaufwirtschaftspolitik zu verankern. Reduktion der Stoffströme bedeutet, insgesamt weniger Rohstoffe zu nutzen, insbesondere durch eine Verringerung des Konsums und die Gestaltung langlebiger, materialeffizienter und reparierbarer Produkte (Tz. 153 ff., 159). Es sollten also sowohl Suffizienz- als auch Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden. Auf nationaler Ebene könnte das Ziel der Verringerung der Stoffströme insbesondere in der Neuauflage von ProgReSS sowie im Nationalen Programm für Nachhaltigen Konsum (Tz. 147) festgeschrieben werden. Dieser Ansatz sollte aber auch auf die europäische Ebene gehoben werden und zum Beispiel in der von der Europäischen Kommission angekündigten Neuauflage des EU-Kreislaufwirtschaftspakets (Tz. 146) verankert werden.

205. Das Thema Suffizienz (Tz. 153) als strategische Entscheidung zur Reduktion von Stoffströmen ist in der aktuellen Politik wenig besetzt; dies gilt auch für den Bereich Abfall- und Kreislaufwirtschaft. LINZ (2017, S. 31 ff.) identifiziert aus verschiedenen, nicht immer auf ökologische Aspekte bezogenen Beispielen Merkmale und Hemmnisse von gelingenden Suffizienzpolitiken. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass grundsätzlich eine abwehrende Haltung gegenüber Verhaltens- und Konsumänderungen besteht, wenn sie als „Bevormundung“ durch den Staat wahrgenommen wird. Ähnliches gilt, wenn der Umfang der Maßnahmen die Veränderungsbereitschaft der Gesellschaft überfordert. Auch sind Ziele zum Schutz der natürlichen Ressourcen, die mit einer persönlichen oder ökonomischen Deprivilegierung einhergehen, nicht immer gesellschaftlich durchsetzbar. Einfacher umzusetzen sind hingegen Maßnahmen, bei denen ein persönlicher Vorteil – etwa finanzielle Einsparung oder positive Gesundheitsaspekte – die Nachteile überwiegt sowie solche, bei denen das Gemeinwohl im Vordergrund steht und dies auch gut zu kommunizieren ist. Ebenfalls erfolgversprechend sind Maßnahmen, die einem klaren Zeitplan folgen und die Veränderungen schrittweise vollziehen. Auf lokaler Ebene sind Suffizienzinitiativen vor allem erfolgreich, wenn sie auf die Initiative von Einzelpersonen und kleinen Gruppen zurückgehen. Diese können durch ihren hohen persönlichen Einsatz Multiplikatoreffekte erzeugen und eine politische Durchsetzung ermöglichen. Eine erfolgreiche Suffizienzstrategie zur Verminderung des Rohstoffeinsatzes und zur Steigerung der Kreislaufführung sollte daher den

Nutzen für das Gemeinwohl und die positiven Aspekte eines anderen Konsumstils in den Vordergrund stellen. Zudem sollte sie ein klar definiertes Ziel verfolgen und dieses mit einem schrittweise umsetzbaren Programm unterlegen. Es ist notwendig, kulturelle Barrieren zu überwinden, wenn Kreislaufwirtschaft erfolgreich implementiert werden soll (KIRCHHERR et al. 2018).

206. Damit eine Politik der Reduktion der gesamten gesellschaftlichen Stoffströme auch tatsächlich zu einer Entlastung der Umwelt führt, ist es notwendig, stoffstromspezifische Betrachtungen sowie eine Verknüpfung mit den jeweiligen Umweltbelastungen vorzunehmen. Um eine solche Politik entwickeln zu können, muss zunächst die Wissensbasis verbessert werden. Der SRU hat hierzu in seinen Gutachten zum Klimaschutz im Verkehrssektor sowie zur Legitimation der Umweltpolitik die Etablierung eines nationalen Stoffstrominventars empfohlen (SRU 2017, Tz. 270 f.; 2019, Tz. 362). Auf ein solches Inventar aufbauend kann priorisiert werden, welche Stoffströme aus Umweltsicht am dringendsten reduziert werden müssen. Auch dient das Inventar dann dem Monitoring von Veränderungen der gesellschaftlichen Stoffströme. Das Monitoring von einzelnen Stoffströmen sollte dabei zum Beispiel direkt anschlussfähig an das Raw Materials Information System (RMIS, Rohstoffinformationssystem) der EU sein. Das RMIS ist die webbasierte Wissensplattform der Europäischen Kommission zu mineralischen und metallischen Primär- und Sekundärrohstoffen.

207. Um die Rohstoffnutzung in der Nachhaltigkeitsstrategie und in ProgReSS besser abzubilden, sollte die Bundesregierung den Indikator Gesamtrohstoffproduktivität folgendermaßen ergänzen:

- RMC darstellen und mit einem Ziel unterlegen.
- RMI und RMC in Rohstoff-/Materialgruppen differenzieren, sodass hieraus spezifische (und auch unterschiedliche) Reduktionsziele abgeleitet werden können.
- Zusätzlich zu Rohstoff-/Materialgruppen sollten, basierend auf ihrer Umweltrelevanz, zunehmend einzelne Stoffströme betrachtet werden. So können ihre Umweltprofile, Nutzungspfade, Recyclingraten etc. besser verfolgt und spezifische Maßnahmen entwickelt werden.
- Zudem ist es wichtig, die Methoden zur Berechnung verschiedener Indikatoren zu harmonisieren, zum

Beispiel zur Berechnung des RMC (Abschn. 3.2.1). Dies ermöglicht es, Werte weltweit zu vergleichen.

Politikkohärenz herstellen und Zielkonflikte abwägen

208. Im Politikfeld Klimaschutz werden oft neue Technologien diskutiert, die andere Rohstoffarten und -mengen benötigen als die bisher genutzten (VIDAL et al. 2013; HERTWICH et al. 2015; GIBON und HERTWICH 2014; UBA 2019d). Bei der Ausgestaltung von Klimaschutzpfaden nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sollte durch den Expertenrat (§ 11 KSG) nicht nur deren Wirkung auf Treibhausgasemissionen kontinuierlich geprüft werden. Die Aspekte Rohstoffverfügbarkeit, ökologische und soziale Abbaubedingungen sowie die Kreislaufwirtschaftsfähigkeit der Technologien (insb. Ökodesign und Recyclingfähigkeit) sollten immer zwingend mitbetrachtet und deshalb in entsprechenden Strategien und Arbeitsprogrammen verankert werden. Auch sollte berücksichtigt werden, dass für zukünftige Abfälle geeignete und ausreichende Behandlungs- und Recyclingkapazitäten zur Verfügung stehen (vgl. z. B. Betrachtung des Verkehrssektors in SRU 2017, Kap. 3.5; UBA 2019d).

Um durch Kreislaufwirtschaft Treibhausgasemissionen und andere Umweltwirkungen zu verringern, sollte mit Blick auf die Anwendung der Abfallhierarchie betrachtet werden, welchen Beitrag die Vermeidung zum Beispiel im Vergleich zu Recycling leisten kann. Wird die Umwelt durch Vermeidung deutlich stärker entlastet, sollten Maßnahmen verstärkt hierauf fokussieren. Bezüglich des Nutzens des Recyclings für den Klimaschutz sollte insbesondere der Einfluss des Downcyclings untersucht werden. So hat ein nach Legierungsarten differenziertes Recycling durch die mehrfach mögliche Kreislaufführung und den damit einhergehenden Ersatz auch hochwertiger Primärmetalle deutlich positive Effekte auf den Klimaschutz und kann einen Grundpfeiler der Dekarbonisierung der metallproduzierenden Industrie darstellen (Tz. 131). Die Reduktion von Materialströmen, die Rolle eines hochwertigen, differenzierten Recyclings sowie die Betrachtung weiterer Umweltwirkungen sollten folglich stärker in die Klimaschutzpolitik integriert werden.

209. Neben der besseren Verzahnung der Kreislaufwirtschafts- und Klimaschutzpolitik sollte auch innerhalb der Kreislaufwirtschaftspolitik stärkere Kohärenz hergestellt werden. Denn in Deutschland existieren drei politische Programme: das Abfallvermeidungsprogramm, das Ressourceneffizienzprogramm und das Programm

für Nachhaltigen Konsum (Tz. 147). Diese entsprechen in ihrer inhaltlichen Breite dem Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Zum einen haben sie inhaltliche Überschneidungen, zum anderen sollten ihre Zielsetzungen und Maßnahmenansätze gemeinsam betrachtet werden, um die tatsächlich besten Maßnahmen über den gesamten Lebensweg von Stoffen, Materialien und Produkten identifizieren zu können. Aus diesem Grund empfiehlt der SRU der Bundesregierung, die drei Programme in einem Programm zusammenzuführen. Die Möglichkeit, das Abfallvermeidungsprogramm mit anderen Programmen zu verbinden, bietet Art. 29 Abs. 1 Abfallrahmenrichtlinie.

Kreislaufwirtschaft durch Kostenwahrheit stärken

210. Businessmodelle, die Abfälle vermeiden und weitgehendes, hochwertiges Recycling fördern, sind oftmals ökonomisch nicht konkurrenzfähig zur Primärrohstoffgewinnung (KIRCHHERR et al. 2018). Sprächen die Rohstoffpreise die ökologische Kostenwahrheit, würde sich der ökonomische Rahmen für Abfallvermeidung und Recycling ändern. Um dies zu erreichen, sollten ökonomische Instrumente angewendet werden. Ist dies nicht möglich oder zielführend, können ordnungsrechtliche Regelungen eingeführt werden. Neben Recycling trifft dies auch auf die (Vorbereitung zur) Wiederverwendung zu.

Da viele der für Produktion und Konsum in Deutschland genutzten Rohstoffe – insbesondere Metalle – im Ausland gewonnen werden, kann eine Internalisierung externer Kosten für diese nur durch die internationale Zusammenarbeit der Bundesregierung mit anderen Ländern vorangebracht werden. Die Bundesregierung sollte sich – zum Beispiel im Rahmen der G7-Allianz für Ressourceneffizienz sowie auf EU-Ebene – verstärkt dafür einsetzen. In einem ersten Schritt sollte die Umsetzung höherer Umwelt- und Sozialstandards in den Abbauländern unterstützt werden (detaillierte Empfehlungen s. SRU 2017, Abschn 5.5.1; 2012, Abschn. 2.4.4).

Für vorrangig inländisch gewonnene Rohstoffe wie Baurohstoffe könnte durch nationale Regelung eine Steuerung hin zur Nutzung von mehr Sekundärrohstoffen erfolgen. Der Fokus sollte auf denjenigen Primärrohstoffen liegen, für die ein Recycling technisch machbar und ökologisch sinnvoll ist. So schlägt das Umweltbundesamt eine Primärbaustoffsteuer für Kiese, Sande und Naturgips vor (UBA 2019g). Weiterhin könnte auch eine ausreichend hohe CO₂-Bepreisung positive Auswirkungen auf die Kreislaufwirtschaft haben. Hierzu gehört auch,

CO₂-Emissionen aus der Abfallverbrennung angemessen zu bepreisen. Diese sind bislang vom Emissionshandel ausgenommen. Die Bundesregierung sollte bei der Ausgestaltung solcher Instrumente die Auswirkungen auf die Kreislaufwirtschaft betrachten und diese Instrumente so ausgestalten, dass die Kreislaufwirtschaft gestärkt wird. Generell sollte die Lenkungswirkung von Instrumenten, die rohstoffseitig im Lebenszyklus ansetzen, im Vergleich zu Maßnahmen, die später im Lebenszyklus greifen, geprüft werden (Tz. 165 f.).

211. Der Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft sowie die geänderte Abfall-Rahmenrichtlinie betonen, dass die Mitgliedstaaten ökonomische Instrumente und weitere Maßnahmen zur Durchsetzung der Ziele der Kreislaufwirtschaft anwenden sollen (Tz. 143, 145). Beispielsweise sollen die Mitgliedstaaten gemäß Nr. 8 des Anhangs IVa der Abfallrahmenrichtlinie prüfen, welche Subventionen für die Kreislaufwirtschaft mit Blick auf die Abfallhierarchie hinderlich sind. Der regelmäßig erscheinende Bericht „Umweltschädliche Subventionen in Deutschland“ des UBA enthält bisher kein Kapitel, das sich mit Subventionen auseinandersetzt, die negativ auf die Kreislaufwirtschaft wirken (UBA 2016c). Der Bericht sollte dringend um eine entsprechende Untersuchung erweitert werden. Unter den bereits identifizierten umweltschädlichen Subventionen ist im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft die Energiesteuerbefreiung für die nicht energetische Verwendung fossiler Energieträger zu nennen. Die nicht-energetische Nutzung betrug im Jahr 2012 7,3 % des gesamten Primärenergieverbrauchs. Produkte sind Kunststoffe, Lacke, Farben, Schmierstoffe, Düngemittel etc. Das Subventionsvolumen beträgt konservativ geschätzt circa 1,57 Mrd. Euro (UBA 2016c). Da es sich um einen endlichen, fossilen Rohstoff handelt und die hergestellten Produkte oftmals bei ihrer Entsorgung energetisch verwertet werden und somit CO₂ freigesetzt wird, ist diese Subventionierung nicht gerechtfertigt und sollte mit Blick auf die Kostenwahrheit abgebaut werden.

Weitere in Anhang IVa der Abfallrahmenrichtlinie genannte ökonomische Instrumente sind „steuerliche Anreize für die Spende von Produkten, insbesondere Lebensmitteln“ (Nr. 3) sowie „steuerliche Maßnahmen oder andere Mittel zur Förderung des Absatzes von Produkten und Materialien, die zur Wiederverwendung vorbereitet oder recycelt werden“ (Nr. 9) (s. Empfehlung in Abschn. 3.6.2). Der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sieht vor, die Auflistung des Anhangs IVa der Abfallrahmenrichtlinie wörtlich in einer neuen Anlage 5 zum Kreislaufwirtschaftsgesetz zu übernehmen

(Tz. 148). Aus Sicht des SRU sollte sich der Gesetzgeber nicht darauf beschränken, die Liste lediglich wörtlich zu übernehmen. Vielmehr ist er der Adressat, der die geeigneten Instrumente und Maßnahmen mit entsprechenden Anforderungen umsetzen sollte (Kasten 8-12). Die Bundesregierung sollte sich zumindest ein Ziel setzen, bis wann sie die mögliche Anwendung und Umsetzung der gelisteten Instrumente und Maßnahmen prüfen will. Dies könnte in ProgRes III oder im Kreislaufwirtschaftsgesetz selbst verankert werden (den HOLLANDER et al. 2017). Daneben empfiehlt der SRU der Bundesregierung, sich dafür einzusetzen, dass die Europäische Kommission Empfehlungen und Mindeststandards für die Instrumente des Anhangs IVa entwickelt (Tz. 145). Hier können die Erkenntnisse aus Prüfungen in Deutschland eingespeist werden.

212. Neben ökonomischen Instrumenten sollten auch informatorische eingesetzt werden, um Bewusstsein bei Verbraucherinnen und Verbrauchern bezüglich der Auswirkungen ihres Konsumverhaltens zu schaffen. Aus Sicht des SRU sollte die Bundesregierung die Überlegungen zum sogenannten Zweiten Preisschild (BMUB 2016a, S. 56) vertiefen, entsprechende Bewertungsverfahren entwickeln und verbindliche Anforderungen an eine solche Kennzeichnung für besonders umweltrelevante Produkte verankern. Die Idee des Zweiten Preisschildes ist, die tatsächlich anfallenden Umweltkosten, die durch Herstellung, Nutzung und Entsorgung entstehen, auszuweisen (UBA 2016a, S. 63). Aufgrund des derzeit großen Medieninteresses könnte beispielsweise Kleidung ein erstes Produkt sein, für das dies umgesetzt wird.

Produktpolitik für Kreislaufwirtschaftsfähigkeit entwickeln

213. Kreislaufwirtschaftsfähigkeit (Tz. 143) sollte direkt bei der Produktentwicklung mitkonzipiert werden (den HOLLANDER et al. 2017). Um Abfallvermeidung durch eine Lebensdauerverlängerung zu erreichen, sollten Push-Instrumente, wie eine geplante Mindestlebensdauer von Produkten und kritischen Komponenten sowie der Nachweis der Reparaturfähigkeit eingeführt werden. Weitere Maßnahmen sind die Verpflichtung zur Dokumentation reparaturrelevanter technischer Informationen und Bereitstellung von Diagnosesoftware und produktspezifischen Werkzeugen und Ersatzteilen. Die Bundesregierung sollte sich auf EU-Ebene dafür einsetzen, die Instrumente der Ökodesign-Richtlinie (Tz. 143, Kasten 3-4) verstärkt in Richtung Reparaturfähigkeit und Lebensdauerverlängerung auszugestalten, wie nun erstmalig für Waschmaschinen, Kühlschränke, Geschirrspüler und weitere Geräte geschehen (Europäische

Kommission 2019e). Auch sollte sie die Ausweitung des Produktanwendungsbereichs vorantreiben.

Eine Verlängerung von Garantie- und Gewährleistungszeiten auf die geplante technische Lebensdauer von Produkten könnte ein Motor für neue Geschäftsmodelle sein, mit denen nicht materielle Produkte, sondern Dienstleistungen und Produkt-Service-Systeme vermarktet werden und produzierende Betriebe selbst Reparaturen und Wiederaufarbeitungen ausführen. So können Anreize geschaffen werden, Produkte auf längere Lebensdauern auszuliegen. Die Verbrauchsgüterkaufrichtlinie 1999/44/EG setzt ausdrücklich nur Mindestanforderungen an die gesetzlichen Gewährleistungszeiten fest. Dies ist in § 438 des Bürgerlichen Gesetzbuches für das deutsche Recht konkretisiert. Hier besteht erheblicher Spielraum zugunsten der Verlängerung der Gewährleistungsfristen (ECC-Net 2019). So bleiben die Hersteller länger in der Verantwortung. Beispiele in Europa zeigen, dass mehrere Staaten von den Mindestanforderungen abweichen. So hat Schweden eine verlängerte Gewährleistungsfrist von drei Jahren für alle Arten von Produkten eingeführt. In Norwegen und Island haben Produkte, die üblicherweise eine Lebensdauer von mindestens zwei Jahren haben, eine Gewährleistungsfrist von fünf Jahren (ebd., S. 16 f.).

214. Für bestimmte schadstoffhaltige Produkte, die aktuell oder zukünftig in Verkehr gebracht werden, sollten die Informationspflichten erweitert und an die Produktzulassung gekoppelt werden. Hierzu sollte sich die Bundesregierung auf europäischer Ebene verstärkt für die Weiterentwicklung der SCIP-Datenbank (Substances of Concern In Products) der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) zu einem weiterreichenden Produktregister einsetzen. Die SCIP-Datenbank entsteht aktuell auf Basis von Art. 9 Abs. 2 Abfallrahmenrichtlinie. Das Produktregister sollte von den Herstellern mit lebenszyklusrelevanten Informationen zu Schadstoffgehalten bestückt und zu einem Schad- und Wertstoffinventar zusammengeführt werden (s. „Inventar zu gesellschaftlichen Stoffströmen“ in SRU 2019, Tz. 275 ff.). Entsprechende Informationen können von den Herstellern in einem Kreislaufpass bereitgestellt werden (s. a. „Kreislaufpass“ in SRU 2017, Tz. 274). Die Idee eines Kreislaufpasses wird auch im European Green Deal der Europäischen Kommission als „elektronischer“ Produktpass aufgegriffen. Dieser soll Informationen über die „Herkunft, Zusammensetzung, Reparatur- und Demontagemöglichkeiten eines Produkts sowie über die Handhabung am Ende seiner Lebensdauer liefern“ (Europäische Kommission 2019c). Die Bundesregierung sollte sich bei der Entwicklung eines solchen Produkt-

passes dafür einsetzen, dass die Informationen zur Zusammensetzung eines Produktes auch explizit enthaltene kritische Stoffe/Schadstoffe ausweisen.

Neben dem Instrument der Stoffverbote bzw. -beschränkungen (Tz. 159) sollten im Rahmen der zukünftigen europäischen Produkt- und Chemikalienpolitik verstärkt Positivlisten für Inhaltsstoffe erstellt werden. Stoffe, die eine hochwertige Verwertung ermöglichen, sollten entsprechend für den Einsatz in Produkten empfohlen werden. Hieran könnten sich Hersteller orientieren, um die Umweltauswirkungen ihrer Produkte zu verbessern. Die Bundesregierung könnte eine entsprechende Diskussion im Rahmen der Arbeiten der Europäischen Kommission zu den Schnittstellen zwischen Abfall-, Chemikalien- und Produktpolitik, die unter dem Dach des EU-Kreislaufwirtschaftspakets stattfinden (Tz. 156), beginnen.

215. Um Schadstoffe dauerhaft aus dem Kreislauf zu ziehen, sollten für Sekundärrohstoffe die gleichen Schadstoffgrenzwerte wie für Primärrohstoffe gelten – auch wenn dadurch zunächst mengenmäßig weniger Sekundärrohstoffe zur Verfügung stehen. Auch die Erfüllung von Recyclingquoten sollte einer Schadstoffentfrachtung untergeordnet werden. Konkrete Maßnahmen zur Schadstoffentfrachtung sind stark produktabhängig und werden in den Empfehlungen des Abschnitts 3.6.3 erläutert. Um schadstofffreie Rezyklate auch wirklich zum Einsatz zu bringen, sollten Rezyklateinsatzquoten im Rahmen von Ökodesignanforderungen festgelegt werden (Tz. 235).

