



# Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020



**Statusbericht  
der deutschen  
Kreislaufwirtschaft  
2020**



Seit der ersten Veröffentlichung des „Statusberichtes der deutschen Kreislaufwirtschaft“ im Jahr 2018 sind etwas mehr als zwei Jahre vergangen. In diesem kurzen Zeitraum haben jedoch wichtige Entwicklungen ihren Anfang genommen. Dies gilt zunächst für die Corona-Krise, die nicht nur die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Branche, sondern auch ihre Systemrelevanz für die Funktionsfähigkeit des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens unter Beweis gestellt hat.

Das Ansehen der Branche und vor allem der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist seit Anfang des Jahres 2020 in der Bevölkerung deutlich gestiegen.

Des Weiteren zeigt sich, dass der Kreislaufwirtschaft aus unterschiedlichen Blickrichtungen eine neue Bedeutung zugemessen wird. Die Diskussionen um die Circular Economy als neue Wirtschaftsform zur Reduzierung des Ressourcenverbrauches führen nicht nur zu dem Ergebnis, dass der Kreislaufwirtschaft künftig die zentrale Rolle bei der Zurverfügungstellung von Rohstoffen für den Wirtschaftskreislauf zukommen wird.

Internationale Veranstaltungen sehen die Circular Economy ferner auch als „Beschleuniger für eine nachhaltige Erholung“ oder sehen eine „Neue Dynamik in der aufstrebenden Kreislaufwirtschaft“. Die Kreislaufwirtschaft wird somit in den kommenden Jahren zwangsläufig zu einem zunehmend wichtigeren Akteur des wirtschaftlichen Wandels werden, dieser Herausforderung wird sich die Branche aber mit dem Anspruch stellen, den Wandel auch mitgestalten zu wollen.

Die Voraussetzungen der Kreislaufwirtschaft dafür sind gut: Hohe Investitionen in Personal und Technik verbessern kontinuierlich die Standards, mehr als 310.000 qualifizierte und motivierte Beschäftigte arbeiten in fast 11.000 kommunalen und privaten Unternehmen auf allen Stufen der Wertschöpfung und erwirtschaften dabei einen Umsatz von rund 85 Mrd. € sowie eine Bruttowertschöpfung von rund 28 Mrd. €. Dies zeugt nicht nur vom Willen zum Wandel, sondern auch von der Kraft zum Wandel.

Der vorliegende „Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020“ informiert zum zweiten Mal Politik und Wirtschaft, Medien und die interessierte Fachöffentlichkeit über derzeitige und künftige Aufgaben, Leistungen und Ziele der deutschen Kreislaufwirtschaft.

Der Statusbericht wurde von insgesamt 15 Verbänden, Vereinen und Unternehmen unterstützt und inhaltlich begleitet: ASA, BDE, BDSAV, BDSV, bvse, DGAW, InwesD, ITAD, KdK, IFAT, PlasticsEurope, VDMA, VDM, VHI und VKU. Die im Bericht dargestellten Daten und Informationen ergeben somit wiederholt ein umfassendes und abgestimmtes Bild der gesamten Branchentätigkeit.

Die Weiterentwicklung der Entsorgungswirtschaft zu einer echten Kreislaufwirtschaft ist unser Auftrag. Vom EU-Aktionsplan zum Green Deal verspricht sich unsere Branche dafür weitere wichtige Impulse. Damit sich der Kreislauf auch wirklich schließt, sind u. a. eine erweiterte Herstellerverantwortung und faire Wettbewerbsregeln für alle Unternehmen wichtig. Die Digitalisierung gehört seit längerem zu den Top-Themen. Die Wirtschaft 4.0 wird digitaler, und sie wird zirkulärer sein. Der Statusbericht zeigt

das Potenzial unserer Branche. Es ist überfällig, dass die Politik dieses versteht und umsetzt.



**Peter Kurth**  
Präsident des BDE  
Bundesverband der  
Deutschen Entsorgungs-,  
Wasser- und Rohstoff-  
wirtschaft

Der Statusbericht zeigt in eindrucksvoller Weise, wie stark die thermische Abfallbehandlung in der Kreislaufwirtschaft, aber auch mit anderen Bereichen wie z. B. der Energiewirtschaft verzahnt ist. In einer modernen Kreislaufwirtschaft bleibt sie eine tragende Säule und gewährleistet die Entsorgungssicherheit für Abfälle, die nicht stofflich verwertet werden. Innovative Projekte zur CO<sub>2</sub>-Abtrennung und Nutzung oder zur Wasserstoffproduktion an den Betriebsstandorten zeigen, wie sehr sich die Branche auch vor dem Hintergrund von Klima- und Ressourcenschutz weiterentwickeln wird. Die Thermische Abfallbehandlung ist somit ein wichtiger Bestandteil des Green Deals.



**Carsten Spohn**  
Geschäftsführer  
der Interessengemeinschaft der  
Thermischen Abfallbehandlungsanlagen  
in Deutschland e.V. (ITAD)



**Eric Rehbock**  
Hauptgeschäftsführer  
des bvse  
Bundesverband Sekundärrohstoffe  
und Entsorgung e.V.

Kreislaufwirtschaft fängt nicht beim Abfall an, sondern beim Produktdesign. Nur recyclingfähige Produkte können im Kreislauf geführt werden. Die Produkte wiederum sollten aus recyceltem Material hergestellt und von öffentlicher Hand, Gewerbe, Industrie und Privatkonsumenten nachgefragt werden. Von diesem Ziel sind wir aber leider noch ein ganzes Stück entfernt. Doch was nützt Recycling, wenn die Recyclingprodukte nicht eingesetzt werden? Es fehlt nach wie vor der Wille, das Ruder herumzureißen. Machbar wäre das, denn allein Bund, Länder und Kommunen verfügen über ein direktes Beschaffungsvolumen von jährlich mehr als 122 Milliarden Euro. Sie haben es in der Hand, der Kreislaufwirtschaft den entscheidenden Impuls zu geben und aus Worten endlich Taten werden zu lassen.



**Dr. Ingo Sartorius**  
Hauptgeschäftsführer  
PlasticsEurope Deutschland e.V.

Eine der wichtigsten Herausforderungen rund um Kunststoff ist es, diesen möglichst vielseitig und lange in seinen facettenreichen Anwendungen zu nutzen und zugleich den Werkstoff im Kreislauf zu führen. Verbraucher, Politik und Wissenschaft mahnen Fortschritte an und auch die Wirtschaft engagiert sich bereits intensiv: weg vom linearen Wirtschaften, hin zu einer effizienteren Nutzung von Plastikabfällen als wertvolle Sekundärrohstoffe. Unsere Mitgliedsunternehmen unterstützen diese Aufgabe mit allen Akteuren und Partnern der Wertschöpfungskette – ressourcenschonend, innovativ, technologieoffen.

Mit dem Green-Deal setzt die EU-Kommission ehrgeizige Ziele. Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft und eine Industriestrategie werden die wesentlichen Faktoren für die Verwirklichung sein. Die Abfall- und Recyclingtechnik ist sich der Herausforderung der neuen EU-Strategie bewusst und bietet Lösungen zur Gewinnung hochwertiger Sekundärrohstoffe und zur Erzeugung erneuerbarer Energien.

**Dr. Sarah Brückner**

Geschäftsführerin im Fachverband  
Abfall- und Recyclingtechnik  
im Verband Deutscher Maschinen-  
und Anlagenbau e. V. (VDMA)



**Patrick Hasenkamp**  
Vizepräsident des VKU  
Verband kommunaler  
Unternehmen e.V.



Kommunale Unternehmen erbringen im Rahmen der Daseinsvorsorge zuverlässig die essenziellen Leistungen der Hausmüllentsorgung und der Stadtreinigung. Die Corona-Pandemie hat uns die Bedeutung dieser systemrelevanten Infrastrukturdienstleistungen wieder eindrücklich vor Augen geführt. Gleichzeitig ist die kommunale Abfallwirtschaft wichtiger Treiber für eine zukunftsgerichtete und nachhaltige Ressourcenwirtschaft.

**Katrin Büscher**

Geschäftsführerin Arbeitsgemeinschaft  
Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.  
(ASA)



Die stoffspezifische Abfallbehandlung ist Innovationsmotor der Zukunft und Impulsgeber für beste Bedingungen einer intakten Kreislaufwirtschaft. Die Entwicklung vom Entsorger zum Rohstofflieferanten ist gelungen, Klimaschutzpotenziale werden nachhaltig genutzt und Krisenzeiten zeigen, dass die stoffspezifische Behandlung wichtige Säule der Circular Economy ist. Der Branchenerfolg sollte dabei von der engen Kooperation aller Akteure bestimmt sein.

In einer Kreislaufwirtschaft, bei der Stoffströme unter Beachtung der Nachhaltigkeit durch weitgehende Wiederverwendung genutzt oder recycelt werden sollen, ist die Sonderabfallverbrennung als Schadstoffsенke zum Ausschleusen gefährlicher Substanzen aus dem Wirtschaftskreislauf weiterhin ein unverzichtbarer Bestandteil einer ökologisch ausgerichteten Industriegesellschaft. Der thermischen Behandlung nicht recycelbarer gefährlicher Abfälle kommt deshalb unter Berücksichtigung der novellierten Abfallrahmenrichtlinie und den nachvollziehbaren Überlegungen der neuen europäischen Kommission zur Mobilisierung der Industrie für eine saubere Kreislaufwirtschaft auch in der langfristigen Perspektive weiterhin eine entscheidende Rolle zu.



**Andreas Ellerkmann**  
Vorstandsvorsitzender  
Bundesverband Deutscher  
Sonderabfallverbrennungs-  
Anlagen e.V.

**Andreas Schwenter**  
Präsident des BDSV  
Bundesvereinigung  
Deutscher Stahlrecycling-  
und Entsorgungs-  
unternehmen e.V.



Der verstärkte Einsatz von Stahlschrott bei der Stahlherstellung spart Klima- und Umweltkosten in Milliardenhöhe und stellt somit eine technisch ausgereifte und investitionsschonende Möglichkeit dar, die Klimaziele zu erreichen. Dies ist das zentrale Ergebnis der neuen Studie „Schrottbonus“, die das Institut Fraunhofer IMWS im Auftrag der BDSV erstellt hat. Der Indikator Schrottbonus zeigt die vermiedenen volkswirtschaftlichen Kosten durch geringere Umweltbelastungen.

Ressourcen neu denken – Mit dem neuen Claim setzt sich die DGAW dafür ein, dass Hersteller ihre Produkte verwertungsfreundlich gestalten und im Herstellungsprozess bevorzugt Rezyklate einsetzen. Besondere Beachtung verdient die Konkretisierung der bisher nur allgemein geregelten Produktverantwortung. Zwingend erforderlich sind auch verbindliche und erfüllbare Vorgaben für den Einsatz von Rohstoffen aus Aufbereitung und Recycling von Abfällen. Für aus Abfällen zurückgewonnene Rohstoffe müssen die gleichen Qualitätskriterien gelten wie für Rohstoffe aus „Neumaterial“. Recycling oder die Erfüllung von Recyclingquoten sind kein Selbstzweck, sondern stets ein Mittel zum Zweck dem Ziel einer Circular Economy näher zu kommen.

Wie wichtig Ressourcen – aus welchem Ursprung auch immer – und die Unabhängigkeit von Importen und Entsorgungssicherheit sind, wird aktuell besonders deutlich. Als größte unabhängige Experten-NGO der Kreislaufwirtschaft bietet die DGAW eine Plattform, die alle Akteure der Wertschöpfungskette einbindet. Die DGAW ist damit ein Impulsgeber und Meinungsmacher für die zukünftige Circular

Economy ohne die Entsorgungssicherheit und notwendige „Schadlosigkeit“ der Abfallbehandlung aus den Augen zu verlieren.



**Dr.-Ing. Alexander Gosten**  
Sprecher des Vorstandes  
Deutsche Gesellschaft für  
Abfallwirtschaft e.V.  
(DGAW)

**Anemon Strohmeyer**  
Geschäftsführerin des VHI  
Verband der Deutschen  
Holzwerkstoffindustrie



Die Holzwerkstoffindustrie ist ein Paradebeispiel für zirkuläre Wertschöpfung: Spanplatten werden bereits seit Jahren unter Einsatz von Primär- und Sekundärrohstoffen hergestellt, sie sind ihrerseits recyclingfähig und durchlaufen mehrere Kaskaden der stofflichen Verwertung bis zur energetischen Nutzung. Wir beweisen jeden Tag, dass Herstellerverantwortung, Recycling und Energieeffizienz zusammengehören und zusammenpassen. Denn auch bei den nachwachsenden Rohstoffen sind Primärrohstoffe knapp und wir zu einem verantwortungsvollen Einsatz verpflichtet. Wir freuen uns, Ihnen mit diesem Statusbericht einen Überblick über die Leistungs- und Zukunftsfähigkeit der Kreislaufwirtschaft in der Holzwerkstoffindustrie geben zu können.

Metallrecycling ist praktizierter Umwelt- und Klimaschutz – und das schon seit über tausend Jahren. Wir müssen Recycling vom Anfang bis zum Ende denken. Wer Recycling möchte, muss schon bei der Herstellung eines Produktes die richtigen Weichen stellen. Während Gesetzgeber und Behörden fast ausschließlich die Regulierung der Recyclingwirtschaft im Blick haben, bleibt das Inverkehrbringen von Produkten weitgehend unbeobachtet. Wir finden, Recycling muss schon beim Produktdesign beginnen.



**Petra Zieringer**  
Präsidentin des VDM  
Verband Deutscher  
Metallhändler e.V.

Deponien stehen am Ende der Entsorgungskette und bilden damit unverändert das Rückgrat der Entsorgungswirtschaft. So lange wir schadstoffbelastete Abfälle zum Schutz von Mensch und Umwelt aus der Kreislaufwirtschaft ausschleusen müssen, bleiben Deponien unverzichtbarer Bestandteil der Entsorgungswirtschaft.



**Hartmut Haeming**  
Vorstandsvorsitzender  
der InwesD  
Interessengemeinschaft  
Deutsche Deponiebetreiber e.V.



**Peter Rahlenbeck**  
Geschäftsführer  
Klimaschutz durch  
Kreislaufwirtschaft e.V.

Die Kreislaufwirtschaft leistet nicht nur wichtige Beiträge zum Umwelt- und Ressourcenschutz, sondern auch zum Klimaschutz. Durch die Schließung der Deponien und durch die stoffliche und energetische Verwertung von Haushalts- und Gewerbeabfällen vermeidet die Kreislaufwirtschaft derzeit bereits rund 90 Mio. t CO<sub>2</sub>eq pro Jahr gegenüber dem Jahr 1990, weitere Potenziale werden aktuell durch die Branche in Angriff genommen. Investitionen in die technologische Entwicklung der Kreislaufwirtschaft dienen gleichzeitig auch immer der Reduzierung von Treibhausgasemissionen.

Die Kreislaufwirtschaft – egal, ob bei Plastik, Baustoffen oder Wasser – ist ein wichtiger Hebel für den Klimaschutz.

Die Chancen, hier einen großen Schritt voranzukommen, sind mit den Ambitionen des European Green Deal deutlich gestiegen. Auf der IFAT finden Industrie und Kommunen die Technologien, Produkte über den gesamten Lebenszyklus hinweg zu betrachten und nachhaltig zu gestalten.



**Stefan Rummel,**  
Geschäftsführer  
Messe München GmbH



<b>1</b>	Organisation, Leistungen und Struktur	12
1.1	Organisation, Aufgaben, Zuständigkeiten .....	14
1.2	Abfallerfassung und Stadtreinigung.....	16
1.3	Abfallmengen im Überblick .....	22
1.4	Abfallbehandlung und -verwertung .....	28
1.5	Verwertungswege in der Kreislaufwirtschaft .....	44
1.6	Marktteilnehmer in der Kreislaufwirtschaft .....	70

<b>2</b>	Wirtschaftliche Bedeutung	80
2.1	Abgrenzung der Kreislaufwirtschaft.....	82
2.2	Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft .....	84
2.3	Außenwirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft .....	92
2.4	Ergebnisse nach Bundesländern.....	112

	Schwerpunktthema: Kunststoff	114
--	------------------------------	-----

<b>3</b>	Kreislaufwirtschaft 4.0	134
3.1	Innovationen – Heute die Zukunft gestalten.....	136
3.2	Neue Ideen in der Kreislaufwirtschaft .....	142
3.3	Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft .....	156
3.4	Startups der Kreislaufwirtschaft.....	158
3.5	Akzeptanzförderung für die Entwicklung in der Kreislaufwirtschaft .....	162
3.6	Die Kreislaufwirtschaft – ein attraktiver Arbeitgeber .....	166

<b>4</b>	Zukunftsaufgaben	172
4.1	Schonung der natürlichen Ressourcen.....	174
4.2	Perspektiven des Recyclings .....	180
4.3	Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende .....	188
4.4	Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft .....	194
4.5	Blick nach Europa .....	202

<b>5</b>	Rückblick – Einblick – Ausblick	210
----------	---------------------------------	-----

	Glossar/Abkürzungen .....	218
	Herausgeber .....	224
	Impressum.....	226



# Organisation, Leistungen und Struktur.

## Gemeinsam

Die umwelt- und ressourcenschonende Sammlung, Sortierung und Aufbereitung sowie Behandlung und Beseitigung von jährlich mehr als 400 Millionen Tonnen Abfällen lässt sich nur durch das Zusammenspiel aller Akteure im Markt erfolgreich meistern.

Während die Europäische Kommission sowie Bund und Länder die strategischen, umwelt- und abfallpolitischen Rahmenbedingungen formulieren und den Vollzug überwachen, gewährleisten rund 10.700 private und kommunale Unternehmen der Kreislaufwirtschaft die praktische Umsetzung. Die technologische Basis gewährleisten die Unternehmen des Anlagen-, Maschinen- und Fahrzeugbaus. Mit der Gestaltung von recyclingfähigen Produkten sowie deren Rücknahme am Ende des Lebenszyklusses übernimmt die Industrie zunehmend ihre erweiterte Produktverantwortung. Mit einer konsequenten Getrennthaltung und Rückführung von Wertstoffen müssen auch die Verbraucherinnen und Verbraucher ihren Beitrag leisten, damit die Recyclingquoten erfüllt und wertvolle Rohstoffe im Kreislauf geführt werden können.

## Sorgsam

Abfälle haben viele Eigenschaften. Sie sind wichtige Rohstoffquellen, wenn ihr stoffliches Potenzial genutzt und die Wertstoffe, wie etwa Metalle, Papier, Glas und Kunststoffe, aber auch Altöl oder Lösemittel wieder für die Herstellung neuer Produkte genutzt werden. Gleichzeitig sind sie eine wichtige Energiequelle, wenn sie, wie z. B. im Fall bestimmter Althölzer, nicht mehr stofflich aufbereitet werden können. Abfälle, die Schadstoffe enthalten, sind sicher zu beseitigen. In Deutschland übernehmen diese wichtigen Aufgaben mehr als 14.600 Entsorgungsanlagen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag zum sorgsamem Umgang mit unseren wichtigsten Ressourcen: Klima, Umwelt und Rohstoffe.

## Verantwortungsvoll

Die Verantwortung für den sachgerechten Umgang mit Abfällen ist weitreichend. Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft sind sich ihrer Verantwortung bewusst und nutzen in nationalen und internationalen Normen verankerte Systeme zur Prozessoptimierung. Sie lassen sich ihre Zuverlässigkeit, Befugnisse und Kompetenzen durch neutrale Prüfungen dokumentieren. Neben den internationalen Umwelt- und Qualitätsmanagementsystemen haben sich u. a. die Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb sowie stoffstromspezifische Zertifizierungen etabliert.

# Die Kreislaufwirtschaft im Fokus der Produkt- und Ressourcenpolitik.

Im Dienste einer klimaschonenden Energie- und Abfallwirtschaft und einer nachhaltigen Rohstoffversorgung tragen die Unternehmen der deutschen Entsorgungs- und Recyclingindustrie ein hohes Maß an Verantwortung. Gesetzliche Vorgaben der EU, von Bund, Ländern und Gemeinden nehmen die produzierende Industrie und den Handel in die Pflicht, zusammen mit der öffentlich-rechtlichen und privaten Entsorgungswirtschaft für den Erhalt wertvoller Ressourcen zu sorgen. Technisch, organisatorisch und wirtschaftlich effizient.



Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland wird zunehmend von europäischen Rechtsvorschriften und Urteilen des Europäischen Gerichtshofes geprägt. Neben der Minimierung der nachteiligen Auswirkungen von Abfallerzeugung und -behandlung auf die Umwelt rücken Themen wie Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Klimaschutz zunehmend in den Vordergrund. Dabei wird die Kreislaufwirtschaft im Sinne der Circular Economy immer konsequenter mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Verbindung gebracht.

Das zentrale Gesetz des Abfallrechtes in Deutschland ist das erstmals 1996 in Kraft getretene Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Vor dem Hintergrund der aktualisierten EU-Abfallrahmenrichtlinie vom Juni 2018 wird das Gesetz aktuell einer grundlegenden Novellierung unterzogen. Ziel ist es, Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Verbesserung des Ressourcenschutzes festzulegen. Hierzu zählen beispielsweise Vorschriften zur Getrennsammlung von Abfällen, höhere Recyclingquoten aber auch Regelungen zum Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen.

Das KrWG wird durch eine Reihe weiterer Rechtsverordnungen konkretisiert und vervollständigt. Die bedeutende Verantwortung des Bundes wird durch weitere Rechtsakte der Bundesländer ergänzt (konkurrierende Gesetzgebung). Unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten liegt der Schwerpunkt auf der Abfallwirtschaftsplanung, der Konzeption und Überwachung des Vollzugs. Die Verantwortung für den Umgang mit Abfällen ist wie folgt geregelt:

### Abfallerzeuger und Abfallbesitzer

Abfallerzeuger ist jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen, sei es direkt (Ersterzeuger) oder durch die Behandlung von Abfällen (Zweiterzeuger). Als Abfallbesitzer gilt hingegen diejenige natürliche oder juristische Person, die die tatsächliche Sachherrschaft über die Abfälle besitzt. Abfallerzeuger aus Industrie- und Gewerbe sind gemäß Verursacherprinzip verpflichtet, eine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung ihrer Abfälle sicherzustellen. Dies gilt auch für gefährliche Abfälle, Bau- und Abbruchabfälle und sonstige Massenabfälle. Die Durchführung erfolgt in der Regel vorrangig über die Beauftragung von privaten Entsorgungsunternehmen. Anders hingegen besteht für Abfälle aus privaten Haushalten und für Abfälle zur Beseitigung aus dem Gewerbe im Rahmen der kommunalen Satzungen eine Pflicht zur Überlassung an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE).

### Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE)

Kreisfreie Städte und Landkreise sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger im Sinne des aktuellen Kreislaufwirtschaftsgesetz. Im Rahmen der Daseinsvorsorge sind ihnen alle Abfälle aus privaten Haushalten zu überlassen, sofern die Abfallerzeuger- und

besitzer die eigene Verwertung der Abfälle nicht beabsichtigen oder diesbezüglich nicht in der Lage sind. Ferner besteht eine Überlassungspflicht nicht für Abfälle, die einer Rücknahme- oder Rückgabepflicht unterliegen, bzw. unter Wahrnehmung der Produktverantwortung freiwillig zurückgenommen werden. Die Verwertung bzw. Behandlung hat gemäß der fünfstufigen Abfallhierarchie zu erfolgen. Die damit verbundenen Aufgaben können von den örE selbst bzw. im Rahmen von interkommunalen Kooperationen (z. B. Zweckverbänden) erledigt oder die Pflichten auf Dritte (private Entsorgungswirtschaft) übertragen werden. Industrielle und gewerbliche Abfälle zur Verwertung unterliegen nicht der Pflicht zur Überlassung an die örE und können unmittelbar von der privaten Entsorgungswirtschaft entsorgt werden.

### Hersteller und Inverkehrbringer

Hersteller und Inverkehrbringer (Handel) unterliegen den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zur **Produktverantwortung**. Neben Vorgaben für die Entwicklung langlebiger Produkte sind hierbei Rücknahmepflichten sowie Vorgaben zum Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion ebenso zu beachten wie Kennzeichnungspflichten oder Verbote zum Einsatz bestimmter Stoffe. Eine Produktverantwortung besteht beispielsweise für Verpackungen, Batterien, Elektro- und Elektronikaltgeräte, Altfahrzeuge bzw. Altöle. Mit dem Inkrafttreten der neuen EU-Abfallrahmenrichtlinie im Juni 2018 wurde die Definition der **erweiterten Herstellerverantwortung** (EPR) eingeführt.

Mit dem Prinzip der erweiterten Herstellerverantwortung sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet Maßnahmen zu treffen, die sicherstellen, dass „... die Hersteller der Erzeugnisse die finanzielle Verantwortung oder die finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Bewirtschaftung in der Abfallphase des Produktlebenszyklus übernehmen.“ \*

\* Artikel 3 Nr. 21 der EU-Abfallrahmenrichtlinie

## Hauptakteure der Kreislaufwirtschaft

**Europäische Kommission** Festlegung der strategischen umwelt- und abfallpolitischen Ziele, Formulierung von Vorgaben für die Mitgliedstaaten.

**Bund und Länder** Umsetzung der EU-Gesetzgebung in nationales Recht, Festlegung zusätzlicher Anforderungen, Konzeption und Überwachung des Vollzuges.

**Kreise, Städte und Gemeinden** Daseinsvorsorge: als öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE) verantwortlich für Abfälle aus privaten Haushalten und Abfälle zur Beseitigung aus anderen Herkunftsbereichen. Die örE können ihre Pflichten durch Dritte wahrnehmen lassen.

**Anlagen-, Maschinen- und Fahrzeugbau** Liefert die technologische Basis für eine hochwertige Kreislaufwirtschaft.

**Industrie** Verursacherprinzip: verantwortlich für die Entsorgung. Übernahme der erweiterten Herstellerverantwortung.

**Verbraucher** Überlassungspflicht: Restabfälle aus Haushalten, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle; Rückgabepflicht: für bestimmte Abfälle, z. B. Verpackungen, Elektroaltgeräte; etc. Getrennthaltungspflicht: für bestimmte Abfälle, z. B. Bio- und Grünabfälle

**Entsorgungsunternehmen** Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Sammlung, Sortierung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen nach dem Stand der Technik.

# Ganzheitliche Konzepte für eine erfolgreiche Stadtbildpflege.

Die Aufgabe der Stadtreinigung wird in Städten und Gemeinden immer komplexer. Die Veränderungen der Infrastruktur, der soziologischen Entwicklung und die Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit erfordern neues Denken und Handeln. Dazu gehört das Einbeziehen aller Akteure im öffentlichen Raum, ein gezielter Einsatz der sozialen Medien und die Optimierung unterschiedlicher Abläufe durch Qualitätsmessungen und Digitalisierung. Voraussetzung für die Effizienz aller notwendigen Maßnahmen ist die Bündelung der kommunalen Zuständigkeiten.

## Aktuelle Situation und Herausforderungen

Die Stadtreinigung ist Bestandteil der kommunalen Daseinsvorsorge, aus der sich für die Städte und Gemeinden eine Reinigungspflicht aus unterschiedlichen Rechtsquellen, wie der Straßenbaulast (verkehrsmäßige Reinigung), der allgemeinen Verkehrssicherungspflicht sowie der polizeimäßigen bzw. ordnungsgemäßen Reinigung ableiten. Vor dem Hintergrund dieser Pflichten erbringen die beauftragten Stadtreinigungsbetriebe die hoheitlichen Leistungen der kommunalen Abfallwirtschaft. Heute sind in vielen deutschen Städten und Gemeinden kommunale Betriebe parallel mit den beiden großen Aufgabebereichen Abfallsammlung und -verwertung sowie Stadtreinigung betraut.

Die Situation in der Stadtreinigung ist derzeit geprägt durch ein häufig subjektives Verschmutzungsempfinden, eine Zersplitterung von Zuständigkeiten und eine für die Öffentlichkeit oft fehlende Transparenz und Abstimmung zwischen den Akteuren im öffentlichen Raum. In dieser zunehmenden Diskussion über die Wirtschaftlichkeit und Qualität verschärfen die gesellschaftlichen Megatrends (wie bspw. Individualisierung und New Work) sowie veränderte demografische und finanzpolitische Entwicklungen die Lage für die Kommunen und durchführenden Betriebe.

Die Stadtreinigungsbetriebe sind daher seit Jahren bestrebt, dass „optimale“ Organisationsmodell mit einer effizienten Aufbau- und Ablauforganisation zu entwickeln und umzusetzen. Die großen Herausforderungen erfordern hierbei jedoch Maßnahmen und Lösungen, die größtenteils zu einem Umdenken in den bestehenden Organisationsformen, Strukturen und Arbeitsweisen führen. Zudem wirkt sich auch die

Digitalisierung wesentlich auf die Stadtreinigung aus, sodass auch hier signifikante Veränderungsprozesse anstehen.

Der allgemeine Trend hin zu einer intensiveren Nutzung des öffentlichen Raumes ist bereits seit Jahren präsent. Insbesondere im letzten Jahrzehnt ist eine deutliche Zunahme der Außengastronomie, Grillpartys in Grünflächen, Public-Viewing-Veranstaltungen sowie ein Trend zum Unterwegs-Konsum (Coffee to go, Fast Food etc.) zu spüren. Begleitet wird dies durch das unachtsame Wegwerfverhalten von Streumüll (Littering) sowie von wilden Müllablagerungen



Großveranstaltung und Littering. Quelle: Pixabay



Sammlung und Reinigung, Quelle: BSR

im öffentlichen Raum (Straßen, Wege, Parkplätze, Gräben, Spielplätze, Parks etc.).

Neben dem nicht zu vernachlässigenden Schaden für die Umwelt, entstehen den Kommunen bei der Sammlung und Entsorgung dieser Müllablagerungen erhebliche Mehraufwände und -kosten, die entweder den städtischen Haushalt belasten oder in Form von Gebühren auf Bürgerinnen und Bürgern umgelegt werden müssen.