216. Um mehr Produkte hochwertiger recyceln zu können, bietet sich das Instrument der Bewertung der Recyclingfähigkeit an. So sollen im Rahmen des Verpackungsgesetzes die Beteiligungsentgelte, die seit dem 1. Januar 2019 beim Inverkehrbringen an eines der dualen Systeme zu zahlen sind, an der Recyclingfähigkeit der Verpackungen ausgerichtet werden und somit einen Anreiz für ein recyclingfähiges Design schaffen. Der SRU bedauert, dass über diesen Mechanismus dennoch nicht-recyclingfähige Produkte auf den Markt gelangen, wenn der Inverkehrbringer bereit ist, das entsprechend höhere Beteiligungsentgelt dafür zu zahlen. Eine Alternative wäre, analog zu Anforderungen an die Energieeffizienz von Produkten, schrittweise verbindliche Anforderungen für die Recyclingfähigkeit von Produkten zu schaffen (Tz. 234).

Ökodesign darf dabei aber nur in zweiter Linie auf das Recycling ausgerichtet sein. An erster Stelle müssen Aspekte wie Schadstofffreiheit, Langlebigkeit und Re-

parierbarkeit stehen und mögliche Zielkonflikte abgewogen werden (den HOLLANDER et al. 2017). So ist es für das Recycling nicht unbedingt notwendig, Bauteile zerstörungsfrei separieren zu können, während dies für die Reparierbarkeit zwingend erforderlich ist. Auch sollte betrachtet werden, wie groß die Umweltentlastungseffekte zum Beispiel für Maßnahmen der Lebensdauerverlängerung und des Recyclings im Vergleich sind. Langfristig sollten daher Methoden zur Bewertung der Recyclingfähigkeit um weitere Aspekte und Kriterien wie Reparierbarkeit und Lebensdauer erweitert werden (Tz. 162 f.).

Der SRU empfiehlt der Bundesregierung, nachdrücklich darauf hinzuwirken, dass für Produktgruppen mit hohem Materialeinsatz und ökologischem Fußabdruck Instrumente der lebenszyklusorientierten Produktentwicklung erarbeitet sowie im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie implementiert, evaluiert und aktualisiert werden. Hier kann Deutschland durch entsprechende Förderschwerpunkte im Rahmen der durch BMU und BMBF geförderten Forschung maßgeblich mit fundierten wissenschaftlichen Grundlagen beitragen. Letztlich wird so die aktuell abfallwirtschaftlich orientierte Herstellerverantwortung durch konkretere Anforderungen, als dies derzeit durch entsprechende Richtlinien der Fall ist (Tz. 135), in eine vorsorgeorientierte Produktpolitik überführt werden.

Die Entwicklung einer umfassenden Produktpolitik ist eine dringend notwendige Ergänzung abfallwirtschaftlicher Anforderungen, um die notwendigen Weichen für eine Kreislaufwirtschaft zu stellen.

Umweltbewertungen für Kreislaufwirtschaftsentscheidungen nutzen

217. Um Stoffströme bzw. Güter sowie Maßnahmen bezüglich der Dringlichkeit des Regelungsbedarfs zu priorisieren, sollte die Bundesregierung verstärkt Umweltbewertungsinstrumente wie Ökobilanzen nutzen. Diese müssen aber unter Berücksichtigung folgender Aspekte methodisch weiterentwickelt und standardisiert werden:

- Zugrundelegen zukünftiger Rahmenbedingungen: Um die Kreislaufwirtschaft strategisch weiterzuentwickeln, müssen an zukünftigen politischen Zielen orientierte Szenarien zugrunde gelegt werden. Hierzu gehören insbesondere die Bedingungen einer dekarbonisierten Wirtschaft (Tz. 182, Kasten 3-5). Werden jetzige statt zukünftiger Rahmenbedingungen für

Maßnahmenentscheidungen angesetzt, kann es zu Fehlentscheidungen kommen.

- Anwenden alternativer Rahmenbedingungen: Die szenariorientierte Anwendung alternativer Rahmenbedingungen erlaubt eine Einschätzung, ob sich die ökologische Bewertung verändert. So sollten bei einem Vergleich von Einweggetränkeverpackungen und Mehrwegsystemen nicht nur die aktuellen Durchschnittswerte, sondern auch konkrete Rahmenbedingungen wie zum Beispiel kürzere Transportwege aufgrund eines Standardbehältersystems und regionalem Handel als Szenario angenommen werden. So kann tiefgreifender geprüft werden, unter welchen Bedingungen welche Lösung ökologisch vorteilhaft ist und wie bestehende Systeme optimiert werden können (zu Mehrweg s. Tz. 181 ff.; DETZEL et al. 2016).
- Einbindung abfallspezifischer Aspekte: Die heutige Methode der Ökobilanzierung bildet einige Umweltwirkungen nicht ab. Zu nennen sind hier zum Beispiel Umweltwirkungen von Littering und des Eintrags von Makro- und Mikroplastik in Böden und Gewässer.

Für die Zeit nach einer erfolgreichen Dekarbonisierung der Gesellschaft müssen Umweltbewertungskriterien neu untereinander gewichtet werden. Klimaschutz wird dann nicht mehr die dominante Rolle einnehmen, die ihm heute allgemein zugesprochen wird.

Umweltbewertungsinstrumente sollten in der Politikgestaltung genutzt werden, um die Umweltwirkungen von Maßnahmen auf verschiedenen Stufen des Zielsystems, wie es in Abschnitt 3.4.1 aufbauend auf der Abfallhierarchie entwickelt wurde, miteinander zu vergleichen. Nur so ergibt sich ein Gesamtbild und kann eine Abwägung der Maßnahmen mit Blick auf ihre ökologische Effektivität, das heißt dem größten ökologischen Nutzen, erfolgen. Dies betrifft überwiegend übergeordnete Politikentscheidungen auf europäischer und nationaler Ebene.

Damit bei der Regulierung von Produkten, Materialien und Stoffen keine umweltschädlicheren Alternativen entwickelt oder genutzt werden, sollten naheliegende Substitutionsvarianten immer mitgeprüft werden. Deshalb sollten Umweltbewertungen auch bei möglichen Verboten angewendet werden. Beispiele, wo eine solche Prüfung sinnvoll wäre, ist der Ersatz von erdölbasierten Kunststoffen durch Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (Tz. 194). Umweltbewertungen sollten von unabhängigen Institutionen vorgenommen werden. In

Deutschland könnte das zum Beispiel das Umweltbundesamt sein.

3.6.2 Abfallvermeidung stärken

Quantitative Vermeidungsziele als dynamisches Lenkungsinstrument festlegen

218. Die Ziele „Abfallvermeidung“ und „Wiederverwendung“ sind weder auf deutscher Ebene noch europaweit quantitativ oder verbindlich mit Zielwerten und Zeitrahmen ausgestaltet, mit Ausnahme der Lebensmittelabfälle (Kasten 8-8). Bereits 2011 formulierte die Europäische Kommission ein Etappenziel: „Spätestens 2020 wird Abfall als Ressource bewirtschaftet. Das Pro-Kopf-Abfallaufkommen sinkt in absoluten Zahlen“ (Europäische Kommission 2011a). Das deutsche Abfallvermeidungsprogramm von 2013 enthält explizit keine absoluten Ziele für die Verringerung des Abfallnettoaufkommens, sondern zielt lediglich auf eine „möglichst weitgehende Reduktion der Abfallmengen in Relation zur Wirtschaftsleistung [...]“ (BMU 2013). Das Abstellen auf den Bezug zur Wirtschaftsleistung erlaubt es außerdem, dass die Abfallmengen – bei entsprechender Steigerung der Wirtschaftsleistung – ebenfalls steigen. Um Instrumente der Abfallvermeidung, insbesondere weiche Instrumente, wirksam zu machen, bedarf es jedoch aus Sicht des SRU einer Zielsetzung und eines Monitorings durch den Gesetzgeber ebenso wie der Festlegung von Konsequenzen bei Nichterreichung. Um dies zu operationalisieren, schlägt der SRU vor, Indikatoren zur Bemessung und Bewertung des gesellschaftlichen Stoffumsatzes zu definieren. Diese sollten sowohl (rohstoff)input- als auch (abfall)output-orientierte Indikatoren umfassen, anhand derer sich die Wirkungen des Abfallvermeidungsprogramms kontinuierlich überprüfen und Maßnahmen zur Lenkung anpassen lassen. Um eine reine Verlagerung der Abfallproduktion durch Materialsubstitution zu vermeiden, können Indikatoren entlang von Bedürfnisfeldern wie zum Beispiel Textilien und Bekleidung, Gebäude und Wohnen sowie Lebensmittel und Ernährung weiter spezifiziert und Ziele formuliert werden. Das neue Abfallvermeidungsprogramm sollte dementsprechend anspruchsvolle Zielwerte für die gewählten Indikatoren enthalten. Diese sind mit konkreten Zeitpunkten und Instrumenten zur Lenkung zu unterlegen. Nur so kann das Abfallvermeidungsprogramm als Instrument der kontinuierlichen Verbesserung genutzt werden.

Darüber hinaus empfiehlt der SRU der Bundesregierung, für schnelllebige Produkte mit hohem Stoffumsatz klare

und verbindliche Zielvorgaben zu machen. Dies bedeutet für den Produktstrom Verpackungen (Abschn. 3.5.3), beispielsweise Ziele für einen maximalen Pro-Kopf-Verpackungsverbrauch oder den maximalen absoluten Verpackungsverbrauch festzulegen. Bei Nichterreichen sollten Konsequenzen und Wirkmechanismen greifen, wie beispielsweise den Handel zur Einführung von Mehrwegsystemen zu verpflichten.

219. Selbstverpflichtungen von Wirtschaftsakteuren mit klaren Reduktionsvorgaben, wie aktuell für Verpackungen formuliert (Tz. 185), zeigen, dass die Festlegung messbarer Ziele auch auf Unternehmensebene möglich ist. Der SRU begrüßt diese Initiativen. Jedoch würde ein abgestimmter Prozess durch das BMU helfen, diese Aktivitäten in ihrem Anwendungsbereich und Ambitionsniveau zu harmonisieren und in die Abfallpolitik Deutschlands einzubetten. Als Beispiel können dabei die Aktivitäten der niederländischen Regierung dienen, die 2017 einen nationalen Pakt für eine gemeinsame Entwicklung einer „transition agenda“ für die Kreislaufwirtschaft mit breiter Beteiligung der Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft geschlossen hat (Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste 2017; Government of the Netherlands 2018). Wichtig sind in einem ersten Schritt einheitliche Definitionen, damit Selbstverpflichtungen tatsächlich der übergeordneten Zielsetzung der Abfallvermeidung folgen und nicht rein zu Marketingzwecken genutzt werden.

Konsum verändern

220. Die Bundesregierung, aber auch die Länder und Kommunen, können in ausgewählten Bereichen durch Vorbildfunktion und Bereitstellen von Infrastrukturen ein verändertes Konsumverhalten unterstützen (Abschn. 3.6.5). Beispielsweise kann der Ausbau von öffentlichen Trinkwasserbrunnen oder das kostenlose Wasserangebot ohne Verpackung in öffentlichen Einrichtungen wie Schulen, Behörden oder bei Großveranstaltungen Verhaltensänderungen anreizen. Dieses Angebot kann durch Kampagnen zur Leitungswassernutzung begleitet und dessen Nutzung so forciert werden.

Auch das Themenfeld Mobilität bietet vielschichtige Möglichkeiten, den materiellen Stoffumsatz von Fahrzeugen durch die Förderung von Vermeidung und Verlagerung von Verkehr deutlich zu reduzieren. Die öffentliche Hand kann in der Rolle als Käufer eine Vorbildfunktion einnehmen und die Nachfrage nach neuen Techniken oder Nutzungsstrukturen stärken. Beispielhaft seien die Beschaffung von Dienstfahrrädern, die Bereitstellung von Fahrzeugpoolssystemen statt persönlicher Dienstfahr-

zeuge, die Unterstützung von Sharingsystemen sowie die finanzielle Förderung von Jobtickets bei gleichzeitiger Verkleinerung der Dienstwagenflotte genannt (Tz. 526; SRU 2017).

Der Bund sollte die Förderung und Begleitforschung für Suffizienzinitiativen mit Modellcharakter (Tz. 205) im derzeit in Überarbeitung befindlichen Abfallvermeidungsprogramm verankern, um den Wandel von Verhaltensgewohnheiten durch übertragbare Ergebnisse zu unterstützen.

Lebensdauer verlängern

221. Reparatur und Wiederaufarbeitung sind traditionelle Methoden der Lebensdauererlängerung und der damit verbundenen Reduktion von Abfällen sowie Umweltwirkungen. Erst mit der globalisierten Massenproduktion von Gütern und der zunehmenden Spezialisierung von Produktionsketten wurden aus Gebrauchsgütern zunehmend Verbrauchsgüter (STAHEL 1982; 2010; HECKL 2013). In den vergangenen Jahrzehnten sind in vielen Bereichen das Wissen, die Angebote und auch die Infrastruktur zu lebensdauererlängernden Maßnahmen zurückgegangen. Hier bedarf es sowohl struktureller Rahmensetzung als auch spezifischer Anreize durch den Staat.

222. Für langlebige Produkte ist eine wichtige Maßnahme zur Verlängerung der Lebensdauer ein Design, das zum einen robuste, funktionale und zum anderen reparaturfähige bzw. nachrüstbare Produkte hervorbringt. Zentrale Instrumente hierfür sind die Ökodesign-Richtlinie und konkrete produktgruppenspezifische Durchführungsmaßnahmen (bisherig ausnahmslos Verordnungen) oder Selbstregulierungsinitiativen der Industrie. Um durch diese Konkretisierung auch zur Lebensdauererlängerung von Produkten beizutragen, können Deklarationspflichten zur erwarteten Lebensdauer ausgeweitet werden (UBA 2017), die ein wirksames Pull-Instrument für Verbraucherentscheidungen darstellen (GILJUM et al. 2016). Eine gegebenenfalls produktgruppenspezifische Verlängerung der Gewährleistungsfrist für Mängel (ECC-Net 2019) kann zu langlebigeren Produkten führen. Ebenso könnte dies ein Motor für Geschäftsmodelle sein, mit denen nicht materielle Produkte, sondern Dienstleistungen und Produkt-Service-Systeme vermarktet werden und produzierende Betriebe selbst Reparaturen und Wiederaufarbeitungen ausführen.

Allein das konsequente Ökodesign reicht jedoch nicht aus, eine Kultur der Reparatur wiederzubeleben. Finan-

zielle Anreize wie eine Senkung des Mehrwertsteuersatzes auf Reparaturdienstleistungen, wie in neun EU-Ländern bereits umgesetzt (AX 2017), würde Anbieter solcher Dienstleistungen fördern und wettbewerbsfähiger machen. Zusätzlich entstünden finanzielle Vorteile und eine Symbolwirkung für Verbraucherinnen und Verbraucher.

223. Für das Beispiel Verpackungen (Abschn. 3.5.3) erreichen Mehrwegsysteme eine deutliche Lebens- und somit Nutzungsdauererlängerung. Bei Getränkeverpackungen gibt es seit 1992 mit der Mehrwegquote eine politisch klar formulierte, aber – bis auf die Einführung des Pflichtpfandes für bestimmte Einwegverpackungen – nicht sanktionierte und damit unverbindliche Zielmarke, welche auch im Verpackungsgesetz vorgesehen ist (§ 1 Abs. 3 VerpackG). Das anhaltende Verfehlen dieses Zieles (Tz. 181) macht den Handlungsbedarf deutlich. Viele Discounter bieten ausschließlich Getränke in Einwegverpackungen an und verfügen nicht über Rücknahmesysteme für Mehrwegflaschen (UBA 2019f).

Der SRU spricht sich für das Aufrechterhalten der Mehrwegquote für Getränkeverpackungen aus und fordert die Akteure auf, die Rahmenbedingen so zu gestalten, dass die ökologische Vorteilhaftigkeit und ihr Beitrag zu Abfallvermeidung gewährleistet werden. Die Bundesregierung kann hier als Gesetzgeber lenkend und rahmengebend wirken. Hierzu gehören aus Sicht des SRU vor allem folgende zwei Maßnahmen:

- (Selbst-)Verpflichtung des Handels und der Abfüller zur Nutzung von Mehrwegpoolflaschen.
- Ausgestaltung einer verpflichtenden Mehrwegquote für alle Marktakteure, mit entsprechender Meldepflicht der Einweg- und Mehrwegverpackungsmengen.

Als Grundlage einer auf Langfriststrategien ausgerichteten Bewertung der Umweltwirkungen kann der Gesetzgeber weitergehende Maßnahmen und Instrumente zur Stärkung von Mehrwegsystemen anstoßen sowie die notwendigen Rahmenbedingungen identifizieren und anpassen (s. Kasten 3-5). Bewertet werden sollten:

- die Auswirkungen einer Streichung von § 31 Abs. 4 VerpackG, sodass es keine Ausnahmen von der Einwegpfandpflicht (pfandfreie Getränke) gibt, und
- die Auswirkungen einer Erweiterung von standardisierten Mehrwegverpackungssystemen auf weitere

Produktsegmente im Lebensmittel- aber auch im Drogeriebereich.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Methoden der Umweltbewertung für Getränkeverpackungen und andere Produkte weiter zu entwickeln (Tz. 217) und zu standardisieren, um zielsichere Politikentscheidungen für die Abfallvermeidung zu treffen und deren Akzeptanz erhöhen zu können.

224. Abfallvermeidung wird sich nur mit einem breiten Mix an Push- und Pull-Instrumenten umsetzen lassen. Vorrangig ist sicherzustellen, dass die Infrastruktur für abfallarmes Verhalten erhalten bzw. ausgebaut wird und ökonomische Anreize zur Nutzung geschaffen werden. Hier kann die Bundesregierung rahmengebend Einfluss auf die Wirtschaftsakteure nehmen und in öffentlichen Bereichen auch Impulsgeber und Vorbild sein. Die genannten Maßnahmen zur Stärkung der Abfallvermeidung sind Beispiele, die in ihrer Summe einen Beitrag zu Reduktion des Stoffumsatzes leisten, aber auch das Thema in der Öffentlichkeit stärker transportieren und einen Bewusstseinswandel bewirken können. Die Bundesregierung sollte dieses Thema nicht allein auf die strategische Ebene beschränken, sondern aktiv mit Akteuren verbindliche Ziele aushandeln, Rahmenbedingungen für ausreichende Wahlmöglichkeiten für abfallarme Konsummuster schaffen und bei Zielverfehlung nachjustieren. Dies würde eine Transformation des Wirtschaftssystems hin zu weniger Materialdurchsatz unterstützen.

3.6.3 Hochwertiges Recycling sicherstellen

225. Die bislang genutzten massenbezogenen Verwertungs- und Recyclingquoten reichen aus Sicht des SRU als Instrument nicht aus, um eine hochwertige Verwertung (Tz. 162 ff.) konsequent umzusetzen. Um Recycling und seine Hochwertigkeit zu stärken, müssen bestehende Barrieren abgebaut und neue Anreize gesetzt werden (CRAMER 2018; HAGELÜKEN et al. 2016). Dafür ist eine Erweiterung der Instrumentierung notwendig. Die Ermächtigung, Maßnahmen zur hochwertigen Verwertung bestimmter Abfallarten durch Rechtsverordnungen zu spezifizieren, ist in § 8 Abs. 2 Nr. 2 KrWG angelegt (Tz. 134), bislang aber nicht in konkrete Regelungen umgesetzt worden. Lediglich das Verpackungsgesetz hat mit der Einführung der werkstofflichen Verwertung (§ 16 Abs. 2 VerpackG) eine Differenzierung vorgenommen, welche bestimmte Recyclingverfahren zur Quotenberechnung unberücksichtigt lässt. Generell

wäre eine Konkretisierung des Rechtsbegriffes „Hochwertigkeit“ im Kreislaufwirtschaftsgesetz sinnvoll. Ansätze hierfür liegen mit dem „Leitfaden zur Anwendung der Abfallhierarchie nach § 6 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)“ (BMUB 2017) bereits vor.

Der mögliche Grad der Hochwertigkeit der Verwertung wird durch verschiedene Aspekte entlang des gesamten Lebensweges eines Produktes bestimmt. Daher ist es sinnvoll, verschiedene steuernde Instrumente über den gesamten Lebenszyklus zu nutzen. Abbildung 3-15 enthält eine Übersicht über Instrumente, die aus Sicht des SRU in ihrer Kombination geeignet sind, hochwertiges Recycling sicherzustellen.

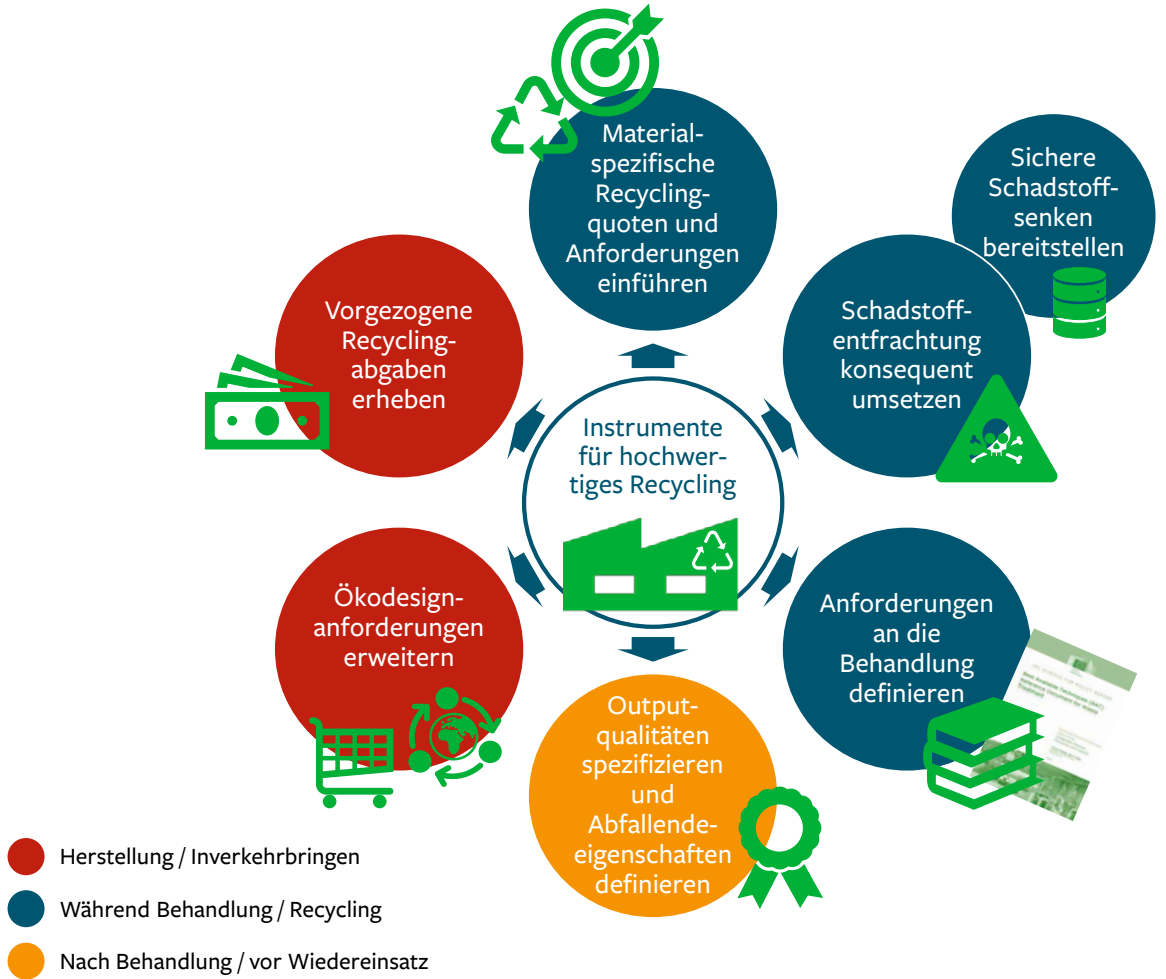
Recyclingquoten weiterentwickeln

226. Recyclingquoten sind ein Instrument der Abfallwirtschaft, das grundsätzlich geeignet ist, Abfallströme in das Recycling zu lenken. Sie können im Rahmen produktspezifischer Regelungen oder im Kreislaufwirtschaftsgesetz für definierte Abfallarten verankert werden. Prinzipiell sind Regelungen auf nationaler Ebene, die ambitionierter sind als von der EU vorgegeben, möglich (Tz. 712). Oft werden die europäischen Mindestanforderungen – auch bedingt durch die recht unspezifische Definition von Recycling (Tz. 133, 158) – in Deutschland sogar übererfüllt (Tz. 191). Jedoch ist das bloße Erhöhen massenbasierter Quoten von begrenzter Lenkungswirkung für ein hochwertiges Recycling (FELLNER et al. 2018) und somit kein ausreichendes Instrument. Es bedarf daher einer kontinuierlichen Weiterentwicklung von Recyclingquoten hin zu einem Mix verschiedener Maßnahmen und Instrumente. Als Grundlage hierfür muss der Recyclingbegriff spezifiziert und enger gefasst werden. Insbesondere sollte er unter Berücksichtigung der Hochwertigkeit spezifiziert und differenziert werden.

Weiterhin können materialspezifische Recyclingquoten, wie für Verpackungen bereits ansatzweise eingeführt (Tab. 3-1), das Recycling von Materialien mit zum Teil geringen Massenanteilen am jeweiligen Abfallstrom besser anreizen. Sie sind aber auch mit einem höheren Aufwand in der Überwachung und Berichterstattung verbunden. Insbesondere bei komplexen Produkten wie Elektroaltgeräten oder Altfahrzeugen können materialspezifische Recyclingquoten für Kunststoffe oder auch für Edel- und Sondermetalle aber helfen, Recyclingmengen dieser ökologisch relevanten Stoffe und Materialien zu erhöhen (Tz. 162 f.). Für das Beispiel Fahrzeuge (Abschn. 3.5.4), aber auch für Elektroaltgeräte, würde dies bedeuten, für die bestehende Recyclingquote ein Unter-

o Abbildung 3-15

Instrumente zur Sicherstellung eines hochwertigen Recyclings



SRU 2020

ziel zu definieren, zu welchem Anteil diese Quote durch Kunststoffrecycling erfüllt werden soll (UBA 2016b, S. 9) bzw. welcher Anteil der enthaltenen Kunststoffe recycelt werden soll. Im Bereich der Verpackungen könnte die für Kunststoffe bereits bestehende Anforderung – sofern ökologisch sinnvoll – sogar auf spezifische Kunststoffsorten heruntergebrochen werden. Gleiches ist auch für Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge grundsätzlich denkbar und könnte dazu beitragen, dass insbesondere hochwertige technische Kunststoffe auch hochwertig wiedergewonnen werden. Weiterhin ist es möglich und sinnvoll, Recyclingquoten an zu erreichende Qualitäten der Ausgangsfraktionen (Output) von Behandlungs- und Recyclinganlagen (Tz. 231) zu koppeln.

Zur Vereinfachung des Monitoring-Aufwandes ist es alternativ auch möglich, Zielwerte für die Separierung und Verwertung bestimmter Fraktionen nicht prozentual, sondern absolut als Gewicht pro Einheit zu definieren (UBA 2016b, S. 9). So schlägt das UBA als mögliche Anforderung zur Förderung des Recyclings von Kunststoffen aus Altfahrzeugen vor, dass 20 kg Kunststoffe pro Altfahrzeug zurückgewonnen und einer werkstofflichen Verwertung zugeführt werden müssen.

Der SRU empfiehlt der Bundesregierung, für die anstehenden Novellen der Altfahrzeug-Richtlinie und der Elektroaltgeräterichtlinie differenzierte, materialbezogene Recyclingquoten zu entwickeln. Neben der Rohstoffre-

levanz machen auch zu erwartende Produktänderungen – zum Beispiel durch die Einführung von Elektrofahrzeugen – diese Anpassung der Recyclingquoten erforderlich. Für Altfahrzeuge ist es außerdem notwendig, die Recyclingdefinition an die Definition in der Abfallrahmenrichtlinie anzupassen (Tz. 133). Damit wäre es nicht mehr möglich, Verfüllung für die Recyclingquote anzurechnen. Weiterhin wäre eine rechtliche Einordnung der rohstofflichen sowie der werkstofflichen Verwertung von Mischkunststoffen sinnvoll.

Schadstoffausschleusung umsetzen

227. Bereits 2005 forderte der SRU, dass „eine Ressourcenstrategie der durch Umweltqualitätsziele gegebenen physischen Knappheit von Senken Rechnung tragen muss“ (SRU 2005). Die Kenntnis der physischen Aufnahmefähigkeit von Senken ist notwendig, weil der ökologisch zulässige anthropogene Stoffumsatz (Tz. 164) auch durch die Knappheit der Senken bestimmt wird. Die Anforderungen an diese letzten Senken sollten klar formuliert sein und ihre Kapazität geprüft werden. Hierzu zählen nicht nur Senken im Sinne von Deponien, sondern auch die Aufnahmekapazität von Umweltmedien für Schadstoffe. Die Umsetzung dieser Anforderung ist ein Grundpfeiler für eine ökologisch orientierte Kreislaufwirtschaft.

Gleichzeitig sollten für bereits gut bekannte und in der Produktion weitgehend verbotene bzw. beschränkte Schadstoffe wie POPs, Quecksilber, FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) und Asbest Inventare erstellt werden, die Informationen über noch in Anwendung befindliche Mengen enthalten. Hierauf aufbauend können „Ausstiegspfade“ formuliert werden. Ziel sollte es sein, Schadstoffe, die sich in noch genutzten Produkten befinden, schnell aus dem Umlauf zu ziehen, um künftiges Recycling zu vereinfachen und schadstofffreie Rezyklate zu erhalten. Die wissenschaftlichen Grundlagen für ein solches Programm könnten unter Federführung des Umweltbundesamtes entstehen. Konkrete Maßnahmen könnten zum Beispiel eine über die Herstellerverantwortung finanzierte „Abwrackprämie“ für FCKW-haltige Kühlgeräte oder eine Ausweitung der Förderprogramme zur Asbestsanierung sein. Dies sollte in Abwägung mit anderen Umweltaspekten, zum Beispiel dem Energieverbrauch in der Nutzungsphase und dem Ziel einer langen Nutzungsdauer erfolgen. Beispielsweise sind FCKW-haltige Kühlgeräte aufgrund des FCKW-Ausstiegs heute mindestens 25 Jahre alt und haben in der Regel eine entsprechend schlechte Energieeffizienz. Auch sollten an die Ersatzprodukte Anforderungen hinsichtlich ihres ökologischen Fußabdrucks gestellt werden, zum Beispiel

bei einem neuen Kühlgerät eine Mindestanforderung an die Energieeffizienzklasse.

228. Für die notwendige Schadstoffentfrachtung muss bekannt sein, welche Schadstoffe in den jeweiligen Produkten enthalten sind. Diese Informationen sollten möglichst von den Herstellern bereitgestellt werden. Da solche Deklarationen für Produkte – insbesondere langlebige – im heutigen Abfallstrom nur begrenzt verfügbar sind, bedarf es eines konsequenten Monitorings der Schadstoffgehalte in den Abfallströmen. Ein solches Monitoring kann durch Anforderungen zur Anlagenzertifizierung und -zulassung verankert werden. Im Rahmen sogenannter Batch-Tests können Schadstoffgehalte in Produkten und der Anteil schadstoffhaltiger Produkte in zur Behandlung eingehenden Abfällen bestimmt werden. Diese Tests sollten regelmäßig im Rahmen der Anlagenüberwachung erfolgen. Für die Behandlung von Elektroaltgeräten sind Methoden zur Durchführung solcher Batch-Tests beschrieben (CEN 2014, Anhang D). Vergleichbare Untersuchungsmethoden sollten für weitere Abfallströme wie Altbatterien, Altfahrzeuge und Bauabfälle entwickelt und verbindlich umgesetzt sowie die Relevanz und Machbarkeit für möglicherweise schadstoffhaltige, langlebige Abfälle wie Textilien und Möbel geprüft werden.

Die in den Anlagen oder durch Rücknahmesysteme erlangten Informationen zu Schadstoffgehalten sollten Teil der Berichterstattungen an die zuständigen Behörden sein, die Anlagen ohnehin zu erfüllen haben. Diese Ergebnisse sollten regelmäßig neben der Anlagenüberwachung auch zur Überprüfung der gesetzlichen Anforderungen an die Schadstoffentfrachtung sowie für die Aufstellung nationaler Pläne zum Phase-Out von Schadstoffen (Tz. 164) genutzt werden. Eine solche Aufgabe könnte im Umweltbundesamt angesiedelt werden.

Die Inventarisierung ist gleichzeitig auch eine wichtige Mess- und Steuergröße für die Entfernung und sichere Beseitigung von Schadstoffen. Einschlägige Anforderungen zur Schadstoffseparierung (vgl. z. B. Anhang Altfahrzeug-Verordnung, Elektro- und Elektronikgerätegesetz Anlage 4) müssen regelmäßig aktualisiert werden, um neuartige Schadstoffe, Produkte, Behandlungstechniken und Regulierungen zu berücksichtigen. Ein hoher Grad an Konkretisierung kann den Wettbewerb um die niedrigste mögliche Umsetzung dieser Anforderungen verhindern. Um eine einheitliche Umsetzung in der Praxis zu gewährleisten, sollten Zielwerte für die Schadstoffentfrachtung spezifiziert werden, zum Beispiel indem Mindestmengen der zu entnehmenden Schadstoffe oder

Restgehalte an Schadstoffen in Fraktionen aus der Behandlung verbindlich verankert werden.

Eine möglichst weitgehende Schadstoffentfrachtung kann dazu führen, dass große Mengen an Abfällen nicht recycelt werden können. Aus Sicht des SRU sollte die Erfüllung von Recyclingquoten aber einer Schadstoffentfrachtung untergeordnet werden, um Schadstoffe nicht in neue Produkte zu verschleppen (Tz. 164).

Stand der Technik und Behandlungsanforderungen definieren

229. Zielwerte für den zu recycelnden Anteil von Altprodukten sowie die Pflicht zur Schadstoffentfrachtung sollten durch Vorgaben zum Stand der Technik und Art der Behandlung ergänzt werden. Dies trägt entscheidend dazu bei, eine hohe Qualität der Behandlung zu gewährleisten. Die Implementierung von Behandlungsanforderungen in sogenannten BVT-Merkblättern (auch Best Available Technique Reference Document – BREF; erarbeitet auf Basis der Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU) ist aus Sicht des SRU für die kleinteilige und spezialisierte Anlageninfrastruktur zur Behandlung von Verpackungen, Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen ein weniger geeignetes Instrument. Auch können die Novelierungsintervalle der BVT-Merkblätter mit über zehn Jahren nicht mit der Geschwindigkeit der Entwicklung des Standes der Technik in diesen Bereichen mithalten.

Alternativ sind folgende zwei Ansätze aus Sicht des SRU geeignet, um eine stärkere ökologische Lenkungswirkung in der Qualität der Behandlung sicherzustellen:

- Abfallstromspezifische technische Spezifikationen und Normen, wie beispielsweise aus der Normenreihe EN 50625 für die Behandlung von Elektroaltgeräten, können europäisch oder national rechtsverbindlich verankert werden.
- Es können Behandlungsanforderungen auf nationaler Ebene erarbeitet und implementiert werden.

Mit der Europäischen Normung wie für Elektroaltgeräte (EN-50625-Serie) werden insbesondere Monitoring und Berichterstattung zum Recycling und zur Schadstoffentfrachtung vereinheitlicht und somit die Art der Behandlung vergleichbar gemacht. Der SRU begrüßt dies und empfiehlt der Bundesregierung, sich für die Ausweitung solcher Normungsaktivitäten auf europäischer Ebene einzusetzen. Konkret sollten Machbarkeit und Nutzen für die Behandlung von Batterien und Altfahrzeugen geprüft werden.

230. Dennoch bedarf es aus Sicht des SRU einer weitergehenden Spezifizierung dazu, wie die gesetzten Zielwerte erreicht werden sollen. Das Umweltbundesamt hat für Elektroaltgeräte weitergehende geräte- und bauteilspezifische Behandlungsanforderungen formuliert. Diese sollen in eine Verordnung auf Grundlage des § 20 ElektroG in Verbindung mit Anhang 4 einfließen (RECHENBERG et al. 2019). Die Empfehlungen des Umweltbundesamtes basieren auf einem umfassenden Prozess, der unter Einbindung der relevanten Akteure stattfand. Ergebnis ist ein Mix aus Verfahrens- (Definition zu separierender Schadstoffe, Separationszeitpunkt), Zielanforderungen (Zielwerte zur Vollständigkeit der Entfrachtung, Grenzwerte für die Qualität der Entfrachtung) und einem Behandlungskonzept (Arbeitsanweisungen, Identifikationskriterien, Dokumentation). Dabei wurden nicht nur Anforderungen zur Schadstoffentfrachtung, sondern auch zur Rückgewinnung von Wertstoffen diskutiert. Die Einbindung der relevanten Akteure stellt die praktische Umsetzbarkeit und Überwachbarkeit sicher und trägt zur Akzeptanz der neuen Anforderungen bei.

Dieser Prozess sowie das Ergebnis stellen ein positives Beispiel dar, wie auf nationaler Ebene anspruchsvolle Anforderungen entwickelt werden können. Im Falle der Elektroaltgeräte gilt es, diese Anforderungen nun schnellstmöglich rechtlich verbindlich zu verankern. Darüber hinaus sollte das BMU weitere prioritäre Abfallströme festlegen, für die ein ähnlicher Prozess zur Festlegung von Behandlungsanforderungen durchgeführt werden sollte. Dies sollte in ProgReSS III als Ziel mit festem Zeitrahmen verankert werden.

Die nationale Festlegung von Behandlungsstandards erfordert eine konsequente Anwendung auch auf exportierte Abfälle. Dafür ist es notwendig, dass die Quotenanrechnung von Abfallexporten an den Nachweis der Wahrung von Behandlungsstandards gekoppelt wird. Ansonsten können die nationalen Standards durch eine Behandlung der Abfälle in Ländern mit niedrigeren Anforderungen unterlaufen werden (EEA 2019).

Aus Sicht des SRU ergänzen sich europäische Normen und nationale Behandlungsstandards und sollten konsequent weiterentwickelt werden. Bei beiden Instrumenten sollten eine regelmäßige Anpassung an Änderungen des Produktdesigns und der Recyclingtechnik vorgesehen werden. Da die Industrie bei Standardisierungs- und Normungsaktivitäten häufig stark vertreten ist, sollten Bund und Länder ihr Expertenwissen verstärkt in solche Prozesse einbringen. Um dabei die Position von Umwelt-

verbänden zu stärken, sollten Möglichkeiten geschaffen werden, dies finanziell zu unterstützen.

Output-Qualitäten spezifizieren und Abfallende-Eigenschaften definieren

231. Mit der Definition von Output-Qualitäten für Fraktionen aus Behandlungs- und Recyclingprozessen ließe sich steuern, für welche Produkte diese Sekundärrohstoffe wieder einsetzbar wären. Anforderungen könnten sich zum Beispiel auf die erlaubte Menge an Störstoffen oder auch die Vielfalt enthaltener spezifischer Materialien beziehen (z. B. welche Kunststoffsorten sollten welche Reinheit erreichen, welche Fraktionen verschiedener Legierungstypen von Metallen sollten separiert werden). Die Messung der Qualität kann zum Beispiel an etablierte oder neu zu entwickelnde Gütezeichen gekoppelt werden, wie beispielweise aus der RAL Gütesicherung für Kompost, Altholz, Recyclingbaustoffe und Recyclingkunststoffe bekannt. Dies ist insbesondere für kunststoffhaltige Abfälle, Bioabfälle und Bauabfälle sinnvoll und kann helfen, den hohen Anteil von Sekundärmischkunststoffen oder der Verfüllung bei Bauabfällen an der Quotenerfüllung zu reduzieren. Weiterhin wird dadurch die Transparenz über die Qualität der Recyclingprodukte für alle Marktakteure erhöht. Dies steigert die Marktakzeptanz und somit die Bereitschaft von Herstellern, Recyclingprodukte einzusetzen. Gleichzeitig können auch mit Anforderungen, unter denen für bestimmte Stoffe und Gegenstände die Abfalleigenschaft endet, Qualitätsstandards für Recyclingprodukte definiert werden. Der SRU begrüßt deshalb die Konkretisierung der Verordnungsermächtigung zur Spezifizierung von Abfallende-Eigenschaften im Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (Tz. 149, § 5 Abs. 2 KrWG-E) für bestimmte Stoffe und Gegenstände. Die Bundesregierung sollte für prioritäre Abfallströme zügig anspruchsvolle Anforderungen zur Behandlung, an Qualitätskriterien sowie an das Qualitätsmanagement erlassen. Diese definieren, unter welchen Bedingungen genau Produkte aus dem Recycling nicht mehr dem Regime des Abfallrechtes unterliegen.

Recyclingfähigkeit und Rezyklateinsatz steigern

232. Viele Maßnahmen zur Sicherstellung hochwertiger Verwertung werden durch das Produktdesign beeinflusst. Die Ökodesign-Richtlinie ermöglicht es prinzipiell, in den einzelnen Durchführungsverordnungen zwei wesentliche Aspekte für die Sicherstellung der hochwertigen Verwertung (Rezyklierbarkeit) produktgruppenspezifisch zu regulieren:

- o Mindestanforderungen an die Recyclingfähigkeit (Anh. I Teil 1 Nr. 1.3 f) und
- o Mindestanteil für die Verwendung von Recyclingmaterial (Anh. I Teil 1 Nr. 1.3 b).

233. Im Zuge der Weiterentwicklung der Produktpolitik sollten verstärkt Anforderungen an die Recyclingfähigkeit entwickelt und verankert werden. Sinnvoll wäre eine Regulierung auf europäischer Ebene, die spezifische Anforderungen für einzelne Produktgruppen enthält. Dabei handelt es sich um ein neues Instrument, zu dem es bisher wenig Erfahrungen und Anwendungsfälle gibt. Daher empfiehlt der SRU, die Wirkung und Umsetzung der im Oktober 2019 von der Kommission beschlossenen zehn Durchführungsverordnungen zum Ökodesign (u. a. für Kühlgeräte, Waschmaschinen, Displays und Lichtquellen) sowie im Auftrag der Europäische Kommission unter dem Mandat M/543 entwickelten Normen (Kasten 3-4) begleitend zu untersuchen. Neben den von der Ökodesign-Richtlinie geregelten Produktgruppen gibt es weitere, die im Hinblick auf ihre Mengen und Umweltauswirkungen relevant sind (z. B. Fahrzeuge, ausgewählte Bauprodukte, Photovoltaik- und Windkraftanlagen). Hierfür sollte die Europäische Kommission die Ökodesign-Richtlinie auf weitere Produktgruppen ausdehnen (Tz. 143).