Daher werden unter anderem spezielle Konzepte umgesetzt, die neben einer Quantifizierung (z. B. Leistungsdatenerfassung, Sauberkeitsmessung) insbesondere eine neue Aufbau- und Ablauforganisation (angepasste Arbeitszeitmodelle, Einführung von Gruppenarbeit) sowie neue Stadtreinigungsprozesse (z. B. bedarfsorientierte Reinigung) enthalten. Zudem ist auch das Sauberkeitsbewusstsein in der Öffentlichkeit nachhaltig zu stärken (z. B. Prävention und Repression), um hierdurch das Sauberkeitsbild und somit auch das damit in Verbindung stehende Sicherheitsempfinden und Stadtimage positiv zu beeinflussen.

Hinzu kommt, dass die Stadtreinigung vielerorts von geteilten Zuständigkeiten (viele Schnittstellen zwischen den Akteuren) geprägt ist. Die Folge ist eine z. T. ineffiziente Stadtbildpflege, die durch ihre Intransparenz zu einer gewissen Unzufriedenheit bei den Bürgerinnen und Bürgern führt. Immer mehr Kommunen verstehen daher Stadtbildpflegekonzepte als ganzheitlichen Ansatz, bei dem neben der Stadtreinigung (Straßenreinigung, Papierkorbleerung und Winterdienst) weitere wichtige kommunale Leistungsspektren, wie z. B. Grünflächen- und Straßenunterhaltung

sowie Ordnungs- und Sozialdienste, in das Gesamtkonzept eingebettet werden. Die Stadtbildpflege verbindet neben den originären Reinigungsaufgaben dann auch Pflege- und Unterhaltungsdienstleistungen sowie Serviceangebote. Die Herausforderung besteht jedoch darin, geeignete individuelle Stadtbildpflegekonzepte für die jeweilige Kommune zu entwickeln. Die bisherigen Projekte und Erfahrungen haben gezeigt, dass hier viele verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind, um nachhaltige Umsetzungen zu gewährleisten.

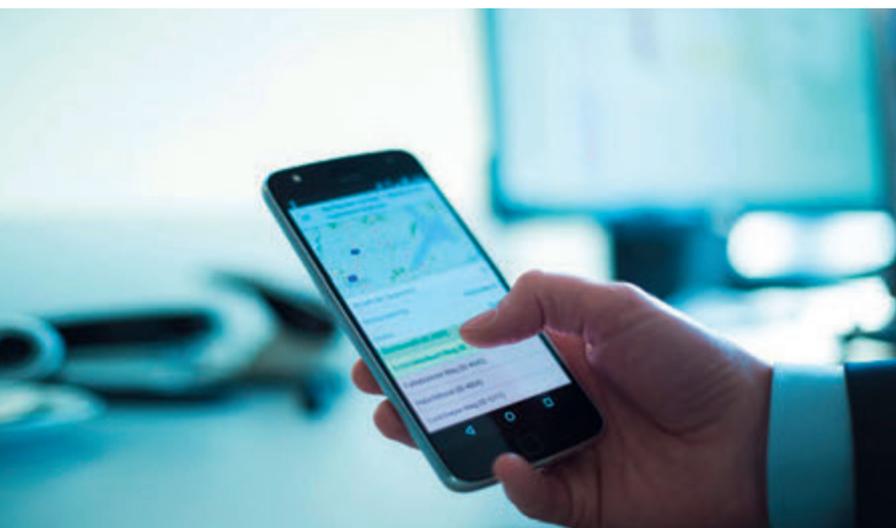
Auf Grund der Veränderungen und stetigen neuen Entwicklungen in den Kommunen erfordert es ein immer größeres Geschick, neben der im Fokus stehenden Stadtsauberkeit, die Kommunikation mit allen städtischen Beteiligten (Ämter, Fachbereiche, Betriebe, Politik, Stakeholder, Bürgerinnen und Bürger...) auf einem hohen und erfolgreichen Niveau zu führen. Ein geeignetes Kommunikationskonzept muss daher individuell entwickelt werden und kann folgende Schwerpunkte beinhalten:

- ▶ Erarbeitung von Aktionsplänen zur „Sauberen Stadt“ mit Beteiligung aller relevanten Akteure
- ▶ Durchführung von „Runden Tischen“ zur Stadtbildpflege
- ▶ Initiierung von „Stakeholder-Tagungen“ zur Einbindung wichtiger Interessensvertreter und deren Meinungsbildung
- ▶ „Bürgergutachten“ zur Akzeptanzsteigerung insbesondere bei Änderungen von Zuständigkeiten und Gebühren

- ▶ Durchführung von Stimmungsbildabfragen und Kundenzufriedenheitsanalysen
- ▶ Erarbeitung sinnvoller begleitender Werbe- bzw. Imagekampagnen

Die Digitalisierung hat auch in die Stadtreinigung Einzug gehalten. Im Folgenden sind einige wichtige Aspekte aufgezählt, die in gegenwärtigen Projekten getestet und zukünftig noch weiter an Relevanz gewinnen werden.

- ▶ Touren- und Routenplanungsprogramme, die eine Echtzeitplanung ermöglichen
- ▶ mobile Leistungserfassungssysteme bzw. Bordcomputereinsatz zur Ermittlung von Betriebsdaten etc.
- ▶ Telematiksysteme zur digitalen Kommunikation zwischen Fahrzeug und Büro
- ▶ Mängelmelder-Apps bzw. -QR-Codes sowie Nutzung der Sozialen Medien zur digitalen Kommunikation mit Bürgerinnen und Bürger/ Kundinnen und Kunden
- ▶ Sensorik zur Füllstandsmessung an Depotcontainern, Papierkörben etc.
- ▶ autonome Reinigungsmaschinen/Reinigungsroboter
- ▶ Objekt- und Bilderkennung hinsichtlich Sauberkeit, Standortverschmutzungen etc. (Data-Analytics-Methoden)



Tourenplanung in Echtzeit auf Mobilgerät, Quelle: INFA

In der jüngsten Vergangenheit haben sich zudem in vielen Städten Qualitätsmesssysteme bewährt, bei denen die Sauberkeit und die Unterhaltungszustände objektiv gemessen werden können, um sowohl kurzfristige als auch langfristige Maßnahmen abzuleiten und für Transparenz zu sorgen. In vielen

## Stadtbildpflegekonzepte

Stadtbildpflegekonzepte bekommen nicht nur im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge einen zunehmend höheren Stellenwert, sondern auch im Kontext mit der Wettbewerbssituation zwischen den Kommunen um Einwohner und Arbeitsplätze. Ungepflegte und „vermüllte“ Quartiere haben einen negativen Einfluss auf das Sicherheitsempfinden der Bewohnerinnen und Bewohner, verringern die Identifikation mit dem Wohnumfeld, laufen Gefahr „abgewertet“ zu werden und fördern so die Abwanderung. Gepflegte Quartiere hingegen sorgen für Zufriedenheit und sind attraktiv für neue Bewohnerinnen und Bewohner.

Aus den laufenden Konzeptentwicklungen zur Stadtbildpflege lassen sich aktuell die folgenden Themen und Schwerpunktsetzungen erkennen:

- ▶ Erarbeitung von Maßnahmen zur Lösung bzw. Minimierung von Schnittstellenproblemen im öffentlichen Raum
- ▶ Identifikation von Synergiepotenzialen bei den verschiedenen Ausbaustufen der Schnittstellenoptimierung
- ▶ Entwicklung von aussagekräftigen, belastbaren, akzeptierten und stadtweiten Qualitätsstandards für den öffentlichen Raum
- ▶ Erarbeitung und Integration begleitender präventiver, sozialer, ordnungsrechtlicher und sicherheitsrelevanter Maßnahmen
- ▶ Neuausrichtung des Organisationsmodells der Stadtreinigungsbetriebe sowie der Aufbau- und Ablauforganisation
- ▶ Zusammenführung einzelner städtischer Organisationen bzw. einzelner administrativer/ operativer Bereiche inklusive Betriebs- und Standortanalysen
- ▶ Strukturierte Umsetzungsprozesse unter anderem in den Bereichen Change-Management, Personalentwicklung, Satzungsanpassungen, Einsatz- und Tourenplanung

Bei einem Stadtbildpflegekonzept handelt es sich um einen ganzheitlichen Planungsansatz, welcher neben den Aufgaben der „klassischen“ Stadtreinigung auch die Belange weiterer kommunaler Leistungsbereiche, wie z. B. die Grünflächenpflege und -reinigung, sowie Fragen der Quartiersentwicklung in die Konzepterstellung einbezieht. Ziel ist es, für mehr Transparenz und eine bessere Abstimmung zwischen den Akteuren im Bereich der Stadtbildpflege zu sorgen. Um die Gebührenstabilität zu gewährleisten, gehören zu einem umfassenden Stadtbildpflegekonzept auch Maßnahmen zu einer wirtschaftlichen Optimierung des Stadtreinigungsbetriebes sowie die Diskussion und Anpassung der Gebührensatzungen für die Straßenreinigung.

Kommunen ist ein solches System daher ein probates Kommunikationsmedium, um die Qualität der Stadtbildpflege objektiv nachzuweisen.

Die Finanzierung der Stadtreinigung ist ein zentraler Aspekt in heutigen gesamtstädtischen Strategieplänen. Berücksichtigt werden muss hier die differenzierte Berechnung verschiedener Finanzierungsmöglichkeiten (i. W. Gebühren oder Steuern), die Analyse verschiedener Bemessungsmaßstäbe sowie eine detaillierte Berechnung des öffentlichen Kostenanteils.

Die im Juni 2019 im Amtsblatt der EU veröffentlichte Kunststoffrichtlinie für Hersteller bestimmter Produktgruppen berücksichtigt auch Kosten, die für die Sammlung, Beförderung und Behandlung der durch diese Produktgruppe entstehenden Abfälle anfallen, sowie die Kosten für kommunale Reinigungsaktionen und Sensibilisierungsmaßnahmen. Die erweiterte Herstellerverantwortung gilt u. a. für Fast-Food-Verpackungen, Getränkebecher, leichte Kunststofftragetaschen sowie für Zigarettenfilter. Wie hoch der Anteil dieser Produkte in den öffentlichen Abfallbehältern, auf den Straßen und in den Parks ist, wird derzeit im Auftrag des Verband kommunaler Unternehmen (VKU e.V.) durch das INFA-Institut für Abfall, Abwasser und Infrastrukturmanagement GmbH in einer deutschlandweiten Analyse ermittelt, an der 16 Städte und Gemeinden verschiedener Größenordnungen beteiligt sind. Im Juni 2020 soll Klarheit über die Mengen, Zusammensetzungen sowie Aufwände und Kosten herrschen. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) steht nun vor der Herausforderung, die Richtlinie bis zum Sommer 2021 in nationales Recht umzusetzen und so die Kommunen bei den Kosten für die Stadtreinigung künftig zu entlasten.

### Aktuelle Betriebsdaten, Kennzahlen und Abfallzusammensetzungen

Dem Bedarf für eine objektive Quantifizierung der Daten in der Stadtreinigung wird auch dadurch entsprochen, dass vom Verband kommunaler Unternehmen (VKU e.V.) ab dem Jahr 2019 eine regelmäßig zu wiederholende bundesweite Betriebsdatenerfassung initiiert wurde.

Damit die mit der Stadtreinigung beauftragten Betriebe den hohen Anforderungen gerecht werden können, ist ein kontinuierlicher Erfahrungsaustausch, aber auch der Vergleich konkreter Betriebsabläufe und angewandter Technologien hilfreich und wichtig. Dafür braucht es Bewertungskriterien, statistische Daten, Kennzahlen und vergleichende Leistungsbeschreibungen als Diskussionsgrundlage. Ebenso wichtig für den Erhalt der sauberen, sicheren und damit lebenswerten Städte ist die vorausschauende Planung des notwendigen Leistungsumfangs der Straßenreinigung. Diese muss sich an die Veränderungen, die sich aus dem unterschiedlichen Nut-

### Reinigungsleistung der Stadtreinigungsbetriebe (in Meter)

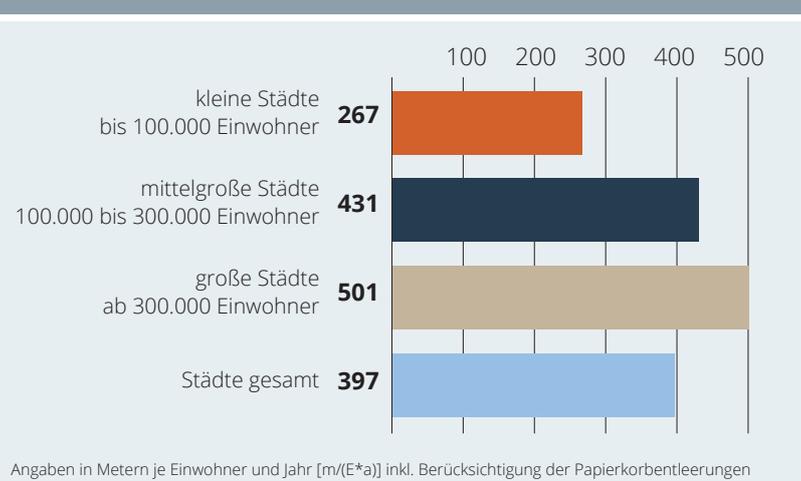


Abb. 1, Quelle: VKU

### Papierkorbentleerungsvolumen und -dichte (in Liter)

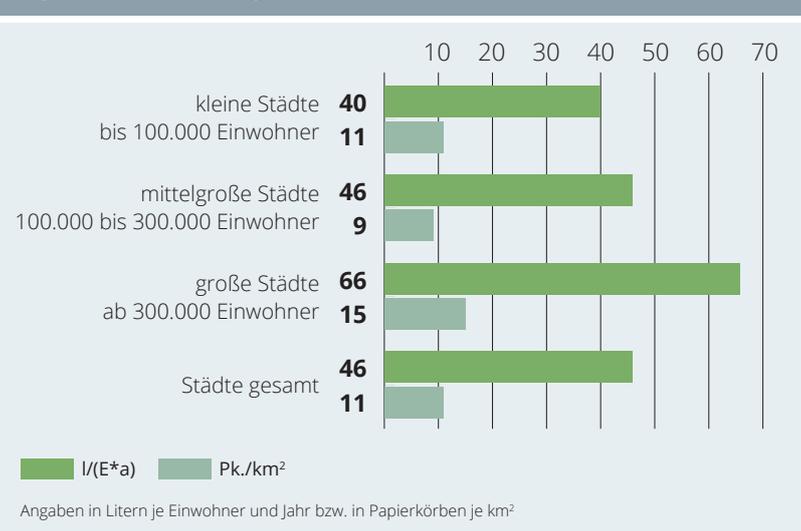


Abb. 2, Quelle: VKU

zungsverhalten und den Erwartungen der Stadtbewohnerinnen und Bewohner und Touristen, städteplanerischen und -baulichen Maßnahmen oder gesellschaftlichen Entwicklungen bei Konsum oder Freizeitverhalten ergeben, anpassen. Fragen nach sinnvollen Kapazitäten in personeller und maschineller Ausstattung im Verhältnis zu Anforderungsparametern wie Reinigungslängen und -flächen oder die Anzahl der zu leerenden Papierkörbe im öffentlichen Verkehrsraum, können nur mit vergleichbaren statistischen Daten beantwortet werden.

In vielen Bundesländern wird eine teilweise Übertragung der Reinigungsaufgaben (Gehweg- und/oder Fahrbahnreinigung) auf die Anlieger praktiziert. Ein Blick auf den Reinigungsumfang zeigt, dass der Anteil dieser sogenannten Anliegerreinigung mit zunehmender Stadtgröße sinkt. Während in den kleinen Städten im Schnitt 50 Prozent der Netzlänge auf die Grundstückseigentümer übertragen ist, sind es in mittelgroßen Städten nur noch 38 Prozent. Der Anteil sinkt in den großen Städten weiter auf 27 Prozent.

Dies spiegelt sich ebenso im – in diesem Vergleich normiert – ermittelten Reinigungsumfang je Einwohner wider. Ca. 270 m Reinigungslänge (inkl. Berücksichtigung der Reinigungsintervalle sowie der Papierkorbbleerungen über Äquivalente) werden in kleinen Städten je Einwohner und Jahr gereinigt, in großen Städten wird mit 500 m etwa die doppelte Reinigungsarbeit durch die Stadtreinigungsbetriebe geleistet.

Neben der Reinigung der Straßen und Gehwege ist die Papierkorbbleerung ein wesentlicher Bestandteil der Stadtreinigung. Bezogen auf 1.000 Einwohner ist das Papierkorbangebot in kleinen Städten mit 11,5 Papierkörben am größten, während in mittelgroßen Städten 9,3 Papierkörbe und in großen Städten 6,3 Papierkörbe zur Verfügung stehen. Bezieht man sich hingegen auf die Fläche, so spiegelt sich die höhere Einwohnerdichte in größeren Städten auch in der Papierkorbdichte wider: Pro Quadratkilometer stehen in großen Städten durchschnittlich 15 Papierkörbe, in kleinen hingegen lediglich 11 Papierkörbe. Das geleerte Papierkorbvolumen je Einwohner und Jahr liegt in großen Städten mit 66 Litern deutlich höher als in kleinen (40 Liter) und mittelgroßen Städten (46 Liter).

Für die Aufgaben der Stadtreinigung werden in größeren Städten mehr Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingesetzt als in kleineren Städten. So haben die Kleinstädte im Schnitt 2,2 operative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter je 10.000 Einwohner, während es in den mittelgroßen Städten bereits 3,1 und in den großen Städten etwa 4,3 operative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind. Neben den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern kommen verschiedene Kehrmaschinen-

typen zum Einsatz. Die Anzahl der Kehrmaschinen verteilt sich etwa zur Hälfte auf große und mittelgroße Kehrmaschinen und zur Hälfte auf Klein- bzw. Kleinstkehrmaschinen sowie handgeführte Geräte.

Die erfassten Straßenkehrmengen (inkl. Papierkorbabfälle) steigen von den kleinen hin zu den großen Städten je Einwohner und Jahr an. Mögliche Ursachen liegen in der höheren Frequentierung des öffentlichen Raums durch Bürgerinnen und Bürger/Touristen sowie einem grundsätzlich anderen Nutzungsverhalten in Großstädten. Zudem wird durch die höhere Reinigungsintensität in Großstädten ein höherer Anteil des Straßenkehrrechts durch die Stadtreinigung erfasst, während insbesondere in den kleineren Städten ein Teil des Kehrrechts durch die Anliegerinnen und Anlieger (Stichwort Anliegerreinigung) erfasst wird.

Die Zusammensetzung des Straßenkehrrechts, der durch Kehrmaschinen aufgenommen wird, wird maßgeblich durch hohe Mengen an Laub/Blüten, sonstiger Organik sowie inertem Material wie Splitt, Sand etc. bestimmt. Demgegenüber sind die Abfälle, die durch das Straßenreinigungspersonal manuell zusammengekehrt bzw. „gepickt“ werden, systembedingt mit höheren Anteilen an Papier, Pappe und Verpackungen, aber auch beispielsweise Zigaretten-

Verteilung der Kehrmaschinen (deutschlandweit)

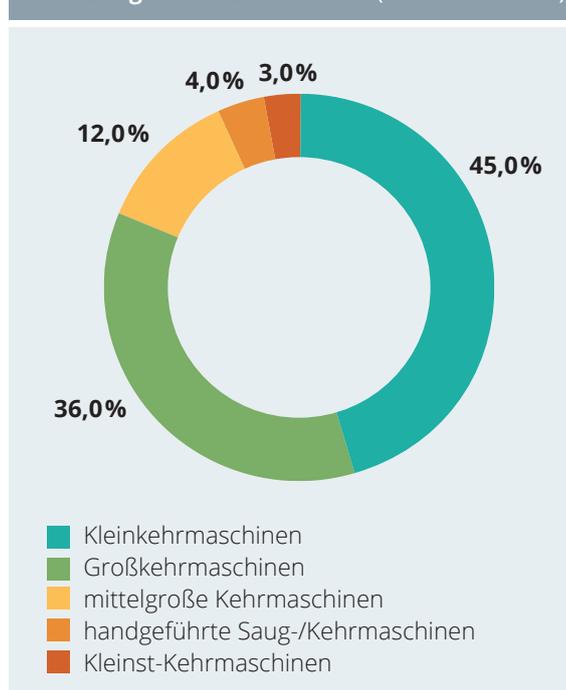


Abb. 3, Quelle: VKU

Zusammensetzung von Papierkorbabfällen (Ergebnisbeispiel einer Großstadt)

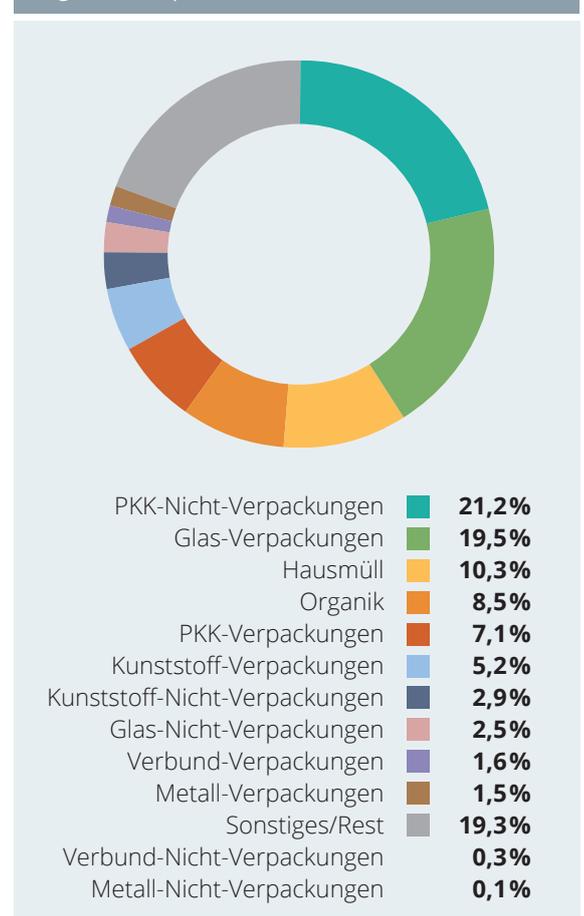


Abb. 4, Quelle: VKU

kippen durchsetzt. Auf Basis verschiedener Sortieranalysen zeigen sich für die Papierkorbabfälle im öffentlichen Raum jedoch mit Abstand die höchsten Anteile an Verpackungen aus PPK (Papier/Pappe/Kartonagen), Kunststoffen und Glas. Der Verpackungsanteil in den untersuchten Papierkorbabfällen einer Großstadt (siehe folgende Abbildungen) liegt bei ca. 35 Gew.-%. Den größten Anteil haben davon mit etwa 20 Gew.-% die Glas-Verpackungen. Sonstiges/ Rest- bzw. Hausmüll in Säcken machen ca. 30 Gew.-% der Gesamtmenge aus. Organik ist zu ca. 9 Gew.-% enthalten.

Auch die im August 2020 abgeschlossenen und veröffentlichten Analysen zur Schaffung einer Datengrundlage für die Umsetzung der EU-Kunststoffrichtlinie (VKU-Verbundvorhaben mit 20 Städten) bestätigen die o. g. Grundsatzaussagen zur Zusammensetzung. Die nachfolgende Grafik zeigt die bundesweit durchschnittliche gewichtsprozentuale Zusammensetzung von verschiedenen Abfällen aus dem öffentlichen Raum.

Die Einwegkunststoffe gemäß EU-KunststoffRL haben im bundesweiten Mittel einen Gewichtsanteil von 5,7 Gew.-%. Andere Verpackungen aus beispielsweise PPK, Glas und Metall machen einen weiteren Anteil von 14,9 Gew.-% aus, dazu sind sonstige Kunststoffe im Umfang von ca. 1,2 Gew.-% enthalten. Die Restmenge (ca. 78 Gew.-%) setzt sich i. W. aus Grünabfällen, inertem Material (i. W. mineralische Verschmutzung) und Lebensmittelabfällen zusammen.

Zwischen den einzelnen Erfassungssystemen differieren die Anteile der Einwegkunststoffe erheblich. Während in Papierkörben die mit Abstand höchsten Werte für Kunststoffe und Verpackungen vorliegen (knapp 50 Gew.-%), wurden im Streumüll mit ca. 35 Gew.-% und im Straßenkehricht mit lediglich ca. 10 % deutlich niedriger Anteile dieser Stoffgruppen festgestellt.

### Zusammenfassung

Die Städte und Gemeinden sowie deren beauftragten Stadtreinigungsbetriebe stehen derzeit und zukünftig auf Basis verschiedener Rahmenbedingungen (u. a. gesellschaftliche, demografische und finanzielle Entwicklungen, Zunahme von Littering, Digitalisierung) vor großen Herausforderungen und notwendigen Veränderungsprozessen. Die Betriebe sind daher bestrebt, optimale Organisationsmodelle umzusetzen und spezielle Konzepte zu entwickeln, die eine Qualitätssicherung und neue Stadtreinigungsprozesse enthalten (z. B. ganzheitliche Stadtbildpflege) sowie das Sauberkeitsbewusstsein in der Öffentlichkeit nachhaltig stärken, um hierdurch das Sauberkeitsbild und somit auch das damit in Verbindung stehende Sicherheitsempfinden und Stadtbild positiv zu beeinflussen.

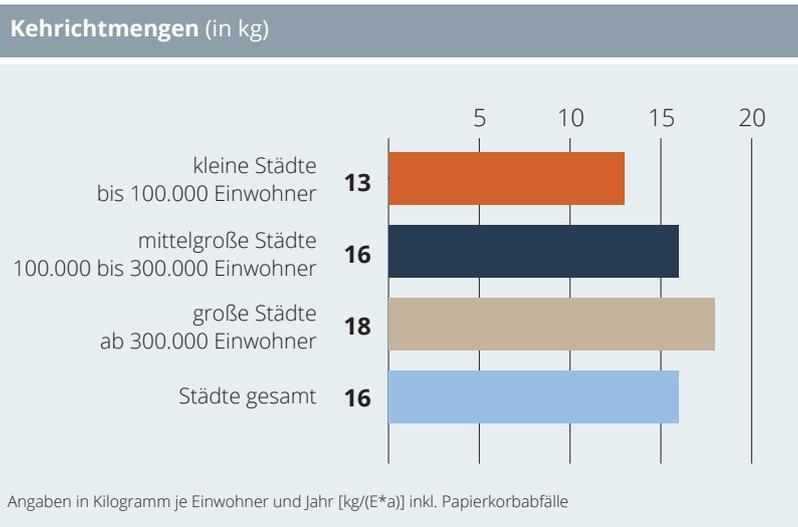


Abb. 5, Quelle: VKU

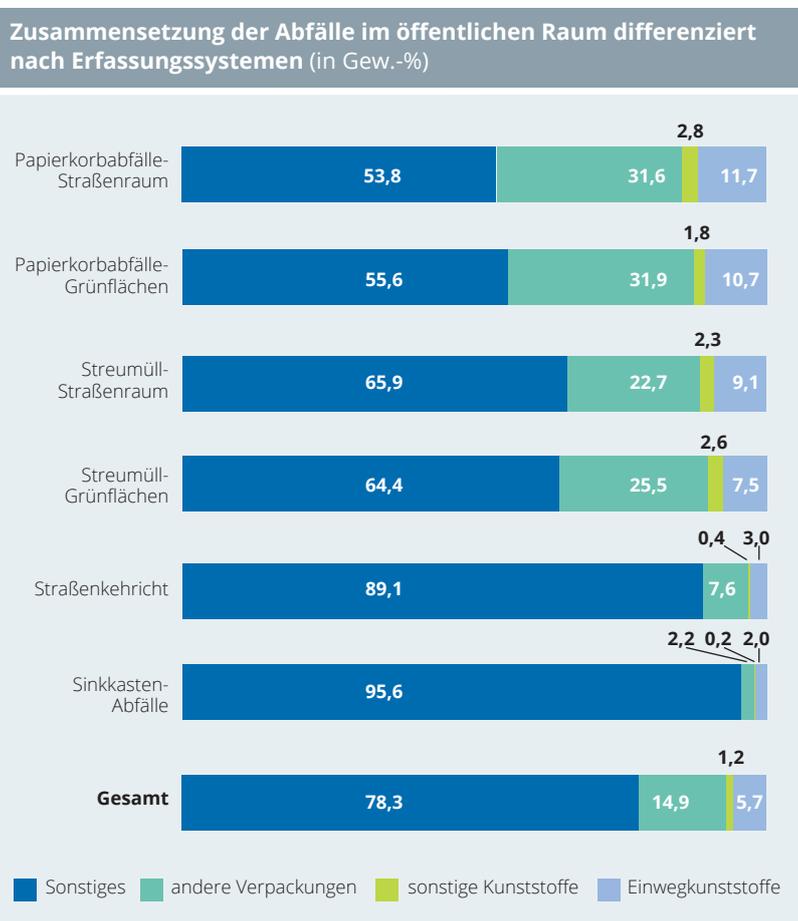


Abb. 6, Quelle: VKU

Auch in der Stadtreinigung wird den neuen Herausforderungen somit professionell Rechnung getragen. Neben relevanten Digitalisierungsschwerpunkten (z. B. transparente Kundenkommunikation, Telematikeneinsatz, mobiles Auftragsmanagement) und einer weiter verbesserten Datenbasis (u. a. über Betriebsdatenerhebungen) gehört dabei auch die Abwägung von Finanzierungsmöglichkeiten sowie die Beschäftigung mit neuen rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. EU-Kunststoffrichtlinie) zum umfassenden Aufgabenportfolio der Stadtreinigungsbetriebe.