Insbesondere die Bewertungsmethoden zur Bemessung der Recyclingfähigkeit sind entscheidend für die Wirksamkeit des Instruments. Grundvoraussetzung hierfür ist es, diese im Kontext der Spezifizierung des Recyclingbegriffes und der Hochwertigkeit (Tz. 134, 162 f.) zu standardisieren und zu etablieren. Der aktuelle Leitfaden zur Recyclingfähigkeit von Verpackungen (ZSVR 2019) genügt diesen Ansprüchen nicht, da starke Vereinfachungen in der Abbildung von Verwertungswegen getroffen werden, die nicht der Realität entsprechen. Hierzu zählt zum Beispiel eine 100%ige Verwertung von faserhaltigen Materialien. Die Prüfmethode sollten kontinuierlich weiterentwickelt, die notwendigen Daten und Datenformate bereitgestellt und Erhebungsmethoden standardisiert werden, um sie sowohl zielsicher als auch operabel zu gestalten.

234. Um die Recyclingfähigkeit eines Produktes zu visualisieren und so Transparenz für Verbraucherinnen und Verbraucher herzustellen, könnte eine Kennzeichnung analog zur Energieeffizienzkennzeichnung verschiedene Recyclingfähigkeitsstufen definieren (van SCHAİK und REUTER 2016; REUTER et al. 2015). Der Vorschlag von REUTER et al. (2015) ist in Abbildung 3-16 dargestellt.

Wie bei den Energieeffizienzanforderungen könnte ein schrittweises Phasing-Out nicht bzw. schlecht rezyklierbarer Produkte umgesetzt werden. So würden nicht ausreichend recyclingfähige Produkte nach und nach vom Inverkehrbringen ausgeschlossen werden.


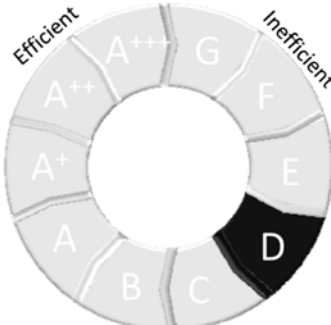
235. Um den Einsatz von Rezyklaten zu fördern, sollten für Produkte, für die dies möglich ist, Rezyklateinsatzquoten definiert werden. Dies führt zu einem Pull-Effekt für die Erzeugung dieser Rezyklate und somit auch zu Investitionen in entsprechende Behandlungs- und Recyclinginfrastrukturen. Anforderungen zum Beispiel im Rahmen des freiwilligen Umweltzeichens Blauer Engel

zeigen, dass der Einsatz von Rezyklatkunststoffen in verschiedenen Produkten möglich ist. Werden Rezyklateinsatzquoten definiert, sollte immer spezifiziert werden, dass Rezyklate aus Altprodukten gemeint sind und nicht aus Produktionsabfällen. Denn können in der Regel sortenreine und leicht rezyklierbare Produktionsabfälle für die Erfüllung einer Rezyklateinsatzquote genutzt werden, bestünde keine Notwendigkeit, Altprodukte so zu designen und zu verwerten, dass entsprechende Rezyklate erzeugt werden.

Bei der Festlegung von Standards für Rezyklate (Tz. 149, 163) sollte berücksichtigt werden, dass Produkte, die

o **Abbildung 3-16**

Kennzeichnung der Recyclingfähigkeit von Produkten am Beispiel von LED-Lampen

Recycling/Resources Producer Model	LED lamp ABC LED Design A
 <p>© MARAS B.V.</p>	 <p>© MARAS B.V.</p>
Recycling/recovery rate Total weight based recycling/recovery rate of all materials/elements/compounds in the product after physical sorting and final treatment processing	30-40 %
Environmental impact score of recycling <ul style="list-style-type: none"> - Recipe end-point indicator (type E - egalitarian weighting) - GWP (Global warming potential) - AP (Acidification potential) - EP (Eutrophication potential) - ODP (Ozone Layer Depletion Potential) 	0.082 0.66 3.13 e-3 1.76 e-4 4.55 e-10

Quelle: REUTER et al. 2015

diese Rezyklate enthalten, selbst auch wieder rezyklierbar sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Stoffe und Materialien langfristig im Kreislauf geführt werden können bzw. eine Mindestanzahl an Recyclingzyklen möglich ist. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass dieser Aspekt zum Beispiel bei der Erarbeitung von Methoden zur Bewertung der Recyclingfähigkeit im Rahmen der Weiterentwicklung der Öko-design-Richtlinie (Europäische Kommission 2015b) berücksichtigt wird.

Vorgezogene Recyclingabgaben einführen

236. Um die zuvor beschriebenen Maßnahmen für ein hochwertiges Recycling umsetzen zu können, ist eine gesicherte Finanzierung notwendig. Dabei sollte eine hohe Transparenz in der Kostenallokation der Entsorgungskosten für die Bereiche Sammlung, Schadstoffbestimmung, Schadstoffentfrachtung, Monitoring, Berichterstattung etc. gewährleistet werden. So kann verhindert werden, dass Recycling unter dem Aspekt der Kostenminimierung durchgeführt wird. Ein Instrument hierfür können vorgezogene Entsorgungsbeiträge sein, wie sie in Japan (Ministry of the Environment 2014, S. 27), den Niederlanden (ARN 2019) und der Schweiz (Ecoplan AG und TBF + Partner AG 2015, S. 49) implementiert sind. Wird ein Gerät – in Japan und den Niederlanden auch Fahrzeuge – in Verkehr gebracht, muss der Hersteller eine vorgezogene Recyclingabgabe (advanced recycling fee) entrichten. Die Höhe dieser Abgabe richtet sich nach den Erfordernissen einer ökologisch hochwertigen Behandlung. Im Falle der Schweiz wird über den vorgezogenen Recyclingbeitrag auch Forschung für die Entsorgung finanziert (Swico 2019). Über die reine Finanzierungswirkung hinaus tragen vorgezogene Recyclingabgaben auch zum Bewusstsein der Konsumentinnen und Konsumenten für Entsorgungskosten von Produkten bei.

Der SRU schlägt vor, die Einführung von transparenten, vorgezogenen Recyclingabgaben zu prüfen, um Anforderungen zur Schadstoffentfrachtung und Demontage insbesondere in den Bereichen Altfahrzeuge (Abschn. 3.5.4) und Elektroaltgeräte zu unterstützen. Insbesondere die steigende Materialkomplexität dieser Produktgruppen stellt neue Herausforderungen an die Entsorgungswirtschaft. Dies kann zu steigenden Kosten führen, die im Produktpreis internalisiert werden müssen. Auch für Abfälle mit zu geringen Sammelquoten sollte sichergestellt werden, dass die Kosten einer intensivierten Sammlung durch eine solche Abgabe gedeckt werden können und sich im Produktpreis wiederfinden.

3.6.4 Erweiterte Herstellerverantwortung konsequenter institutionalisieren

237. Sowohl die Novelle der Abfallrahmenrichtlinie von 2018 als auch der Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sehen eine Erweiterung und Stärkung der Herstellerverantwortung vor. Sie geben dem Gesetzgeber auf europäischer bzw. auf Bundesebene neue Instrumente an die Hand, die in produktspezifischen Regelungen umgesetzt werden können.

Herstellerverantwortung ausbauen

238. Art. 8 Abs. 1 Abfallrahmenrichtlinie sah bereits bisher vor, dass die Mitgliedstaaten zur Verbesserung der Wiederverwertung und der Vermeidung, des Recyclings und der sonstigen Verwertung von Abfällen Maßnahmen erlassen können, die den Herstellern eines Produktes eine Verantwortung für den Umgang mit den zu Abfall gewordenen Produkten auferlegt. Diese kann insbesondere Pflichten zur Rücknahme der Produkte und zur Bewirtschaftung der Abfälle (bzw. die finanzielle Verantwortung für diese Tätigkeiten) umfassen. Die den Herstellern auferlegten Pflichten werden als „erweiterte Herstellerverantwortung“ bezeichnet (Tz. 135, Kasten 3-3). Der 2018 ergänzte Art. 8a Abfallrahmenrichtlinie benennt nunmehr allgemeine Mindestanforderungen, die die Mitgliedstaaten konkretisieren müssen, wenn sie ein Regime der erweiterten Herstellerverantwortung einführen. Dies impliziert zum einen, dass die Zielformulierung der Mitgliedstaaten auch ambitionierter sein kann als im europäischen Recht festgelegt, zum anderen werden explizit weitere Sammlungs- und Behandlungsanforderungen, aber auch Ziele für Abfallvermeidung und Wiederverwertung auf nationaler Ebene legitimiert.

Die Stärkung des Instruments der erweiterten Herstellerverantwortung durch die Einführung von Mindestanforderungen ist grundsätzlich zu begrüßen, da sie Folgewirkungen auf die in Deutschland existierenden Herstellerverantwortungssysteme für Verpackungen, Altfahrzeuge, Batterien und Elektroaltgeräte hat (UBA 2018b). Damit wird außerdem die Möglichkeit eröffnet, das Instrument auf weitere Produktströme anzuwenden. Die Bundesregierung sollte prüfen, wie Herstellerverantwortungen für mengen- und umweltrelevante Produkte, wie zum Beispiel Möbel, Textilien und ausgewählte Bauprodukte, auf nationaler Ebene sinnvoll eingeführt werden können. Beispielsweise wurden in Frankreich in den

letzten zwanzig Jahre rein nationale Regelungen zur Herstellerverantwortung für Reifen, grafische Papiere und Textilien und jüngst auch für Möbel erlassen (French Ministry of Environment 2014). Die Prüfung der Umsetzungsmöglichkeiten sollte bestehende – insbesondere kommunale – Strukturen berücksichtigen.

Informationspflichten standardisieren

239. Die Neuregelung der Herstellerverantwortung in Art. 8 a Abfallrahmenrichtlinie erlaubt es, erweiterte Informationspflichten als Grundvoraussetzung für den Marktzugang einzuführen. Um entsprechende Informationen zu Produkten transparent und nutzbar bereitzustellen, empfiehlt der SRU, sogenannte Kreislaufpässe produktgruppenspezifisch verbindlich vorzuschreiben. Diese Kreislaufpässe sollten sowohl Informationen zu Inhaltsstoffen (Wert- und Schadstoffe) als auch Informationen zu Reparatur- und Recyclingverfahren dauerhaft und leicht zugänglich bereitstellen (Tz. 214; s. a. SRU 2017, Abschn. 5.5.3; 2018, Tz. 190). Diese Produktinformationen sollen außerdem dazu geeignet sein, ein nationales Inventar der gesellschaftlichen Stoffströme aufzubauen und damit eine Grundlage zu schaffen, um Kreislaufwirtschaft zu gestalten (s. SRU 2017, Abschn. 5.5.2; 2019, Tz. 362).

Hersteller an der ökologischen Kostenwahrheit finanziell beteiligen

240. Art. 8 a Abfallrahmenrichtlinie regelt weiterhin auch Anforderungen an die von den Herstellern zu tragenden Kosten im Rahmen der erweiterten Herstellerverantwortung. Als Grundregel wird festgelegt, dass die finanziellen Beiträge der Hersteller die anfallenden Kosten der vorgesehenen Entsorgungsmaßnahmen decken müssen. Allerdings sieht Art. 8 a Abs. 4 lit. a eine Ausnahme für die Regime der erweiterten Herstellerverantwortung nach der Altfahrzeug-Richtlinie, der Elektroaltgeräte-Richtlinie sowie der Batterierichtlinie vor. Dieser „Bestandsschutz“ ist aus Sicht des SRU nicht gerechtfertigt und verbaut die Chance, auf die Weiterentwicklung dieser Herstellerverantwortungen hinzuwirken. Denn diese Ausnahmeregelung umfasst in Deutschland gerade die Bereiche, für die eine finanzielle Beteiligung entweder nicht besteht oder in denen die Hersteller die Kosten nur teilweise tragen müssen. So sind für Elektroaltgeräte die Kommunen und große Vertreiber zur Erfassung verpflichtet und tragen hierfür die Kosten. Die Erfassung von Altgeräten durch die Hersteller ist freiwillig. Lediglich die Behandlung liegt eindeutig in finanzieller Verantwortung der Hersteller. Diese sogenannte geteilte Produktverantwortung entspricht nicht dem Kostenübernahmeprinzip. Für Alt-

fahrzeuge findet bisher faktisch keine finanzielle Beteiligung der Hersteller statt (Tz. 135, 192).

Die für Elektroaltgeräte umgesetzte geteilte Verantwortung liefert wenig Anreiz, hohe Erfassungsquoten umzusetzen und die Erfassung nicht allein auf wirtschaftlich interessante Mengen zu fokussieren. Gleichzeitig werden kommunale Erfassungsstrukturen gefestigt, die wenig Interesse an großen Mengen und einer Erfassungsqualität haben, die die Vorbereitung zur Wiederverwendung und hochwertiges Recycling ermöglichen.

Rechtliche Regelungen sollten so entwickelt und implementiert werden, dass die Hersteller für die Erreichung der Zielvorgaben zur Erfassung verantwortlich sind. Hier sollte der europäische Rahmen seitens der Bundesregierung weitergehend genutzt werden, um das Erreichen europäischer Erfassungs- und Verwertungsziele in Deutschland sicherzustellen. Der SRU empfiehlt, bei den Novellen des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes, des Batteriegesetzes, der Altfahrzeug-Verordnung und des Verpackungsgesetzes die finanziellen Beteiligungen so zu regeln, dass die Kosten einer Kreislaufwirtschaft auch tatsächlich durch die Produktverantwortlichen getragen und transparent im Produktpreis ausgewiesen werden. Dies betrifft sowohl die Kosten der Erfassung als auch der Behandlung.

Im Referentenentwurf des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (Tz. 148) wird in § 25 Abs. 1 Nr. 4 die Grundlage zur finanziellen Beteiligung an Kosten zur Reinigung der Umwelt geschaffen. Somit werden die Kosten zur Beseitigung der Schäden der illegalen Entsorgung verursachergerecht getragen und langfristig im Produktpreis einkalkuliert. Der SRU begrüßt diese neue Anforderung. Die Bundesregierung und die Kommunen sollten diese Regelungen nach Inkrafttreten zügig umsetzen. Betroffene Hersteller wiederum könnten Informationskampagnen gegen Littering durchführen. So ließen sich ihre Kosten reduzieren und gleichzeitig ein Bewusstsein für diese Problematik bei der Bevölkerung schaffen.

Herstellerverantwortung europäisch weitergestalten

241. Die in Art. 8 a Abfallrahmenrichtlinie festgelegten Mindestanforderungen gelten nicht nur für die bestehenden Regelwerke der Herstellerverantwortung, sondern auch für künftig neu zu regelnde Produktbereiche. Um den Binnenmarkt zu wahren und Kostenwahrheit bei der Nutzung von materiellen Produkten zu erzielen, sollte sich die Bundesregierung auf EU-Ebene verstärkt für die Weiterentwicklung von Systemen der Herstellerverant-

wortung einsetzen. Hierzu gehört die Einführung neuer europaweit gültiger Regelungen für Produktbereiche wie zum Beispiel Textilien, Möbel, und ausgewählte Bauprodukte oder Infrastruktur für erneuerbare Energien. Weiterhin sollte das Instrumentarium kontinuierlich weiterentwickelt und spezifiziert werden. Solche Regelungen können einen Übergang von der aktuellen kreislauforientierten Abfallwirtschaft hin zu einer europäischen Kreislaufwirtschaft darstellen, die auf eine anspruchsvolle Produktpolitik aufbaut. Dabei sollten verstärkt Steuerungs- und Lenkungswirkung von Instrumenten erprobt und erforscht werden.

Durch den Onlinehandel werden zusätzlich zum klassischen Import und Export sowohl Neuprodukte aus anderen Ländern in die EU importiert als auch Gebrauchtprodukte exportiert. Die Bundesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass Betreiber elektronischer Marktplätze mit Firmensitz in der EU verpflichtet werden, die ordnungsgemäße Registrierung der Hersteller, die ihre Produkte über diese Marktplätze anbieten, zu prüfen. Damit ließe sich eindämmen, dass Elektrogeräte, Batterien und Verpackungen auf den Binnenmarkt gebracht werden, für die die Hersteller keine Beteiligung an den Entsorgungskosten tragen (OECD 2018; BMU und BMJV 2019).

Hinsichtlich der Gebrauchtgeräte ist es zunächst notwendig, einen Überblick zu schaffen, welche Mengen über Landesgrenzen hinweg verkauft werden und somit in einem anderen Land als dem, in dem sie ursprünglich auf den Markt gebracht wurden, entsorgt werden. Beim Herstellerverantwortungssystem des Importlandes liegt entsprechend keine Registrierung vor. Um den grenzüberschreitenden Gebrauchtproduktehandel überwachen zu können, muss in die Handelsstatistiken eine Unterscheidung von Neu- und Gebrauchtgütern aufgenommen werden. Gibt es zwischen bestimmten Ländern signifikante Ströme von Gebrauchtgütern in eine Richtung, sollten Mechanismen entwickelt werden, wie die originären Hersteller an den Entsorgungskosten beteiligt werden können.

3.6.5 Öffentliche Institutionen zu Vorreitern machen

242. Mit ihrem Konsum sind öffentliche Institutionen des Bundes, der Länder und der Kommunen nicht nur ein wichtiger Faktor des gesamtwirtschaftlichen Materialumsatzes, sondern haben gleichzeitig eine Vorbildfunktion. So sollten sie die Rolle als Motor für die Transforma-

tion hin zu einer Kreislaufwirtschaft stärker als bisher wahrnehmen (SRU 2019, Tz. 375 ff.) und Schwerpunkte und Ziele neu justieren. Im Folgenden wird zum einen die öffentliche Beschaffung diskutiert, zum anderen die Möglichkeit, die oberste Abfallhierarchiestufe Vermeidung stärker im eigenen Handeln zu verankern.

Öffentliche Beschaffung an Umweltaspekten ausrichten

243. Das öffentliche Beschaffungswesen hat in Deutschland einen Anteil von 10 bis 15 % am Bruttosozialprodukt und entspricht einem geschätzten Ausgabevolumen von bis zu 350 Mrd. Euro pro Jahr (EßIG und SCHAUPP 2016; SOLBACH 2018). Der direkte Anteil des Bundes, der Länder und der Kommunen an den Gesamtausgaben der öffentlichen Hand beträgt 35 % (s. Abb. 3-17). 62 % entfallen auf weitere Institutionen wie öffentliche Fonds oder Unternehmen der Ver- und Entsorgung.

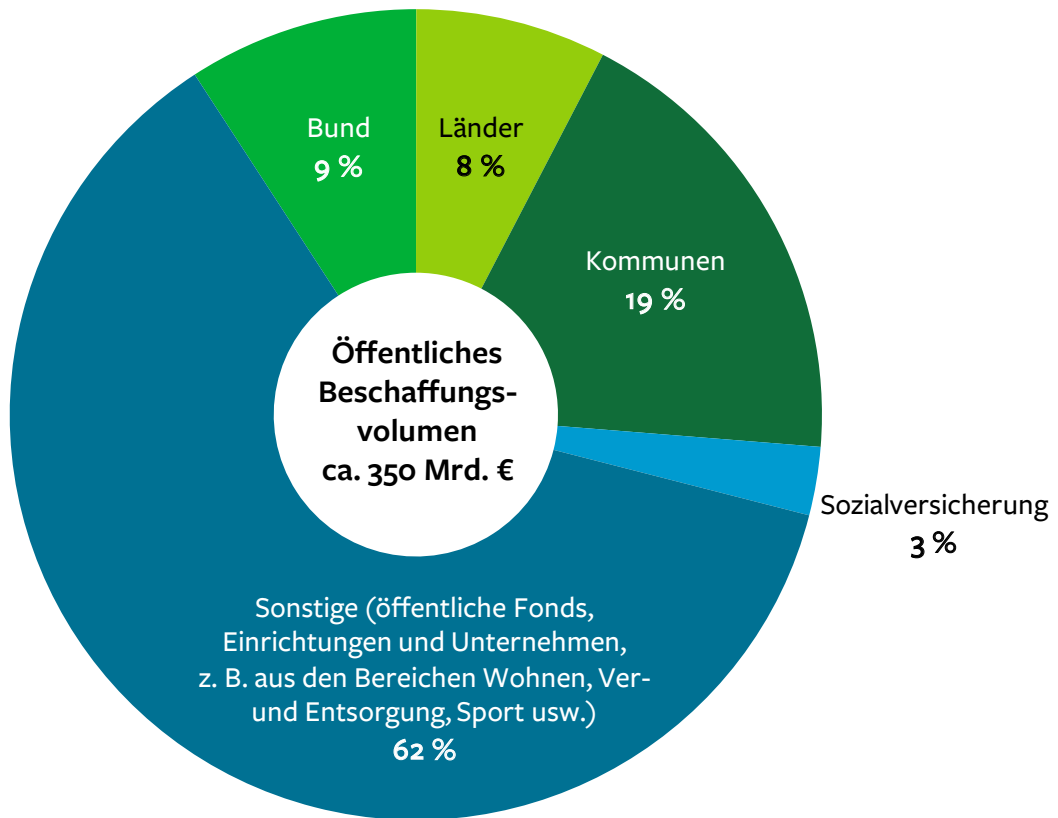
Die Art der Aufträge und beschafften Produkte sind dabei sehr vielfältig: Neben Bau-, Sach- und Dienstleistungen werden auch Produkte wie Papier, Möbel und Computer in großem Umfang konsumiert.