# Von unterschiedlichen Abfallarten zu unterschiedlichen Sekundärrohstoffen.

Die Rückgewinnung von Rohstoffen aus recycelten Materialien gehört zu den grundlegenden Faktoren der industriellen Wirtschaftsleistung. Während die weltweite Verknappung von Primärrohstoffen die Produktionskosten der Industrie in die Höhe treibt, wird mit leistungsstarken Techniken und wachsenden Kapazitäten das steigende Abfallaufkommen aus Industrie, Gewerbe und privaten Haushalten von den Recycling-Unternehmen behandelt und in die möglichen Rohstoffkanäle zurückgeführt.

Mit dem Begriff „Abfall“ werden nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (§ 3 Abs. 1 KrWG) bewegliche Sachen bezeichnet, die ihren Zweck erfüllt oder ihren Nutzen verloren haben und deren sich ihre Besitzerinnen und Besitzer entledigen wollen oder entledigen müssen. Dazu gehören Haus-, Geschäfts- und Sperrmüll (Siedlungsabfall) ebenso wie Gewerbe- und Industrieabfälle, einschließlich gefährlicher Abfälle. Unterschieden werden die Abfälle nach ihren Hauptherkunftsbereichen aus Produktion und Gewerbe, Bau- und Abbruchabfälle, Abfälle aus dem Bergbau sowie Siedlungsabfälle. In der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) sind 20 verschiedene Herkunftsbereiche definiert. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen Primär- und Sekundärabfällen, das heißt Abfällen, die bereits in anderen Abfallbehandlungsanlagen behandelt worden sind. Letztere sind in Kapitel 19 der Abfallverzeichnis-Verordnung benannt.



Bioabfallsammlung in Altstadt, Quelle: Ivonne Müller

Im Jahr 2017 wurden insgesamt 409 Millionen Tonnen Abfälle aus dem Inland in Abfallbehandlungsanlagen entsorgt.<sup>1</sup> Hinzu kommen noch einmal nahezu 9 Millionen Tonnen an Importmengen (darunter 69 % notifizierungspflichtig), während weitere 16,5 Millionen Tonnen nicht notifizierungspflichtiger importierter Abfälle einer Verwertung zugeführt wurden.<sup>2</sup> Der Anteil der gefährlichen Abfälle am behandelten Aufkommen betrug 27 Millionen Tonnen (6,5 %).

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1.

<sup>2</sup> Umweltbundesamt, grenzüberschreitende Abfallstatistik 2017.

## 1.3.1 Abfallaufkommen aus privaten Haushalten sowie Industrie und Gewerbe

Die Datenerfassung ist im Umweltstatistikgesetz geregelt. Danach werden in erster Linie die jeweils bei den Betreibern von Abfallentsorgungsanlagen angenommenen Abfallmengen erfasst. In der Gesamtbilanz nicht umfassend statistisch berücksichtigt sind bisher innerbetriebliche Wertstoffe, die unmittelbar wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden, wie zum Beispiel Eisen und Stahl. Dies gilt auch für Direktanlieferungen von Sekundärrohstoffen an die Unternehmen, wie beispielsweise in der Papierindustrie.



Restmüllsammung mit Seitenlader im ländlichen Raum, Quelle: REMONDIS

### Zusammensetzung der Abfälle

Die im Jahr 2017 in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle setzten sich aus den folgenden Hauptgruppen zusammen:

- ▶ 221 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle aus dem Inland (53 % des Gesamtaufkommens an in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfällen), wobei der Bodenaushub mit rund 56 % den größten Anteil ausmacht,
- ▶ 31 Millionen Tonnen aus der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen aus dem Inland (7 %),
- ▶ 53 Millionen Tonnen übrige Abfälle, insbesondere aus Industrie und Gewerbe aus dem Inland (13 %),
- ▶ 52 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle aus dem Inland (12 %), darunter 38 Millionen Tonnen Abfälle aus Haushalten,
- ▶ 52 Millionen Tonnen Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (Sekundärabfälle) aus dem Inland (12 %) und
- ▶ nahezu 9 Millionen Tonnen aus Importen von Abfällen (2 %).

Der Vergleich der Entwicklungskurven für das Nettoabfallaufkommen sowie die Bruttowertschöpfung (real, Basis = 2010) belegt einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen. In den Jahren 2000 bis 2005 hat sich die Abfallintensität deutlich um 25 % verringert. Der deutliche Rückgang ist jedoch primär auf den

### Entwicklung des Aufkommens an Abfällen aus Haushalten (ohne Elektroaltgeräte)



Abb. 7, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

konjunkturell bedingten Rückgang bei den mengenmäßig relevanten Bau- und Abbruchabfällen zurückzuführen.

Im Zeitraum 2010 – 2017 (nach der Wirtschaftskrise) zeigt sich eine weitere leichte Reduzierung der Abfallintensität von 5 %. Während sich die Entwicklungen im Bereich der Bau- und Abbruchabfälle in Bezug auf die Entkoppelung des Abfallaufkommens von der Wirtschaftsentwicklung nicht fortsetzen, zeigt die separate Betrachtung ohne die mengenmäßig dominierenden Bau- und Abbruchabfälle zwischen 2010 und 2017 eine Reduzierung der Abfallintensität um 13 %.

Input in Abfallbehandlungsanlagen und Entsorgungswege 2017

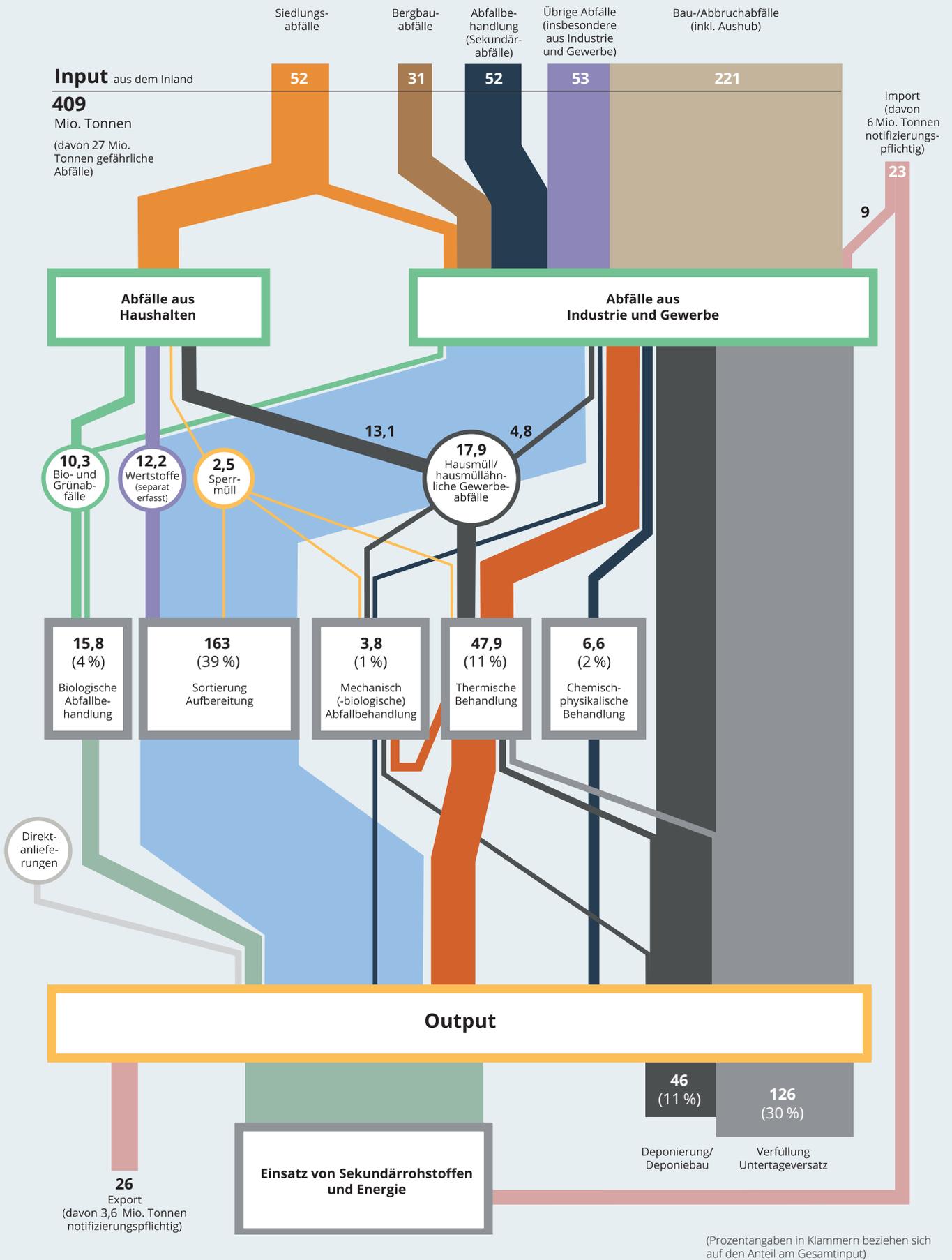


Abb. 8, Quelle: eigene Darstellung Prognos AG auf der Datengrundlage des Statistischen Bundesamtes, Fachserie 19, Reihe 1

## Abfälle aus privaten Haushalten

Der Anteil der in privaten Haushalten erzeugten Abfälle lag im Jahr 2017 bei 38 Millionen Tonnen. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 462 Kilogramm je Einwohner. Die Abfälle aus Haushalten setzen sich aus den nachfolgenden Hauptfraktionen zusammen:

- ▶ 13,1 Millionen Tonnen Hausmüll (158 Kilogramm je Einwohner)
- ▶ 2,5 Millionen Tonnen Sperrmüll (30 Kilogramm je Einwohner)
- ▶ 10,3 Millionen Tonnen getrennt erfasste Bio- und Grünabfälle (125 Kilogramm je Einwohner) sowie
- ▶ 12,2 Millionen Tonnen getrennt erfasste Wertstoffe wie Papier, Pappe und Kartonagen, Glas, Leichtverpackungen, Metalle, Altholz, Textilien und sonstige Wertstoffe (148 Kilogramm je Einwohner)

Der Anstieg des Gesamtaufkommens an Abfällen aus Haushalten im Jahr 2017 um 7 Kilogramm je Einwohner gegenüber dem Jahr 2015 ist auf die Intensivierung der Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen zurückzuführen. Die höchsten Zuwächse bei den getrennt erfassten Bio- und Grünabfällen wurden für die Bundesländer, in denen die Getrennterfassung zum Teil neu eingeführt wurde, beobachtet. Hierzu zählen z. B. Brandenburg (+22 Kilogramm je Einwohner), Thüringen (+18) und Mecklenburg-Vorpommern (+17). Aber auch Bundesländer mit einer bereits hohen Getrennterfassungsquote im Jahr 2015 konnten ihre Sammelmengen noch einmal steigern, wie beispielsweise Schleswig Holstein (von 111 auf 121 Kilogramm je Einwohner), Rheinland-Pfalz (von 163 auf 173 Kilogramm je Einwohner) oder auch Hessen (von 130 auf 139 Kilogramm je Einwohner).<sup>3</sup>

Da sich das Hausmüllaufkommen im gleichen Zeitraum nur um 2 Kilogramm je Einwohner von 160 im Jahr 2015 auf 158 im Jahr 2017 reduziert hat, ist der Anstieg der getrennt erfassten Bio- und Grünabfälle vor allem auf eine Rückführung aus der Eigenkompostierung zurückzuführen.

Das Aufkommen an getrennt erfassten Wertstoffen hat sich bundesweit in den vergangenen zwei Jahren nur leicht um 1 Kilogramm je Einwohner erhöht.

### 1.3.2 Abfallimporte und Abfallexporte

Die grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen unterliegt den Bestimmungen der Verordnung über die Verbringung von Abfällen (2006) der Europäischen Union, die mit dem Abfallverbringungsgesetz (AbfVerbrG) in nationales Recht überführt und ergänzt wurde. Die EU-Verordnung basiert ihrerseits



Alttextilien für den Export, Quelle: BVSE

auf dem Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung aus dem Jahr 1989 sowie dem OECD-Ratsbeschluss über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von zur Verwertung bestimmten Abfällen von 2001. Die grenzüberschreitende Abfallverbringung unterliegt in Abhängigkeit von der Abfallklassifizierung der Informationspflicht (sogenannte „Grüne Abfälle“ zur Verwertung) oder einem Notifizierungsverfahren (übrige Abfälle).

Deutschland ist ein Nettoexportland. Im Jahr 2017 wurden in Summe 23 Millionen Tonnen an Abfällen importiert. Davon waren 27 % (6,0 Millionen Tonnen) notifizierungspflichtig. Diesen standen 25,8 Millionen Tonnen an Abfallexporten gegenüber. Der Anteil der notifizierungspflichtigen Abfallexporte lag bei 3,6 Millionen Tonnen (14 %).

#### Nicht notifizierungspflichtige Abfälle

Von den 16,5 Millionen Tonnen nicht notifizierungspflichtiger Abfälle, die nach Deutschland **importiert** wurden, stammten 86 % aus anderen EU-Mitgliedsstaaten. Bezogen auf die Abfallarten dominieren mit 29 % (nahezu 4,8 Millionen Tonnen) die Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl, die jedoch im Zeitverlauf seit 2010 um 15 % rückläufig waren. Die zweitbedeutendste Abfallart bei den Importen waren im Jahr 2017 die Papierabfälle mit einem Anteil von 28 % (4,5 Millionen Tonnen). Die Importe von Papierabfällen haben seit 2010 stetig zugenommen (+15 %). Starke Zuwächse gab es seit 2010 insbesondere bei Kunststoffabfällen (+58 % auf 0,5 Millionen Tonnen im Jahr 2017).

Bei den nicht notifizierungspflichtigen Abfällen wurden 81 % in andere EU-Mitgliedsstaaten **exportiert**. Auch hier dominieren mit einem Anteil von 40 % (8,8 Millionen Tonnen) Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl. Mit Abstand folgen Schlacken, Aschen, Walzzunder (19 %; 4,3 Millionen Tonnen) sowie Papierabfälle (13 %; 2,8 Millionen Tonnen). Kunststoff-

<sup>3</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

## Entwicklung des Aufkommens an Abfällen aus Haushalten (ohne Elektroaltgeräte) in Tsd. Tonnen

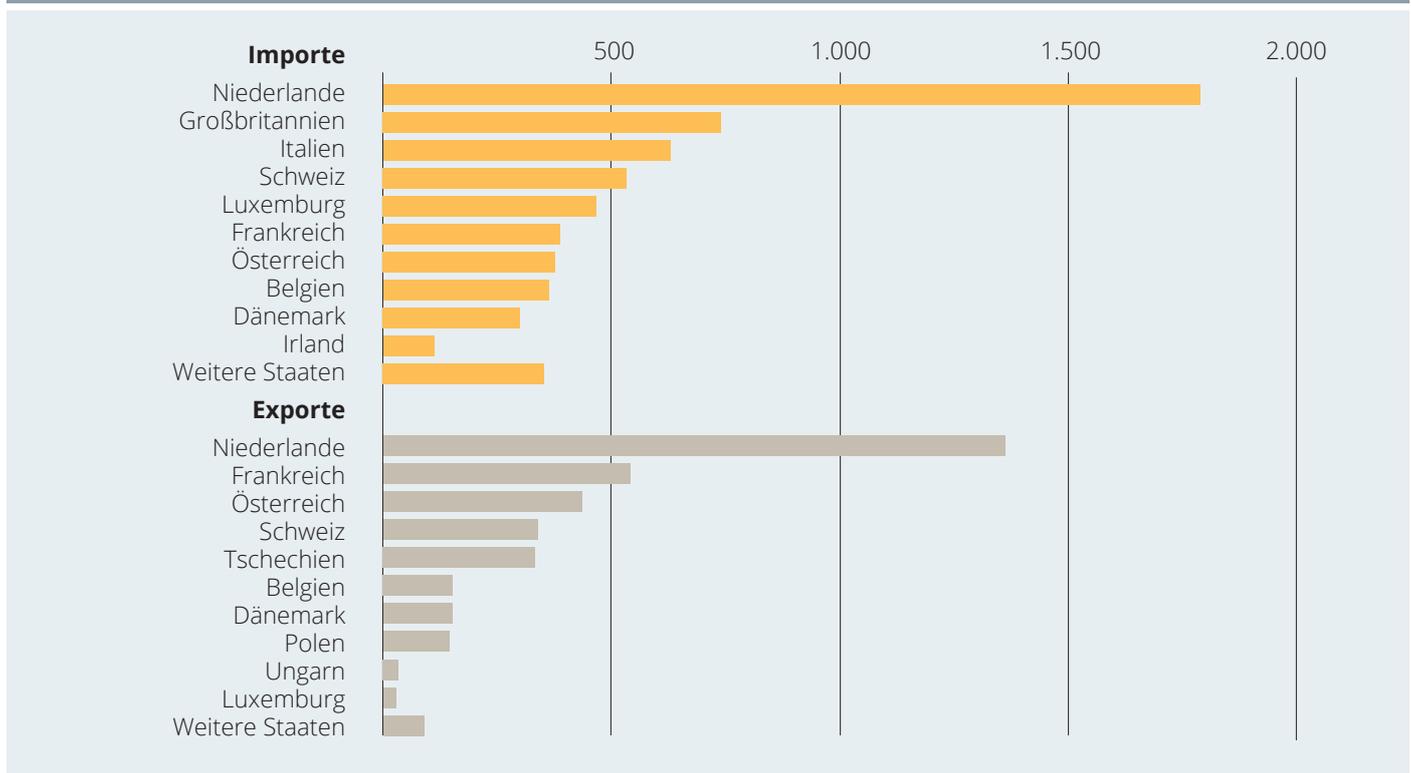


Abb. 9, Quelle: Umweltbundesamt: Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2017

abfälle hatten im Jahr 2017 einen Anteil von 5 % (1,2 Millionen Tonnen). Gegenüber dem Vorjahr 2016 wurde ein Rückgang um 16 % verzeichnet.

#### Notifizierungspflichtige Abfälle

Auch die grenzüberschreitende Verbringung von notifizierungspflichtigen Abfällen erfolgt sowohl bei den Importen als auch Exporten mit 90 % mehrheitlich zwischen den EU-Mitgliedstaaten. Werden darüber hinaus noch die Schweiz und Norwegen berücksichtigt, sind dies jeweils 99 %.

Hauptimportland sind mit Abstand die Niederlande mit 1,7 Millionen Tonnen, gefolgt vom Vereinigten Königreich mit 0,7 Millionen Tonnen bzw. Italien mit 0,6 Millionen Tonnen im Jahr 2017. Die Niederlande sind auch das Hauptempfängerland für die Exporte aus Deutschland (nahezu 1,4 Millionen Tonnen), während weitere 0,5 Millionen Tonnen nach Frankreich und 0,4 Millionen Tonnen nach Österreich exportiert wurden.

Brennbare Abfälle (AWV 19 12 10) und Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (AWV 19 12 12) haben mit nahezu 1,2 Millionen Tonnen (19 %) den größten Anteil an den notifizierungspflichtigen **Importen**. Davon kamen 0,7 Millionen Tonnen aus dem Vereinigten Königreich und nahezu 0,3 Millionen Tonnen aus den Niederlanden. Weitere bedeutende Abfallgruppen waren Holz (AWV 19 12 06 und 19 12 07) mit 1,0 Millionen Tonnen (17 %). Eine weitere bedeutende Abfallgruppe sind Boden und Steine (AWV 17 05 03 und 17 05 04) mit zusammen nahezu 0,5 Millionen Tonnen (8 %).

Die notifizierungspflichtigen **Exporte** werden von Holz (AWV 19 12 07) mit nahezu 0,38 Millionen Tonnen (10,5 %), Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (AWV 19 12 12) und kohlenteeerhaltigen Bitumengemischen (AWV 17 03 01) mit jeweils 0,35 Millionen Tonnen (knapp 10 %) dominiert. Letztere wurden mehrheitlich in die Niederlande verbracht.



Lager für aufbereitete Altglassorten nach Farbe und Körnung, Quelle: REILING



Müllbunker einer MVA, Quelle: Breer

# Differenzierte Stoffströme, auf Basis von Umweltschutz und Ressourcenschonung.

Das Entsorgen, Behandeln und Verwerten der unterschiedlichen Abfälle erfordert von der Kreislaufwirtschaft neue Konzepte, moderne Technologien und gut vernetzte Abläufe, um die Zukunftsaspekte von Mensch und Natur und die Anforderungen der Gesetzgeber zu erfüllen. Jeden Tag, in wachsendem Maße. Darum sind die Facetten der gesamten Kreislaufwirtschaft weit gefächert. Von der Gewinnung wertvoller Sekundärrohstoffe bis zur energetischen Verwertung restlicher Abfälle. So haben die heutigen Möglichkeiten der Abfallverwertung vielschichtige, wirtschaftliche Perspektiven geschaffen.

## 1.4.1 Anlagen und Mengen zur stofflichen Verwertung

In Einklang mit der fünfstufigen Abfallhierarchie sind Abfälle möglichst zu vermeiden und – sofern dies nicht möglich ist – prioritär für die Wiederverwendung bzw. stoffliche Verwertung (Recycling) vorzubereiten. Hierbei sind die Beschaffenheit des Abfalls sowie das Behandlungsziel zu berücksichtigen.

Die stoffliche Verwertung von Abfällen ist kein Phänomen der Neuzeit. Metalle, Glas und Papier wurden bereits viele Jahrhunderte v. Chr. immer wieder verwendet. Angesichts des industriellen Fortschritts und der Verknappung von Primärressourcen sowohl absolut als auch in Bezug auf ihre regionale Verfügbarkeit wird die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen zukünftig immer weiter an Bedeutung gewinnen. Die Nutzung entsprechender Potenziale im Abfall erfordert jedoch die Zusammenarbeit aller Akteure, beginnend vom Design und der Produktion recyclingfähiger Produkte über die möglichst sortenreine Erfassung bis hin zur Sortierung, Aufbereitung und Rückgewinnung der Sekundärrohstoffe. Letzteres setzt eine hochwertige technische Infrastruktur voraus.

### 1.4.1.1 Sortierung, Aufbereitung und Recycling

Deutschland verfügt über ein flächendeckendes Netz an Vorbehandlungs-, Sortier- und Aufbereitungsanlagen. Laut Statistischem Bundesamt wurden im Jahr 2017

- ▶ 26,2 Millionen Tonnen Abfälle in 1.103 Sortieranlagen,
- ▶ 15,6 Millionen Tonnen Abfälle in 744 Schredderanlagen und Schrottscheren,
- ▶ mehr als 1,0 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte in 337 Zerlegeeinrichtungen und
- ▶ etwas mehr als 0,5 Millionen Tonnen in 1.257 Demontagebetrieben für Altfahrzeuge

vorbehandelt. Ziel war es, das Sekundärrohstoffpotenzial zurückzugewinnen beziehungsweise für die Wiederverwendung vorzubereiten.

Im bevölkerungsreichsten und wirtschaftlich bedeutenden Nordrhein-Westfalen befinden sich allein 31 % aller **Sortieranlagen** Deutschlands. Weitere 18 % sind in Bayern in Betrieb, während in den Bundesländern Niedersachsen und Baden-Württemberg 7 % bzw. 6 % der Anlagen stehen. Bezogen auf die Gesamtmenge der an Sortieranlagen angelieferten Abfälle wurden im Jahr 2017 ein Drittel in Nordrhein-Westfalen, 15 % in Bayern und 10 % in Baden-Württemberg sortiert.

Die in den Anlagen eingesetzten Technologien sind sehr unterschiedlich. In den vergangenen Jahren wurden zunehmend hochmoderne vollautomatische Sortieranlagen in Betrieb genommen. Der deutsche

<sup>4</sup> Befragung der Landesämter für Umwelt in den Bundesländern sowie Zusatzrecherchen Prognos AG.

Maschinen- und Anlagenbau hat hierbei aufgrund langjähriger Erfahrungen europaweit eine Technologieführerschaft. Mit Nahinfrarot-Technologien können die Anlagen unterschiedliche Materialarten erkennen, Kamerasysteme ermöglichen die Sortierung des jeweiligen Stoffstromes nach Form und Farbe, effiziente sensorgestützte Technologien leisten einen wertvollen Beitrag bei der Fremdkörperdetektion. So wird es möglich immer sortenreinere Ausgangsmaterialien zu liefern und schadstoffbelastete Stoffe aus dem Wertstoffkreislauf auszuschleusen. Das erhöht den Zugang zu den Sekundärrohstoffmärkten.

**Spezifische Anforderungen an die Mindestausstattung von Vorbehandlungsanlagen** wurden mit der im August 2017 in Kraft getretenen **Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)** definiert, um ein ordnungsgemäßes, schadloses und hochwertiges Recycling der aussortierten Fraktionen zu gewährleisten. Hierzu zählen beispielsweise Aggregate zum Zerkleinern bzw. zur Separierung verschiedener Materialien, Korngrößen, Kornformen und Korndichten; Aggregate zur maschinell unterstützten manuellen Sortierung; Aggregate zur Ausbringung von Eisen und Nichteisenmetallen mit einer Metallausbringung von mindestens 95 %; Aggregate zur Ausbringung von Kunststoff mit einer Kunststoffausbringung von mindestens 85 %, von Holz oder von Papier; etc. Der Nachweis der Komponenten gilt auch für mehrere Anlagen, die hintereinandergeschaltet betrieben werden und dies entsprechend vertraglich dokumentiert ist.

Bundesweit ist die genaue Anzahl der Vorbehandlungsanlagen, die die Kriterien der GewAbfV erfüllen, noch nicht bekannt, da die entsprechenden Genehmigungs- und Nachweisprozesse nicht abgeschlossen sind. Dennoch kann nach ersten Recherchen davon ausgegangen werden, dass schätzungsweise 180 Vorbehandlungsanlagen die entsprechenden Kriterien direkt oder als Teil einer Kaskade erfüllen. Davon verfügen schätzungsweise zwei Drittel der Vorbehandlungsanlagen über alle erforderlichen Komponenten.<sup>4</sup>

Nordrhein-Westfalen verfügt mit einem Anteil von 19% auch über die meisten **Demontagebetriebe für Altfahrzeuge**, gefolgt von Bayern mit 14% sowie Baden-Württemberg mit 12%. Bezogen auf die Inputmengen führt Bayern die Statistik mit einem Anteil von 19% des in Demontagebetrieben behandelten Aufkommens an, gefolgt von Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg mit jeweils 15%.

Von den 744 Schredderanlagen und Schrottscheren befinden sich 25% in Bayern, wo 23% der Abfallmengen behandelt wurden. In den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg befinden sich 16% bzw. 14% der Anlagen. Aufgrund der nahezu korrespondierenden Anteile an den behandelten Abfällen kann näherungsweise von entsprechenden Kapazitätsanteilen ausgegangen werden.

### Standorte der Sortier- und Aufbereitungsanlagen in Deutschland

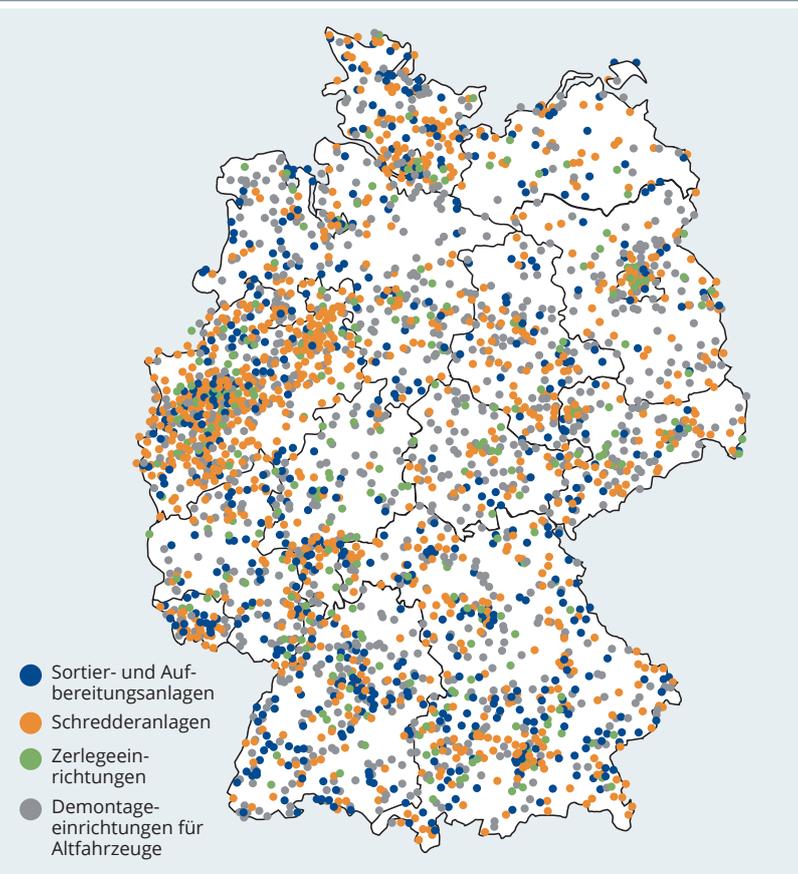


Abb. 10, Quelle: Eigenrecherchen Prognos AG; Kartengrundlage GfK GeoMarketing

### Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland

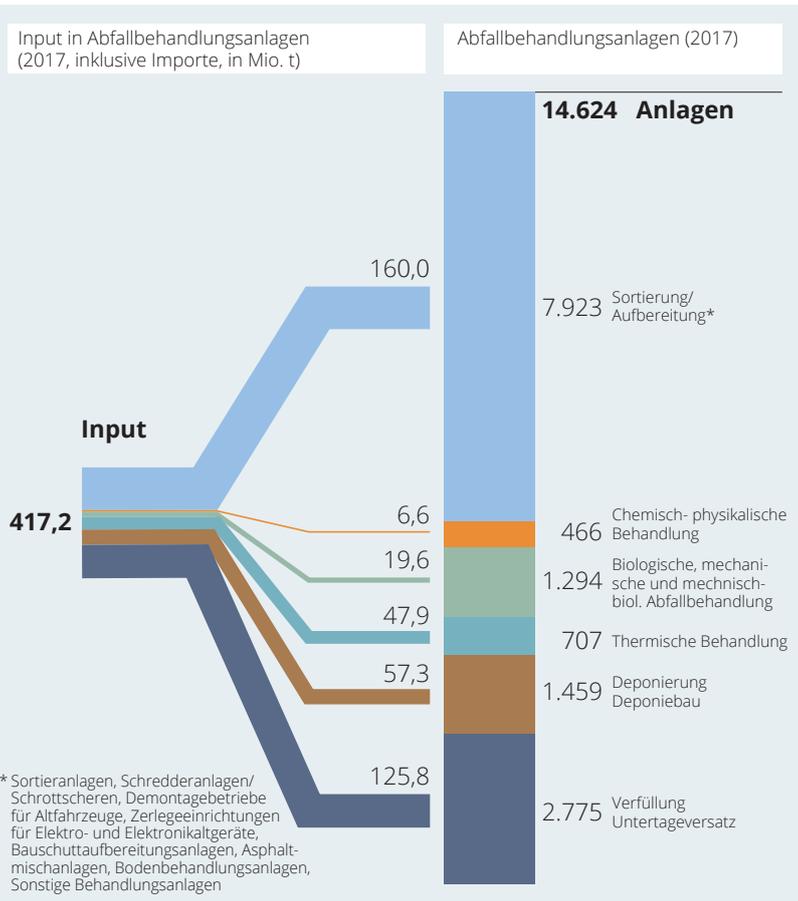


Abb. 11, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 - 2017; eigene Darstellung

5 Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

6 ASA, eigene Recherchen

7 Ketelsen/Becker: Weiterentwicklung der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) mit den Zielen der Optimierung der Ressourceneffizienz und Minimierung von Treibhausgasemissionen [FKZ 3717 34 331 0] 2. Zwischenbericht 10/2019 zum o.g. FE-Vorhaben



Gas aus Biomüll, Quelle: BSR

#### 1.4.1.2 Mechanische und mechanisch-biologische Behandlung

Seit rund 30 Jahren ist die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) ein wichtiger Teil der deutschen Kreislaufwirtschaft. 1993 wurde mit der ersten Fassung der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) die Grundlagen für die heutige Abfallentsorgung gelegt. Die Überarbeitung der TASi führte zu einem Deponierungsverbot für nicht vorbehandelte Abfälle ab 2005. Bereits im Vorfeld legten die 30. BImSchV und die Abfallablagereverordnung die genehmigungsrechtlichen Anforderungen für die stoffstromspezifische Behandlung von Siedlungsabfällen in mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen fest. Die meisten Anlagen, die heute noch in Betrieb sind, wurden zur Umsetzung des Ablagerungsverbotes für unvorbehandelte Abfälle errichtet.

Zur Umsetzung der Abfallbehandlung werden verschiedene Verfahrensvarianten in Anspruch genommen. Die Anlagentypen sind etwa gleichermaßen stark ausgeprägt. Behandlungsanlagen mit Verfahren zur Vergärung, Rotte und Stabilisierung bzw. Trocknung sind in ähnlicher Anzahl und Kapazität vertreten. Die mechanisch-physikalische Stabilisierung ist weniger häufig vertreten. Ziel aller Anlagen ist die Aussortierung von Eisen- und Nichteisenmetallen, Holz und Kunststoffen sowie die Gewinnung von heizwertreichen Ersatzbrennstoffen und Erzeugung eines ablagerungsfähigen Materials. Die Weiterentwicklung der aktuellen Rechtslage und der Technologie führte zu verschiedenen Umstellungsszenarien. Die Umstellung betrifft in vielen Anlagen im Wesentlichen die biologische Behandlung. Neben der Veränderung, die biogene Fraktion biologisch zu

trocknen, wurden auch einzelne Anlagen so umgestellt, dass sie weiterhin Restabfall mechanisch behandeln und die biologischen Behandlungsmöglichkeiten für getrennt erfasste Bioabfälle nutzen. Darüber hinaus wurden mechanische Behandlungsanlagen so umgerüstet, dass sie Gewerbeabfälle gemäß der seit 2017 gültigen Gewerbeabfallverordnung behandeln können.

Kurz- und mittelfristig wird sich die Anlagentechnik weiteren neuen Rahmenbedingungen durch etwaige Umnutzungen anpassen müssen. Schon heute kann durch den modularen Aufbau der Anlagen und damit verbundenen Flexibilität gezielt auf einzelne Stoffströme zugegriffen werden, dies umfasst damit auch die Behandlung von getrennt erfassten Wertstoffen. Die Anlagen zur stoffstromspezifischen Behandlung von Siedlungsabfällen werden konsequent weiterentwickelt und vorhandene Technologien präzisiert, um für die gestiegenen Anforderungen Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit denen nicht nur gemischte Siedlungsabfälle, sondern auch andere Abfälle behandelt und vielfältige Verfahrensziele realisiert werden können. Damit sind die Anlagen Produktlieferant für die Industrie und Energielieferant für Industrie und Haushalte zugleich. Durch die bestmögliche Nutzung der jeweiligen Eigenschaften der Bestandteile des Abfalls entsteht ein perfekter Kreislauf von Stoffströmen, der gleichzeitig die Schonung der Umwelt, Ressourcen und Klima umfasst.

Gemäß Destatis waren 2017 bundesweit 52 mechanisch-biologische Behandlungsanlagen<sup>5</sup> mit einer Anlagenkapazität von rund 5,5 Millionen Tonnen<sup>6</sup> in Betrieb. Von diesen haben 36 MBA kommunale Restabfälle behandelt, während die verbleibenden Anlagen bereits komplett auf die rein mechanische bzw. Bioabfallbehandlung umgestellt waren. Auf der Grundlage von Hochrechnungen der ASA wird der Anteil der behandelten Abfälle auf rund 3,8 Millionen geschätzt. Daraus wurden ca. 3 % Sekundärrohstoffe zur stofflichen Verwertung abgetrennt, darunter Eisen- und Nichteisenmetalle, Holz und Kunststoffe. Die aus den Abfällen erzeugten Ersatzbrennstoffe und brennbare heizwertreiche Fraktionen (ca. 56 %)<sup>7</sup> werden unter anderem in EBS-Kraftwerken, Kohlekraftwerken und MVA zur Energiegewinnung eingesetzt. In Kraftwerken ersetzen sie fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas und leisten einen stofflichen Beitrag zur Produktherstellung. Die bei der Vergärung erzeugten Biogasmengen werden als Energieträger verwertet. Rund 18 % der in M(B)A behandelten Abfälle werden deponiert.

Über die MBA hinaus werden kommunale Restabfälle auch in mechanischen Aufbereitungsanlagen behandelt, die statistisch unter Sortier- und Aufbereitungsanlagen erfasst werden. In Summe verfügen 49 mechanische, mechanisch-biologische und mechanisch-physikalische Anlagen über Verträge zur Restabfallbehandlung.

Die stoffspezifische Abfallbehandlung und die effiziente und moderne Verwertung von Abfällen sind ressourcenschonend und bieten innovative Möglichkeiten, für eine veränderte Ressourcennutzung durch neue Rahmenbedingungen in der Zukunft. Damit trägt die stoffspezifische Abfallbehandlung als Teil der Kreislaufwirtschaft aktiv zum Klimaschutz bei.

#### Standorte von mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen für die Behandlung kommunaler Restabfälle in Deutschland

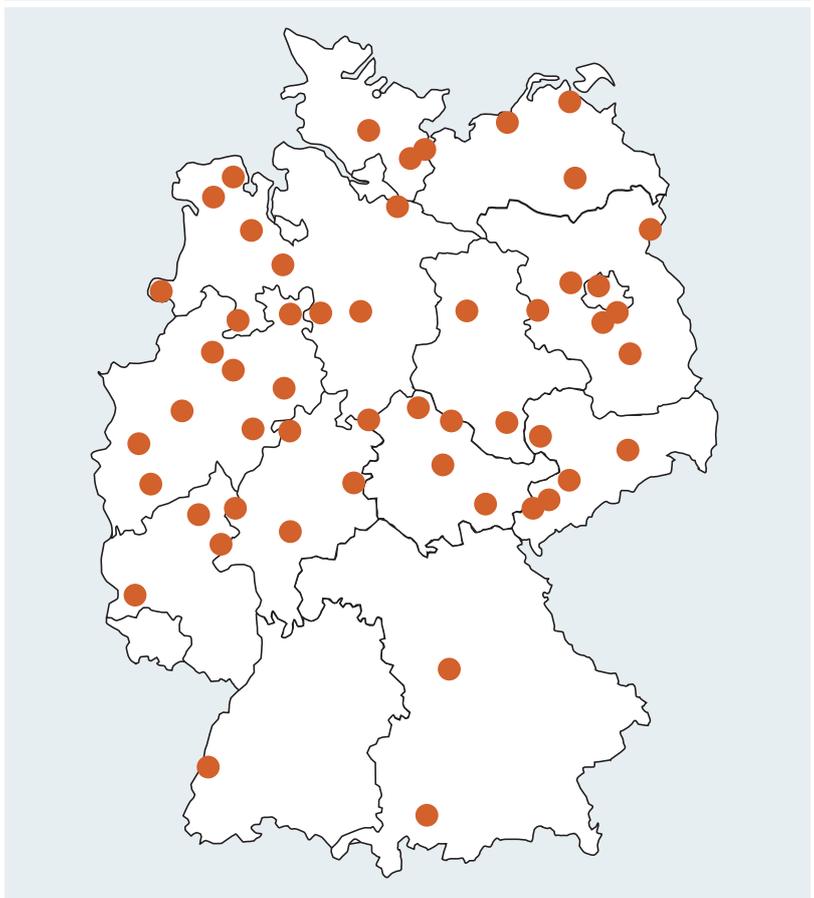


Abb. 12, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing



Sortieranlage einer MBA, Quelle: ECOWEST

### 1.4.1.3 Biologische Behandlungsanlagen

In Deutschland sind rund **1.242 biologische Behandlungsanlagen** in Betrieb. Aktuell werden die organischen Abfälle durch aerobe und anaerobe Verfahren (Kompostierung und Vergärung) verwertet. Bei der Verwertung entstehen hochwertige Gärreste und Komposte, die überwiegend in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Zusätzlich zum Einsatz in der Landwirtschaft werden Komposte in Erdenwerken, im Landschaftsbau und im Hobbygartenbau eingesetzt. Darüber hinaus wird Biogas energetisch genutzt.

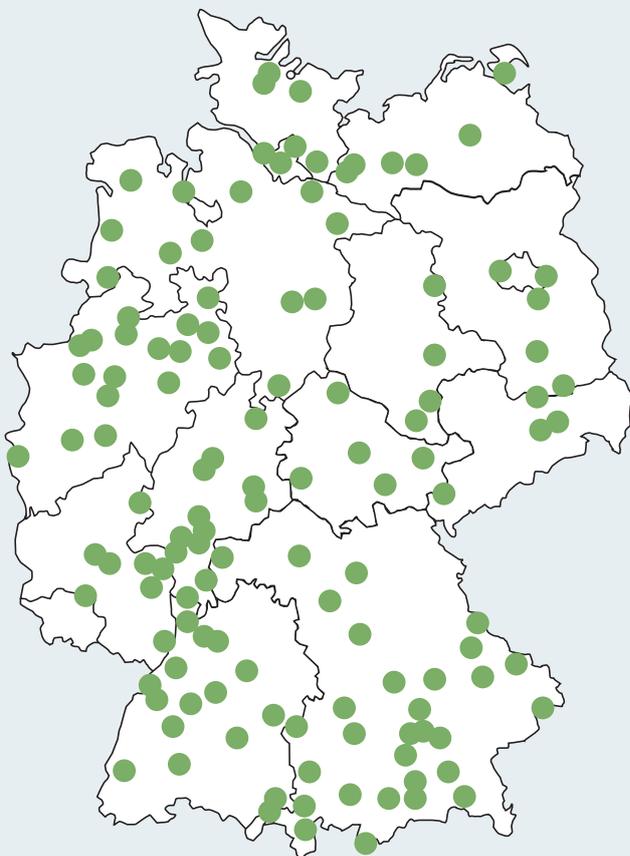
In biologischen Behandlungsanlagen wurden im Jahr 2017 in Summe 15,8 Millionen Tonnen an Abfällen eingesetzt. Davon entfielen 64 % auf Siedlungsabfälle und 23 % auf Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Lebensmittelindustrie. Die verbleibenden 13 % verteilen sich auf sonstige Herkunftsbereiche.<sup>8</sup> Aus den behandelten Abfällen wurden 4,2 Millionen Tonnen Kompost und nahezu 3,4 Millionen Tonnen Gärrückstände abgesetzt.

Seit 1985 werden in Deutschland Bio- und Grünabfälle separat erfasst. Die Verpflichtung einer getrennten Erfassung der **Bio- und Grünabfälle aus Haushalten** besteht gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie für alle europäischen Länder seit 2015. Aktuell können bundesweit in rund 341 Biogutkompostierungsanlagen und -vergärungsanlagen (rund 27 % der biologischen Behandlungsanlagen) rund 6,8 Millionen Tonnen Bioabfälle verwertet werden (Stand: 2016).<sup>9</sup> Der überwiegende Teil wird derzeit noch in Kompostierungsanlagen verwertet. Etwa 2 Millionen Tonnen (30 %) werden einer Vergärung zugeführt. Für den Einsatz von Gärresten und Komposten gelten gesetzlich geregelte spezifische Anforderungen und strenge Grenzwerte für Inhalts- und Fremdstoffe. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer freiwilligen Gütesicherung, deren Anforderungen strenger sind als die gesetzlich geregelten Werte. Neben den Gärresten entsteht bei der Vergärung energetisch nutzbares Biogas, das in Energie und Wärme umgewandelt werden kann. Zukünftig sollten wesentliche Anteile der Bioabfälle in Anlagen mit Vergärungsstufen behandelt werden, um möglichst das energetische Potenzial der organischen Abfälle aus Haushalten voll auszuschöpfen.

<sup>8</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1.

<sup>9</sup> Umweltbundesamt, Ermittlung von Kriterien für eine hochwertige Verwertung von Bioabfällen und Ermittlung von Anforderungen an den Anlagenbestand, Mai 2019

#### Standorte von Vergärungsanlagen in Deutschland



#### Biologische Abfallbehandlungsanlagen nach Art der Anlage (Anzahl, Input in Mio. t)

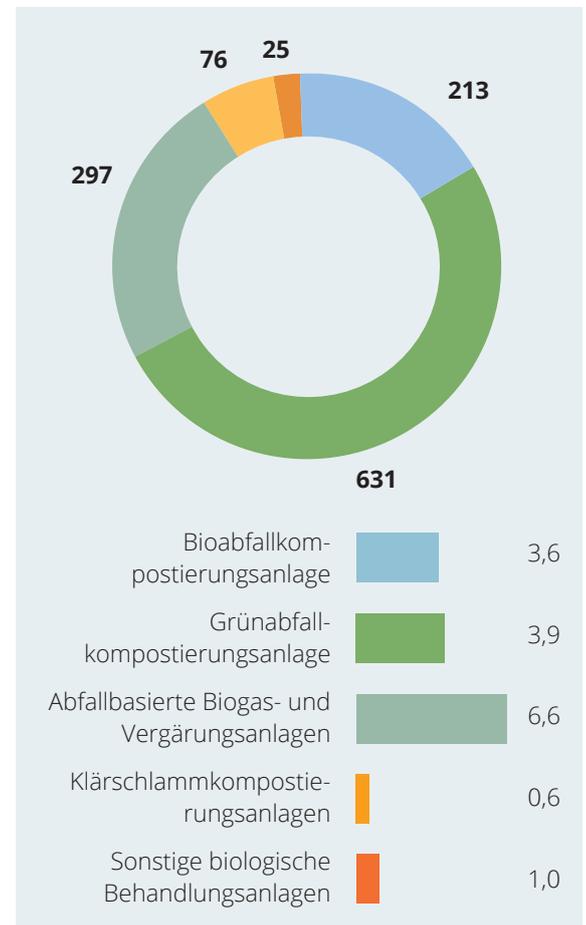


Abb. 13, Quelle: ASA, Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Abb. 14, Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2017; eigene Darstellung

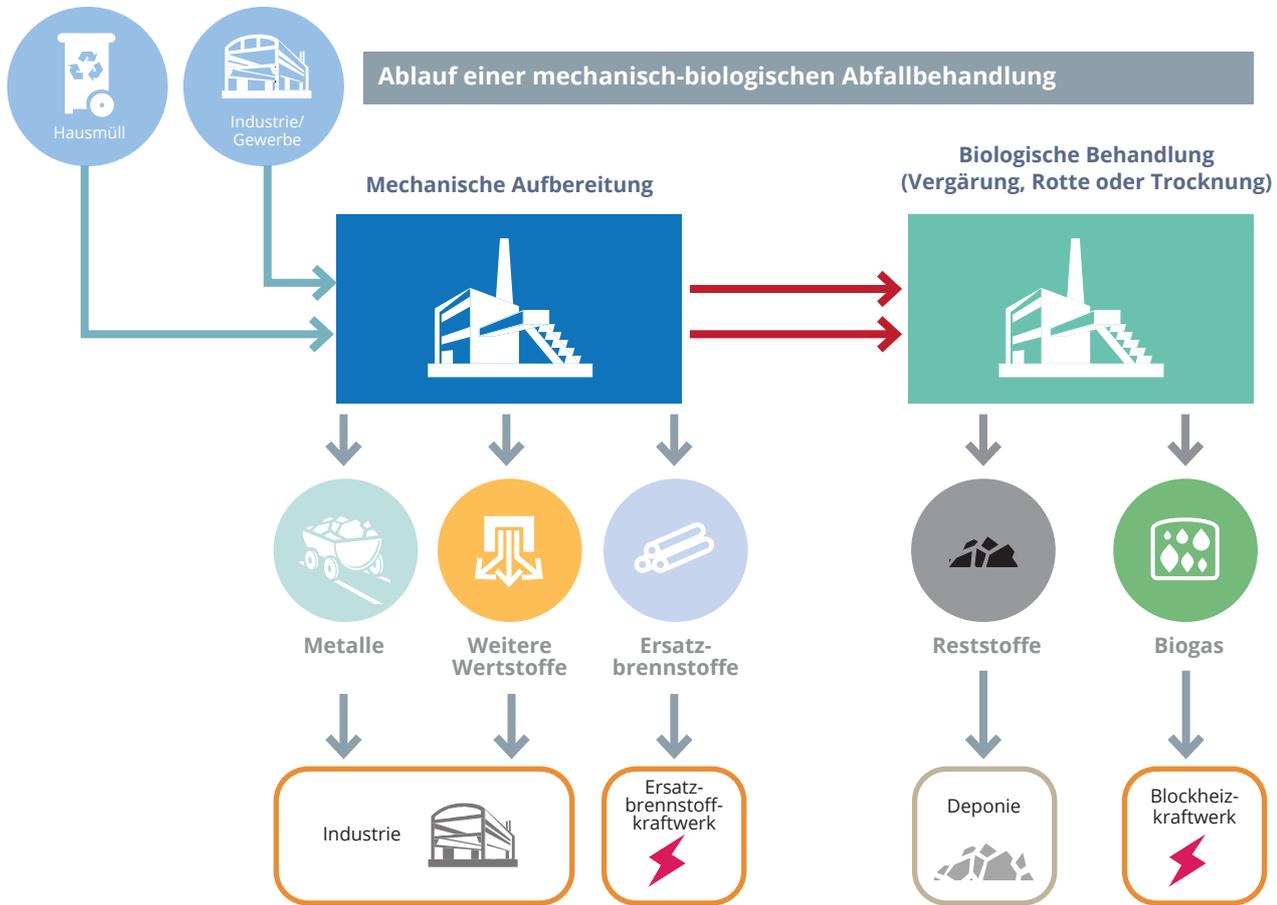


Abb.15, Quelle: ASA





Anlagentechnik mit großem Wirkungsgrad, Quelle: REMONDIS

#### 1.4.1.4 Sonstige Behandlungsanlagen

Das breite Spektrum der Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland wird ergänzt durch rund 2.870 stationäre und mobile Bauschuttzubereitungsanlagen. Diese haben in 2017 fast 70 Millionen Tonnen primäre Bau- und Abbruchabfälle einschließlich Straßenaufbruch und kohlenteeerhaltiger Bitumengemische aufbereitet. Ergänzt wird das Anlagenspektrum für primäre Bau- und Abbruchabfälle um **527 Anlagen zur Aufbereitung und Verwertung von Ausbauphosphat** (Asphaltmischanlagen). Auch dieser Anlagentyp wird sowohl stationär als auch mobil betrieben. In **110 Bodenbehandlungsanlagen** wurden 3,8 Millionen Tonnen verunreinigter Boden mittels thermischer, biologischer oder mechanischer Verfahren aufbereitet.

Für die Behandlung von 6,6 Millionen Tonnen überwiegend chemischer Abfälle standen 2017 insgesamt 466 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen zur Verfügung, zum Beispiel Extraktions- oder Destillationsanlagen, Anlagen zur chemischen Aufbereitung von zyanidhaltigen Konzentraten, Nitriten, Nitraten oder Säuren (wenn eine Verwertung als Reststoff oder eine Entsorgung möglich wird) sowie Anlagen zur Verdampfung, Trocknung oder Kalzinierung.

In **975 sonstigen Behandlungsanlagen** wurden 28,2 Millionen Tonnen Abfälle behandelt. Hierunter fallen beispielsweise Ersatzbrennstoff-, Schlacke und Kabelaufbereitungsanlagen sowie Kunststoffverwertungsanlagen, aber auch Klärschlammfaulbehälter mit Co-Vergärung und Anlagen zur stofflichen Verwertung von Altöl.

27,4 Millionen Tonnen bergbaulicher Abfälle wurden in 17 Anlagen entsorgt. Zu den Anlagen des bergbaulichen Versatzes gehören Abbaustätten und berg-

bauliche Gruben, die entweder noch in Betrieb oder bereits geschlossen sind und wiederverfüllt werden.

Bergbauferme Abfälle in einer Größenordnung von 98,4 Millionen Tonnen wurden in 2.759 über- bzw. untertägigen Abbaustätten gelagert. Hierbei handelt es sich in der Regel um mineralische Abfälle. Hierunter fällt jedoch nicht der sogenannte Abraum, das heißt Stoffe, die unmittelbar und üblicherweise nur beim Aufsuchen, Gewinnen, Aufbereiten und Weiterarbeiten von Bodenschätzen anfallen.

#### 1.4.2. Anlagen und Mengen zur energetischen Verwertung

Innerhalb der Kreislaufwirtschaft in Deutschland nehmen die unterschiedlichen Anlagen für die Sortierung, die Aufbereitung sowie die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen arbeitsteilig ihre Aufgaben wahr. Die thermische Abfallbehandlung stellt dabei eine wichtige Ergänzung dar und wird in der Regel in Mono- und Mitverbrennung unterschieden. Zu den Monoverbrennungsanlagen gehören die „klassischen“ Müllverbrennungsanlagen (MVA/MHKW) und die Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke) ebenso wie Klärschlamm-, Sonderabfall- wie auch Altholzverbrennungsanlagen. Die Zement- und Kohlekraftwerke und anteilig Industriekraftwerke sind die derzeit tragenden Säulen der Mitverbrennung. Im Jahr 2017 wurden in Summe nahezu 48 Millionen Tonnen kommunale sowie Industrie- und Gewerbeabfälle thermisch behandelt.<sup>10</sup>

Mit der effizienten Auskoppelung von Strom, Prozess- und Fernwärme werden fossile Energieträger substituiert und wichtige Beiträge zum Klimaschutz geleistet.

<sup>10</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1.



Krankanzel einer MVA: Beschickung der Kessel mit Abfall, Quelle: BSR

### 1.4.2.1 Thermische Behandlung (MVA/EBS-Kraftwerke)

Auf der Suche nach industriellen Behandlungsmethoden für die gesundheitlich immer problematischer werdenden städtischen Abfälle wurde 1874 in Nottingham die erste Abfallverbrennungsanlage gebaut. Das Beispiel aus England stieß auch in Deutschland nach einer erneuten Cholera-Epidemie auf ein positives Echo und führte nur wenige Jahre später, im Jahr 1894, zum Bau der ersten Müllverbrennungsanlage Deutschlands in Hamburg.

Bestand der Hauptzweck der Anlagen lange Zeit in der Volumenreduktion und Hygenisierung, rückte mit der Erdölkrise in den 80er Jahren die Energiegewinnung immer stärker in den Mittelpunkt. Ein großer Impuls für die thermische Abfallbehandlung ging von der Technischen Anleitung Siedlungsabfall 1993 aus. Sie legte den Grundstein für das nach einer Übergangsfrist von zwölf Jahren zum 1. Juni 2005 wirksam werdende Ablagerungsverbot für unvorbehandelte Siedlungsabfälle. Im Zuge dessen mussten neue Behandlungskapazitäten geschaffen werden, auch um die Verwertung brennbarer Abfälle aus der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBA) sicherstellen zu können.

Deutschland verfügt heute über ein dichtes Netz von insgesamt **100 MVA und EBS-Kraftwerken**, die unter dem Oberbegriff „Thermische Abfallbehandlungsanlagen – TAB“ zusammengefasst werden. Eine Differenzierung, die statistisch zwar immer noch erfolgt, ist in der Praxis nicht mehr angebracht. Es gibt kein offizielles Abgrenzungskriterium, auch nicht bei den Energieeffizienzkriterien. Dieses basiert auf dem in der EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2008 definierten **R1-Faktor**<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Der R1 Faktor beschreibt die Energieeffizienz einer Anlage, in dem der energetische Nutzen (produzierte und genutzte Energie nach Abzug importierter Hilfsenergien) zum Aufwand (Energie des Abfalls und der zugeführten Brennstoffe) ins Verhältnis gesetzt wird.

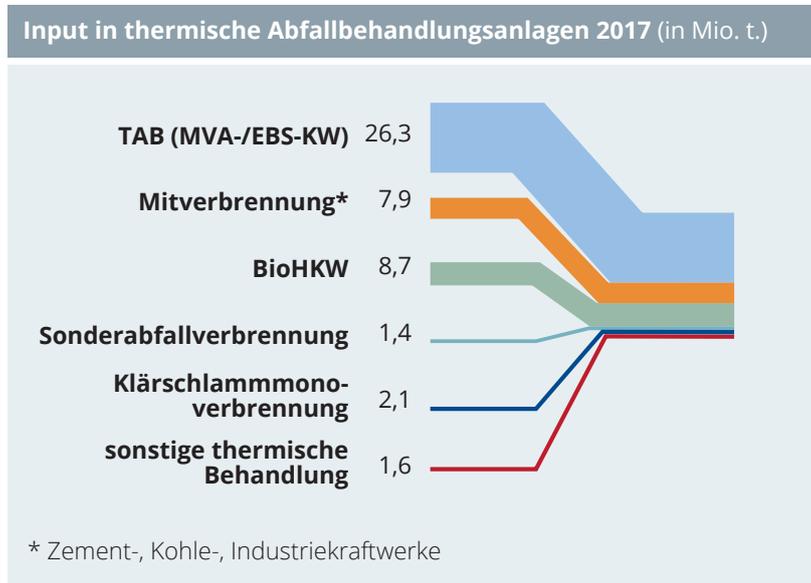


Abb. 16, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

<sup>12</sup> ITAD, Destatis Fachserie 19, Reihe 1, ergänzende Eigenrecherchen und Hochrechnungen Prognos AG

Die **genehmigte Gesamtkapazität** der TAB liegt bei rund **27 Millionen Tonnen pro Jahr**, wobei die regionale Verteilung deutliche Unterschiede aufweist. Das bevölkerungsreichste Bundesland Nordrhein-Westfalen verfügt mit 7,1 Millionen Tonnen pro Jahr über die höchsten genehmigten Kapazitäten. Die beiden Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg kommen in Summe auf 5,4 Millionen Tonnen pro Jahr. Mit knapp 5,9 Millionen Tonnen pro Jahr stehen auch in den neuen Bundesländern relevante Kapazitäten zur Verfügung. Der bundesdeutsche Altersdurchschnitt der Verbrennungslinien liegt bei rund 20 Jahren, tendenziell sind die TAB in den östlichen Bundesländern jünger.

Heute **gewährleistet** die thermische Abfallbehandlung unter Einhaltung höchster Umweltstandards die **sicherere Entsorgung** von nicht mehr verwertbaren Abfällen und ist ergänzender Baustein der Kreislaufwirtschaft. Die Bedeutung der Schadstoffentfrachtung nimmt mit steigenden Recyclingquoten zu, denn nur hierdurch lässt sich ein hochwertiges stoffliches Verwerten gewährleisten. Darüber hinaus sind viele dezentrale Anlagen ein Garant für die Daseinsvorsorge (Entsorgungssicherheit für Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen, Hygenisierung, etc.). Im Jahr 2017 wurden insgesamt rund **26,2 Mio. Tonnen an Abfällen** aus Haushalten sowie Industrie und Gewerbe in den TAB thermisch behandelt. Die durchschnittliche Auslastung der Anlagen betrug rund 96 %. Den größten Anteil machten dabei Hausmüll mit rund 50 % (13,1 Millionen Tonnen), gefolgt von brennbaren Sekundärabfällen (AVV-Nr. 19 12 10 und

19 12 12) mit zusammen rund 33 % (8,7 Millionen Tonnen) aus. Weitere 14 % entfielen auf sonstige Siedlungsabfälle sowie eine Vielzahl sonstiger Abfälle, die z. T. nur in geringen Mengen angenommen wurden.<sup>12</sup>

Darüber hinaus liefert die effiziente Auskoppelung von Strom, Prozess- und Fernwärme sowie die Rückgewinnung von Metallen aus den Verbrennungsrückständen wichtige Beiträge zum Klima- und Ressourcenschutz. Die MVA und EBS-Kraftwerke in Deutschland werden **überwiegend als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)** betrieben, wobei einige Anlagen den Prozessdampf an benachbarte Kraftwerke zur Verstromung bzw. Wärmenutzung weitergeben und somit im Verbund betrieben werden. Die TAB leisten somit auch einen wichtigen **Beitrag zur Versorgungssicherheit**.