Die Europäische Kommission definiert die umweltorientierte Beschaffung als einen Prozess, „in dessen Rahmen die staatlichen Stellen versuchen, Güter, Dienstleistungen und Arbeitsverträge zu beschaffen, die während ihrer gesamten Lebensdauer geringere Folgen für die Umwelt haben als vergleichbare Produkte mit der gleichen Hauptfunktion“ (Europäische Kommission 2008b, S. 5). Auch misst sie der umweltfreundlichen Beschaffung für den Bereich der Kreislaufwirtschaft große Bedeutung bei (Europäische Kommission 2018d) und hat diesen Aspekt im Kreislaufwirtschaftspaket betont (Europäische Kommission 2017c).

244. Die rechtlichen Möglichkeiten, Umweltaspekte bei der Vergabe von Aufträgen der öffentlichen Hand in Deutschland einzubeziehen, wurden im Laufe der letzten zwanzig Jahre sukzessive erweitert (DAGEFÖRDE und DROSS 2005; BURGI 2015). Das zuletzt 2016 umfassend novellierte Vergaberecht ermöglicht es, solche Belange auf verschiedenen Stufen des Vergabeverfahrens einzubeziehen. Voraussetzung ist, dass diese eine Verbindung zum Auftragsgegenstand haben. Dazu zählen zum Beispiel Sozial- und Umweltkriterien zur Beschreibung der Art, Eigenschaft und Güte der Leistung. Insbesondere ist es seitdem möglich, nicht nur umweltbezogene Anforderungen an das Produkt oder die Leistung zu stellen, sondern auch an die Produktionsweise oder Art und Weise der Erstellung der Leistung, wenn sie mit

o **Abbildung 3-17**

Öffentliches Beschaffungsvolumen (2016)



SRU 2020; Datenquelle: EßIG und SCHAUPP 2016, S. 51

dem Produkt in Zusammenhang stehen und in der Ausschreibung offengelegt werden. Auch auf Kriterien von Umweltsiegeln kann in der Ausschreibung Bezug genommen werden. Vorab können ferner Sanktionen und Vertragsstrafen festgelegt werden, damit die Erfüllung von Sozial- und Umweltkriterien nach der Auftragserteilung sichergestellt werden kann. Bei der Auswahl der Beschaffungsgegenstände dürfen Anbieter allerdings nicht diskriminiert werden (DIECKMANN 2016).

245. Schon bisher sind die Behörden des Bundes nach § 45 KrWG verpflichtet, die Kreislaufwirtschaft zu fördern, die natürlichen Ressourcen zu schonen und zur umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen beizutragen. Dabei sollen überdies die Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft berücksichtigt werden. Die bisherige Prüfpflicht wird im Referentenentwurf zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie zu einer Bevorzugungs-

pflicht weiterentwickelt (BMU 2019b). Diese greift, solange keine unzumutbaren Mehrkosten entstehen oder andere Rechtsvorschriften entgegenstehen. Auch werden die Auswahlkriterien weiter konkretisiert, so dass Erzeugnissen der Vorzug zu geben ist, die

- o in rohstoffschonenden, energiesparenden, wassersparenden, schadstoffarmen oder abfallarmen Produktionsverfahren hergestellt worden sind,
- o durch Vorbereitung zur Wiederverwendung oder durch Recycling von Abfällen, insbesondere unter Einsatz von Rezyklaten, oder aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt worden sind,
- o sich durch Langlebigkeit, Reparaturfreundlichkeit, Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit auszeichnen oder

- im Vergleich zu anderen Erzeugnissen zu weniger oder schadstoffärmeren Abfällen führen oder sich besser zur umweltverträglichen Abfallbewirtschaftung eignen.

Die Bevorzugungspflicht umweltgerechter Produkte oder Dienstleistungen nach § 45 KrWG-E sollte im Zuge des Gesetzgebungsverfahrens nicht abgeschwächt werden. Die Umsetzung dieser Vorgaben in den Beschaffungsalldag wird die Bedeutung der vorhandenen Einrichtungen wie der Kompetenzstelle für Nachhaltige Beschaffung und des Kaufhauses des Bundes, die bereits zahlreiche Hilfestellungen und Schulungen anbieten, weiter ausbauen. Um die Machbarkeit und den Fortschritt zu dokumentieren sowie andere öffentliche Einrichtungen zur Nachahmung zu motivieren, empfiehlt der SRU, positive Veränderungen (z. B. Verbrauchsreduktionen, steigender Anteil an nachhaltigen Produkten, Einsatz von rezyklatbasierten Materialien) regelmäßig aktiv zu präsentieren und publik zu machen. Beispielsweise lassen sich Potenziale für die Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung des Bundes anhand von Best-Practice-Beispielen ableiten (Deutscher Bundestag 2019).

246. Fast alle Bundesländer haben in ihren Landesabfallgesetzen Soll-Vorschriften, die verlangen, die Beschaffung nach den Grundsätzen der Abfallvermeidung, der Kreislaufwirtschaft und des Ressourcenschutzes auszurichten (SCHMIDT und DUBBERS 2014, S. 28). Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur umweltfreundlichen Beschaffung sind oft sehr allgemeiner Natur und beziehen sich überwiegend auf die Berechnung von Lebenszykluskosten und die Beschaffung von energieeffizienten Geräten (z.B. für Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt Verkehr und Klimaschutz Berlin 2019a). Als positives Beispiel für anwendungsfreundliche Vorgaben können die in Berlin von der Senatsverwaltung zur Verfügung gestellten Leistungsblätter dienen. Diese definieren Kriterien für Produkte und Leistungen, die die beschaffende Stelle für ihre Leistungsbeschreibung verwenden kann (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin 2019b).

Die Einrichtungen der öffentlichen Hand können und sollten ihre Möglichkeiten als Vorbild und als Vorreiter nutzen. Dies umfasst die Festlegung von eigenen Zielwerten, die regelmäßig überprüft, veröffentlicht und nachgeschärft werden müssen. Der SRU empfiehlt daher, erfolgreiche Praxisbeispiele in Bund, Ländern, Kommunen und Einrichtungen wie Universitäten, Schulen oder Krankenhäusern regelmäßig publik zu

machen und als Messlatte anzulegen, um Potenziale zu verdeutlichen.

Öffentliche Einrichtungen – allen voran Einrichtungen des Bundes – sollten außerdem Selbstverpflichtungen eingehen. Ein Vorbild hierfür sind die Niederlande, die bis 2020 den Anteil der kreislauforientierten Beschaffung auf 10 % des Beschaffungsvolumens erhöhen wollen (Government of the Netherlands 2016, S. 28).

Vorreiter für Abfallvermeidung werden

247. Regelungen und Leitfäden zur öffentlichen Beschaffung befassen sich in der Regel damit, nachhaltigere Produkte zu beschaffen. Nicht zwangsläufig wird dadurch weniger konsumiert, sondern lediglich anders und nicht unbedingt abfallärmer. Aus Sicht des SRU sollte die öffentliche Hand aber nicht nur zeigen, dass nachhaltigere Produkte beschafft werden können, sondern dass Abfallvermeidung durch Änderung des Konsums möglich ist. Ähnlich wie private Handelsunternehmen (Tz. 185) könnten öffentliche Institutionen Selbstverpflichtungen eingehen, in denen sie für sich klare Abfallvermeidungsziele definieren. Öffentliche Institutionen könnten erreichte Ziele aktiv nach außen kommunizieren und damit Glaubwürdigkeit bei Bürgerinnen und Bürgern erlangen. Außerdem könnte ein Multiplikatoreffekt bei den Mitarbeitenden der verschiedenen Institutionen entstehen.

Gerade weil die Bundesregierung zum Beispiel im Abfallvermeidungsprogramm betont, dass bundesweite Vermeidungsziele nicht durchsetzbar sind und nur „weiche“ Maßnahmen ergriffen werden können, sollte der Bund beispielhaft vorangehen und nicht nur die umweltfreundliche Beschaffung ausbauen, sondern systematisch eigene Abfallvermeidungspotenziale identifizieren und nutzen. Dies könnte zum Beispiel folgende Bereiche umfassen:

- Prüfung der Anschaffung von Gebrauchtgeräten (z. B. für Teeküchen, Computer),
- Festlegen eines Vermeidungsziel für den Papierverbrauch (zusätzlich zum Wechsel zu Recyclingpapier),
- Abschaffung von Einwegangeboten in Kantinen der Bundeseinrichtungen (stattdessen Angebot von Mehrwegsystemen für Essen und Getränke, insbesondere auch für Außer-Haus-Verkäufe),
- Festlegen eines Mindestanteils von Getränken aus der Region in Mehrwegflaschen,

- o Anbieten von kostenfreiem Leitungswasser aus Gläsern in den Kantinen der Bundeseinrichtungen.

Derartige Ansätze konkretisieren die Ziele des Bundes im Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit (Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung 2017) und sollten bei der Weiterführung des Programms aufgenommen werden.

3.6.6 Monitoring als Schlüssel für die Steuerung der Stoffströme verbessern

248. Ohne ein gut aufgestelltes, differenziertes Monitoring wird es nicht möglich sein, die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft zu realisieren (MORAGA et al. 2019). Dabei müssen die gesetzten Ziele sowie das Monitoring über den gesamten Lebensweg von Stoffen und Materialien erfolgen. So sollte die Kreislaufwirtschaft beispielsweise auf der Makroebene idealerweise durch den Input von Rohstoffen, die Kreislaufführung von Stoffen und Materialien sowie den Output von Abfällen gemessen und mit Zielen untersetzt werden (MORIGUCHI 2007). Sowohl für den Input von Rohstoffen als auch für die Kreislaufführung enthalten die vorangegangenen Abschnitte ausgewählte Vorschläge, zum Beispiel Erweiterung des Indikators Gesamtrohstoffproduktivität der Nachhaltigkeitsstrategie (Abschn. 3.6.1), Entwicklung von Indikatoren für Selbstverpflichtungen des Handels zur Verpackungsvermeidung (Abschn. 3.6.2), Entwicklung von materialspezifischen Recyclingquoten (Abschn. 3.6.3). Zum Monitoring der Stoffströme wird außerdem ein Stoffstrominventar vorgeschlagen (Tz. 214, 227 f., 239). Da viele Produkte vermehrt im Ausland produziert werden, wird auch die Abfallentstehung ins Ausland verlagert. Dies sollten Kreislaufwirtschaftsindikatoren ebenfalls abbilden (BARTL 2015).

Da die Kreislaufwirtschaft kein Ziel an sich ist, ist es notwendig, zusätzlich Umweltentlastungseffekte zu messen. So sollte zum Beispiel die Abfallvermeidung nicht nur bezüglich ihrer Masse gemessen werden, sondern zum Beispiel auch bestimmt werden, welche Menge an CO_{2eq} damit eingespart wurden (UNEP 2019b). Nicht zuletzt ist es notwendig, Indikatoren für die Bewertung der Aufnahmekapazität von Senken für Schadstoffe zu implementieren (KRAL et al. 2014).

Richtigerweise wird das Thema Monitoring auch im Rahmen des EU-Kreislaufwirtschaftspakets behandelt und

es wurde ein Set von zehn Indikatoren erstellt (Eurostat 2019). Auf nationaler Ebene wurden unlängst zum Beispiel Indikatoren für die Abfallvermeidung entwickelt (WILTS et al. 2019).

Aufgrund des Umfangs kann das Thema Indikatoren für die Kreislaufwirtschaft in diesem Gutachten nicht vertiefend behandelt werden. Aus Sicht des SRU sind das derzeitige Monitoring sowie die dahinterliegenden Statistiken aber dringend weiterzuentwickeln, um eine fundierte Basis für Politikentscheidungen zur Kreislaufwirtschaft treffen zu können.

3.7 Fazit und Ausblick

249. Die Zielsetzungen der Abfallpolitik wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte stufenweise von der Gefahrenabwehr hin zu einer kreislauforientierten Abfallbewirtschaftung entwickelt. Diese ist jedoch nur ein Teil einer Kreislaufwirtschaft, die lange, bevor Produkte zu Abfällen werden, beginnt. Noch fehlt es dafür an einer kohärenten und umfassenden Rahmensetzung in Europa und Deutschland. Der mit dem EU-Kreislaufwirtschaftspaket angestoßene Wandel im Umgang mit Materialien, Stoffen und Produkten geht über die bisher bestehende kreislauforientierte Abfallwirtschaft hinaus. Programmatisch sind im Kreislaufwirtschaftspaket wichtige Aspekte angelegt, die für eine zukunftsfähige Steuerung der Stoffströme relevant sind. Ebenso sind mit dem Legislativpaket wichtige Grundlagen für Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen gelegt, die die Bundesregierung ambitioniert umsetzen muss. Nicht adressiert ist aber die Notwendigkeit der Reduktion des anthropogenen Stoffumsatzes.

Weiterhin ist das Kreislaufwirtschaftspaket nicht der einzige Orientierungsrahmen für die Neuausrichtung im Umgang mit Stoffströmen. Aus Sicht des SRU ist es notwendig, Kreislaufwirtschaftspolitik stärker mit anderen Politikbereichen – zum Beispiel Klima-, Bau- oder Infrastrukturpolitik abzustimmen.

Gerade für Deutschland als konsum- und wirtschaftsstarkes Land stellt sich die Frage, ob es in der Lage und willens ist, innovative Maßnahmen zur Verringerung des Rohstoffverbrauchs und zur Abfallvermeidung zu entwickeln und umzusetzen und somit eine Vorreiterrolle in der EU bezüglich der Weiterentwicklung zu einer Kreislaufwirtschaft einnehmen zu können.

250. Der SRU empfiehlt, Maßnahmen, die der Kreislaufwirtschaft dienen sollen, stärker ökologisch auszurichten. Um dies zielsicher zu erreichen, bedarf es einer grundlegenden Anpassung der Instrumente, mit denen Kreislaufwirtschaftspolitik umgesetzt wird. Langfristig kann eine Kreislaufwirtschaft nur erfolgreich unter Marktbedingungen bestehen, wenn insgesamt die ökologische Kostenwahrheit im Umgang mit Stoffströmen erhöht wird. Die reine Eins-zu-eins-Umsetzung europäischer Vorgaben ist angesichts der fehlenden Präzisierung nicht ausreichend, um die notwendigen Anreize für den Umbau der Strukturen und notwendige Investitionen in Infrastruktur zu setzen. Eine Grundvoraussetzung für Innovationen in der Kreislaufwirtschaft, angesichts fehlender Präzisierung in den EU-Regelungen, sind eine ausreichende Planungssicherheit und ökonomische Rahmenbedingungen, die einem Unterbietungswettbewerb (Race to the bottom) entgegenstehen.

Daher richten sich viele der Empfehlungen des SRU auf die klare und verpflichtende Definition von Zielen, eine einheitliche Umsetzung insbesondere im Bereich der Schadstoffentfrachtung sowie eine transparente Finanzierung von Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen im Rahmen von Herstellerverantwortung. Mit der Abfallhierarchie als Leitbild müssen insbesondere die oberen Stufen dieser Hierarchie adressiert und programmatisch um die Ziele ergänzt werden, die Stoffströme zu verringern und Produkte kreislaufwirtschaftsfähig zu gestalten. Konkret und kurzfristig sollte die Bundesregierung ein Maßnahmenpaket für eine ambitionierte Kreislaufwirtschaft implementieren, welches durch die anstehende Umsetzung des europäischen Rechtes in deutsches Recht ohnehin gefordert ist.

251. Am Beispiel des Stoffstroms „Kunststoffe“ zeigt sich, dass es nicht um Einzeloptimierungen geht, sondern um tragfähige Systemlösungen. Der SRU begrüßt die Aktivitäten und Bekenntnisse des Handels zur Vermeidung von Verpackungsabfällen. Wichtig ist nun, eine Verbindlichkeit der Ziele zu erreichen und Maßnahmen über eine reine Symbolpolitik hinaus wirksam werden zu lassen. Dies erfordert eine Neuausrichtung der Umweltbewertung von Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen und Umweltpolitik im Allgemeinen. Umweltbewertungen dürfen sich nicht eng auf zwei oder drei Produktalternativen beschränken, sondern müssen sicherstellen, dass langfristig tragfähige Systemlösungen geschaffen und Fehlinvestitionen und daraus resultierende technische Lock-In-Effekte vermieden werden. Mit der so erreichten Transparenz in den Zielen und in der Wirkung der Maßnahmen werden kooperative Lösungen aller betei-

ligten Akteure gefördert und eine hohe Akzeptanz geschaffen.

252. Die Kreislaufwirtschaft stärker ökologisch zu orientieren, ist eine erforderliche, aber keine hinreichende Maßnahme in Richtung der notwendigen Produktpolitik. Für letztere bedarf es weiterer europäischer Impulse, die das aktuelle Kreislaufwirtschaftspaket weiterentwickeln. Diese umfassen:

- Transformation der Abfallhierarchie hin zu einer produktorientierten Kreislaufwirtschaftshierarchie,
- Weiterentwicklung der abfallwirtschaftlich ausgerichteten erweiterten Herstellerverantwortung zu einer produktorientierten Herstellerverantwortung mit Pflichten über den gesamten Lebensweg,
- Etablierung einer allgemeinen Pflicht zum Design für Kreislaufwirtschaftsfähigkeit mit entsprechenden Nachweispflichten,
- Erlass von produktbezogenen Anforderungen an die Recyclingfähigkeit, Stärkung der Vorreiter- und Vorbildrolle der öffentlichen Hand für nachhaltigen Konsum.

Neu sind die Ideen zu einem nachhaltigen Stoffstrommanagement nicht: Bereits in den 1990er-Jahren hat die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des deutschen Bundestages einen Bericht zu „Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen“ verfasst. Mit dem Rückenwind durch den European Green Deal und dem dort verankerten New Circular Economy Action Plan hat sich ein weites Handlungsfenster geöffnet, Kreislaufwirtschaft endlich von der Rhetorik in die Praxis umzusetzen.

3.8 Literatur

AEPW (Alliance to End Plastic Waste) (2019): We have a clear vision to eliminate plastic waste. First Anniversary Report 2019. London: AEPW. https://endplasticwaste.org/wp-content/uploads/2020/01/55779_WBCSD_Alliance-to-end-plastic-waste_AW10_V9_spreads.pdf (11.02.2020).

Aldi Nord (2019): Verpackungsmission. Essen: Aldi Nord. <https://www.aldi-nord.de/unternehmen/verantwortung/ressourcenschonung/verpackungen/verpackungsmission.html> (17.09.2019).

ARN (Stichting Auto & Recycling and ARN Holding B.V.) (2019): Key data car recycling 2018. Breukelen: ARN. https://arn.nl/wp-content/uploads/2019/05/190430-Key-Data_En_Print.pdf (11.12.2019).

Arnold, K., Kobiela, G., Pastowski, A. (2018): Technologiebericht 4.3 Power-to-liquids/-chemicals. In: Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, Fraunhofer ISI (Fraunhofer-Institut Systemtechnik und Innovationsforschung), IZES (Institut für ZukunftsEnergieSysteme) (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken: Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI, IZES. https://epub.wuppertalinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7061/file/7061_Power-to-liquids.pdf (10.12.2019).

Ax, C. (2017): Reparieren muss sich wieder lohnen! Die Mehrwertsteuer als Hebel für mehr Nachhaltigkeit. Reutlingen-Mittelstadt: Runder Tisch Reparatur. <https://runder-tisch-reparatur.de/reparieren-muss-sich-wieder-lohnen-die-mehrwertsteuer-als-hebel-fuer-mehr-nachhaltigkeit/> (27.08.2019).

Bartl, A. (2015): Withdrawal of the circular economy package: A wasted opportunity or a new challenge? Waste Management 44, S. 1–2.

Bazzanella, A. M., Ausfelder, F. (2017): Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry. Technology Study. Frankfurt am Main: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Technology_study_Low_carbon_energy_and_feedstock_for_the_European_chemical_industry-p-20002750.pdf (27.01.2020).

Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., Niza, S. (2007): The material basis of the global economy: Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. Ecological Economics 64 (2), S. 444–453.

Bertling, J., Bertling, R., Hamann, L. (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. Oberhausen: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn_nbn_de_0011-n-4971178.pdf (17.12.2018).

BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2018): Gibt es ein Gesundheitsrisiko für den Menschen durch Mikroplastik? Mehr Forschung und wissenschaftliche Daten notwendig. Berlin: BfR. Mitteilung 033/2018. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/gibt-es-ein-gesundheitsrisiko-fuer-den-menschen-durch-mikroplastik-mehrforschung-und-wissenschaftliche-daten-notwendig.pdf> (17.09.2019).

BGS (British Geological Service) (2019): Metals and Decarbonisation: A Geological Perspective. Keyworth: BGS Science Briefing Paper July 2019. <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=3559> (06.12.2019).