In den vergangenen 125 Jahren hat sich die Funktion der TAB innerhalb der Daseinsvorsorge kontinuierlich weiterentwickelt. Vor dem Hintergrund weiter zunehmender Anstrengungen zum Recycling, die sich u. a. aus den rechtlichen Vorgaben aus dem Verpackungsgesetz, der Gewerbeabfallverordnung, der Pflicht zur Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten sowie den Recyclingzielen aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und dem EU Kreislaufwirtschaftspaket ergeben, wird das Aufkommen traditioneller Abfallarten, die thermisch zu behandeln sind, sinken. Gleichzeitig sind jedoch auch Entwicklungen zu berücksichtigen, die potenziell zu einem Anstieg der thermisch zu behandelnden Abfälle aus Gründen des Umweltschutzes führen. Hierzu zählen beispielsweise die Umsetzung der Verordnung über persistente organische Schadstoffe (POP-Verordnung), die Anforderungen an die Ablagerung der Feinfraktion aus der Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen in Bezug auf die Ablagerungskriterien für die Deponieklassen I und II, die Umsetzung der Klärschlammverordnung und Sortierreste aus Recyclingmaßnahmen. Daher werden die TAB weiterhin wichtige Aufgaben der Abfallentsorgung, Ressourcenschutz und Energiewirtschaft übernehmen. Auf zukünftige Rahmenbedingungen, wie steigende Anforderungen an die Rückgewinnung von Ressourcen (Metalle aus den Rückständen, Phosphate aus den Aschen der Monoklärschlammverbrennung, etc.) und die Sektorenkopplung (Energiespeicher, Systemdienstleistungen und Wasserstoffproduktion) stellen sich die Anlagenbetreiber ein.

Im Hinblick auf den aktuellen „**Green Deal**“ der EU wird es voraussichtlich neue Initiativen zur frühzeitigeren Schließung von Deponien in Europa geben (müssen), da die Reduktion von Treibhausgasemissionen in der Abfallwirtschaft häufig durch sehr geringe CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten zu realisieren sind. Zum Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, insbesondere in Ost- und Südeuropa, werden im Rahmen der Europäischen Arbeitsteilung auch deutsche TAB (wie auch spezielle Verwertungsanlagen) einen wichtigen Beitrag leisten müssen.

#### Anzahl und genehmigte Kapazitäten nach Bundesländern

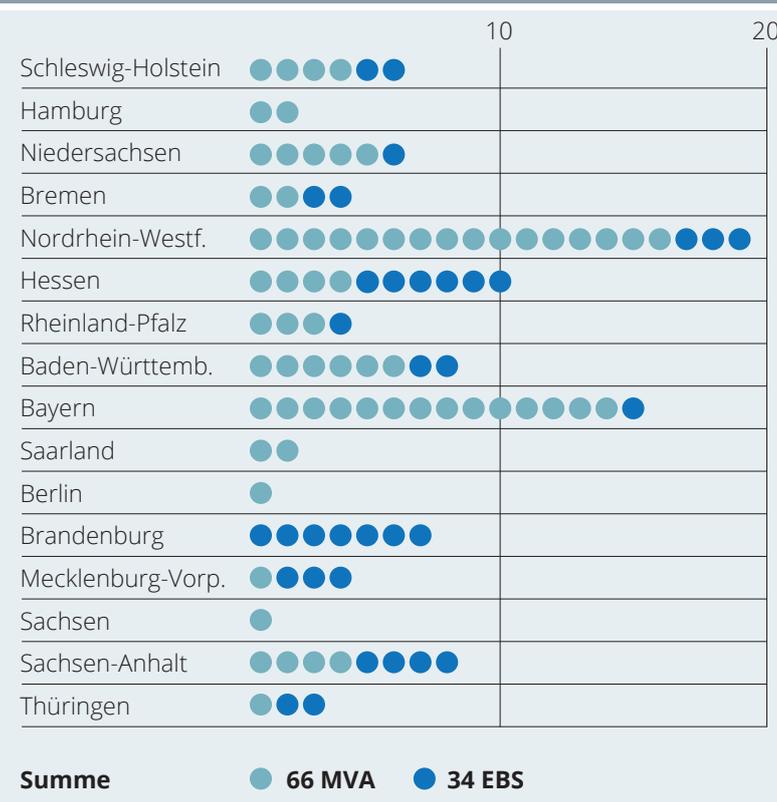


Abb17, Quelle: ITAD, eigene Recherchen Prognos AG



Energetische Nutzung von nicht verwertbaren Abfällen in Zementwerken, Quelle: Breer

### 1.4.2.2 Mitverbrennung in Zement- und Kohlekraftwerken

Der Bedarf der Industrie die Energieerzeugung über die Nutzung von Abfällen zu sichern bzw. zu flankieren hat insbesondere vor dem Hintergrund der stark gestiegenen Kosten für fossile Energien in allen energieintensiven Wirtschaftsbranchen (zum Beispiel Papierindustrie, Chemieparks, Zementherstellung) stark zugenommen. Diese Nachfrage ist in Branchen, die neben einer Stromerzeugung vor allem eine Wärme- und Dampferzeugung über die energetische Nutzung der Ersatzbrennstoffe realisieren, besonders hoch. Durch die energetische Verwertung der nicht weiter stofflich verwertbaren Abfälle lassen sich in hohem Maße fossile Energieträger ersetzen und Treibhausgase einsparen.

#### Mitverbrennung in Zementwerken

Die Zementindustrie ist ein besonders brennstoff- und stromintensiver Industriezweig. Der Energiekostenanteil bei der Herstellung von Zement an der Bruttowertschöpfung liegt bei über 50 %. Für die Deckung des thermischen Energiebedarfs haben neben fossilen auch alternative Brennstoffe wie z. B. Altreifen, Altöl, aufbereitete Siedlungs- und Gewerbeabfälle in den vergangenen Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen.

Bundesweit verfügen 34 Zementwerke mit Klinkerproduktion sowie zwei Kalkwerke über die Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen.

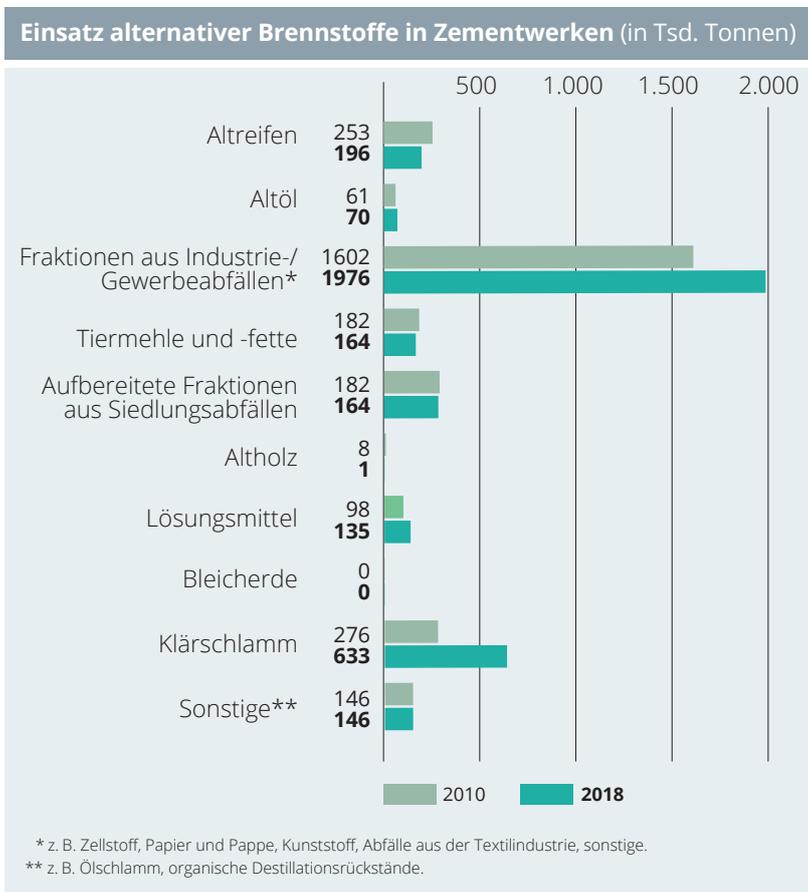
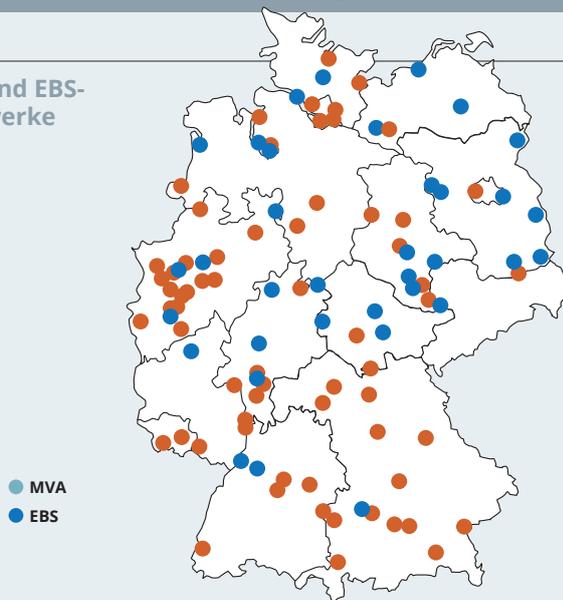


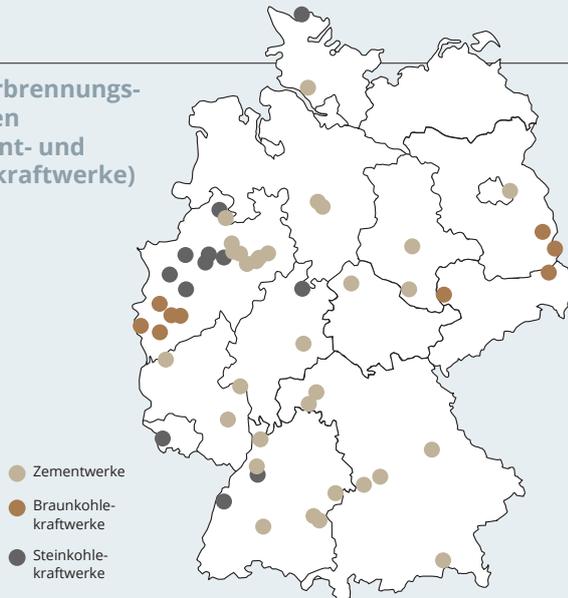
Abb. 18, Quelle: Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ), Umweltdaten der deutschen Zementindustrie

## Standorte von Verbrennungsanlagen in Deutschland

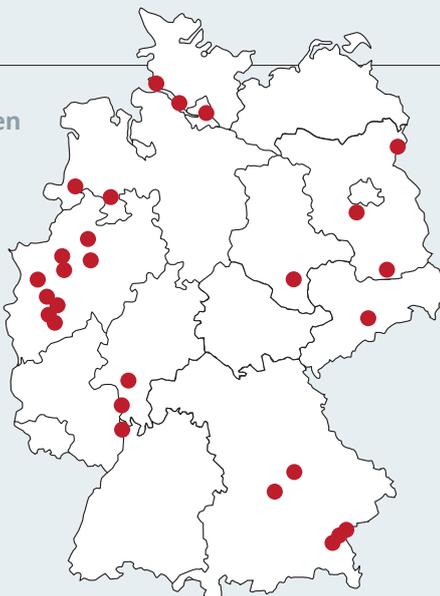
## MVA und EBS-Kraftwerke



## Mitverbrennungsanlagen (Zement- und Kohlekraftwerke)



## Sonderabfallverbrennungsanlagen



Im Jahr 2018 wurden 3,6 Mio. Tonnen Abfälle in der deutschen Zementindustrie eingesetzt. Das Spektrum reicht dabei von aufbereiteten Fraktionen aus Gewerbe- und Siedlungsabfällen (2,3 Millionen Tonnen, entspricht 63 %) über Klärschlämme (0,6 Millionen Tonnen; 18 %) bis zu Altreifen, Altöl, Tiermehlen und -fetten sowie Lösungsmitteln. Die Mitverbrennung von Abfällen in der Zementindustrie ist seit dem Jahr 2010 kontinuierlich um insgesamt 24 % gestiegen.

Neben der Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bietet der Einsatz aufbereiteter Gewerbe- und Industrieabfälle die Möglichkeit, sowohl den Energieinhalt als auch die resultierende Asche als Komponente in der Klinkerherstellung zu nutzen. So wird der thermische Energiebedarf dieser Branche aktuell bereits zu rund 65 % durch alternative Brennstoffe gedeckt.<sup>13</sup> Eine weitere Steigerung der thermischen Substitutionsrate ist möglich, setzt jedoch eine höhere Aufbereitung der einzusetzenden Abfälle voraus, um den spezifischen Qualitätsanforderungen zu genügen.

## Mitverbrennung in Kohlekraftwerken

Im Jahr 2017 verfügten bundesweit insgesamt noch 20 Braun- und Steinkohlekraftwerke über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen<sup>14</sup>. Die genehmigten Kapazitäten können auf rund 4,2 Millionen Tonnen geschätzt werden, wobei der tatsächliche durchschnittliche Durchsatz nur bei 40 % – 50 % lag. Zu Beginn des Jahres 2020 waren noch 14 Kohlekraftwerke, die Abfälle mitverbrennen, in Betrieb.

Die Bandbreite der eingesetzten Abfallarten reicht von Sekundärbrennstoffen aus Papier- und Faserschlämmen, Klärschlamm, Kunststoffen, Spuckstoffen, Tiermehl, gefährlichen Abfällen bis hin zu organischen Flüssigkeiten.

Im Zuge der Energiewende erfolgt in Deutschland nach Beschluss der Kohlekommission vom Januar 2019 die schrittweise Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung bis 2038. Mit dem Wegfall der Mitverbrennungskapazitäten müssen neue Entsorgungswege, insbesondere in den anderen Teilmärkten der thermischen Abfallbehandlung erschlossen werden.

## 1.4.2.3 Sonderabfallverbrennung

In einer Kreislaufwirtschaft, bei der Stoffströme unter Beachtung der Nachhaltigkeit gemäß der fünfstufigen Abfallhierarchie behandelt werden, kommt der Sonderabfallverbrennung eine entscheidende Rolle zu. Durch die Behandlung gefährlicher Abfälle mit der Ausschleusung/Zerstörung von schädlichen Substanzen aus dem Stoffkreislauf („Nierenfunktion“) wird das Recycling erst ermöglicht und die Ökosysteme durch Schadstoffe nicht belastet.



Sonderabfallverbrennungsanlage: Durch Behandlung Zerstörung von gefährlichen Substanzen, Quelle: REMONDIS

Die deutsche Sonderabfallverbrennung (Kapazität ca. 1,6 Mio t/a) ist auf einem besonders hohen Stand der Technik führend in Europa. Als Technik für die Verbrennung wird dabei mit wenigen Ausnahmen das System „Drehrohr mit Nachbrennkammer“ eingesetzt, das sich in mehr als 50 Jahren Betriebserfahrung durchgesetzt und in der Praxis bewährt hat. Über verschiedene Aufgabesysteme können feste, verpackte, flüssige, pastöse, staub- oder gasförmige gefährliche Abfälle thermisch behandelt werden.

Durch die hohen Temperaturen (> ca. 1.000 °C) in der Verbrennung und nachgeschalteten mehrstufigen Rauchgasreinigungssystemen, die z. B. aus der Kombination von Elektrofiltern, Wäschern, Katalysatoren und Aktivkohlefiltern bestehen, ist die Zerstörung organischer Schadstoffe und die Abscheidung, beispielsweise von Schwermetallen, sicher gewährleistet.

Giftige oder gefährliche organische Verbindungen werden beim Prozess der Verbrennung in Kohlendioxid und Wasser sowie in gasförmige oder feste anorganische Komponenten umgewandelt. Schädliche anorganische Bestandteile werden in unschädliche oder abscheidbare Bindungsformen überführt. Durch eine weitere Vorbehandlung und spezielle Reinigungsverfahren können feste Verbrennungsrückstände auf geeigneten Deponien abgelagert werden. Bei Reinigungsverfahren entstehende Waschwässer können in einem mehrstufigen System vorbehandelt und gereinigt werden. Die Rauchgasreinigung behandelt die Verbrennungsgase effektiv und umweltverträglich soweit, dass die strengen Grenzwerte der 17. BImSchV sicher eingehalten und in der Regel deutlich unterschritten werden. Die bei der Verbrennung freigesetzte, überschüssige Energie wird durchweg in Kesseln für die effiziente Dampferzeugung und die Erzeugung von Strom genutzt.

Für die gesamte Wirtschaft, insbesondere die produzierende und im besonderen Maße die chemische Industrie, sichern die Sonderabfallverbrennungsanlagen die Produktion durch die schadlose Entsorgung von gefährlichen Produktionsrückständen ab. Aus privaten Haushaltungen werden nicht mehr verwertbare gefährliche Abfälle aus den kommunalen Schadstoffsammlungen oder aus der Aufbereitung von Gewerbeabfällen ebenso sicher aus dem Kreislauf entsorgt, wie toxische Rückstände aus der Altlastensanierung. Bei der „Vorbereitung zur Wiederverwertung“, beispielsweise bei der thermischen Behandlung von verunreinigten Verbundstoffen nehmen Sonderabfallverbrennungsanlagen eine wichtige Rolle bei der Rohstoffsicherung ein.

Die Sonderabfallverbrennung ist ein unverzichtbarer Baustein einer modernen und auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Gesellschaft, ganz im Sinne eines „green deals“.



Sonderabfallverbrennungsanlage mit Lagertanks, Quelle: HIM

<sup>13</sup> Verband der deutschen Zementindustrie (VDZ), Umweltdaten 2018

<sup>14</sup> Umweltbundesamt, Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Texte 51/2018, Juni 2018 (Flamme / Quicker); zusätzliche Eigenrecherchen Prognos AG

### 1.4.3 Deponien

Eine vollständige Verwertung der Abfälle und Kreislaufführung der Rohstoffe ist nicht zuletzt auf Grund der enthaltenen Schadstoffe nicht möglich. Als Schad- und Störstoffsenke übernehmen neben den thermischen Abfallbehandlungsanlagen nach wie vor die Deponien eine wichtige Rolle in der Abfallwirtschaft. Seit Mitte der 60er Jahre haben sich die Anforderungen sowohl an die Deponietechnik als auch das abzulagernde Abfallspektrum deutlich weiterentwickelt.

Im Jahr 1999 wurde die europäische Deponierichtlinie verabschiedet, die 2002 mit der Deponieverordnung in Bundesrecht umgesetzt wurde. Ein Teil der von der Richtlinie vorgeschriebenen Regelungen wurde Bestandteil der Ablagerungsverordnung von 2001, die in der 2009 umfassend aktualisierten Deponieverordnung aufgegangen ist.

Für die Betreiber schreibt die Deponieverordnung detaillierte Anforderungen an die Technik, den Betrieb und die Organisation vor, die sich auf den gesamten Lebenszyklus einer Deponie – von der Errichtung bis zur Nachsorge – beziehen. Deponien, die den Sicherheitsstandards nicht entsprechen, mussten nachgerüstet werden oder wurden geschlossen.



Deponienachsorge mit Photovoltaik, Quelle: Abfallbeseitigungs-GmbH Lippe

Seit 2005 besteht zudem in Deutschland ein Deponierungsverbot für nicht vorbehandelte biologisch abbaubare und sonstige organische Abfälle, um die Freisetzung klimaschädlicher Gase bzw. Sickerwässer maßgeblich zu minimieren.

Je nach Schadstoffgehalt werden die Abfälle auf fünf verschiedenen Deponieklassen (DK) abgelagert.

- ▶ **DK 0** für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffgehalt (z. B. unbelastete Böden)
- ▶ **DK I** für mäßig belastete (nicht gefährliche) Abfälle (z. B. Bauschutt, Böden und Schlacken [mineralische Abfälle])
- ▶ **DK II** für belastete, jedoch nicht gefährliche Abfälle
- ▶ **DK III** für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
- ▶ **DK IV** für Sonderabfälle (Untertageablagern)

Zu Beginn der 70er Jahre gab es in Deutschland noch mehr als 65.000 zum Teil unkontrollierte Müllkippen, die sogenannten „Bürgermeisterdeponien“. Mit dem ersten Abfallgesetz 1972 begann der Übergang zur geordneten Deponierung. Heute sind Deponien hochkomplexe technologische Bauwerke die unter anderem mit Multibarrierensystem, verschiedenen Abdichtungssystemen und Sickerwassersystemen ausgestattet sind, die verhindern, dass Schadstoffe in die Umwelt gelangen.

Durch das Auffangen von Deponiegas, das bei der Ablagerung auf alten Hausmülldeponien entsteht, wird der Austritt des klimaschädlichen Methans verhindert und durch angeschlossene Kraftwerke Energie erzeugt. Zunehmend wird auf stillgelegten Deponien neben der landschaftlichen Integration auch erneuerbare Energie erzeugt, unter anderem durch den Einbau von Solarmodulen auf der Oberfläche der Deponie. Zu den bereits etablierten Maßnahmen

#### Anzahl der Deponien und abgelagerte Menge nach Bundesländern

Bundesland	Anzahl	Abgelagerte Menge 2017 (in Tsd. Tonnen)
Baden-Württemberg	322	5.629,8
Bayern	378	6.475,9
Berlin	-	-
Brandenburg	16	4.173,4
Bremen	8	257,7
Hamburg	2	108,8
Hessen	34	1.125,1
Mecklenburg-Vorpommern	9	1.007,4
Niedersachsen	57	4.060,1
Nordrhein-Westfalen	135	16.435,6
Rheinland-Pfalz	43	1.444,8
Saarland	29	1.490,3
Sachsen	5	1.217,5
Sachsen-Anhalt	12	1.201,9
Schleswig-Holstein	15	1.130,0
Thüringen	17	336,0
<b>Deponien gesamt</b>	<b>1.082</b>	<b>46.094,3</b>

Abb. 20, Quelle: Statistisches Bundesamt Fachserie 19, Reihe 1 - 2017, Juni 2019, eigene Darstellung



Luftbild Deponie Vereinigte Ville, Quelle: AVG Köln

hat sich zudem die Interessengemeinschaft Deutscher Deponiebetreiber im Jahr 2019 dazu verpflichtet die Methanemissionen durch geeignete Maßnahmen bis zum Jahr 2027 noch weiter um 1 Million Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente zu senken.

Die Zahl der in Deutschland betriebenen Deponien ist stetig zurückgegangen. Im Jahr 2000 waren noch 1.970 Deponien in Betrieb, 2017 nur noch 1.082. Diese verteilten sich zu 72 % (777 Deponien) auf die Deponieklasse DK 0, 12 % (131) auf DK I und 13 % (144) auf DK II. 26 Deponien (2 %) gehören zur Deponieklasse DK III und 4 (< 1 %) zur Deponieklasse DK IV.<sup>15</sup>

Im Jahr 2017 wurden insgesamt 46,1 Millionen Tonnen auf Deponien abgelagert. Dies entspricht im Vergleich zum Gesamtabfallaufkommen in Deutschland einem Anteil von 11 %. Mehr als drei Viertel wurde auf Deponien der Klasse DK 0 (42 %) und DK I (36 %) abgelagert. Der mengenmäßig größte Anteil entfiel dabei auf mineralische Bau- und Abbruchabfälle (56 %, 25,7 Millionen Tonnen), die aufgrund der guten Konjunkturlage und hohen Bautätigkeit in den letzten Jahren weiter gestiegen sind. Der Anteil von Boden und Steinen betrug davon 18,3 Millionen Tonnen (71 %). Weitere mengenmäßig relevante Abfälle sind Abfälle aus thermischen Prozessen (24 %, 11,1 Millionen Tonnen), darunter insbesondere Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (4,9 Millionen Tonnen) und Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen mit 13 % (5,8 Millionen Tonnen).<sup>16</sup>

Neben der Ablagerung werden Abfälle auf Deponien auch für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt, so zum Beispiel für die Errichtung von Abdichtungssowie Drainage- und Rekultivierungsschichten. Im Jahr 2017 wurden 11,3 Millionen Tonnen an Abfällen für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt. Zum Einsatz kamen primär mineralische Bau- und Abbruchabfälle (68 %, 7,6 Millionen Tonnen) und Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen (24 %, 2,7 Millionen Tonnen).<sup>17</sup>

Das Restvolumen für Deponien der Klasse 0 lag Ende 2017 bei 140 Millionen Kubikmeter, für Deponien der Klasse I bei 207 Millionen Kubikmeter und bei Deponien der Klasse II bei 88 Millionen Kubikmeter. Für die Deponieklasse III und IV standen noch 34 Millionen Kubikmeter Restvolumen zur Verfügung.<sup>18</sup>

Nach vorsichtigen Schätzungen reichen die Deponiekapazitäten in Deutschland für die Deponieklassen 0 bis III je nach Klasse noch für rund 10 bis 20 Jahre. Die Situation stellt sich in den einzelnen Bundesländern jedoch sehr unterschiedlich dar. So verfügen Niedersachsen und Schleswig-Holstein über Bedarf insbesondere für DK-I-Deponien. Hingegen weisen die Bundesländer Baden-Württemberg, Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern bei Betrachtung des gesamten Landes und bei Einbeziehung der Planungen aktuell ausreichend Deponievolumen auf.<sup>19</sup>

Regional ist der Bedarf in den jeweiligen Bundesländern ebenfalls sehr unterschiedlich, da die vorhandenen bzw. geplanten Deponien nicht gleichmäßig verteilt, sondern zum Teil nur in Teilen des Landes liegen. Dies führt bereits innerhalb der Bundesländer zu weiten Transportentfernungen und damit verbunden zu steigenden Entsorgungskosten.

Neben den regionalen Unterschieden wird der weitere Bedarf auch davon abhängen, inwieweit es unter anderem gelingt, die Einsatzmöglichkeiten für Ersatzbaustoffe deutlich zu erweitern und welche rechtlichen Veränderungen sich zukünftig ergeben. So kann die aktuell diskutierte Novelle der Deponieverordnung mit ihren geplanten Veränderungen zu einer Verschärfung des Deponiebedarfs beitragen. Es bleibt darüber hinaus abzuwarten, ob die seit Jahrzehnten geforderte und diskutierte Einführung einer bundeseinheitlichen Regelung unter anderem für die Verwertung von mineralischen Abfällen und den Einsatz von Recyclingbaustoffen, sogenannte Mantelverordnung, umgesetzt und welche tatsächlichen Auswirkungen diese auf den Bedarf an Deponien in Deutschland haben wird.

Für stark belastete Abfälle gibt es in Deutschland derzeit insgesamt vier abfallrechtlich genehmigte Untertagedeponien bzw. Deponien der Klasse IV im Salzgestein, die sich in ehemaligen Abbaukammern von Kali- oder Steinsalzbergwerken befinden.

Ferner können gefährliche Abfälle aus thermischen Prozessen, wie z. B. Filterstäube, Aschen und Schlacken auch in für den Untertageversatz ausgewiesenen Bergwerksbereichen in Kali- oder Steinsalzbergwerken oder Salzkavernen sicher verwertet werden. Derzeit gibt es in Deutschland 13 dieser Untertageversatz-Anlagen. Geologisch bedingt konzentrieren sich die UTV-Anlagen in den Salzabbaugebieten in Mitteldeutschland (Hessen, Sachsen-Anhalt und Thüringen) sowie Baden-Württemberg.

<sup>15</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 - 2013

<sup>16</sup> Statistisches Bundesamt Fachserie 19, Reihe 1 - 2017, Juni 2019

<sup>17</sup> Statistisches Bundesamt Fachserie 19, Reihe 1 - 2017, Juni 2019

<sup>18</sup> Statistisches Bundesamt Fachserie 19, Reihe 1 - 2017, Juni 2019

<sup>19</sup> Angaben der Interessengemeinschaft Deutscher Deponiebetreiber (InwesD)



Probeentnahme Sickerwasser, Quelle: Breer



Versatzbergwerk Bleicherode, Quelle: C.C. Umwelt

# Unterschiedliche Stoffströme, komplexe Prozesse, gemeinsame Ziele.

So unterschiedlich die Wege zur Rückgewinnung von Wertstoffen sind, so hoch sind die Anforderungen an jedes Unternehmen der Kreislaufwirtschaft. Denn die Spezialisierung auf bestimmte Wertstofffraktionen erfordert ein perfektes Zusammenspiel von Logistik, Technologie und Kapazität. Eine weitere Voraussetzung für jede Recyclingsparte ist das Umdenken in der produzierenden Industrie, um die Wiederverwertung der verwendeten Materialien effizienter zu machen. Nur so können die gesteckten Ziele zum Schutz von Umwelt und Ressourcen auf lange Sicht erreicht werden.



### 1.5.1 Leichtverpackungen

Leichtverpackungen (LVP), die überwiegend aus Kunststoffen, Metallen, Verbunden und Getränkekartons bestehen, sind – genau wie Verpackungen aus Glas oder Papier und Pappe – aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Sie erfüllen wichtige Aufgaben zum Schutz, zur Lagerung und für den Transport von Konsumgütern. Verpackungen müssen gleichzeitig Informationen zum Produkt und zu seiner Handhabung liefern wie auch den Umgang mit ihm erleichtern. Dazu zählen zum Beispiel wiederverschließbare Systeme, Ausgießhilfen bzw. Dosierhilfen, wie etwa bei Kaffeesahne. Nach dem Transport bzw. dem Verbrauch der Inhalte bleiben die LVP zur Verwertung übrig.

Die Rücknahme und Verwertung von Verpackungen unterliegt der im Kreislaufwirtschaftsgesetz und der im Verpackungsgesetz (VerpackG) verankerten Produktverantwortung der Hersteller und Inverkehrbringer. Die Registrierung der Produktverantwortlichen, die Überwachung der Erreichung der ökologischen Ziele, wie die Erfüllung der vorgeschriebenen Recyclingquoten wird neben weiteren Aufgaben von der Zentralen Stelle Verpackungsregister übernommen.