BIO Intelligence Service (2012): Assessment of resource efficiency indicators and targets. Final report – Executive summary. Brüssel: Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt. https://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/executive_summary.pdf (26.08.2019).

Birnstengel, B., Eckhardt, M., Häusler, A., Hoffmeister, J., Labinsky, A., Lambert, J., Lühr, O., Schütz, N., Simpson, R., Becker, G., Gellenbeck, K., Weppel, J. (2018): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018. Einblicke und Aussichten. Düsseldorf, Ahlen: Prognos AG, INFA GmbH. <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/810/show/34d8e0ed012d573ef55bcc3edef8a3c0/> (27.01.2020).

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019a): Anteile der in Mehrweg-Getränkeverpackungen sowie in ökologisch vorteilhaften Einweg-Getränkeverpackungen abgefüllten Getränke. Stand: 28.10.2019. Berlin: BMU. <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/verpackungsabfaelle/anteile-der-in-mehrweg->

getraenkeverpackungen-sowie-in-oekologisch-vorteilhaftem-einweg-getraenkeverpackungen-abgefüllten-getraenke/ (26.08.2019).

BMU (2019b): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG). Teil 1: Allgemeine Vorschriften. Referentenentwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union, noch nicht abschließend unter den Bundesministerien abgestimmt (Stand: 5. August 2019). Berlin: BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/krwg_novelle/Entwurf/krwg_novelle lese_bf.pdf (19.08.2019).

BMU (2019c): Referentenentwurf für die Fortschreibung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms ProgRess III. Berlin: BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19_Lp/progress_iii/Entwurf/progress_iii_refe_bf.pdf (24.01.2020).

BMU, BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz), UBA (Umweltbundesamt) (2019): Konferenzdokumentation. Herausforderungen des Onlinehandels für Umwelt- und Verbraucherschutz. Bedeutung und Ansätze für Regelsetzung, Vollzug und Marktüberwachung. Berlin: BMU, BMJV. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/Veranstaltungen/Konferenzdokumentation_Onlinehandel_vom_1806_2019.pdf (11.12.2019).

BMU (2018): Nein zur Wegwerfgesellschaft: 5-Punkte-Plan des Bundesumweltministeriums für weniger Plastik und mehr Recycling. Berlin: BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/5_punkte_plan_plastik_181123_bf.pdf (07.05.2019).

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2013): Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder. Bonn: BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallvermeidungsprogramm_bf.pdf (27.08.2019).

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2017): Leitfaden zur Anwendung der Abfallhierarchie nach § 6 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) – Hierarchiestufen Recycling und sonstige Verwertung. Stand: 25.09.2017. Bonn: BMUB – WR II 2. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_

[BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/krwg_leitfaden_abfallhierarchie_bf.pdf](#) (06.12.2019).

BMUB (2016a): Den ökologischen Wandel gestalten. Integriertes Umweltprogramm 2030. Berlin: BMUB.

BMUB (2016b): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm II. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Vom Bundeskabinett am 2. März 2016 beschlossen. Berlin: BMUB.

BMUB (2015): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) II: Fortschrittsbericht 2012–2015 und Fortschreibung 2016–2019. Entwurf. Version RA 10.08.2015. Berlin: BMUB. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_II_broschuere_de_bf.pdf (10.09.2015).

BPF (British Plastics Federation) (2014): Plastics Timeline Pre1900–2010+. London: BPF. <https://www.bpf.co.uk/media/download.aspx?MediaId=1839> (17.09.2019).

Brandt, E., Ruchay, D., Weidemann, C. (Hrsg.) (1997): Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG). Kommentar. München: Beck.

Breitbarth, M., Urban, A. I. (2014): Littering im öffentlichen Raum – ein altbekanntes und doch brandaktuelles Problem. Müll und Abfall 46 (11), S. 604–610.

Bringezu, S. (2015): Possible Target Corridor for Sustainable Use of Global Material Resources. Resources 4 (1), S. 25–54.

Bringezu, S., Schütz, H., Saurat, M., Moll, S., Acosta-Fernandez, J., Steger, S. (2009): Europe's resource use: basic trends, global and sectoral patterns, environmental and socioeconomic impacts. In: Bringezu, S., Bleischwitz, R. (Hrsg.): Sustainable Resource management. Global trends, visions and policies. Sheffield: Greenleaf Publishing, S. 52–154.

Bundesregierung (2019): Nationales Programm für nachhaltigen Konsum. Gesellschaftlicher Wandel durch einen nachhaltigen Lebensstil. 3. aktualisierte Aufl. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nachhaltiger_konsum_broschuere_bf.pdf (09.12.2019).

Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Stand: 1. Oktober 2016, Kabinettsbeschluss vom 11. Januar 2017. Berlin: Bundesregierung.

Bunge, R. (2015): Metenviro: Grenzen des Metallrecyclings. Rapperswil: HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC. https://www.umtec.ch/uploads/tx_hsrpm/Factsheet_Metenviro.pdf (27.01.2020).

Burgi, M. (2015): Ökologische und soziale Beschaffung im künftigen Vergaberecht: Kompetenzen, Inhalte, Verhältnismäßigkeit. Neue Zeitschrift für Bau- und Vergaberecht 16 (10), S. 597–656.

Buyny, Š., Klink, S., Lauber, U. (2009): Verbesserung von Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung – Weiterentwicklung des direkten Materialinputindikators. Endbericht. Dessau-Roßlau, Wiesbaden: Umweltbundesamt, Statistisches Bundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3781.pdf> (15.11.2018).

CEN (Comité Européen de Normalisation) (2014): Collection, Logistics & Treatment Requirements for WEEE – Part 1: General Treatment Requirements. Annex D (Normative) – Requirements concerning processing of a batch. EN 50625-1: 2014. Brüssel: CEN.

Chahoud, T., Henseling, K.-O., Burger, A., Hain, B. (1999): Mineralische Rohstoffe und nachhaltige Entwicklung. Hannover: Schweizerbart. Geologisches Jahrbuch / SH, Reihe H: Wirtschaftsgeologie, Berichte zur Rohstoffwirtschaft 11.

CHEManager (2014): Auto-Trends: Kunststoffeinsatz im Fahrzeugbau steigt weiter. 23 (15–16), S. 20. <https://www.chemanager-online.com/file/track/26221/1> (17.09.2019).

Ciacci, L., Reck, B. K., Nassar, N. T., Graedel, T. E. (2015): Lost by Design. Environmental Science & Technology 49 (16), S. 9443–9451.

CIEL (Center for International Environmental Law) (2019): Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet. Washington, DC: CIEL. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf> (26.08.2019).

Circle Economy (2019): The Circularity Gap Report 2019. Closing the Circularity Gap in a 9% World. Amsterdam: Circle Economy. https://bfc732f7-80e9-4ba1b429-7f76cf51627b.filesusr.com/ugd/ad6e59_ba1e4d16c64f44fa94fbd8708eae8e34.pdf (06.12.2019).

Consultic (Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH) (2016): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015. Kurzfassung. Frankfurt am Main, Bad Homburg, Bonn: BKV GmbH, Plastics Europe Deutschland e.V., Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., Kunststoffrohrverband e.V., Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. https://www.bkv-gmbh.de/fileadmin/documents/Studien/Consultic_2015__23.09.2016__Kurzfassung.pdf (17.09.2019).

Consultic (2015): Analyse/Beschreibung der derzeitigen Situation der stofflichen und energetischen Verwertung von Kunststoffabfällen in Deutschland. Endbericht. Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH. <https://docplayer.org/24614382-Endbericht-analyse-beschreibung-der-derzeitigen-situation-der-stofflichen-und-energetischen-verwertung-von-kunststoffabfaellen-in-deutschland.html> (10.12.2019).

Consultic (2014): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2013. Kurzfassung. Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH. <https://www.plasticseurope.org/de/resources/publications/193-studie-zu-produktion-verarbeitung-und-verwertung-von-kunststoffen-deutschland-2013-kurzfassung> (19.11.2019).

Consultic (2012): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2011. Kurzfassung. Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH. <https://www.plasticseurope.org/de/resources/publications/201-studie-zu-produktion-verarbeitung-und-verwertung-von-kunststoffen-deutschland-2011-kurzfassung> (19.11.2019).

Consultic (2010): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2009. Kurzfassung. Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH. <https://www.plasticseurope.org/de/resources/publications/215-studie-zu-produktion-verbrauch-und-verwertung-von-kunststoffen-deutschland-2009-kurzfassung> (19.11.2019).

- Consultic (2008): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2007. Kurzfassung. Alzenau: Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH. https://www.plasticseurope.org/download_file/force/1165/319 (19.11.2019).
- Conversio (2018a): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017. Mainaschaff: Kunststoff Konzepte Verwertung, Plastics Europe Deutschland e.V., Arbeitsgemeinschaft PVC und UMWELT e.V., Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V., Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., Kunststoffrohrverband e.V., Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V., Industrieverband Halbzeuge und Konsumprodukte aus Kunststoff e.V., Verband Technische Kunststoff-Produkte e.V., Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Fachverband Schaumkunststoffe und Polyurethane e.V., Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie.
- Conversio (2018b): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017. Kurzfassung. Mainaschaff: Kunststoff Konzepte Verwertung, Plastics Europe Deutschland e.V., Arbeitsgemeinschaft PVC und UMWELT e.V., Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V., Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V., Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., Kunststoffrohrverband e.V., Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V., Industrieverband Halbzeuge und Konsumprodukte aus Kunststoff e.V., Verband Technische Kunststoff-Produkte e.V., Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V., Fachverband Schaumkunststoffe und Polyurethane e.V., Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie. https://www.bvse.de/images/pdf/kunststoff/2018/Kurzfassung_Studie_Stoffstrombild_2017.pdf (25.01.2019).
- Cramer, J. (2018): Key Drivers for High-Grade Recycling under Constrained Conditions. *Recycling* 3 (2), Art. 16. <http://www.mdpi.com/2313-4321/3/2/16> (03.02.2020).
- Dageförde, A., Dross, M. (2005): Reform des europäischen Vergaberechts. *Umweltkriterien in den neuen Vergaberichtlinien*. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 24 (1), S. 19–25.
- defra (Department for Environment Food and Rural Affairs) (2011): Applying the Waste Hierarchy: evidence summary. London: defra. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69404/pb13529-waste-hierarchy-summary.pdf (31.01.2020).
- Deloitte (2016): Circular economy potential for climate change mitigation. München: Deloitte. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/risk/Deloitte%20-%20Circular%20economy%20and%20Global%20Warming.pdf> (06.12.2019).
- DENEFF (Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz) (2019): Expertendossier: Effiziente Energiewende jetzt statt warten auf das grüne Gas. Berlin: DENEFF. https://www.deneff.org/fileadmin/downloads/20190820_Gr%C3%BCne_Gase_und_Energieeffizienz_-_Expertenpapier.pdf (16.10.2019).
- Detzel, A., Bodrogi, F., Kauertz, B., Bick, C., Welle, F., Schmid, M., Schmitz, K., Müller, K., Käß, H. (2018): Biobasierte Kunststoffe als Verpackung von Lebensmitteln. Endbericht. Heidelberg, Freising, Berlin: Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, naroon Innovationsberatung, IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/Endbericht-Bio-LVp_20180612.pdf (27.01.2020).
- Detzel, A., Kauertz, B., Grahl, B., Heinisch, J. (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 19/2016. https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/uba_texte_19_2016_pruefung_und_aktualisierung_der_oekobilanzen_fuer_gertaenkeverpackungen.pdf (10.12.2019).
- Deutscher Bundestag (2019): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Renate Künast, Lisa Badum, Matthias Gastel, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Nachhaltige Ernährung in Gemeinschaftsverpflegungen des Bundes. Berlin: Deutscher Bundestag. Bundestagsdrucksache 19/12276.
- Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste (2017): Freiwillige Selbstverpflichtung von Unternehmen in den Niederlanden. Berlin: Deutscher Bundestag – Wissenschaftliche Dienste. WD 5 - 3000 - 068/17. <https://www.bundestag.de/resource/blob/533420/d09aa0367dcf1b341b588cd6ab32527c/wd-5-068-17-pdf-data.pdf> (10.12.2019).

Dieckmann, N. (2016): Vom Schatten ins Licht – Umweltzeichen in Vergabeverfahren. Neuerungen der Vergaberechtsreform. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 35 (19), S. 1369–1374.

dm drogerie markt GmbH (2019): Abfüllstationen: Nachfüllen statt neu kaufen! Wals: dm drogerie markt GmbH. <https://www.meindm.at/haushalt/beitrag/Weitere-Abfuellstationen-fuer-Wasch-und-Spielmittel-dm-Online-Shop/> (27.08.2019).

ECC-Net (Netzwerk der Europäischen Verbraucherzentren) (2019): Commercial Warranties. Legal guarantees and commercial warranties on consumer goods in the EU, Iceland and Norway. Are they worth the money? Update April 2019, Initial report 2014. o. O.: ECC-Net. https://www.evz.de/fileadmin/user_upload/eu-consommateurs/PDFs/PDF_EN/REPORT-_GUARANTEE/garanties_update_2019.pdf (10.12.2019).

Ecoplan AG, TBF + Partner AG (2015): Analyse der Gebührenpraxis in der Abfallwirtschaft. Auslegeordnung der Problembereiche und Lösungsansätze im Hinblick auf die Überarbeitung der Richtlinie „Verursachergerechte Finanzierung der Entsorgung von Siedlungsabfällen“. Schlussbericht. Bern, Zürich: Bundesamt für Umwelt. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/abfall/externe-studien-berichte/analyse_der_gebuehrenpraxisinderabfallwirtschaft.pdf.download.pdf/analyse_der_gebuehrenpraxisinderabfallwirtschaft.pdf (10.12.2019).

EEA (European Environment Agency) (2019): The plastic waste trade in the circular economy. Copenhagen: EEA. <https://www.eea.europa.eu/downloads/7b3f20f1f3ee44cc95df90a8ba47a9ae/1574763269/the-plastic-waste-trade-in.pdf> (10.12.2019).

EEA (2015): Waste prevention in Europe – the status in 2014. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EEA Report 6/2015.

EEB (European Environmental Bureau) (o. J.): Economic instruments for a Circular Economy. Brussels: EEB. http://makeresourcescount.eu/wp-content/uploads/2016/03/FS5_Economic-instruments-for-a-circular-economy_07.pdf (31.01.2020).

EFSA (European Food Safety Authority) (2016): Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. EFSA Journal 14 (6), e4501.

Ellen MacArthur Foundation (2019): Reuse – rethinking packaging. London: Ellen MacArthur Foundation. <https://www.newplasticseconomy.org/assets/doc/Reuse.pdf> (27.08.2019).

Elser, B., Ulbrich, M. (2017): Taking the European chemical industry into the circular economy. Executive summary. o. O.: Accenture https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-45/Accenture-CEFIC-Report-Exec-Summary.pdf#zoom=50 (27.01.2020).

Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1994): Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn: Economica.

Ericsson, M., Söderholm, P. (2010): Mineral Depletion and Peak Production. Dundee: University of Dundee, Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy. POLINARES working paper 7.

Eßig, M., Schaupp, M. (2016): Ermittlung des innovationsrelevanten Beschaffungsvolumens des öffentlichen Sektors als Grundlage für eine innovative öffentliche Beschaffung. Neubiberg: Kompetenzzentrum innovative Beschaffung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Universität der Bundeswehr München – Forschungszentrum für Recht und Management öffentlicher Beschaffung. https://www.koinno-bmwi.de/fileadmin/user_upload/publikationen/Ermittlung_des_innovationsrelevanten_Beschaffungsvolumens_des_oeffentlich..._3_.pdf (11.12.2019).

Eurometaux (European Association of Metals) (2016): EU Circular Economy Package: Waste legislation. Four priorities to secure the value of European metals. Brussels: Eurometaux. <https://www.eurometaux.eu/media/1458/2016-03-em-position-paper-on-circular-economy-waste-legislation.pdf> (31.01.2020).

Europäische Kommission (2019a): Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Umsetzung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft (SWD(2019) 90 final). COM(2019) 190 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2019b): Leitfaden für die Kaskadennutzung von Biomasse mit ausgewählten Beispielen bewährter Verfahren für Biomasse mit holzartigem Ursprung. Brüssel: Europäische Kommission. <https://>

op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9b823034-ebad-11e8-b690-01aa75ed71a1/language-de (06.12.2019).

Europäische Kommission (2019c): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. COM(2019) 640 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2019d): Mitteilung. Kreislaufwirtschaft – neuer Aktionsplan zur Steigerung des Recyclings und der Wiederverwendung von Produkten in der EU. Brüssel: Europäische Kommission. Ares (2019) 7907872. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2019-7907872_de (24.01.2020).

Europäische Kommission (2019e): Die neuen Maßnahmen zum Ökodesign. Brüssel: Europäische Kommission. Fragen und Antworten. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/de/qanda_19_5889/QANDA_19_5889_DE.pdf (10.12.2019).

Europäische Kommission (2019f): Summary Report of the Public Consultation conducted by the European Commission based on the main issues identified in the Commission's Communication on the interface between chemical, product and waste legislation (COM(2018) 32 final). Brüssel: Europäische Kommission. <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/summary-report-public-consultation-chemical-product-waste-legislation.pdf> (10.12.2019).

Europäische Kommission (2018a): Leitlinien für Abbruch- und Umbauarbeiten an Gebäuden vorgeschaltete Abfallaudits. Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen in der EU. Brüssel: Europäische Kommission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/de/renditions/native> (24.01.2020).

Europäische Kommission (2018b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft. COM(2018) 28 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2018c): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den

Ausschuss der Regionen. über die Umsetzung des Pakets zur Kreislaufwirtschaft: Optionen zur Regelung der Schnittstelle zwischen Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht. COM(2018) 32 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2018d): Öffentliche Auftragsvergabe zur Förderung der Kreislaufwirtschaft. Bewährte Verfahren und Leitlinien. Luxembourg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/cp_european_commission_brochure_de.pdf (11.12.2019).

Europäische Kommission (2017a): Bericht der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Umsetzung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft. COM(2017) 33 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2017b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Liste kritischer Rohstoffe für die EU 2017. COM(2017) 490 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2017c): Public Procurement for a Circular Economy. Brüssel: Europäische Kommission. https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/cp_european_commission_brochure_en.pdf (27.08.2019).

Europäische Kommission (2016a): EU-Protokoll über die Bewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen. Brüssel: Europäische Kommission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/de/renditions/native> (24.01.2020).

Europäische Kommission (2016b): Mitteilung der Kommission. Ökodesign-Arbeitsprogramm 2016-2019. COM(2016) 773 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2015a): Durchführungsbefehl der Kommission vom 17.12.2015 über einen Normungsauftrag an die europäischen Normungsorganisationen im Hinblick auf die umweltgerechte Gestaltung in Bezug auf Aspekte der Materialeffizienz bei energieverbrauchsrelevanten Produkten zur Unterstützung der Umsetzung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. COM(2015) 9096 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2015b): Durchführungsbeschluss der Kommission vom 17.12.2015 über einen Normungsauftrag an die europäischen Normungsorganisationen im Hinblick auf die umweltgerechte Gestaltung in Bezug auf Aspekte der Materialeffizienz bei energieverbrauchsrelevanten Produkten zur Unterstützung der Umsetzung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. M/543. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2015c): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. COM (2015) 614 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2014): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Überprüfung der Liste kritischer Rohstoffe für die EU und die Umsetzung der Rohstoffinitiative {SWD(2014) 171 final}. COM(2014) 297 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2013): Grünbuch zu einer europäischen Strategie für Kunststoffabfälle in der Umwelt. COM(2013) 123 final. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2011a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa. KOM(2011) 571 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2011b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. KOM (2011) 25 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2008a): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über den Aktionsplan für Nachhaltigkeit in Produktion und Verbrauch und für eine nachhaltige Industriepolitik. KOM(2008) 397 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2008b): Mitteilung der Kommission an den Rat, an das Europäische Parlament, an den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und an den Ausschuss der Regionen. Umweltorientiertes Öffentliches Beschaffungswesen. KOM(2008) 400 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2005a): Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. {SEK(2005) 1683} {SEK(2005) 1684}. KOM(2005) 670 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2005b): Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Weiterentwicklung der nachhaltigen Ressourcennutzung: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling. KOM(2005) 666 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission – Generaldirektion Umwelt (2014): Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR). Final report. Brüssel: Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt. https://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/target_review/Guidance%20on%20EPR%20-%20Final%20Report.pdf (25.11.2019).

Eurostat (2020): Siedlungsabfälle nach Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen. Stand: 22.01.2020. Luxembourg: Eurostat. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasmun&lang=de (27.01.2020).

Eurostat (2019): Which indicators are used to monitor the progress towards a circular economy. Luxembourg: Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators> (24.01.2020).

EUWID (Europäischer Wirtschaftsdienst) (2019a): Markt für Stahlschrott in Deutschland. Ruhe vor dem Sturm? Nach stabilen Preisen im August steigt im Herbst der Preisdruck. EUWID Recycling und Entsorgung 2019 (35), S. 17.

EUWID (2019b): Markt für Stahlschrott in Deutschland. Zunehmender Preisdruck am Stahlschrottmittel. EUWID Recycling und Entsorgung 2019 (21), S. 24.

- EUWID (2019c): Marktbericht für Elektroschrott. Recycler beklagen gestiegene Kosten bei anhaltend niedrigem Erlösniveau. Konditionen der einzelnen Sammelgruppen nur leicht angepasst. EUWID Recycling und Entsorgung 2019 (19), S. 22.
- EUWID (2019d): Marktbericht für Elektroschrott. Sinkende Erlöse und höherer Sortieraufwand lassen Preise für Altgeräteverwertung steigen. Recycler berichten von guten Mengen und erwarten Aus für Optimierung. EUWID Recycling und Entsorgung 2019 (6), S. 24.
- EUWID (2019e): MVA Helmstedt wird Teil eines „Real-labors der Energiewende“. EUWID Recycling und Entsorgung 2019 (15), S. 6.
- EUWID (2018): Chemisches Recycling von Verpackungen aus Kunststoff ist keine werkstoffliche Verwertung. EUWID Recycling und Entsorgung 2018 (42), S. 25.
- EUWID (2017): Marktbericht für Elektroschrott. EUWID Recycling und Entsorgung 2017 (18), S. 24.
- Faulstich, M., Kienzler, H.-P., Labinsky, A., Breitzke, M., Müller, B. (2018): Studie zur Verwertung von Altfahrzeugen. Management Summary. Düsseldorf: Prognos AG, Institut für die Zukunft der Industriegesellschaft. https://www.tsr.eu/fileadmin/user_upload/tsr_2018/bilder/forschung_entwicklung/Management_summary_out_Prognos_4.pdf (23.03.2020).
- Faulstich, M., Vodegel, S., Fedianina, E., Franke, M., Degener, P., Aigner, J., Reh, K. (2016): Umweltschutzgerechte Verwertung nicht etablierter Stoffströme in Abfallverbrennungsanlagen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 18/2016. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_18_2016_umweltschutzgerechte_verwertung_nicht_etablierter_stoffstroeme_0.pdf (16.10.2019).
- Fellner, J., Laner, D., Warrings, R., Schustereder, K., Lederer, J. (2018): Potential Impacts of the EU Circular Economy Package on the utilization of secondary resources. *detritus* 2, S. 16–23.
- Fischer, C., Grießhammer, R. (2013): Mehr als nur weniger: Suffizienz: Begriff, Begründung und Potenziale. Berlin, Freiburg, Darmstadt: Öko-Institut. Öko-Institut Working Paper 2/2013.
- Fraunhofer IBP (Fraunhofer-Institut für Bauphysik) (2018): Carbon Footprint von Verpackungssystemen. Stuttgart: Fraunhofer IBP. http://www.stiftung-mehrweg.de/downloads/1520452506_ZusammenfassungCarbonFootprintstudieDE.pdf (26.08.2019).
- French Ministry of Environment (2014): 20 years of EPR in France: achievements, lessons learned and challenges ahead. Paris: French Ministry of Environment. [https://www.oecd.org/environment/waste/France%20\(final\).pdf](https://www.oecd.org/environment/waste/France%20(final).pdf) (11.12.2019).
- G7 (2018): Ocean Plastics Charter. Charlevoix: G7. https://www.international.gc.ca/world-monde/assets/pdfs/international_relations-relations_internationales/g7/2018-06-09-healthy_oceans-sante_oceans-annex-en.pdf (27.08.2019).
- GDB (Genossenschaft Deutscher Brunnen) (2008): Ökobilanz – Vorsprung für Mehrweg. Mehrweg- und Einwegflaschen im Mineralwassermarkt 2008. Bonn: GDB. https://www.mehrweg.org/fileadmin/user_upload/redaktion/Mehrwegsystem/Oekobilanz_NEU_Kopie.pdf (26.08.2019).
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., Hultink, E. J. (2017): The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143, S. 757–768.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* 3 (7), e1700782. <http://advances.sciencemag.org/content/advances/3/7/e1700782.full.pdf> (17.12.2018).
- Geyer, R., Kuczenski, B., Zink, T., Henderson, A. (2016): Common Misconceptions about Recycling. *Journal of Industrial Ecology* 20 (5), S. 1010–1017.
- Gibon, T., Hertwich, E. (2014): A Global Environmental Assessment of Electricity Generation Technologies with Low Greenhouse Gas Emissions. *Procedia CIRP* 15, S. 3–7.
- Giljum, S., Lieber, M., Lutter, S., Gözet, B. (2016): Nachhaltiger Konsum. Inputpapier für die Implementierung von RESET2020. Wien: Wirtschaftsuniversität, Institute for Ecological Economics, Forschungsgruppe „Nachhaltige Ressourcennutzung“. https://www.wu.ac.at/fileadmin/wu/d/i/ecocon/PDF/RESET2020_Nachhaltiger_Konsum_Report.pdf (10.12.2019).

- Government of the Netherlands (2018): A Circular Economy in the Netherlands by 2050 – A Summary of the Commitment and Priorities of the Government of the Netherlands. The Hague: Government of the Netherlands. https://hollandcircularhotspot.nl/wp-content/uploads/2018/09/Publicatie_CE_Engels.pdf (10.12.2019).
- Government of the Netherlands (2016): A Circular Economy in the Netherlands by 2050. Government-wide Programme for a Circular Economy. The Hague: Government of the Netherlands. https://www.government.nl/binaries/government/documents/policy-notes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050/17037+Circulaire+Economie_EN.PDF (11.12.2019).
- Graedel, T. E., Reck, B. K., Ciacci, L., Passarini, F. (2019): On the Spatial Dimension of the Circular Economy. *Resources* 8 (1), Art. 32. <http://www.mdpi.com/2079-9276/8/1/32> (03.02.2020).
- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S., Holmes, H. (2015): Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society* 44 (2), S. 218–243.
- Grimes, S., Donaldsen, J., Gomez, G. C. (2008): Report on the Environmental Benefits of Recycling. Brussels: Bureau of International Recycling. http://www.mgg-recycling.com/wp-content/uploads/2013/06/BIR_CO2_report.pdf (06.12.2019).
- GVM (Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung) (2018): Recycling-Bilanz für Verpackungen Berichtsjahr 2017 – Zusammenfassung der Ergebnisse. Mainz: GVM25. http://www.gvmonline.de/files/recycling/Recycling_2017_Zusammenfassung_Ergebnisse.pdf (26.08.2019).
- Hagelüken, C., Lee-Shin, J. U., Carpentier, A., Heron, C. (2016): The EU Circular Economy and Its Relevance to Metal Recycling. *Recycling* 1 (2), Art. 242. <http://www.mdpi.com/2313-4321/1/2/242> (03.02.2020).
- Hann, S., Darrah, C., Sherrington, C., Blacklaws, K., Horton, I., Thompson, A. (2018): Reducing Household Contributions to Marine Plastic Pollution Report. Bristol: Friends of the Earth. <https://friendsoftheearth.uk/plastics/marine-plastic-pollution-reducing-household-contributions> (18.07.2019).
- Heckl, W. (2013): Die Kultur der Reparatur. München: Hanser.
- HELCOM (Helsinki-Kommission) (2015): Regional Action Plan for Marine Litter in the Baltic Sea. Helsinki: HELCOM. <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/Regional%20Action%20Plan%20for%20Marine%20Litter.pdf> (17.09.2019).
- Hertwich, E. G., Gibon, T., Bouman, E. A., Arvesen, A., Suh, S., Heath, G. A., Bergesen, J. D., Ramirez, A., Vega, M. I., Shi, L. (2015): Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low carbon technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (20), S. 6277–6282.
- Hollander, M. C. den, Bakker, C. A., Hultink, E. J. (2017): Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology* 21 (3), S. 517–525.
- Holzhauser, R. (2015): Altauto-Demontage. Bisherige Entwicklungen und Realität. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 8. Neuruppin: TK Verlag Karl J. Thomé-Kozmiensky, S. 151–172.
- Hottle, T. A., Bilec, M. M., Landis, A. E. (2013): Sustainability assessments of bio-based polymers. *Polymer Degradation and Stability* 98 (9), S. 1898–1907.
- Ickert, L., Thomas, D., Eckstein, L., Tröster, T. (2012): Beitrag zum Fortschritt im Automobileichtbau durch belastungsgerechte Gestaltung und innovative Lösungen für lokale Verstärkungen von Fahrzeugstrukturen in Mischbauweise. Berlin: Verband der Automobilindustrie. FAT 244. https://www.vda.de/dam/vda/publications/FAT-SCHRIFTENREIHE%20244/1342776493_de_1996266071.pdf (27.08.2019).
- IfBB (Institute for Bioplastics and Biocomposites) (2018): Biopolymers facts and statistics 2018. Production capacities, processing routes, feedstock, land and water use. Hannover: IfBB. https://www.ifbb-hannover.de/files/IfBB/downloads/faltblaetter_broschueren/Biopolymers-Facts-Statistics-2018.pdf (10.12.2019).
- IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) (2011): Ökobilanz von Getränkeverpackungen in Österreich. Sachstand 2010. Endbericht. Heidelberg: IFEU. https://www.ifeu.de/oekobilanzen/pdf/Oekobilanz_

- %20Getraenkeverpackungen_Oesterreich%202010_Langfassung.pdf (27.08.2019).
- IFEU (2010): Einweg und Mehrweg – Aktuelle Ökobilanzen im Blickpunkt. Heidelberg: IFEU. [https://www.ifeu.de/oekobilanzen/pdf/IFEU%20Handreichung%20zur%20Einweg-Mehrweg-Diskussion%20\(13Juli2010\).pdf](https://www.ifeu.de/oekobilanzen/pdf/IFEU%20Handreichung%20zur%20Einweg-Mehrweg-Diskussion%20(13Juli2010).pdf) (26.08.2019).
- IK (Industrievereinigung Kunststoffverpackungen) (2018): IK Nachhaltigkeitsbericht 2018. Bad Homburg: IK. <https://www.kunststoffverpackungen.de/show.php?ID=6486> (25.01.2019).
- Ivanova, D., Stadler, K., Steen-Olsen, K., Wood, R., Vita, G., Tukker, A., Hertwich, E. G. (2016): Environmental Impact Assessment of Household Consumption. *Journal of Industrial Ecology* 20 (3), S. 526–536.
- Jaron, A. (2017): Das EU-Kreislaufwirtschaftspaket. Müll und Abfall 49 (3), S. 115–117.
- Kauertz, B., Bick, C., Schlecht, S., Busch, M., Markwardt, S., Wellenreuther, F. (2018): Ökobilanzieller Vergleich von Getränkeverbundkartons mit PET-Einweg- und Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten Saft/Nektar, H-Milch und Frischmilch. Heidelberg: IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung. https://www.getraenkekarton.de/media/file/251.ifeu_FKN_OEko_bilanz_2018_final.pdf (26.08.2019).
- Kauertz, B., Schlecht, S., Markwardt, S., Knappe, F., Reischl, S., Pauer, G., Rubik, F., Bettag, D., La Porta, L., Xinh Max, N., Weißhaar, C., Heinisch, J. (2019): Untersuchung der ökologischen Bedeutung von Einweggetränkebechern im Außer-Haus-Verzehr und mögliche Maßnahmen zur Verringerung des Verbrauchs. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 29/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-20_texte_29-2019_einweg_getraenkebechern_im_ausser-haus-verzehr_final.pdf (26.08.2019).
- KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) (2019): Neuzulassungen von Pkw in den Jahren 2008 bis 2017 nach technischen Merkmalen. Flensburg: KBA. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Motorisierung/n_motorisierung_pkw_zeitreihe_techn_merkmale.html?nn=652392 (28.05.2019).
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., Hekkert, M. (2018): Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological Economics* 150, S. 264–272.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M. (2017): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* 127, S. 221–232.
- Klepper, G., Thrän, D. (2019): Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik. Potenziale – Technologien – Zielkonflikte. München, Halle (Saale), Mainz: acatech, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Union der Akademien der Wissenschaften. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2019/02/ESYS_Analyse_Biomasse.pdf (29.08.2019).
- Kloepfer, M. (2001): Produktverantwortung für Elektroaltgeräte. Rechtsprobleme der Entsorgung von Altprodukten unter besonderer Berücksichtigung des Entwurfs einer Elektroaltgeräte-Verordnung. Berlin: Duncker & Humblot. Schriften zum Umweltrecht 106.
- KNBau (Kommission Nachhaltiges Bauen am Umweltbundesamt) (2018): Schonung natürlicher Ressourcen durch Materialkreisläufe in der Bauwirtschaft. Dessau-Roßlau: KNBau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/2019_02_20_uba_knbau_bf.pdf (10.12.2019).
- Kost, T. (2001): Brennstofftechnische Charakterisierung von Haushaltsabfällen. Pirna: Forum für Abfallwirtschaft und Altlasten. Beiträge zu Abfallwirtschaft, Altlasten 16.
- Kral, U., Brunner, P. H., Chen, P.-C., Chen, S.-R. (2014): Sinks as limited resources? A new indicator for evaluating anthropogenic material flows. *Ecological Indicators* 46, S. 596–609.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68 (10), S. 2696–2705.
- Lang, V., Pelka, M. (2013): Ermittlung des Verderbs von frischem Obst und Gemüse in Abhängigkeit der Verpackungsart. Dortmund: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML.
- Lazarevic, D., Buclet, N., Brandt, N. (2012): The application of life cycle thinking in the context of European

- waste policy. *Journal of Cleaner Production* 29–30, S. 199–207.
- Lazarevic, D., Valve, H. (2017): Narrating expectations for the circular economy: Towards a common and contested European transition. *Energy Research & Social Science* 31, S. 60–69.
- Leighty, A., Heinisch, J. (2018): Verbrauch von Getränken in Mehrweg- und ökologisch vorteilhaften Einweggetränkeverpackungen. Berichtsjahr 2016. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 48/2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-21_texte_46-2018_getraenkeverpackungen-2016.pdf (26.08.2019).
- Leyen, U. von der (2019): Eine Union, die mehr erreichen will. *Meine Agenda für Europa. Politische Leitlinien für die künftige Europäische Kommission 2019–2024*. Brüssel: Europäische Kommission. https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/political-guidelines-next-commission_de.pdf (09.12.2019).
- Lidl (2018): Heute für morgen handeln. Neckarsulm: Lidl. https://www.lidl-nachhaltigkeit.de/fileadmin/downloads/Lidl_Nachhaltigkeitsbericht_2016-2017.pdf (27.08.2019).
- Lieberwirth, H., Krampitz, T. (2015): Entwicklungstendenzen für den Einsatz von Leichtbauwerkstoffen im Fahrzeugbau und Auswirkungen auf das Recycling. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 8. Berlin: TK Verlag Karl J. Thomé-Kozmiensky, S. 207–218.
- Lindhqvist, T., Lifset, R. (2003): Can we take the concept of individual responsibility from theory to practice? *Journal of Industrial Ecology* 7 (2), S. 3–6.
- Linz, M. (2017): *Wie Suffizienzpolitiken gelingen – eine Handreichung*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal Spezial 52. <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6611/file/WS52.pdf> (10.12.2019).
- Løvik, A. N., Modaresi, R., Müller, D. B. (2014): Long-Term Strategies for Increased Recycling of Automotive Aluminum and Its Alloying Elements. *Environmental Science & Technology* 48 (8), S. 4257–4265.
- Maier, L. (2018): Rohstoffe weltweit im Einsatz für Deutschland. *WISTA Wirtschaft und Statistik* 2018 (2), S. 23–36. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/2018/02/Wista_2_2018.pdf?__blob=publicationFile (15.11.2018).
- Maier, N. (2018): Biologisch abbaubare Kunststoffe. Ansätze und Erfahrungswerte aus 16 Mitgliedsstaaten des EPA-Netzwerks. Dessau-Roßlau: Europäisches Netzwerk der Leitungen der Umweltschutzbehörden (EPA-Netzwerk) – Interessengruppe Kunststoffe (Interest Group Plastics). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/2019-02-20_ig-plastics_bdp_report_de.pdf (27.08.2019).
- Material Economics Sverige AB (2019): *Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry*. Stockholm: Material Economics Sverige AB. https://materialeconomics.com/material-economics-industrial-transformation-2050.pdf?cms_fileid=303ee49891120acc9ea3d13bbd498d13 (27.08.2019).
- Material Economics Sverige AB (2018): *The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation. Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry*. Stockholm: Material Economics Sverige AB. https://materialeconomics.com/material-economics-the-circular-economy.pdf?cms_fileid=340952bea9e68d9013461c92fbc23cae (27.08.2019).
- Mehlhart, G., Möck, A., Goldmann, D. (2019): Auswirkungen neuer Anwendungsverbote für Flammenschutzmittel auf das Altfahrzeugrecycling. In: Thiel, S., Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Goldmann, D., Friedrich, B. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 12. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag, S. 290–307.
- Meiwald, P., Haßelmann, B., Untersteller, F. (2014): *Da kann man doch noch was draus machen! Eckpunkte für ein Wertstoffgesetz – ökologisch, praktisch und transparent*. Stuttgart: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Abfall-_und_Kreislaufwirtschaft/Wertstoffgesetz_Eckpunkte.pdf (27.01.2020).
- Meyer, S. (2019): FairCup – ein Pfand-Mehrwegsystem – vielseitig einsetzbar. In: Thiel, S., Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Goldmann, D., Friedrich, B. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 12. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag, S. 169–176.
- Michaud, J.-C., Farrant, L., Jan, O., Kjær, B., Bakas, I. (2010): *Environmental benefits of recycling – 2010 up-*

- date. Banbury: Waste and Resources Action Programme. https://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Environmental_benefits_of_recycling_2010_update.3b174d59.8816.pdf (06.12.2019).
- Miller, S. A., Landis, A. E., Theis, T. L. (2007): Feature: Environmental Trade-offs of Biobased Production. *Environmental Science & Technology* 41 (15), S. 5176–5182.
- Ministry of the Environment (2014): History and current State of Waste Management in Japan. Tokyo: Ministry of the Environment. <https://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/hcswm.pdf> (11.12.2019).
- Modaresi, R., Løvik, A. N., Müller, D. B. (2014): Component- and Alloy-Specific Modeling for Evaluating Aluminum Recycling Strategies for Vehicles. *JOM* 66 (11), S. 2262–2271.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., Meester, S. de, Dewulf, J. (2019): Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling* 146, S. 452–461.
- Moriguchi, Y. (2007): Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 9 (2), S. 112–120.
- Mudd, G. M., Ward, J. D. (2008): Will Sustainability Constraints Cause ‘Peak Minerals’? University of Auckland. 3rd International Conference on Sustainability Engineering & Science: Blueprints for Sustainable Infrastructure. <http://users.monash.edu.au/~gmudd/files/2008-NZ-SustEngSci-Mudd-Ward-SustConstraints-v-Peak-Minerals.pdf> (24.07.2017).
- Müller, F., Kosmol, J., Keßler, H., Angrick, M., Rechenberg, B. (2017): Dematerialization – A Disputable Strategy for Resource Conservation Put under Scrutiny. *Resources* 6 (4), Art. 68.
- Nakamura, S., Kondo, Y., Matsubae, K., Nakajima, K., Tasaki, T., Nagasaka, T. (2012): Quality- and Dilution Losses in the Recycling of Ferrous Materials from End-of-Life Passenger Cars: Input-Output Analysis under Explicit Consideration of Scrap Quality. *Environmental Science & Technology* 46 (17), S. 9266–9273.
- Neligan, A. (2016): Moving towards a Circular Economy. Europe between Ambitions and Reality. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft. IW Policy Paper 9/2016. https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/289257/IW-Policy_Paper_2016-09_Circular_Economy.pdf (06.12.2019).
- Obermeier, T., Lehmann, S. (2019): Recyclingquoten – Wo stehen Deutschland, Österreich und die Schweiz mit dem neuen Rechenverfahren im Blick auf EU-Ziele? In: Thiel, S., Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Goldmann, D., Friedrich, B. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 12. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag, S. 85–98.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2019): *Global Material Resources Outlook to 2060. Economic Drivers and Environmental Consequences*. Paris: OECD.
- OECD (2018): *Extended Producer Responsibility (EPR) and the Impacts of Online Sales*. Paris: OECD. [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/20EPOC/WPRPW\(2017\)2/FINAL&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ENV/20EPOC/WPRPW(2017)2/FINAL) (11.12.2019).
- OECD (2008): *Measuring Material Flows and Resource Productivity. Vol. I: The OECD Guide*. Paris: OECD. <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf> (24.01.2020).
- OECD (2001): *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*. Paris: OECD.
- Öko-Institut (Hrsg.) (2014): *Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende. Klimaschutzpotenziale auch unter geänderten Rahmenbedingungen optimal nutzen*. Freiburg, Darmstadt, Berlin: Öko-Institut.
- OSPAR Commission (2014): *Marine Litter Regional Action Plan*. London: OSPAR Commission. <https://www.ospar.org/documents?v=34422> (17.09.2019).
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., Rechberger, H. (2019): Measuring the circular economy – A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production* 210, S. 200–216.
- Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K., Ramkumar, S., Peck, D. (2015): *Remanufacturing Market Study*. o. O.: European Remanufacturing Network. <https://www.remanufacturing.eu/>

- assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf (27.08.2019).
- Pawelzik, P., Carus, M., Hotchkiss, J., Narayan, R., Selke, S., Wellisch, M., Weiss, M., Wicke, B., Patel, M. K. (2013): Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials – Reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources, Conservation and Recycling* 73, S. 211–228.
- Pimentel, D., Marklein, A., Toth, M. A., Karpoff, M. N., Paul, G. S., McCormack, R., Kyriazis, J., Krueger, T. (2009): Food Versus Biofuels: Environmental and Economic Costs. *Human Ecology* 37: 1. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9215-8> (21.08.2019).
- PlasticsEurope (2019): Eco-profiles: PlasticsEurope's Eco-profiles comprise Life Cycle Inventory datasets (LCI) and Environmental Product Declarations (EPD) for plastics. Brussels: PlasticsEurope. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles> (10.12.2019).
- PlasticsEurope (2018a): Plastics – the Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels: PlasticsEurope. https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf (10.12.2019).
- PlasticsEurope (2018b): Plastics – the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels: PlasticsEurope. https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf (10.12.2019).
- PlasticsEurope (2013): Automotive – The world moves with plastics. Brussels: PlasticsEurope. https://www.plasticseurope.org/download_file/force/2257/181 (27.08.2019).
- Pomberger, R., Sarc, R., Lorber, K. E. (2017): Dynamic visualisation of municipal waste management performance in the EU using Ternary Diagram method. *Waste Management* 61, S. 558–571.
- Potrykus, A., Milunov, M., Weißenbacher, J. (2015): Ermittlung von potentiell POP-haltigen Abfällen und Recyclingstoffen – Ableitung von Grenzwerten. *Desau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 34/2015*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_34_2015_ermittlung_von_potenziell_pop_haltigen_abfaellen.pdf (16.10.2019).
- PwC (PricewaterhouseCoopers) (2018): Verpackungen im Fokus. Die Rolle von Circular Economy auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit. Frankfurt am Main: PwC. <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/pwc-studie-verpackungen-im-fokus-februar-2018-final.pdf> (26.08.2019).
- Quack, D., Brohmann, B., Fischer, C., Griebßhammer, R., Wolff, F. (2017): Nachhaltiger Konsum - Strategien für die gesellschaftliche Transformation. Freiburg: Öko-Institut. *Öko-Institut Working-Paper 8/2017*. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/WP-Konsumstrategie.pdf> (27.01.2020).
- Ragaert, K., Delva, L., Van Geem, K. (2017): Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management* 69, S. 24–58.
- Rathmann, R., Szklo, A., Schaeffer, R. (2010): Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate. *Renewable Energy* 35 (1), S. 14–22.
- Rechenberg, B., Kitazume, C., Kohlmeyer, R., Strobelt, A., Kummer, S. (2019): Rohstoffe im Kreislauf führen, Schadstoffe ausschleusen. Zum Umgang mit Elektroaltgeräten. In: Thiel, S., Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Goldmann, D., Friedrich, B. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 12. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag, S. 311–329.
- Reuter, M. A., Oyj, O., Hudson, C., Schaik, A. van, Heiskanen, K., Meskers, C., Hagelüken, C. (2013): *Metal Recycling. Opportunities, Limits, Infrastructure*. Nairobi: United Nations Environment Programme. Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel 2b. http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8423/-Metal%20Recycling%20Opportunities%2c%20Limits%2c%20Infrastructure-2013Metal_recycling.pdf?sequence=3&isAllowed=y (12.09.2017).
- Reuter, M. A., Schaik, A. van, Gediga, J. (2015): Simulation-based design for resource efficiency of metal production and recycling systems: Cases – copper production and recycling, e-waste (LED lamps) and nickel pig iron. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 20 (5), S. 671–693.