Die Organisation der Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verpackungen erfolgt nicht durch die Hersteller und Inverkehrbringer, sondern durch die im Markt aktiven dualen Systeme, die untereinander im Wettbewerb organisiert sind und sich fortlaufend ändern. Finanziert wird ihre Tätigkeit über material- und verpackungsspezifische Lizenzgebühren der Hersteller und Inverkehrbringer. Im Jahr 2017 wurden rund 2,6 Millionen Tonnen an gemischten Verpackungen (Leichtstofffraktionen, LVP) gesammelt<sup>20</sup>, was rund 31 Kilogramm pro Einwohnerin und Einwohner entspricht. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland damit auf einem der vorderen Plätze,

dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das hohe Aufkommen einerseits auf die hochwertige flächendeckende Erfassung der Materialien und andererseits auf das hohe Wohlstands- bzw. Konsumniveau in Deutschland zurückzuführen ist.

Die Durchführung der Sammlung erfolgt durch von den dualen Systemen beauftragte öffentliche und private Entsorgungsunternehmen und soll in enger Abstimmung mit den Kommunen durchgeführt werden. Gesammelt werden Leichtverpackungen überwiegend in gelben Säcken und gelben Tonnen haushaltsnah im Holsystem, in Bayern und Baden-Württemberg zum Teil im Rahmen des Bringsystems auch durch Wertstoffinseln/Wertstoffhöfe.

Leichtverpackungen bestehen meist aus verschiedenen Materialien, wie beispielsweise Kunststoffen, Folien, Aluminium, Weißblech oder Flüssigkartons, bei deren Herstellung wertvolle Primärressourcen zum Einsatz kommen. Aber durch die Ausgestaltung der Verpackungsverordnung müssen auch nicht verwertbare Verpackungen eingesammelt werden, wie beispielsweise Kunststoffverbunde und Netze. Die sich an die Sammlung anschließenden Sortier- und Aufbereitungsprozesse zeichnen sich daher durch eine hohe Komplexität aus. Ziel des Sortierungsprozesses ist die Separierung in eine der bis zu 21 sortenreinen Materialien- und Stoffgruppen. Diese Leistung ist eine Grundvoraussetzung für ein hochwertiges Recycling.

Bundesweit sind 62 Sortieranlagen für Leichtverpackungen unter Vertrag<sup>21</sup>. Ein bestimmter Teil der Leichtverpackungsabfälle kann nach weiterer Aufbereitung wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden. So werden bspw. aus Mischkunststoffen (überwiegend PE/PP) Parkbänke und Rasengittersteine hergestellt. Aus PE-Granulaten oder PP-Granulaten werden Dinge des täglichen Lebens wie Textmarker oder Flaschen für

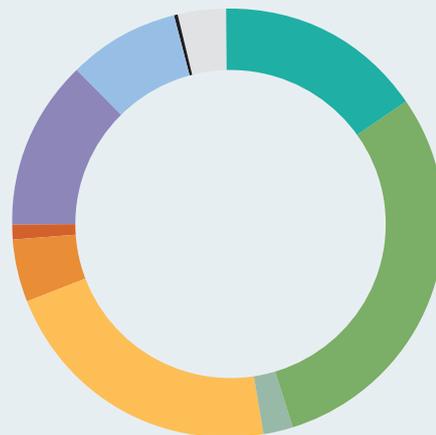
20 Statistisches Bundesamt Fachserie 19, Reihe 1 - 2017, Juni 2019

21



#### Marktanteile der Betreiber von dualen Systemen – Leichtverpackungen (Kalenderjahr 2018)

BellandVision GmbH	15,7 %
Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH	29,6 %
ELS Europäische Lizenzierungssysteme GmbH	2,4 %
Interseroh Dienstleistungs GmbH	21,7 %
Landbell Ag für Rückhol-Systeme	4,6 %
Noventiz Dual GmbH	1,2 %
Reclay Systems GmbH	12,6 %
RKD Recycling Kontor Dual GmbH & Co. KG	8,5 %
Veolia Umweltservice Dual GmbH	0,2 %
Zentek GmbH & Co. KG	3,5 %





Granulat für die Herstellung PET-Flaschen, Quelle: VEOLIA

Reinigungsmittel hergestellt und über den gelben Sack wieder in den Kreislauf geführt.

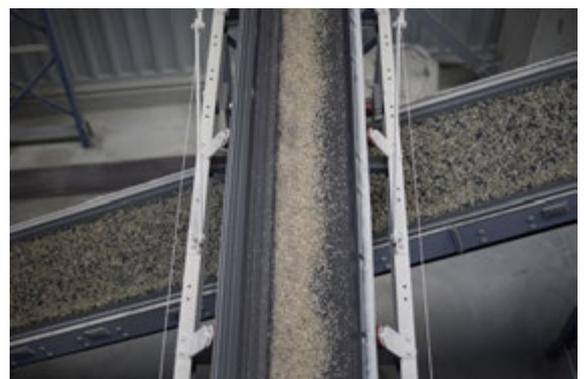
Mit dem Verpackungsgesetz (VerpackG) gelten seit 2019 unter anderem Quoten z. B. für die stoffliche Verwertung von Verkaufsverpackungen aus Kunststoffen von 58,5 % und Getränkekartons von 75 %. Ab dem Jahr 2022 steigen diese nochmals an, auf 63 % für Verkaufsverpackungen aus Kunststoffen und 80 % für Getränkekartons. Eine rein rechnerische Erfüllung der neuen Quote reicht für einen effizienten Ressourcen- und Klimaschutz jedoch nicht aus. Um die Kreisläufe wirklich schließen zu können, muss die Steigerung der Qualität der erzeugten Rezyklate in Verbindung mit der Förderung entsprechender Absatzmärkte sowie die Recyclingfähigkeit von Produkten, die Einführung einer Wiedereinsatzquote von Rezyklaten und die aktive Mitarbeit der Verbraucher bei der getrennten Erfassung weiter verbessert werden. Die im § 21 VerpackG verankerte ökologische Gestaltung der Lizenzentgelte ist ein erster Schritt und wird durch jährlich veröffentlichte Mindeststandards der zentralen Stelle Verpackungsregister, wie unter anderem Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen, unterstützt.

### 1.5.2 Glas

Mehrwegflaschen aus Glas können bis zu fünfzig Mal wieder befüllt werden. Aber auch am Ende des Lebenszyklus ist Glas ein Wertstoff mit unbegrenztem Recyclingpotenzial, da es nahezu ohne Qualitäts- und Reinheitsverluste recycelt werden kann.

Zu unterscheiden ist primär zwischen Behälterglas und Flachglas. Recyclingglas ist heute bereits der wichtigste Rohstoff in der Behälterglasherstellung. Jede in Deutschland hergestellte Flasche besteht zu rund 60 % aus Recyclingglas, bei Grünglas liegt der Anteil sogar bei bis zu 90 %.<sup>22</sup> Zusätzlich spart der Einsatz von Altglas im Rahmen der Glasherstellung Energie und Primärressourcen, wodurch unter anderem klimaschädliche Emissionen verringert werden. Die getrennte Erfassung und Verwertung von Altglas bildet somit die Grundlage der Glasproduktion in Deutschland. Sie sichert zum einen die Rohstoffzufuhr für die industrielle Produktion und gewährleistet somit die Aufrechterhaltung der Produktionsketten.

Im Jahr 2017 wurden in Deutschland allein aus privaten Haushalten 1,89 Millionen Tonnen Behälterglas separat erfasst. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Wert von rund 23 Kilogramm<sup>23</sup>. Dieser ist in den letzten Jahren weitgehend stabil geblieben. Der gestiegene Verbrauch im Hinblick auf die Anzahl von Behältern aus Glas konnte durch eine Verringerung des Rohstoffeinsatzes auf der Produktseite kompensiert werden. Für die Erfassung von Altglas steht in Deutschland eine Infrastruktur mit rund 300.000 Altglascontainern im Bringsystem und zum Teil auch über Behälter (MGB) im Holsystem zur Verfügung. Das flächendeckende Sammelsystem für Behälterglas wurde bundesweit bereits 1974 erfolgreich (ohne Verpackungsverordnung) durch die Kommunen eingeführt. Eine farbliche Vorsortierung und separate Bereitstellung durch den Verbraucher ist eine der Grundvoraussetzungen für die anschließende Aufbereitung. Störstoffe wie beispielsweise Keramik oder Spiegelglas erschweren das Recycling, auch wenn für die Abtrennung modernste Technologien zur Verfügung stehen. Unproblematischer hingegen sind Fremdstoffe wie Metalle und Kunststoffe sowie organische Restanhaftungen.



Förderbänder mit zerkleinertem Altglas, Quelle: REILING

Werden zusätzlich die Glasverpackungen aus Industrie und Gewerbe berücksichtigt, betrug der Gesamtverbrauch im Jahr 2017 insgesamt 2,89 Millionen Tonnen<sup>24</sup>. Im Vergleich zum Beginn der 90er Jahre zeigt sich nahezu eine Halbierung des erfassten Behälterglasaufkommens. Auch wenn nach wie vor ein steigender Verbrauch an Behältern aus Glas zu verzeichnen ist, ist das Gewichtsaufkommen rückläufig, da die spezifische Menge an Glas je Behälter durch die Entwicklung von beispielsweise Leichtglas-technologien um teilweise bis zu 60 % reduziert werden konnte. Auch durch die Substitution von Glas durch PET hat sich die eingesetzte Menge verringert. Ferner hat sich der Nutzungszyklus von Behälterglas durch den Einsatz von Mehrwegsystemen erheblich verlängert.

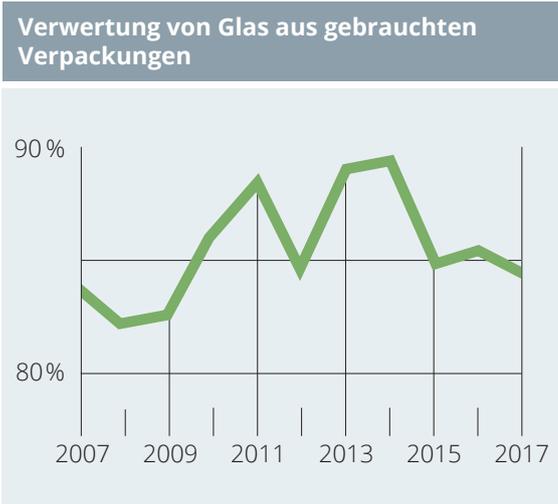


Abb. 22, Quelle: Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017, März 2019

Die Sammlung, Sortierung und Verwertung von gebrauchten Glasverpackungen wird durch die dualen Systeme organisiert. Gemäß EU-Verpackungsrichtlinie müssen bis 31. Dezember 2025 mindestens 70 % der Glasverpackungen wiederverwertet werden. Bis 31. Dezember 2030 steigt die Quote auf 75 % an. Diese Vorgaben wurden im Jahr 2017 von Deutschland mit einer Verwertungsquote von 84,4 %<sup>25</sup> für Behälterglas übertroffen.

Schmirgelpapier, Schaumglas und Glasbausteinen verwendet. Flachglas, das nicht dem gewünschten Reinheitsgrad entspricht, wird in zehn Aufbereitungsanlagen in Deutschland aufbereitet<sup>26</sup>. Insgesamt ist das Recycling zu neuem Flachglas noch unbedeutend. Es bestehen aber noch Recyclingpotenziale beim Recycling von Flachglasabfällen aus dem Baubereich.

Ein flächendeckendes Sammelsystem besteht für sogenannte Flachglasabfälle aus Bau- und Abbruchtätigkeiten und aus Produktionsabfällen, die bei der Verarbeitung von Flachglas anfallen, nicht. Je nach Qualität wird es direkt zur Herstellung von neuem Flachglas eingesetzt oder zum Teil in der Behälterglasindustrie sowie zur Herstellung von Dämmwolle,

Abgesehen von den steigenden Qualitätsanforderungen der Glasindustrie und der Weiterentwicklung von innovativen Recyclingverfahren für Flachglas steht die Branche auch vor der Herausforderung, vergleichsweise neue Abfallprodukte wie beispielsweise ausgediente Solarmodule aufzubereiten.

22



23 Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 - 2017

24 Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017, März 2019

25



26



Fertig zum Transport in die Glasfabrik, Quelle: REILING



Papierballen vor Sortierung, Quelle: BVSE

### 1.5.3 Papier, Pappe, Kartonagen

Die Geschichte des Papierrecyclings datiert zurück in das Jahr 2000 v. Chr., als noch Reispapier wiederverwendet wurde. Revolutioniert wurde die Nutzung von Sekundärrohstoffen mit der Erfindung des Buchdrucks in Europa um das Jahr 1425. Lumpen, auch Hadern genannt, waren bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts der bedeutendste Rohstoff für die Papiererzeugung. Sie wurden zu einem wertvollen und geschützten Wirtschaftsgut und teilweise mit Exportverboten belegt. Zunächst löste Holz die Lumpen als Primärrohstoff ab, seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden zunehmend die Potenziale des Altpapierrecyclings genutzt.

In Deutschland wurden im Jahr 2018 rund 15,07 Millionen Tonnen an Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) über Altpapiercontainer, Tonnen, Bündelsammlung oder Recyclinghöfe im Bring- und Holsystem erfasst. Die Erfassung ist seit 2010 (15,53 Millionen Tonnen) auf einem stabilen hohen Niveau.<sup>27</sup> Neben den öffentlichen und gewerblichen Sammlern nehmen traditionell auch karitative Einrichtungen eine nicht unbedeutende Rolle bei der Erfassung ein.

Der Altpapierverbrauch für die Produktion von Papier-, Pappe und Karton lag bei 17,2 Millionen Tonnen und erreichte eine Altpapierersatzquote von 76 %.<sup>28</sup>

Der Anteil aus Haushalten betrug in 2017 insgesamt 5,68 Millionen Tonnen bzw. durchschnittlich 69 Kilogramm je Einwohner.<sup>29</sup> Das spezifische Aufkommen aus Haushalten ist seit 2010 um 3 Kilogramm je Ein-

wohner zurückgegangen. Unter der Berücksichtigung, dass rund 21 % der Produktion als Hygienepapiere in den Markt gelangen und nicht recyclingfähig sind, und zudem langlebige Güter aus Papier (Bücher, Tapete u. ä.) nicht direkt bzw. nicht in den Kreislauf zurückkommen, zählt Deutschland mit einer Rücklaufquote von 75 % (Jahr 2018) zu den Vorreitern in Europa (durchschnittliche Rücklaufquote: 71,5 %).

Die Altpapierentsorgungsunternehmen stellen mittels moderner Sortieranlagen die erforderliche Altpapierqualität für die Papierfabriken sicher. Altpapier lässt sich mehrfach zur Produktion von neuem Papier und Pappe verwenden, jedoch im Gegensatz zu Glas oder Stahl nicht beliebig oft. Auf Grund der sich bei jedem Recyclingprozess verkürzenden Papierfaser ist eine Wiederverwendung nur bis zu ca. sieben Mal möglich. Ausgeschleuste Fasern gehen in eine hochwertige thermische Nutzung.

Mit seinen modernen Papierproduktionsstandorten zählt Deutschland auch weltweit zu den bedeutendsten Abnahmemärkten für Altpapier. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 17,2 Millionen Tonnen Altpapier in der Papierindustrie wiedereingesetzt. Davon entfielen 4,9 Millionen Tonnen auf Importe.<sup>30</sup>

Die Möglichkeiten des Altpapierereinsatzes sind derzeit bei den bestehenden Papierfabriken und dem Produktionsspektrum weitestgehend ausgereizt. Mit der Digitalisierung und dem sich ändernden Konsumverhalten steht die Altpapierentsorgungswirtschaft vor neuen Anpassungsprozessen: Die Sammelmenge an sogenannten Graphischen Papieren sinkt sukzessive, der Anteil an Kartonagen im gleichen Erfas-

<sup>27</sup> Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2019 - Ein Leistungsbericht, April 2019

<sup>28</sup> Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2019 - Ein Leistungsbericht, April 2019

<sup>29</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

<sup>30</sup> Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papierkompass 2019

sungsgefäß steigt hingegen weiter an. Dies liegt vor allem im zunehmenden Versandhandel begründet. Hier gilt es, auch weiterhin die erforderlichen Altpapiersorten und -mengen sicherstellen zu können.

Seit 2017/2018 ist die Altpapierbranche mit einem hohen Altpapier-Überangebot konfrontiert. Hintergrund ist die politische Entscheidung Chinas gegen die Einfuhr von „Abfällen“ bei gleichzeitig erhöhten Anforderungen an die Qualität. Altpapier, das zuvor von China für die dortige Papier- und Pappeproduktion importiert wurde, sucht nun neue Absatzwege. Das herrschende Überangebot am Markt senkt die Erlöse, so dass die Sammlung, Logistik und Aufbereitung nicht mehr kostendeckend ist.

Altpapier ist ein werthaltiger Sekundärrohstoff, dessen Verwendung CO<sub>2</sub> und Energie einspart sowie Ressourcen schont. Der bewährte Pfad der getrennten Erfassung von Altpapier und dessen Verwertung bildet die Grundlage der Papierproduktion in Deutschland und sichert damit die Rohstoffzufuhr für die industrielle Produktion und die Aufrechterhaltung der Produktionsketten in Deutschland.

#### 1.5.4 Kunststoffe

Kunststoffanwendungen finden sich in vielen Bereichen unseres Lebens. Als Verpackungsmaterialien dienen sie dem Schutz von Industrie- und Konsumgütern. In der Autoindustrie tragen Kunststoffbauteile dazu bei, Fahrzeuge leichter und umweltverträglicher zu machen. Kunststoffe finden sich ferner

in sehr langlebigen Produkten im Bau wie Fenstern, Türen, Dachbahnen, Rohrleitungen, Wärmedämmungen oder Bodenbelägen, in Elektro- und Elektronikgeräten, in der Medizin oder auch in den Flügeln von Windkraftträdern. In vielen Fällen sparen Kunststoffe in ihrer Gebrauchsphase deutlich mehr Ressourcen, als für ihre Herstellung nötig sind.<sup>31</sup>

#### Deutschland weiter ein Vorreiter beim Kunststoffrecycling

Die stoffliche und energetische Verwertung von Kunststoffabfällen ist in Deutschland auf einem sehr hohen technologischen Niveau organisiert und stellt einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor dar. In Deutschland wurden im Jahr 2017 rund 19,9 Millionen Tonnen Kunststoff als Neuware erzeugt und davon wurden 11,0 Millionen Tonnen zu Kunststoffwerkstoffen in Deutschland verarbeitet. Weiterhin standen 1,9 Millionen Tonnen Rezyklat zur Kunststoffrohversorgung im Jahr 2017 zur Verfügung. Die Kunststoffabfallmenge betrug 2017 inklusive Produktions- und Verarbeitungsabfällen 6,2 Millionen Tonnen. Davon wurden mehr als 99 % verwertet: 47 % stofflich (überwiegend werkstofflich – 2,8 Millionen Tonnen) und mehr als 53 % energetisch.<sup>32</sup> Im Vergleich zum Jahr 2015 konnte eine Steigerung der werkstofflichen Recyclingmenge um 5,8 % erzielt werden, was auf das zunehmende Recycling von Post-Consumer Abfällen zurückzuführen ist. Aus der Menge an statistisch erfassten Kunststoffabfällen von 6,2 Millionen Tonnen resultiert ein spezifisches Aufkommen von 75 Kilogramm pro Einwohner, wobei 49,5 % von privaten und 50,5 % von gewerblichen Endverbrauchern erzeugt wurde.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Denkstatt: Die Auswirkungen von Kunststoffen auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in Europa, zusammenfassender Bericht, Juni 2010.

<sup>32</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, September 2018

<sup>33</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, September 2018



Die Recyclingmengen beziehen sich dabei auf in Deutschland angefallene Kunststoffabfälle, die in Deutschland oder in anderen Ländern verwertet wurden. Deutschland hat neben Norwegen und Spanien eine der höchsten Quoten bei der stofflichen Verwertung in Europa. Insgesamt sind die Altkunststoffexporte aus Deutschland in den letzten Jahren rückläufig, was unter anderem auf Einfuhrbeschränkungen der asiatischen Länder zurückzuführen ist. Die seit dem 01.01.2018 geltenden verschärften Einfuhrbestimmungen von China haben neben dem starken Rückgang der Altkunststoffexporte nach China auch zu einer Verlagerung der Exporte in andere asiatische Staaten, unter anderem Malaysia, Hong Kong und Indien geführt. Daneben werden Altkunststoffe nach Tschechien, in die Niederlande und die Türkei exportiert.

#### Kunststoffrecycling setzt sortenreine Erfassung und beste verfügbare Technologien voraus

Wesentliche Voraussetzung für ein hochwertiges Recycling ist zunächst eine möglichst saubere Trennung der Kunststofffraktionen an der Anfallstelle. Bei zunehmender Vermischung unterschiedlicher Kunststoffe und anhaftender Verschmutzungen reduziert sich die Eignung für ein werkstoffliches Recycling. Nach der Sammlung durch verschiedene Systeme (unter anderem Pfandsystem für gebrauchte PET-

Flaschen, LVP-Sammlung, branchenspezifische Lösungen) werden Altkunststoffe zunächst von Fremdmaterialien entfrachtet. Die Sortierung und Aufbereitung der Kunststoffe erfolgt bereits weitestgehend vollautomatisch. Kombinierte Sensorsysteme ermöglichen die Kunststofferkennung und können über Kameras Größen und Farben unterscheiden. Dabei kommen die Infrarotspektroskopie und bei dunklen Kunststoffen das Hyperspectral Imaging zur Anwendung. Die Effizienz der Kunststoffsortierung kann dadurch weiter verbessert werden.

#### Immer breitere Einsatzmöglichkeiten für die Rezyklate

Die verschiedenen Anfallorte, die Sauberkeit und die Sortenreinheitsgrade bestimmen maßgeblich die Möglichkeiten des Recyclings. Annähernd 60 % des stofflichen Recyclings gebrauchter Produkte basiert in Deutschland auf der Verwertung von Verpackungen. Mit ca. 6 % folgen Bauprodukte, zum Beispiel Fensterprofile und Rohre sowie mit 5 % Folien und andere Produkte aus Anwendungen im Bereich der Landwirtschaft. Wesentliche Basis der gestiegenen werkstofflichen Verwertung von Verpackungen sind haushaltsnahe Verpackungen im Rahmen der dualen Systeme und das Recycling von PET-Flaschen sowie von Folien aus den Bereichen Transport und Industrie. Seit der ersten Datenerhebung 1994 hat

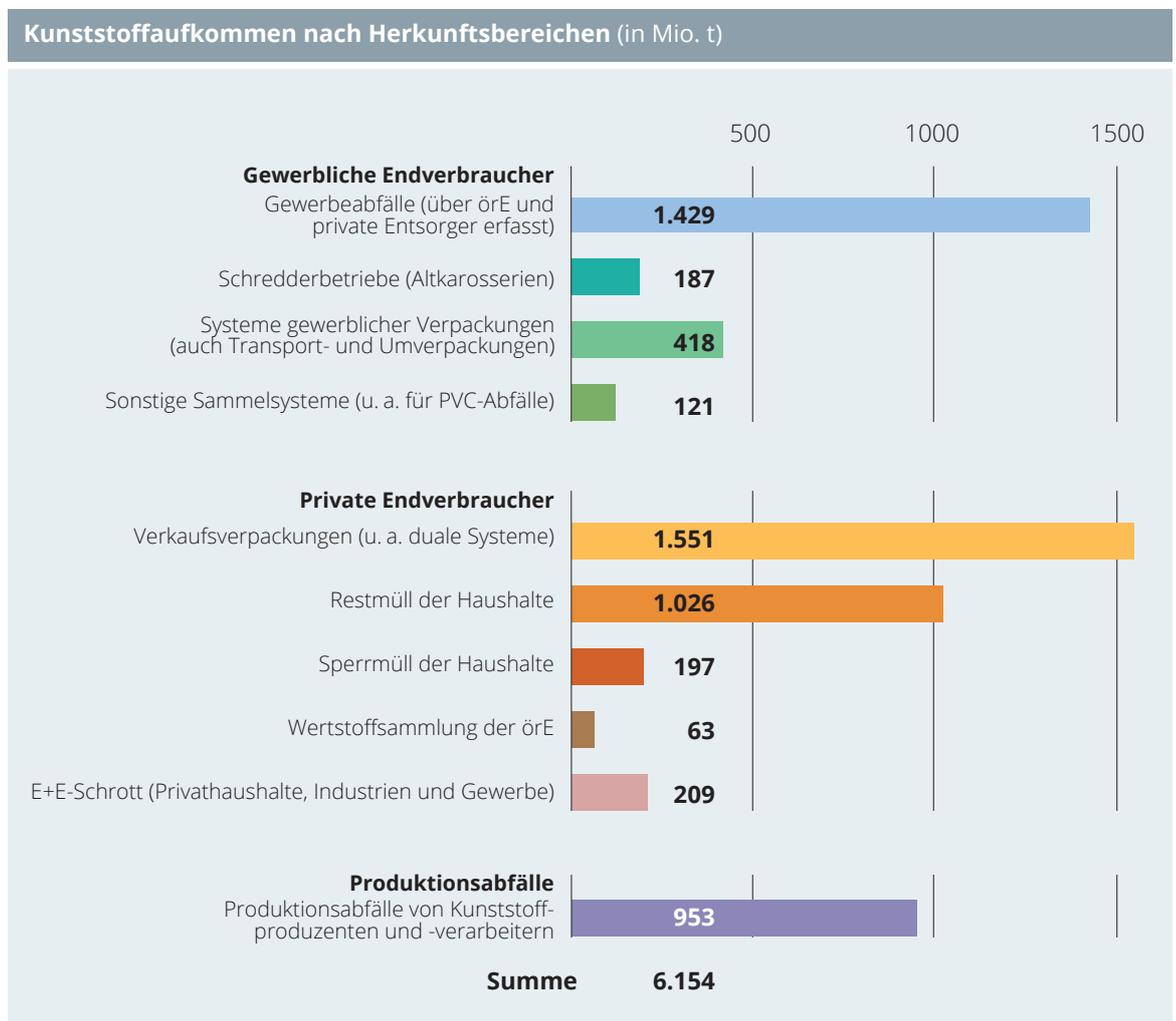


Abb. 23, Quelle: Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, September 2018

sich die Verwertung von 1,4 Millionen Tonnen auf 6,2 Millionen Tonnen mehr als vervierfacht.<sup>34</sup>

Energie- bzw. Ökobilanzuntersuchungen belegen, dass das werkstoffliche Recycling von Kunststoffabfällen anderen Verwertungswegen immer dann überlegen ist, wenn dabei Materialqualitäten erzeugt werden können, die Neuware ergänzen. Gerade im Verpackungs- und Baubereich sorgen freiwillige Maßnahmen der Industrie dafür, sortenreine Abfallströme zu generieren und diese einer werkstofflichen Verwertung zuzuführen, so etwa die Fenster-Recycling-Initiative Rewindo oder das Rücknahme-konzept für Erntekunststoffe ERDE.

Für die Erzeugung von Kunststoff wird immer weniger Energie benötigt. Zahlreiche Chemiecluster machen es möglich, dass beispielsweise Wärme, die an einer Stelle der Produktion erzeugt wird, an anderer Stelle wiedereingesetzt werden kann. Nebenprodukte werden zu wertvollen Rohstoffen für andere Produkte. Dies spart beträchtliche Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen. Darüber hinaus arbeitet die Branche kontinuierlich daran, nachhaltige Rohstoffe in den Produktionsprozess zu integrieren.

Das Verpackungsgesetz in Deutschland legt für Kunststoffverpackungen seit dem Jahr 2019 eine Verwertungsquote von mindestens 58,8% fest, die ab dem Jahr 2022 nochmals auf mindestens 63% angehoben wird. Die neu geschaffene Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister hat neue Standards entwickelt, wie den „Katalog systembeteiligungspflichtiger Verpackungen“ sowie die "Orientierungshilfe zur Bemessung der Recyclingfähigkeit einer Verpackung", die unter anderem als Anreiz für ein recyclingfähiges Produktdesign dienen sollen. Gleichzeitig sollen zukünftig auch ökologische Aspekte der in Verkehr gebrachten Verpackungen berücksichtigt werden. Um diese Ziele zu erreichen sind neben dem Öko-Design von Produkten und einer verbesserten Sortiertechnik vor allem die sortenreine Erfassung der Kunststoffabfälle an der Anfallstelle wichtig, um diese anschließend dem Recycling zuzuführen und zu verwerten. Zur Unterstützung und zur Verbesserung des Trennverhaltens startete im März 2020 die bundesweite Öffentlichkeitskampagne der dualen Systeme „Mülltrennung wirkt“. Mit einer weiter steigenden Menge an Rezyklaten muss auch die Entwicklung der Absatzmärkte einhergehen, hier sind sowohl die Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie als auch der Gesetzgeber gefragt. Eine wichtige Rolle hierbei spielt auch der öffentliche Beschaffungsmarkt, der durch eine stärkere Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Vergabe – auch bekannt als „Green Public Procurement“ – incentiviert werden könnte. Auch die Einführung eines Recyclinglabels könnte bei der Entwicklung von Recyclatmärkten hilfreich sein. Viele Experten vertreten die Auffassung, dass neben freiwilligen Maßnahmen der Industrie weitergehende



Zu Ballen gepresste PET-Flaschen, Quelle: Alexis Duclos

gesetzliche Maßnahmen, wie die Einführung einer Mindestrecyclatquote, erforderlich sind, um einen eigenständigen Recyclatmarkt zu entwickeln.

### Kunststoffe – ein Top-Thema auch auf europäischer Ebene

Das Thema Kunststoffabfälle zählt auch auf europäischer Ebene zu den Top-Prioritäten, denn in Europa fallen jährlich rund 29 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle an. Davon werden aktuell bereits etwa 75% werkstofflich verwertet oder energetisch genutzt.<sup>35</sup> Die Kunststoffverwertung stellt sich jedoch in den einzelnen Ländern Europas sehr unterschiedlich dar, die Verwertungsraten reichen dabei von ca. 23% in Malta bis zu 100% in der Schweiz.<sup>36</sup>

Im Januar 2018 legte die EU erstmals eine „Strategie für Kunststoffe in einer Kreislaufwirtschaft“<sup>37</sup> vor. Mit dem Ziel, ab 2030 unter anderem die Recyclingfähigkeit aller Kunststoffverpackungen zu gewährleisten, rücken Themen wie

- ▶ ein auf die Wiederverwendung der Kunststoffe orientiertes Design,
- ▶ die Reduzierung der Kunststoffabfälle in der Umwelt, aber auch
- ▶ Abfallvermeidungsmaßnahmen und die Stärkung der Sekundärrohstoffmärkte

stärker in den Mittelpunkt. Innovative Aufbereitungs- und Recyclingtechnologien sind erforderlich, um qualitativ hochwertige Rezyklate herzustellen und das geplante EU-weite Ziel von 10 Millionen Tonnen Kunststoffrezyklaten bis zum Jahr 2025 zu erreichen.<sup>38</sup> Darüber hinaus braucht der Markt neue Impulse und gegebenenfalls auch wirtschaftliche Anreize, damit in der Produktion vermehrt Kunststoffrezyklate eingesetzt werden können.

<sup>34</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, September 2018

<sup>35</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Circular Economy of Plastics 2018 EU28+2, September 2019

<sup>36</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Circular Economy of Plastics 2018 EU28+2, September 2019

<sup>37</sup> European Commission, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy (16.01.2018); <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>

<sup>38</sup>



### 1.5.5 Fe-Metalle

Als Basis-Rohstoffe für eine hochtechnologisierte Industriegesellschaft sind das Eisen und die daraus hergestellten Stahl- und Gusserzeugnisse von wachsendem Stellenwert für die wirtschaftliche Entwicklung. Die vollständige Importabhängigkeit von Eisenerz aus Drittländern liefert starke ökonomische Anreize, den Einsatz von Schrott in der Stahlproduktion zu erhöhen und so die Abhängigkeiten auch im gesamtwirtschaftlichen Interesse zu verringern. Recycling ist im Vergleich zu kostenintensiven Technologiesprüngen nicht nur wirtschaftlich eine kostengünstige und sofort verfügbare Maßnahme, sondern auch umweltfreundlich. Metallschrotte sind beliebig oft und ohne nennenswerte Qualitätsverluste wieder einsetzbar. Die derzeit bekannten und bereits knappen Primärrohstoffe werden geschont, der Energieaufwand für den Abbau und die Aufbereitung wird gespart und die damit gleichzeitig verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen werden vermieden. So können durch den Einsatz einer Tonne (Kohlenstoff-) Stahlschrott 1,67 Tonnen CO<sub>2</sub> bei der Rohstahlproduktion eingespart werden.<sup>39</sup>

#### Schrottanfall und -sammlung

Die Rohstahlproduktion in Deutschland lag im Durchschnitt der letzten 10 Jahre bei knapp 43 Millionen Tonnen pro Jahr. Der durchschnittliche Stahlschrotteinsatz lag in diesem Zeitraum bei rund 19 Millionen Tonnen. Dies entspricht einer Einsatzquote von rund 44 %. Im Jahr 2019 hat die Rohstahlproduktion in Deutschland mit 39,7 Millionen Tonnen den niedrigsten Wert seit dem Krisenjahr 2009 erreicht. Maßgeblich für den Rückgang des Jahresergebnisses waren die schwache Industriekonjunktur in Deutschland sowie der hohe Importdruck, der durch die Umleitungseffekte der US-amerikanischen Einfuhrbeschränkungen verschärft wurde. Im Jahresverlauf waren sowohl die schrottintensive Elektrostahlproduktion als auch die Oxygenstahlproduktion über 6 % im Minus im Vergleich zum Vorjahreszeitraum.<sup>40</sup>

Deutschland liegt beim Stahlschrotteinsatz im internationalen Mittelfeld: Spitzenreiter ist Italien mit einer Einsatzquote von 90 %, das Schlusslicht bildet China mit einer Quote von rund 20 %.<sup>41</sup>

Ausschlaggebend für den möglichen Einsatz von Stahlschrotten und damit für die Bewertung der Einsatzquoten sind die Verfahren zur Stahlerzeugung, die in den Ländern zum Einsatz kommen. Weltweit haben sich zwei Verfahren durchgesetzt: zum einen das Oxygenstahlverfahren, bei dem der Stahl im Konverter aus einer Mischung von Roheisen und einem etwa 10%igen bis maximal 28%igen Schrottzuschlag erzeugt wird, und zum anderen das Elektrostahlverfahren, bei dem bis zu 100 % Stahlschrott eingesetzt werden kann.

Eisen- und Stahlschrott kann nahezu vollständig wiederverwendet werden. Unterschieden wird dabei zwischen Eigen-, Neu- und Altschrotten.

- ▶ Eigenschrotte sind in der Regel Kreislaufmaterialien, die in den Stahlwerken anfallen und dort durch Einschmelzen in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.
- ▶ Produktionsabfälle in der Industrie, die beispielsweise beim Zuschnitt und Stanzen anfallen, werden als sogenannter Neuschrott wieder eingeschmolzen. Der Neuschrott hat einen Anteil von ca. 40 %<sup>42</sup> am insgesamt gesammelten Schrottaufkommen.
- ▶ Darüber hinaus fallen große Mengen an sogenanntem Altschrott an, der sich aus nicht mehr genutzten Verbrauchsgütern (Konsumgüter-schrott) und Industriegütern zusammensetzt. Nach Sortierung und Aufbereitung wird dieser wieder dem Rohstoffkreislauf zugeführt. Der Anteil des Altschrotts liegt bei ca. 60 % des Aufkommens.

In den letzten zehn Jahren wurden jährlich etwa 8,0 bis 9,0 Millionen Tonnen Stahlschrott exportiert, dem stand eine jährliche Importmenge von etwa 5 bis 6 Millionen Tonnen gegenüber. Das jährliche Delta von knapp 4 Millionen Tonnen zwischen Export und Import kann darauf zurückgeführt werden, dass in Deutschland die Einsatzmöglichkeiten von Stahlschrott durch den überwiegenden Anteil des Oxygenstahlverfahrens (Marktanteil rund 70 %) begrenzt sind und die Stahlschrottmengen durch Länder nachgefragt werden, die überwiegend das Elektrostahlverfahren einsetzen.

#### Aufbereitung

Die Sammlung und Aufbereitung des Stahlschrotts erfolgt durch eine Vielzahl von mittelständisch geprägten Betrieben, die über die erforderlichen Schrottaufbereitungsanlagen verfügen. Sie sortieren, zerkleinern, klassifizieren und konfektionieren den Schrott entsprechend den Anforderungen der Abnehmer in der Stahl- und Gießereiindustrie.

Sortenreiner, großstückiger Schrott wird durch Scheren, Pressen oder Brenner chargierfähig gemacht und kann als Sekundärrohstoff direkt in Stahlwerken und Gießereien eingesetzt werden. Konsumgüter-schrott, der in der Regel aus komplexen Materialverbänden besteht, muss über einen technisch aufwändigeren Schredderprozess in seine einzelnen Bestandteile zerlegt werden, um die definierten Qualitätsanforderungen der Abnehmer zu erfüllen. Die Schrottaufbereitung und -verwertung unterliegt in Deutschland strengen gesetzlichen Anforderungen und wird daher in der Regel von zertifizierten Fachbetrieben durchgeführt. Der aufbereitete Stahlschrott wird anschließend in den 20 in Deutschland aktiven integrierten Hütten- und Stahlwerken<sup>43</sup> ein-

<sup>39</sup> Fraunhofer Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMW) im Auftrag des BDSV: Schrottbonus - Externe Kosten und fairer Wettbewerb in den globalen Wertschöpfungsketten der Stahlherstellung, Oktober 2010

<sup>40</sup> Stahlschrottbilanzen des bvse und des BDSV

<sup>41</sup> BDSV, Bureau of International Recycling

<sup>42</sup> „Stahlschrott – ein ideales Kreislaufmaterial“, bvse-Vortrag von Frau Guschall-Jaik. Das Verhältnis von Neuschrott zu Altschrott ist konjunkturell bedingt und kann sich daher im Zeitverlauf verändern.

<sup>43</sup> Wirtschaftsvereinigung Stahl (WVStahl), Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland 2019, August 2019



Metallschrottsortierung mit Bagger, Quelle: BDSV

geschmolzen, gegossen und gewalzt. Daneben wird Stahlschrott auch in Gießereien eingeschmolzen und bildet die Grundlage für neue Produkte und Erzeugnisse.

Um den weltweit weiter steigenden Bedarf an Stahlrohstoffen decken zu können, wird dem Fe-Schrott in den kommenden Jahren eine besondere Bedeutung zukommen. Allein über Primärressourcen ist der Bedarf der Stahlwerke und Gießereien nicht zu decken. Um die Qualitätsanforderungen der Abnehmerindustrien zu erfüllen, muss eine sortenreine Trennung zur Sicherstellung einer hochwertigen Verwertung und die Aussortierung von unerwünschten Begleitstoffen erfolgen. Zudem kann die Einführung von Recyclingquoten motivieren, den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu fördern und somit die Wettbewerbsfähigkeit umweltbewusster Kunden erhöhen und die Wettbewerbsfähigkeit der Stahlrecyclingwirtschaft verbessern. Aktuell wird die Einführung einer europäischen Dekarbonisierungsstrategie diskutiert, die neben den ökologischen Wirkungen den technischen Fortschritt beschleunigen und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Stahl- und Stahlrecyclingwirtschaft sichern könnte. Dabei sollte der Einsatz von klimafreundlichem Stahlschrott eine zentrale Rolle spielen.

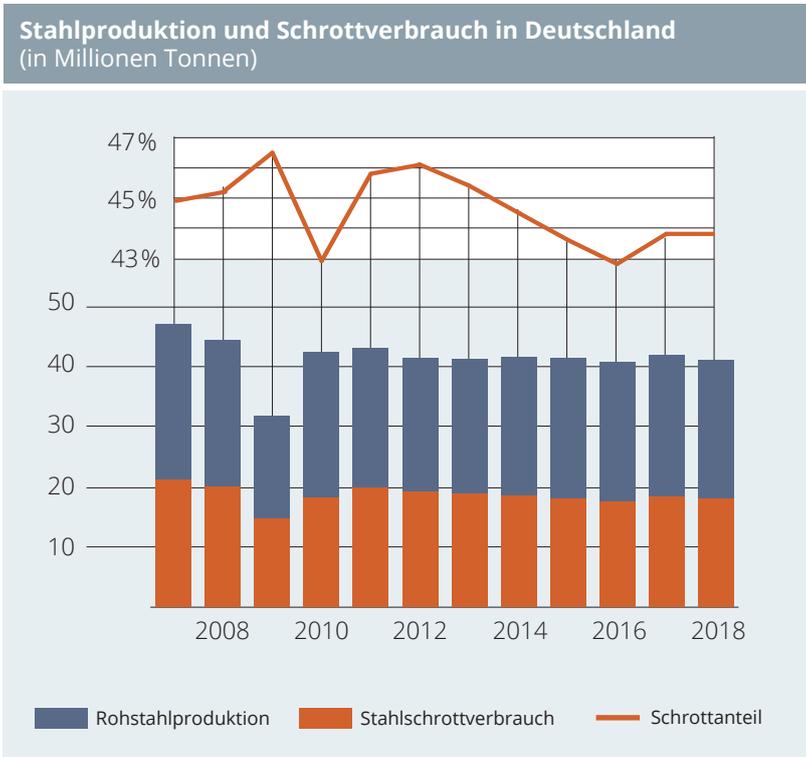


Abb. 24, Quellen: DICE Consult: Metallschrottbranche: Mehr Wettbewerb auf dem Weg zur Recyclingwirtschaft. Studie im Auftrag des bvse, Düsseldorf 2016 / BDSV



NE-Metallverladung, Quelle: Breer

### 1.5.6 NE-Metalle

Ohne Kupfer, Silber oder Bronze wäre die Entwicklung der alten Hochkulturen und die Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nicht möglich gewesen. Metalle sind auch für moderne Volkswirtschaften unverzichtbar. Zu den so genannten „Nichteisenmetallen“, oder kurz NE-Metallen, zählen alle Metalle, die nicht aus Eisen bestehen oder Metall-Legierungen, bei denen der Eisenanteil deutlich unter 50 % liegt. Unterschieden werden Buntmetalle und Leichtmetalle. Zu den bekanntesten Buntmetallen gehören beispielsweise Kupfer, Zinn, Zink, Blei und Nickel, während die bekanntesten Beispiele für Leichtmetalle Aluminium und Magnesium sind. Neben den genannten Basismetallen

gehören in die Gruppe auch die „Seltene Erden“, die zu etwa 90 % aus China kommen. Die Einsatzbereiche für NE-Metalle sind vielschichtig, so finden sie beispielsweise Anwendung in der Automobilindustrie, im Bau, in der Computerbranche, in der Elektrotechnik und in der Kabelindustrie.

Europa verfügt kaum über eigene nennenswerte Ressourcen. Fast alle metallischen Rohstoffe müssen importiert werden. Die deutsche Importabhängigkeit für Metallerze und -konzentrate (Primärrohstoffe) liegt bei nahezu 100 %. NE-Metalle sind jedoch ebenso wie Fe-Metalle sehr gut recycelbar, denn: Metalle werden nicht verbraucht, sondern gebraucht und können nach Ablauf ihres Verwendungszwecks auf Grund ihrer hohen Recyclingfähigkeit sehr gut wiederverwendet werden. Dies ist sowohl ein Beitrag zur Ressourcenschonung als auch zur Reduzierung der Importabhängigkeit. Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2018 rund 2,5 Millionen Tonnen NE-Metalle produziert, der Anteil an recycelten Metallen lag mit rund 1,3 Millionen Tonnen bei ca. 52 %.<sup>44</sup> Vor diesem Hintergrund kommt dem Handel mit Metallen weiterhin eine wichtige Bedeutung zu, der in Deutschland auf die Weltmärkte ausgerichtet ist.

<sup>44</sup> Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

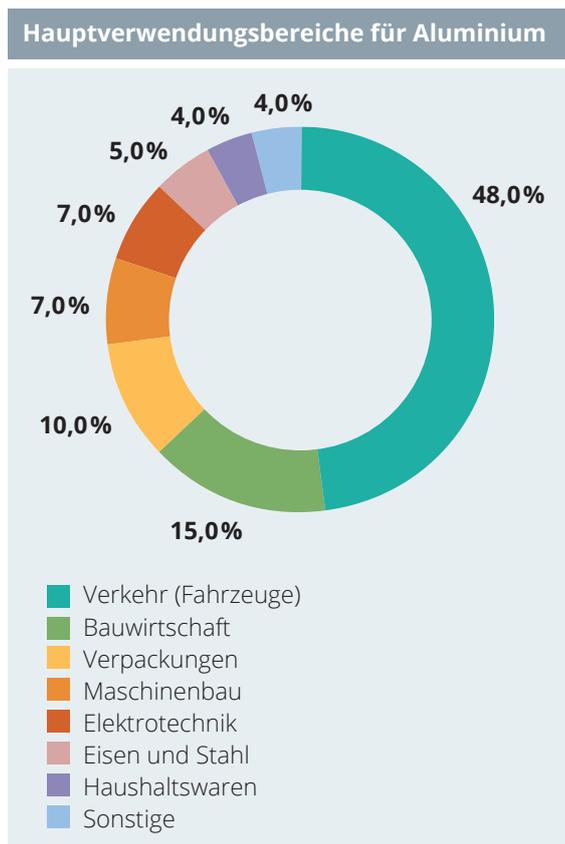


Abb. 25, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

### Aluminium

Aluminium ist ein sehr weiches Material und ist durch seine Vielzahl an Kombinationsmöglichkeiten ein einzigartiger Industrierohstoff. Er wird insbesondere im Baubereich, Transport- und Verkehrsbereich sowie bei Verpackungsmaterialien meist als Aluminiumlegierung eingesetzt. Aluminiumlegierungen stellen gleichzeitig die größte Herausforderung für die Recyclingwirtschaft dar, da die einmal verschmolzenen Legierungen sich schwer wieder trennen lassen. Das aktuelle metallurgische Know how macht es dennoch möglich, Legierungen wieder sinnvoll in den Kreislauf zurückzuführen. Weltweit befinden sich noch 75 % des jemals gefördert Aluminiums im Umlauf.

In der deutschen Raffinade- und Rohaluminiumproduktion wurden im Jahr 2016 insgesamt 58 % Sekundäraluminium eingesetzt. Der Anteil ist somit seit

2015 weiter leicht gestiegen.<sup>45</sup> Die Recyclingquoten liegen bei Aluminiumabfällen aus Gebäuden und Automobilen bei über 95 % und bei Aluminiumverpackungen werden bereits mehr als 80 % in Deutschland recycelt.<sup>46</sup>

Im Jahr 2017 wurden nahezu 0,79 Millionen Tonnen Aluminium-Sekundärrohstoffe importiert, darunter rund 90 % aus der EU. Diesem steht ein Anteil von 1,04 Millionen Tonnen exportierten Aluminium-Sekundärrohstoffen gegenüber.<sup>47</sup>

Durch den Einsatz einer Tonne recycelten Aluminiums werden rund vier Tonnen weniger Bauxite und rund neun Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber dem Primärprozess eingespart. Zudem benötigt die Herstellung einer Tonne Aluminium aus Sekundärstoffen nur rund 5 % der Energiemenge, die zur Erzeugung des Metalls aus Bauxit benötigt wird.<sup>48</sup> Das Recycling von Aluminium leistet einen wertvollen Beitrag zum Umweltschutz, da die bei der Gewinnung von Aluminiumerzen anfallenden problematischen Reststoffe wie Rotschlamm, der fachgerecht über viele Jahre gelagert werden muss, verringert werden.

### Kupfer

Heute befinden sich noch fast vier Fünftel des jemals geförderten Kupfers im Umlauf. Die Haupteinsatzbereiche für Kupfer sind zu 57 % Elektrotechnik/Energie; 15 % Bauwesen, 9 % Automobil, 8 % Maschinenbau, 5 % Handel und 6 % Sonstiges.<sup>49</sup>

In Deutschland wurden im Jahr 2018 rund 700.000 Tonnen Kupfer produziert, der Anteil des Einsatzes von Kupferschrott belief sich dabei auf 41 %, rund 278.000 Tonnen.<sup>50, 51</sup>

Aus dem Recycling von einer Tonne Kupfer resultiert eine CO<sub>2</sub>-Ersparnis von 3,42 Tonnen, das sind 62 % weniger als bei der Primärproduktion von Kupfer. Zudem werden durch das Recycling von Kupfer je nach Material und Verfahren etwa 80 % Energie gegenüber der Produktion aus Primärmaterial gespart.<sup>52</sup>

### Strategische Metalle

Insgesamt gibt es 29 strategische Metalle, zu denen unter anderem Antimon, Gallium, Hafnium, Indium, Kobalt und Lithium gehören. Sie sind beispielsweise wichtiger Bestandteil in Lithium-Ionen-Akkus, Photovoltaikanlagen speziellen Legierungen oder Laserköpfen und somit unverzichtbar für die moderne Industrie und zahlreiche technische Anwendungen. Verwendet werden sie meist in Legierungen, was die Recyclingbranche aufgrund der Vermischung mit anderen Stoffen vor Herausforderungen stellt.

Vor dem Hintergrund der Rohstoffabhängigkeit Deutschlands ist die Entwicklung einer nachhaltigen und wirksamen Rohstoffpolitik für die ökonomische und ökologische Wettbewerbsfähigkeit zu fördern. Das Recycling ist in erster Linie durch bürokratische

### Im- und Exporte von Sekundärrohstoffen\* im Jahr 2017

Warengruppe	Importe (in 1.000 t)	Anteil EU (in 1.000 t)	Exporte (in 1.000 t)	Anteil EU (in 1.000 t)
Kupfer-Sekundärrohstoffe	610	452 <b>74 %</b>	497	276 <b>56 %</b>
Aluminium-Sekundärrohstoffe	792	709 <b>90 %</b>	1.039	915 <b>88 %</b>
Blei-Sekundärrohstoffe	24	20 <b>83 %</b>	15	12 <b>80 %</b>
Zink-Sekundärrohstoffe	19	18 <b>95 %</b>	46	26 <b>57 %</b>

Abb. 26, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

\* NE-Metalle sind bereits aufbereitet und werden direkt eingesetzt

Entlastung und strategische Anreizsysteme zu unterstützen. So wäre es sinnvoll, dass auch für Schrotte geltende Abfallrecht entsprechend anzupassen, da metallische Schrotte und Rückstände mit positivem Marktwert nicht mit Abfällen im „klassischen“ Sinne gleichzusetzen sind. Der Begriff „Rohstoffeffizienz“ muss für den Metallbereich ebenfalls differenziert betrachtet und zweckmäßig verwendet werden. Denn weniger oder unsachgemäßer Metalleinsatz kann im Ergebnis auch einen Verlust der Fähigkeit zum Recycling bedeuten: In elektronischen Geräten eingebautes Kupfer kann problemlos recycelt werden. Wird das Kupfer aber aus Gründen der Sparsamkeit nur noch leicht aufgespritzt, kann eine Wiedergewinnung unter Umständen wirtschaftlich und/oder technisch nicht mehr sinnvoll sein – das Kupfer wäre dann für die Kreislaufführung verloren. Sowohl bei der Konzeption als auch bei der Herstellung von Produkten muss deshalb immer die Frage der Recyclingfähigkeit berücksichtigt werden.<sup>53</sup> Ein auf Recycling ausgerichtetes Produktdesign ist unerlässlich, das gilt auch für Produkte die in die EU importiert werden.

<sup>45</sup> BGR, Deutschland – Rohstoffsituation 2018, 2019

<sup>46</sup> Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (GDA), Ressourceneffizienz von Aluminium, 2019

<sup>47</sup> Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

<sup>48</sup> Taschenbuch des Metallhandels (12. Auflage) Seite 162

<sup>49</sup> Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

<sup>50</sup> Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2018, September 2019

<sup>51</sup> BGR, Deutschland – Rohstoffsituation 2018, 2019

<sup>52</sup> Verband Deutscher Metallhändler (VDM)



### Recyclingsanteil in der NE-Metallindustrie in Deutschland in den Jahren 2010-2018 (in %)



Abb. 27, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle), vMetallstatistik 2018, September 2019



Heraussortierte hochwertige und sortenreine Textilien, Quelle: bvse

### 1.5.7 Textilien

Verbraucher kaufen durchschnittlich 26 Kilogramm Textilien jährlich. 12 bis 15 Kilogramm davon sind Bekleidung.<sup>54</sup>

Die Inlandsverfügbarkeit von Bekleidungs- und Haushaltstextilien sowie Schuhen für das Jahr 2018 wird auf rund 1,63 Millionen Tonnen geschätzt.<sup>55</sup> Eine nachhaltige Nutzung von Textilien beginnt bereits mit der Herstellung der Rohstoffe und nachfolgend mit einer hochwertigen Erfassung und Sortierung der Materialien.<sup>56</sup> Dabei erfolgt die Sammlung von Alttextilien zum Großteil über Altkleidercontainer. Ein weiterer Teil wird über Straßensammlungen und sonstige Wege, wie Sozialkaufhäuser, erfasst. Die Sammlung der Textilien und Schuhe erfolgt sowohl durch kommunale als auch gewerbliche und gemeinnützige Akteure.

Nach der Sammlung werden die Alttextilien nach Art und Qualität sortiert. Dabei erfolgt trotz moderner Technologien die Sortierung überwiegend nur händisch, da u. a. aktuell noch eine hohe Fehlerquote bei der maschinellen Sortierung in die jeweiligen Klassen vorliegt. Die Qualifizierung und das Know-how der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter trägt neben der eigentlichen Zusammensetzung und Qualität der Sammelware sowie der Marktnachfrage in bedeutendem Umfang dazu bei, wie viele Gebrauchstextilien tatsächlich in ihrer ursprünglichen Form als Secondhandware weitergenutzt werden können.



Sammelcontainer zur Erfassung, Quelle: bvse

54



55 Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland, bvse, 2020.

56 Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland, bvse, 2020



Förderband mit Kleidersäcken aus der Sammlung, Quelle: bvse

Im Jahr 2018 war dies mit rund 810.000 Tonnen bei 62 % der Textilien der Fall. Dies ist ein Anstieg von 8 % gegenüber 2015. Weitere 26 % nicht mehr tragbarer Textilien wurden stofflich zu Putzlappen weiterverarbeitet oder fanden Einsatz in der Reißspinnstoffindustrie, wo Textilien zu Fasern beispielsweise für Malervlies und zu Dämmstoffen für die Autoindustrie aufbereitet werden. 8 % wurden energetisch verwertet und 4 % fielen als Abfall im Rahmen der Sortierung an.<sup>57</sup> Die gesammelte Menge an Alttextilien übersteigt den Bedarf in Deutschland. Der Großteil der Menge wird exportiert, unter anderem in andere europäische Länder, nach Afrika, nach Indien und nach Pakistan.

Die Gebrauchttextilbranche ist mit zunehmenden Herausforderungen konfrontiert. Die schnelllebige „Fast Fashion“-Mode sowie die Zunahme des E-Commerce hat schlechter werdende Qualität sowie eine Zunahme von Chemiefasern in der Bekleidung zur Folge. Hinzu kommt die zunehmende Bedeutung der privaten Weitergabe von qualitativ hochwertigen Altkleidern, die die Quantität und Qualität der Sammelmenge beeinflusst. Das Handling der Alttextilien, deren Verwertung sowie der schwierige Absatz der Recyclingware, wirken sich auf das kostenlose hochwertige Textilrecycling aus. Mit neuen Forschungs- und Entwicklungsprojekten sollen neue Märkte und neue Anwendungsfelder für die Textilrecyclingindustrie erschlossen werden, wie beispielsweise mit Hilfe des chemischen Recyclings von Textilfasern.

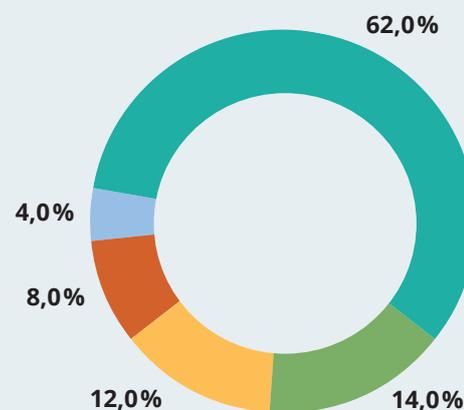
Neben der Verlagerung bestehender Handelsstrukturen stellen sich für die deutsche Branche viele Zukunftsfragen. Durch die zunehmende Digitalisierung der Welt wächst auch in den Abnehmerländern das Bedürfnis nach den aktuellen Modetrends. Weitere Probleme wie Importverbote, Zollerhöhungen, Währungsschwankungen, Devisenknappheit, volatile Bankgebühren und sinkende Rohstoffpreise belasten zudem den Handel und die wirtschaftliche Situa-

tion der mittelständisch geprägten Unternehmen. Die Einführung der EU-weiten getrennten Sammlung von Alttextilien, die mit der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ab dem Jahr 2025 auch in Deutschland umzusetzen ist, kann europaweit zu einem Anstieg der Alttextilien führen. Die Fast-Fashion und E-Commerce-Entwicklung verstärkt potenziell den Qualitätsrückgang bei Alttextilien und erschwert das hochwertige Recycling. Im Interesse eines hochwertigen und den Standards entsprechenden Textilrecyclings ist daher weiterhin ein konsequentes Handeln erforderlich.

<sup>57</sup> Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland, bvse, 2020.

#### Verwertungspotenzial von Bekleidungs- und Haustextilien

1,31 Mio. Tonnen, davon:



in ursprünglicher Form **810.000 t**  
(z. B. Altkleider)  
z. B. Verarbeitung zu Putzlappen **185.000 t**  
z. B. für Reißspinnstoffindustrie **157.000 t**  
als Ersatzbrennstoff **105.000 t**  
Abfallanteil **53.000 t**

Abb. 28, Quelle: bvse



Lagerung von aufbereitetem Altholz, Quelle: DIE GRÜNEN ENGEL

### 1.5.8 Altholz

Holz gehört zu den nachwachsenden Rohstoffen und wird vielfach in der Möbelindustrie, in Verpackungen und im Baubereich eingesetzt. Schon bei der Holzbearbeitung wird das Holz ressourceneffizient eingesetzt: Denn die bei der Schnittholzproduktion anfallenden Sägespäne sind ein wichtiger Rohstoff sowohl für die Holzwerkstoff- und Papierindustrie als auch (in Form von Pellets) für die Strom- und Wärmeerzeugung. Auch die im Rahmen der weiterverarbeitenden Industrie, etwa bei Schreinereien, anfallenden Holzreste werden hochwertig verwertet. Am Ende des Nutzungszyklus werden die Holzprodukte wie beispielsweise Verpackungskisten, Paletten und Möbel ihrerseits dann zu einem wertvollen Abfall. Diese Fraktionen werden in der Praxis als Altholz bezeichnet.

Die Altholzverordnung regelt die Aufbereitung und Verwertung von Altholz. Sie wird aktuell noveliert, um sie an den rechtlichen und technischen Fortschritt anzupassen.

Das jährliche Gesamtpotenzial des Altholzaufkommens kann für Deutschland auf rund 10 Millionen Tonnen geschätzt werden (dies beinhaltet einen Export von etwa 1,8 Millionen Tonnen und einen Import – insbesondere von recyclingfähigen Mengen, von etwa 3,2 Millionen Tonnen).<sup>58</sup> Altholz wird entweder direkt an der Anfallstelle separat bereitgestellt oder ist Bestandteil anderer Abfallgemische, so dass eine Sortierung nachgeschaltet werden muss, um das Wertstoffpotenzial zu heben.