- Rossem, C. van, Tojo, N., Lindhqvist, T. (2006): *Extended Producer Responsibility. An examination of its impact on innovation and greening products*. Lund: International Institute for Industrial Environmental Economics.
- Sachs, W., Santarius, T. (2014): *Rethink statt Rebound: Der Effizienzrevolution muss eine Suffizienzrevolution vorangehen*. Duisburg: Effizienz-Agentur NRW. FactorY. <https://www.factory-magazin.de/themen/rebound/rethink-statt-rebound-der-effizienzrevolution-muss-eine-suffizienzrevolution-vorangehen.html> (22.02.2019).
- Sander, K., Kohlmeyer, R., Rödig, L., Wagner, L. (2017): *Altfahrzeuge – Verwertungsquote 2015 und Hochwertigkeit der Verwertung*. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 10. Neuruppin: TK Verlag Karl J. Thomé-Kozmiensky, S. 305–325.
- Sander, K., Wagner, L., Jepsen, D., Zimmermann, T., Schomerus, T. (2019): *Gesamtkonzept zum Umgang mit Elektro(alt)geräten - Vorbereitung zur Wiederverwendung*. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 17/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-04_texte_gesamtkonzept-eag.pdf (27.01.2020).
- Santarius, T. (2012): *Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. *Impulse zur WachstumsWende 5*. <http://www.santarius.de/wp-content/uploads/2012/03/Der-Rebound-Effekt-2012.pdf> (06.11.2015).
- Schaik, A. van, Reuter, M. A. (2016): *Recycling indices visualizing the performance of the circular economy*. *World of Metallurgy – ERZMETALL* 69 (4), S. 201–216.
- Schmid, D. (2010): *Recyclateinsatz in Neufahrzeugen*. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, S. 593–605.
- Schmid, D., Zur-Lage, L. (2014): *Perspektiven für das Recycling von Altfahrzeugen. Moderne Fahrzeuge und angepasste Recyclingverfahren*. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 7. Neuruppin: TK Verlag Karl J. Thomé-Kozmiensky, S. 105–126.
- Schmidt, V., Dubbers, E. (2014): *Regelungen der Bundesländer auf dem Gebiet der umweltfreundlichen Beschaffung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 44/2014. https://publicgovernance.de/media/UBA_Regelungen%20der%20Bundesl%C3%A4nder%20auf%20dem%20Gebiet%20der%20umweltfreundlichen%20Beschaffung.pdf (27.08.2019).
- Schmidt-Bleek, F. (2004): *Der ökologische Rucksack. Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft*. Stuttgart, Leipzig: Hirzel.
- Schmidt-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS – Das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser.
- Schonert, M., Motz, G., Meckel, H., Detzel, A., Giegrich, J., Ostermayer, A., Schorb, A. (2002): *Ökobilanz für Getränkeverpackungen II / Phase 2*. Berlin: Umweltbundesamt. UBA-Texte 51/2002. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2180.pdf> (30.07.2019).
- Schönmayr, D. (2016): *Kunststoffrecycling im Automobilsektor – Chance oder Illusion? Recy&Depotech Conference 2016*, Montanuniversität Leoben.
- Schroeder, P., Anggraeni, K., Weber, U. (2017): *The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals*. *Journal of Industrial Ecology* 23 (1), S. 77–95.
- Schüler, K. (2018): *Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2016*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 58/2018. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/aufkommen_und_verwertung_von_verpackungsabfaellen_in_deutschland_im_jahr_2016_final.pdf (25.01.2019).
- Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., Liebmann, B. (2019): *Detection of Various Microplastics in Human Stool: A Prospective Case Series*. *Annals of Internal Medicine*. 171 (7), S. 453–457.
- Searchinger, T., Edwards, R., Mulligan, D., Heimlich, R., Plevin, R. (2015): *Do biofuel policies seek to cut emissions by cutting food? Science* 347 (6229), S. 1420–1422.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2019a): *Rechtsvorschriften. Umweltverträgliche*

Beschaffung. Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU – überarbeitet. Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. <https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/beschaffung/index.shtml> (27.08.2019).

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin (2019b): Rechtsvorschriften. Umweltverträgliche Beschaffung. Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU – überarbeitet. Anhang 1: Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung (Leistungsblätter). Berlin: Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz. <https://www.berlin.de/senuvk/service/gesetzestexte/de/beschaffung/> (11.12.2019).

Simon, J. M. (2019): A Zero Waste hierarchy for Europe. New tools for new times. From waste management to resource management. Brussels: Zero Waste Europe. <https://zerowasteurope.eu/2019/05/a-zero-waste-hierarchy-for-europe/> (06.12.2019).

Solbach, T. (2018): Aktueller Stand der Umsetzung der Vergaberechtsreform in Bezug auf eine stärkere Berücksichtigung der sozialen Kriterien aus der Sicht des Bundes. Vortrag, Friedrich-Ebert-Stiftung Berlin, 05.09.2018, Berlin.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2019): Demokratisch regieren in ökologischen Grenzen – Zur Legitimation von Umweltpolitik. Berlin: SRU.

SRU (2018): Wohnungsneubau langfristig denken. Für mehr Umweltschutz und Lebensqualität in den Städten. Berlin: SRU. Stellungnahme.

SRU (2017): Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor. Sondergutachten. Berlin: SRU.

SRU (2016): Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin: Erich Schmidt.

SRU (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.

SRU (2012): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin: Erich Schmidt.

SRU (2011): Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.

SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.

SRU (2005): Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie: Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik. Berlin: SRU. Stellungnahme 9.

Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung (2017): Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen, Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit, beschlossen vom Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung am 30. März 2015 in Änderungsfassung vom 24. April 2017. Berlin: Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung. https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2015/03/2015-03-30-massnahmenprogramm-nachhaltigkeit.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (13.06.2018).

Stahel, W. R. (2010): The Performance Economy. 2nd ed. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Stahel, W. R. (1982): The product life factor. In: Orr, G. S. (Hrsg.): An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector. Houston: Houston Area Research Centre, S. 72–105.

Statistisches Bundesamt (2020): Bevölkerungsstand. Bevölkerung auf Grundlage des Zensus 2011 nach Geschlecht und Staatsangehörigkeit im Zeitverlauf. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/liste-zensus-geschlecht-staatsangehoerigkeit.html> (24.01.2020).

Statistisches Bundesamt (2019a): Umwelt. Abfallbilanz (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen) 2017. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf;jsessionid=6725AE1B422571460EED78ED2A067B0E.internet742?__blob=publicationFile (09.12.2019).

Statistisches Bundesamt (2019b): Umwelt. Abfallentsorgung 2017. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Fachserie 19, Reihe 1. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallentsorgung-2190100177004.pdf?__blob=publicationFile (09.12.2019).

- Statistisches Bundesamt (2019c): Verkehr. Verkehr aktuell. Stand: 12/2018. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Fachserie 8, Reihe 1.1. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Querschnitt/VerkehrAktuellPDF_2080110.pdf?__blob=publicationFile (25.01.2019).
- Statistisches Bundesamt (2018): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten. Lange Reihen 2000 bis 2014. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/EnergieRohstoffe/RohstoffaequivalenteLangeReihe5853102149004.pdf?__blob=publicationFile (15.11.2018).
- Steger, S., Ritthoff, M., Bulach, W., Schüler, D., Kosińska, I., Degreif, S., Dehoust, G., Bergmann, T., Krause, P., Oetjen-Dehne, R. (2019): Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Texte 34/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-27_texte_34-2019_sekundaerrohstoffwirtschaft.pdf (26.08.2019).
- Swico (2019): Wer steht hinter dem Innovationsfonds? Zürich: Swico. <https://www.swico.ch/de/recycling/innovationsfonds/wer-steht-hinter-dem-innovationsfonds/> (11.12.2019).
- UBA (Umweltbundesamt) (2019a): Daten. Ressourcen und Abfall. Ablagerungsquoten der Hauptabfallströme. Stand: 21.10.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/ablagerungsquoten-der-hauptabfallstroeme> (09.12.2019).
- UBA (2019b): Daten. Ressourcen und Abfall. Verwertung und Entsorgung ausgewählter Abfallarten. Altfahrzeugverwertung und Fahrzeugverbleib. Stand: 23.07.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#textpart-1> (27.08.2019).
- UBA (2019c): Daten. Ressourcen und Abfall. Verwertung und Entsorgung ausgewählter Abfallarten. Bauabfälle. Stand: 16.09.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/bauabfaelle> (24.01.2020).
- UBA (2019d): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten. 2. Aufl. mit methodischen Anpassungen und Teilneuberechnung in Kapitel 2 und 3. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Hintergrund. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4061.pdf> (10.12.2019).
- UBA (2019e): Kunststoffe in der Umwelt. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt> (26.08.2019).
- UBA (2019f): Neuer Tiefststand: Immer weniger Mehrwegflaschen. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/neuer-tiefststand-immer-weniger-mehrwegflaschen> (27.08.2019).
- UBA (2019g): Positionspapier zur Primärbaustoffsteuer. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Position. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190819_uba_pos_primarbaustoffsteuer_bf.pdf (06.12.2019).
- UBA (2019h): Themen. Abfall/Ressourcen. Produktverantwortung in der Abfallwirtschaft. Kunststoffe. Biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe. 2.1: Können biobasierte Kunststoffe recycelt werden? Stand: 22.04.2019. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/biobasierte-biologisch-abbaubare-kunststoffe#textpart-7> (27.01.2020).
- UBA (2019i): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE – Studie. Dessau-Roßlau: UBA. Climate Change 36/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf (13.01.2019).
- UBA (2018a): Entwicklung der Verwertung der Kunststoffabfälle. Stand: 09/2018. Dessau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_verwertung-kunststoffabfaelle_2018-12-20.xlsx (10.07.2019).
- UBA (2018b): Europäisches Kreislaufwirtschaftspaket – Überarbeitung des Legislativvorschlags. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/bewertung_eu-richtlinien_abfall_stand_18.4.18.pdf (27.08.2019).
- UBA (2018c): Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2018. Dessau-Roßlau: UBA. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/dokumente/bewertung_eu-richtlinien_abfall_stand_18.4.18.pdf

www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/deuess18_de_bericht_web_f.pdf (26.08.2019).

UBA (2017): Strategien gegen Obsoleszenz. Sicherung einer Produktmindestlebensdauer sowie Verbesserung der Produktnutzungsdauer und der Verbraucherinformation. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Position. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017_11_17_uba_position_obsoleszenz_dt_bf.pdf (27.01.2020).

UBA (2016a): Schwerpunkte 2016. Der Preis der Schönheit. Geld und Umwelt. Nachhaltiger Konsum. Jahrespublikation des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: UBA.

UBA (2016b): Steigerung des Kunststoffrecyclings und des Rezyklateinsatzes. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Position. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/170601_uba_pos_kunststoffrecycling_dt_bf.pdf (26.08.2019).

UBA (2016c): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausg. 2016. Dessau-Roßlau: UBA.

UBA (2015): Gesamtwirtschaftliche Ziele und Indikatoren zur Rohstoffinsprichnahme. Dessau-Roßlau: UBA. UBA-Hintergrund. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/gesamtwirtschaftliche_ziele_und_indikatoren_zur_rohstoffinsprichnahme.pdf (26.08.2019).

UBA (2014): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Dessau-Roßlau: UBA. Climate Change 07/2014.

UBA (2012): Glossar zum Ressourcenschutz. Dessau-Roßlau: UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4242.pdf> (05.03.2018).

UBA, BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) (2019): Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2017 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG. Quality Report: Beschreibung der verwendeten Daten nach Artikel 1 der KOM-Entscheidung 2005/293/EG über Altfahrzeuge. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA, BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/jahresbericht_alfahrzeug_2017_bf.pdf (10.12.2019).

UBA, BMU (2018): Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2016 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG. Quality Report: Beschreibung der verwendeten Daten nach Artikel 1 der KOM-Entscheidung 2005/293/EG über Altfahrzeuge. Dessau-Roßlau, Berlin: UBA, BMU. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/jahresbericht_alfahrzeug_2016_bf.pdf (27.08.2019).

UNDESA – Population Division (United Nations Department of Economic and Social Affairs – Population Division) (2019): World Population Prospects 2019. Total Population – Both Sexes. Rev. 1. New York, NY: UNDESA – Population Division. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>; [https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20\(Standard\)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F01_1_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.xlsx](https://population.un.org/wpp/Download/Files/1_Indicators%20(Standard)/EXCEL_FILES/1_Population/WPP2019_POP_F01_1_TOTAL_POPULATION_BOTH_SEXES.xlsx) (24.01.2020).

UNEP (United Nations Environment Programme) (2019a): Global Resources Outlook 2019. Natural Resources for the Future we want. Nairobi: UNEP. https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/unep_252_global_resource_outlook_2019_web.pdf (06.12.2019).

UNEP (2019b): Resource Efficiency and Climate Change. Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future. Summary for Policy Makers. Nairobi: UNEP. <https://www.resourcepanel.org/file/1417/download?token=WRbhmYm> (27.01.2020).

UNEP (2018): Global Material Flows Database. Nairobi: UNEP. <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database> (06.12.2019).

UNEP (2013): Metal Recycling. Opportunities, Limits, Infrastructure. Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. Nairobi: UNEP. https://www.resourcepanel.org/file/313/download?token=JPYZF5_Q (06.12.2019).

UNEP (2011): Recycling Rates of Metals. A Status Report. Report of the Global Metal Flows working group of the International Panel on Sustainable Resource Management of UNEP. Nairobi: UNEP2.

UNEP, IPSRM (International Panel for Sustainable Resource Management) (2010): Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials. Nairobi: UNEP, IPSRM.

- <https://www.resourcepanel.org/file/171/download?token=p6YPKaxA> (09.12.2019).
- Van Ewijk, S., Stegemann, J. A. (2016): Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. *Journal of Cleaner Production* 132, S. 122–128.
- Vidal, O., Goffeé, B., Arndt, N. (2013): Metals for a low-carbon society. *Nature Geoscience* 6 (11), S. 894–896.
- Voet, E. van der, Oers, L. van, Nikolic, I. (2004): Dematerialization: Not Just a Matter of Weight. *Journal of Industrial Ecology* 8 (4), S. 121–137.
- Wäger, P. A., Hischier, R. (2015): Life cycle assessment of post-consumer plastics production from waste electrical and electronic equipment (WEEE) treatment residues in a Central European plastics recycling plant. *Science of The Total Environment* 529, S. 158–167.
- Wagner, J., Heidrich, K., Baumann, J., Kügler, T., Reichenbach, J. (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. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 14/2012. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4275.pdf> (24.01.2020).
- Weiss, M., Haufe, J., Carus, M., Brandão, M., Bringezu, S., Hermann, B., Patel, M. K. (2012): A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. *Journal of Industrial Ecology* 16 (S 1), S. 169–181.
- Wenz, E., Zöllner, O. (2019): The autonomous and electrified vehicle of tomorrow – new requirements for functional plastics. PIAE – Plastics in Automotive Engineering, 03.-04.04.2019 Mannheim.
- Werner, S. (2019): Maßnahmen und Lösungen gegen die Verschmutzung der Meere mit Kunststoffen. In: Thiel, S., Holm, O., Thomé-Kozmiensky, E., Goldmann, D., Friedrich, B. (Hrsg.): *Recycling und Rohstoffe*. Bd. 12. Neuruppin: Thomé-Kozmiensky Verlag, S. 209–218.
- WHO (World Health Organization) (2019): Microplastics in drinking-water. Geneva: WHO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1> (17.09.2019).
- Wilts, C. H. (2017): Key Challenges for Transformations Towards a Circular Economy – The Status Quo in Germany. *International Journal of Waste Resources* 7 (1), Art. 1000262. <https://www.longdom.org/open-access/key-challenges-for-transformations-towards-a-circular-economy--thestatus-quo-in-germany-2252-5211-1000262.pdf> (03.02.2020).
- Wilts, C. H. (2016): Der EU-Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft. Zwischen Ambitionen und Realitäten. *Ökologisches Wirtschaften* 31 (2), S. 12–13.
- Wilts, H., Galinski, L., Gries, N. von, Saurat, M., Schinkel, J., Steger, S., Spengler, L., Jepsen, D., Hirschnitz-Garbers, M. (2019): Geeignete Maßstäbe und Indikatoren zur Erfolgskontrolle von Abfallvermeidungsmaßnahmen. Abschlussbericht. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. UBA-Texte 79/2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-07-18_texte_79-2019_av-indikatoren.pdf (27.08.2019).
- WirtschaftsWoche (15.05.2019): Brück, M.: Die Massenprodukte in der Pfandverpackung kommen <https://www.wiwo.de/unternehmen/handel/lieferservice-loop-die-massenprodukte-in-der-pfandverpackung-kommen/24324080.html> (27.08.2019).
- WU Wien (Wirtschaftsuniversität Wien) (2018): The Material Flow Analysis Portal. Methods. Wien: WU Wien. <http://www.materialflows.net/methods/> (24.01.2020).
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2014): *Recycling in Deutschland – Status quo, Potenziale, Hemmnisse und Lösungsansätze*. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Yrjö-Koskinen, E., Tikkanen, S., Groothuis, F., Luitgaarden, V. van de, Watkins, E., Pollitt, H. (2018): Aligning Fiscal Policy with the Circular Economy Roadmap in Finland. o. O.: Green Budget Europe, The Ex'tax Project, Institute for European Environmental Policy. https://green-budget.eu/wp-content/uploads/Final_report_final-version-with-revised-charts_08-01-19.pdf (31.01.2020).
- Zanker, C., Kinkel, S., Maloča, S. (2013): Globale Produktion von einer starken Heimatbasis aus: Verlagerungssaktivitäten deutscher Unternehmen auf dem Tiefstand. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. *Modernisierung der Produktion* 63.

<https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/modernisierung-produktion/erhebung2012/pi63.pdf> (27.01.2020).

Zimmermann, L., Dierkes, G., Ternes, T. A., Völker, C., Wagner, M. (2019): Benchmarking the in Vitro Toxicity and Chemical Composition of Plastic Consumer Products. *Environmental Science & Technology* 53 (19), S. 11467–11477.

ZSVR (Zentrale Stelle Verpackungsregister) (2019): Mindeststandard für die Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen gemäß § 21 Abs. 3 VerpackG. Osnabrück: ZSVR. https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/files/Mindeststandard/Mindeststandard_VerpackG_2019.pdf (17.09.2019).