Das Altholz wird je nach seiner Herkunft und dem Bearbeitungszustand in vier Altholzkategorien untergliedert. Nur qualitativ hochwertiges Altholz eignet sich für das Recycling, die übrigen Mengen bilden als Einsatzmaterial in der energetischen Verwertung etwa in Biomasse[heiz]kraftwerken eine Säule der Energiewende. Stoffliche und energetische Verwertung gehen so Hand in Hand und bilden einen Teil der fünfstufigen Abfallhierarchie idealtypisch ab.

Die Erfassung, Sortierung und entsprechende Aufbereitung sind daher die Voraussetzung, um eine hochwertige Verwertung zu gewährleisten.<sup>59</sup> Die getrennte Erfassung von Altholz an der Anfallstelle konnte in den letzten Jahren vor allem im Baubereich durch die Einführung des selektiven Rückbaus und der Pflicht zur Getrennthaltung nach Gewerbeabfallverordnung weiter gesteigert werden. Mehr als 70 % des Altholzaufkommens werden mit Hilfe eines flächendeckenden

<sup>58</sup> Vortrag Dr. Jean Doumet (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit), Altholzverordnung - Überlegungen des BMU, im Rahmen der Berliner Abfallrechtstage 28. und 29. November 2019, 29.11.2019

<sup>59</sup> Vortrag Dr. Jean Doumet (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit), Altholzverordnung - Überlegungen des BMU, im Rahmen der Berliner Abfallrechtstage 28. und 29. November 2019, 29.11.2019



Geschreddertes Altholz, Quelle: DIE GRÜNEN ENGEL

den Netz an primär mittelständisch geprägten Sortier- und Aufbereitungsanlagen für die stoffliche oder energetische Verwertung vorbereitet. Diese haben in den letzten Jahren in die weitere Verbesserung der Sortier- und Aufbereitungstechnik investiert, so dass sich der Anteil der zur Verwertung geeigneten Althölzer weiter erhöht hat. Aus den Altholzaufbereitungsanlagen werden ca. 1,7 Millionen Tonnen jährlich in Form des Recyclings durch die Holzwerkstoffindustrie stofflich verwertet, Tendenz steigend. Weitere rund 5,4 Millionen Tonnen Altholz aus Altholzaufbereitungsanlagen werden jährlich einer energetischen Verwertung zugeführt. Darin nicht enthalten sind aufbereitete Altholzimporte, Siebüberläufe oder Direktanlieferungen an thermische Behandlungsanlagen.



Altholz für die energetische oder stoffliche Verwertung, Quelle: VEOLIA

Im Bereich der stofflichen Verwertung ist die Spanplattenindustrie der Hauptabnehmer für das recycelte Altholz. Heute wird bei der Produktion von Spanplatten in Deutschland durchschnittlich mehr als ein Drittel Altholz in Form von Hackschnitzeln eingesetzt. Der Anteil der stofflich verwerteten Altholzmenge ist seit 2006 leicht gestiegen.<sup>60</sup> Neben dem stofflichen Einsatz von Altholz nutzen die Spanplattenwerke stofflich nicht verwertbare Althölzer sowie eigene Späne und Abschnitt aus dem Herstellungsprozess zur eigenen Strom- und Prozesswärmeerzeugung und leisten somit einen weiteren wichtigen Beitrag für ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft. Neben der Spanplattenindustrie forschen und entwickeln bzw. investieren andere Branchen zunehmend in Produktionstechniken, die den Einsatz von aufbereitetem Altholz ermöglichen, um den Anteil stofflich verwerteten Altholzes zukünftig weiter zu steigern.

Das Thema Bioökonomie kann für den Einsatz von Althölzern zusätzliche Potenziale bringen, da innovative Produkte und Verfahren nicht nur für reine Nebenprodukte aus der Säge- und Papierindustrie sondern auch für den Einsatz von Althölzern erforscht und entwickelt werden können. Zudem wird erwartet, dass die Nachfrage nach Altholz auch aufgrund der perspektivisch eingeschränkteren Verfügbarkeit von Primärrohstoffen weiter steigen wird.

Als regenerativer und CO<sub>2</sub>-neutraler Energieträger wird Altholz insbesondere in größeren Biomasse-[heiz]kraftwerken mit einer elektrischen Leistung von mehr als 5 MWel zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Dies sind in Deutschland Anlagen mit einer Gesamtkapazität von rund 6,6 Millionen Tonnen pro Jahr.<sup>61</sup> Darüber hinaus wird Altholz anteilig u. a. bei der Mitverbrennung von Ersatz- und Sekundärbrennstoffen eingesetzt. Die Nachfrage nach Altholz zur Energieerzeugung steigt, umso mehr ist die Kaskadennutzung eine Möglichkeit zur effizienten Nutzung des Rohstoffes Holz. Denn in der stofflichen Verwertung hat Altholz durch den Speichereffekt und den Substitutionseffekt das größte Klimaschutzpotenzial.

Wie im Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung und im Koalitionsvertrag vorgesehen, muss es auch bei der Weiterentwicklung des gesetzlichen Rahmens der Altholzverwertung darum gehen, die Kreislaufwirtschaft und damit das Recycling weiter auszubauen. Der Ausbau der Getrennthaltung zur Steigerung der Quantität und Qualität der Stoffströme sowie die Behandlung und Verwertung unter definierten Vorgaben zur Sicherung der Qualitätsvorgaben der Verwertungswege müssen dabei als wichtige Eckpfeiler aufgenommen werden. Mit dem Auslaufen der EEG-Förderung für die Altholzkraftwerke ergibt sich eine zusätzliche Chance für die ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft. Die aktuellen Überlegungen zur Novellierung der AltholzV greifen diese Punkte auf. So werden die Umsetzung der Abfallhierarchie, die Anpassung der technischen Anforderungen an die Aufbereitung sowie die Probe- nahme und Analyse sowie die Qualitätssicherung diskutiert. Mit dem Abschluss des Novellierungsverfahrens wird in der laufenden Legislaturperiode gerechnet.

<sup>60</sup> Döring, P.; Cords, M.; Mantau, U.: Altholz im Entsorgungsmarkt. Aufkommen und Verwertung 2016. Hamburg, Teilbericht, März 2018.

<sup>61</sup> nur Anlagen mit mehr als 5 MWel. Weitere kleinere Anlagen (< 5 MWel) verwerten Altholz ebenfalls thermisch.

#### Klassifizierung der Altholzqualitäten (nach AltholzV (2002))

##### **Altholzkategorie A I:**

naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holz-fremden Stoffen verunreinigt wurde

##### **Altholzkategorie A II:**

verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel

##### **Altholzkategorie A III:**

Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel

##### **Altholzkategorie A IV:**

mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz ohne PCB Altholz

Abb. 29, Quelle: §2, Nr. 4 der „Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (Altholzverordnung - AltholzV)“

### 1.5.9 Elektro-/Elektronikgeräte und Batterien

Bei Elektro- und Elektronikaltgeräten denken viele in erster Linie an das darin enthaltene Wertstoffpotenzial, wie Eisen und Stahl, wertvolle Edelmetalle und Seltene Erden. In den Hintergrund der Diskussion ist die Tatsache geraten, dass Elektro- und Elektronikaltgeräte auch umwelt- und gesundheitsgefährdende Substanzen wie Kadmium und Quecksilber enthalten können. Die Erfassung und das Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten ist ein komplexer Gesamtprozess, der sowohl der Wertstoffrückgewinnung als auch der Schadstoffentfrachtung Rechnung tragen muss.

Elektro- und Elektronikaltgeräte unterliegen der sogenannten geteilten Produktverantwortung, die sowohl die öffentlichen Entsorgungsträger zur Einrichtung von Sammelstellen verpflichtet als auch Hersteller und Handel die Möglichkeit der Einrichtung eigener Rücknahmesysteme ermöglicht. Unter bestimmten Voraussetzungen muss der Handel die Altgeräte vom Verbraucher sogar zurücknehmen. Der Hersteller bleibt aber in jedem Fall für die Entsorgung der von ihm in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte verantwortlich. Nicht zuletzt sind auch die Verbraucher gefragt, Elektroaltgeräte ordnungsgemäß zurückzugeben.

Die „stiftung elektroaltgeräte register ®“ (stiftung ear) ist die „Gemeinsame Stelle der Hersteller“ im Sinne des ElektroG. Sie registriert die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten und koordiniert die Be-

reitstellung von Behältnissen für Übergabestellen und die Abholung der Altgeräte bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern.

Im Jahr 2017 wurden rund 837.000 Tonnen Elektroaltgeräte erfasst, die mit 90 % mehrheitlich aus privaten Haushalten stammten. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 9,12 Kilogramm. Die Sammelquote der erfassten Altgeräte lag im Jahr 2017 als Ergebnis des Durchschnitts der Jahre 2015, 2016 und 2017 bei 45,08 %, wobei es zwischen den Produktkategorien deutliche Unterschiede gibt.<sup>62</sup>

Die mit WEEE-Richtlinie ab 2016 geltende Sammelquote von 45 % (bezogen auf die in den drei Vorjahren in Verkehr gebrachte Menge) wurde damit knapp erreicht. Für die Erreichung der seit 2019 geltenden ambitionierten Sammelquote von 65 % sind noch deutliche Anstrengungen zu unternehmen. Deutschland hat insbesondere bei der Erfassung noch einige Hürden zu nehmen. So werden Kleingeräte häufig immer noch über die Restabfalltonne entsorgt, größere Elektroaltgeräte als Allgemeinschrott erfasst oder die Geräte bleiben – wie das Beispiel Handy zeigt – oft noch lange ungenutzt in den Haushalten liegen. Hier sind die Verbraucher und Kommunen stärker einzubeziehen, noch besser über den nachhaltigen Umgang mit Altgeräten und dessen Entsorgung zu informieren und ein dichteres Sammelnetz zu errichten. Weiterhin sind neue Nutzungskonzepte, wie Leasing und Sharing, aber auch einfachere Rückgabemöglichkeiten zu schaffen. Ein weiterer Grund für die geringen offiziellen Erfassungsquoten wird in

62



Sammlung von Elektronikgeräten, Quelle: Ivonne Müller

**Sammelmenge und -quote für Elektro-/Elektronikaltgeräte 2017 (ohne Berücksichtigung Open-Scope-Altgeräte)**

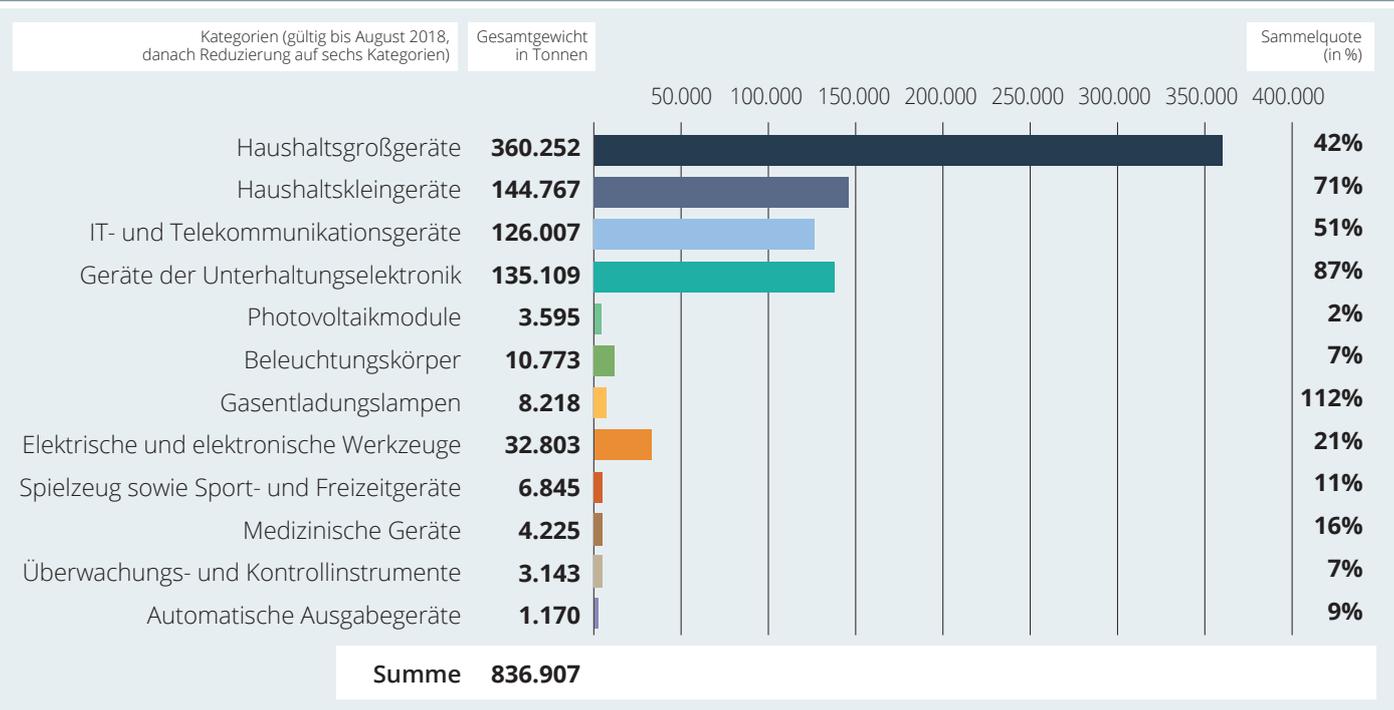


Abb. 30, Quelle: [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Abfallwirtschaft/elektronikgeraete\\_daten\\_2017\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/elektronikgeraete_daten_2017_bf.pdf)

dem illegalen Export der gemischt gesammelten Geräte gesehen. Dieser muss durch einen effektiven Vollzug stärker kontrolliert und gestoppt werden. Die Qualität der Erfassung ist zu verbessern, sodass Beraubungen und Zerstörungen an den Altgeräten unterbunden werden. Um die Gefahr von Bränden durch batteriebetriebene Altgeräte insbesondere von Lithium-Ionen-Batterien zu verringern, sind diese separat an den Anfallstellen, z. B. in Gitterboxen, zu erfassen und zu transportieren. Dies gelingt nur, wenn bereits bei der Entwicklung der Produkte das Design for Recycling berücksichtigt wird und unter anderem auf fest verbaute Batterien verzichtet wird.

In den Behandlungsanlagen werden die Altgeräte demontiert, von den Schadstoffen entfrachtet, mechanisch zerkleinert und durch Sortiertechnologien in verschiedene Fraktionen getrennt. Die während des Behandlungsprozesses zurückgewonnenen Wertstofffraktionen werden anschließend wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt. Spezifische Ziele gelten daher europaweit auch für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling bzw. die Verwertung in Summe.

Die Recyclingquote von Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium im Elektronikschrottbereich liegt deutlich über 95 %. Potenziale bestehen jedoch noch bei der Rückgewinnung von seltenen Edel- und Sondermetallen aus Informations- und Telekommunikationsgeräten, die in den Einzelgeräten jeweils nur in sehr geringen Mengen vorkommen.

**Batterien**

Eine Produktverantwortung besteht auch für Batte-

rien. Das Batteriegesetz (BattG) regelt das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Batterien und Akkumulatoren. Alle Hersteller und Inverkehrbringer von Batterien sind verpflichtet, sich im Melderegister des Umweltbundesamtes eintragen zu lassen. Unterschieden wird zwischen sogenannten Geräte-Alt-Batterien sowie Fahrzeug- und Industrie- Alt-Batterien.

Da Alt-Batterien giftige Schwermetalle wie Quecksilber, Cadmium und Blei enthalten können, müssen sie getrennt erfasst werden. Dafür stehen in Deutschland mehr als 170.000 Sammelstellen, unter anderem in Supermärkten, Discountern, Drogerie- und Baumärkten, zur Verfügung. Die Erfassung erfolgt dort in speziellen Batteriesammelboxen.

Auf Grund des breiten Spektrums an Batterien existieren für jeden Batterietyp unterschiedliche spezifische Recyclingverfahren. Eine sortenreine Sortierung ist die Voraussetzung für ein erfolgreiches Recycling. Im Jahr 2018 wurden 219.055 Tonnen an Alt-Batterien, davon Blei-Säure-Alt-Batterien (200.410 Tonnen), Nickel-Cadmium-Alt-Batterien (1.221 Tonnen) und sonstige Alt-Batterien (17.424 Tonnen), einem speziellen Recyclingverfahren zugeführt. Daraus konnten 177.206 t Sekundärrohstoffe wiedergewonnen werden.<sup>63</sup> Das entspricht einer Recyclingquote von 80 % über alle Alt-Batterietypen. Die Mindestforderung der EU von 50 % wurden in Summe und jeweils für die einzelnen Alt-Batterietypen deutlich erfüllt.<sup>64</sup> Die Entsorgung von Batterien über den Restabfall ist trotz der potenziellen Rückgewinnung der Wertstoffe aus der Schlacke, nicht richtig. Insbesondere bei Lithium-Ionen-Batterien ist dies mit einem





Lager von gepressten Altfahrzeugen, Quelle: TSR

erhöhten Gefahrenpotenzial für Selbstentzündungen der Batterie und folglich großen Beschädigungen von Recyclinganlagen verbunden.

Das BattG wird aktuell überarbeitet. So haben sich in den letzten Jahren Veränderungen zwischen den gemeinsamen Rücknahmesystem und den herstellereigenen Rücknahmesystemen ergeben, die zu Wettbewerbsverzerrungen und zu Kostensteigerungen geführt haben. Die neue EU-Richtlinie 2018/851 enthält Anforderungen an die erweiterte Herstellerverantwortung bis zum 5. Januar 2023, die eine Änderung des BattG erforderlich macht. Aktuell liegt ein Entwurf für die Änderung des BattG vor, dass die Umstellung auf ein reines Wettbewerbssystem zwischen herstellereigenen Rücknahmesystem vorsieht.<sup>65</sup> Das Inkrafttreten und die Umsetzung stehen noch aus. Es bleibt abzuwarten wie sich diese Veränderungen auf Wirtschaft, Verwaltung und Bürgerinnen und Bürger auswirken werden.

### 1.5.10 Altfahrzeuge

Das Rücknahmesystem für Altfahrzeuge liegt in der Verantwortung der Automobilproduzenten. Gemäß Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV) sind Hersteller und Inverkehrbringer zur Rücknahme aller Altfahrzeuge verpflichtet. Dies erfolgt über ein flächendeckendes Rücknahmenetz. Die GESA – Gemeinsame Stelle für Altfahrzeuge der Bundesländer – erfasst die Adressdaten und die von den Sachverständigen gemeldeten Zertifikate der Demontage- und Schredderanlagen sowie den sonstigen Anlagen zur weiteren Behandlung von Altfahrzeugen.

Von den bundesweit vorhandenen rund 1.151 Demontagebetrieben wurden im Jahr 2017 insgesamt rund 506.530 Altfahrzeuge behandelt.<sup>66</sup> Mit einer Gesamt-Verwertungsquote von 98,4 % im Jahr 2017 wurden die Vorgaben der EU rechnerisch erfüllt.<sup>67</sup>

Seit 2015 sehen die EU-Vorgaben eine Quote von mindestens 95 % des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts bei der Wiederverwendung und Verwertung bei allen Altfahrzeugen pro Jahr vor. Die Quotenvorgabe der EU für Wiederverwendung und Recycling liegt bei 85 %.

Allerdings weist die Datenlage deutliche Lücken auf. Rund 2 Millionen Gebrauchtfahrzeuge werden jährlich in andere EU-Staaten, z. B. Rumänien, Niederlande und Frankreich exportiert. Der Export in Nicht-EU-Staaten ist in den letzten Jahren leicht rückläufig und lag 2017 bei rund 0,18 Millionen Gebrauchtfahrzeugen. 40 % davon gehen nach Westafrika, weitere 22 % in Staaten der ehemaligen Sowjetunion (ohne Baltikum) und ein geringer Teil nach Norwegen und Schweden.<sup>68</sup> Der tatsächliche Verwendungszweck in den Zielländern ist aufgrund der teilweise mangelnden Qualität der Gebrauchtfahrzeuge meistens nicht bekannt. Für weitere rund 0,28 Millionen Altfahrzeuge ist der Verbleib statistisch nicht nachweisbar.<sup>69</sup>

Schätzungsweise 75 % des Gewichts eines Altfahrzeugs besteht aus Metallen, insbesondere Eisen und Stahl, aber auch Kupfer, Blei, Zink sowie weiteren NE-Metallen. Diese werden überwiegend durch den der Demontage folgenden Shredderprozess zurückgewonnen und als Sekundärrohstoffe dem Kreislauf wieder zugeführt. Neben der Metallschrottfraktion entstehen rund 25 % sogenannte Schredderrückstände, die ihrerseits nochmals aufbereitet werden. Sie unterteilen sich in Shredderschwer- und Shredderleichtfraktion. Die Schwerfraktion enthält im Wesentlichen NE-Metalle, Edelmehle sowie kleinere Mengen Gummi und Kunststoffe. Die Shredderleichtfraktion besteht vor allem aus Kunststoffen, Gummi, Glas, feinkörnigen Mineralien und nur geringen Mengen an FE- und NE-Metallen.

Im Jahr 2017 fielen 390.000 Tonnen Schredderrückstände in Schredderanlagen mit Restkarossenver-

<sup>65</sup> Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Entwurf eines ersten Gesetzes zur Änderung des Batteriegesetzes, Arbeitsstand 27.01.2020

<sup>66</sup> BMU/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland, 2017

<sup>67</sup> BMU/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland, 2017

<sup>68</sup> BMU/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland, 2017

<sup>69</sup> 0,18 Millionen sind statistisch nachweisbar, weitere 0,1 Millionen wurde hinzugeschätzt (Quelle BMU/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland, 2017)

wertung an, die zu 38 % energetisch und 54 % stofflich verwertet wurden.<sup>70</sup> Ein rein werkstoffliches Recycling oder die Nutzung der spezifischen Materialeigenschaften der darin enthaltenen Stoffe erfolgt selten. Vielmehr erfolgt die Verwertung im Bergversatz oder im Rahmen von Deponiebaumaßnahmen.<sup>71</sup> Mit den Anforderungen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und der Reduzierung des Fahrzeuggewichtes haben sich die Anteile von Fe- und NE-Metallen im Fahrzeugbau leicht zu Gunsten der NE-Metalle, insbesondere Aluminium, verschoben. Zudem stieg der Anteil an hochfesten Stählen gegenüber anderen Stählen in den letzten 15 Jahren sehr deutlich an und lag im Jahr 2015 bei 38%.<sup>72</sup> Diese Entwicklungen sowie die zunehmenden Speziallegierungen und die Materialvielfalt und -kombinationen erhöhen den Aufwand für die Trennung der Materialien am Ende des Lebenszyklus. Dies stellt die Demontage- und insbesondere die Schredderanlagen vor neue Herausforderungen.

Moderne Fahrzeuge enthalten einen größeren Anteil an elektrischen (Motoren und Batterien) und elektronischen Komponenten. Mit der zunehmenden Nutzung von Elektrofahrzeuge nimmt dies zukünftig weiter zu und stellt die Demontagebetriebe und Shredderanlagen vor weitere Herausforderungen.

Für moderne und zukunftsorientierte Technologien sind die sogenannten „kritischen Rohstoffe“ unverzichtbar. Mindestens acht von ihnen, wie Cerium und Neodym, sind in modernen Hybrid-Elektroautos enthalten.<sup>73</sup> Damit die Recyclingwirtschaft ihrer Rolle als

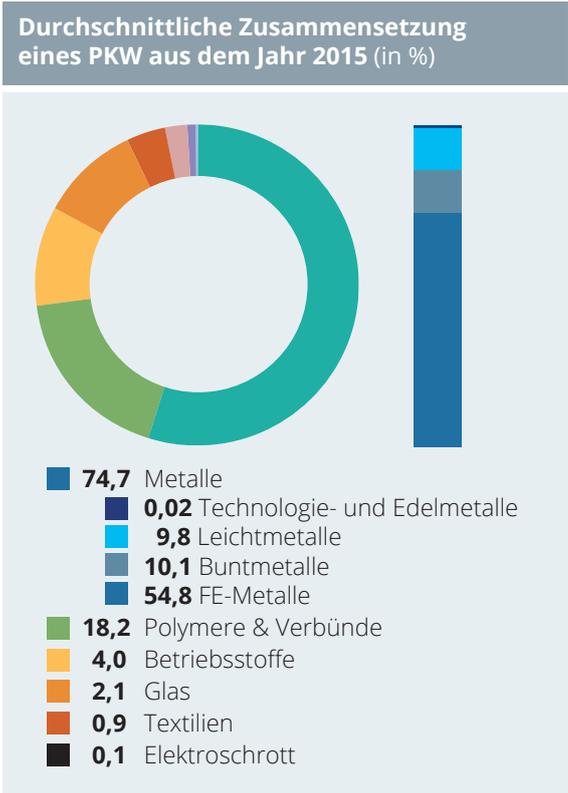


Abb. 31, Quelle: Faulstich, M./Prognos AG, Perspektiven des Autorecyclings. Untersuchung im Auftrag der Scholz Recycling GmbH und der TSR Recycling GmbH & Co. KG, Mai 2018

Rohstofflieferant gerecht werden kann, bedarf es innovativer Recyclingverfahren, um künftig eine Rückgewinnung gerade auch kleinster Mengen an kritischen Rohstoffen sicherstellen zu können.

<sup>70</sup> BMU/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland, 2017

<sup>71</sup> Umweltbundesamt, Evaluierung und Fortschreibung der Methodik zur Ermittlung der Altfahrzeugverwertungsquoten durch Schredderversuche unter der EG-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG, Januar 2020

<sup>72</sup> Wirtschaftsvereinigung Stahl, Entwicklung der Materialanteil im PKW in Europa, 2015

<sup>73</sup> © Molycorp Inc. 2010 – nach British geological Survey, rare Earth Elements, June 2010



Unfallfahrzeug vor Pressung, Quelle: TSR

### 1.5.11 Mineralische Abfälle

Mineralische Abfälle sind mit mehr als 260 Millionen Tonnen (2017) der größte Abfallstrom in Deutschland und seit 2010, unter anderem aufgrund der Konjunkturentwicklungen, stetig angestiegen. Dieser Abfallstrom unterteilt sich in nicht gefährliche und gefährliche Bau- und Abbruchabfälle (ca. 215 Millionen Tonnen) sowie die sogenannten industriellen Nebenprodukte (48 Millionen Tonnen), zu denen insbesondere Flugaschen aus Kohlekraftwerken und Eisenhüttenschlacken zählen.<sup>74</sup>

#### Mineralische Bau- und Abbruchabfälle

Die nicht gefährlichen und gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle haben im Jahr 2016 mit rund 215 Millionen Tonnen den bedeutendsten Anteil an den mineralischen Abfällen. Hierzu zählen mit nahezu 125 Millionen Tonnen der Bodenaushub (Boden und Steine, einschließlich Baggergut und Gleisschotter), gefolgt von Bauschutt mit 59 Millionen Tonnen, Straßenaufbruch mit 16 Millionen Tonnen sowie mineralische Baustellenabfällen mit 15 Millionen Tonnen.<sup>75</sup>

Seit mehr als 20 Jahren setzt sich die Initiative „Kreislaufwirtschaft Bau“ erfolgreich für die Verwertung

mineralischer Bauabfälle ein. Sie ist ein Verbund von Verbänden der Bauwirtschaft und gehört zu den ersten Selbstverpflichtungen der Industrie in Deutschland.

Durch Sortierung, Aufbereitung und Recycling von Bauschutt werden hochwertige Recyclingbaustoffe hergestellt, die die knapper werdenden Primärrohstoffe ersetzen. Im Jahr 2016 hatten diese einen Umfang von rund 72,2 Millionen Tonnen, was einem Recyclinganteil von nur 33 % entspricht. Recyclingbaustoffe werden unter anderem in der Asphalt- und Betonherstellung sowie im Straßenbau eingesetzt oder im Erdbau verwendet.<sup>76</sup> Recyclingbaustoffe dürfen in der Regel nur geprüft, güteüberwacht und zertifiziert in Verkehr gebracht werden. In der Gütesicherung sind derzeit verschiedene, teils bundesweit (zum Beispiel BRB – Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V., BGRB Berlin) oder auf Länderebene (zum Beispiel Baustoff Recycling Bayern e.V., Qualitätssicherungssystem Recycling-Baustoffe Baden-Württemberg e.V.) organisierte Verbände tätig.

Rund 50 % der im Jahr 2016 erzeugten 215 Millionen Tonnen an mineralischen Abfällen wurden für die Verfüllung übertägiger Abgrabungen bei Rekultivie-

<sup>74</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 - Reihe 1, 2017; FEhS - Institut für Baustoffforschung e.V.; VGB PowerTech e.V.

<sup>75</sup> Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V. (KWB): Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2016, Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016

<sup>76</sup> Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V. (KWB): Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2016, Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016



Aufbereitung und Logistik von mineralischen Abfällen, Quelle: Ralf Breer

## Aufteilung der mineralischen Abfälle (in Mio. Tonnen)

Aufteilung der mineralischen Abfälle	Summe					
	Davon ...	Recyclingbaustoffe	Sonstige Verwertung	Energetische Verwertung	Verfüllung über-tägiger Abgrabungen/Deponiebau	Beseitigung auf Deponien
Bodenaushub	<b>125,2</b>	11,3	-	-	96,4	17,5
Baustellenabfälle (inkl. Bauabfälle auf Gipsbasis)	<b>14,9</b>	0,2	13,9	-	0,2	0,6
Bauschutt	<b>58,5</b>	45,5	-	-	9,4	3,6
Straßenaufbruch	<b>16,0</b>	15,2	-	-	0,4	0,4

Abb. 32, Quelle: Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V. (KWB): Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2016, Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2016

rungsmaßnahmen, für den Einsatz in technischen Bauwerken (zum Beispiel Erdwälle, Dämme) bzw. im Deponiebau genutzt.

### Mineralische industrielle Nebenprodukte

Bei den industriellen Nebenprodukten dominieren die Produkte aus der Braunkohlefeuerung mit insgesamt rund 16 Millionen Tonnen, darunter rund 9 Millionen Tonnen Braunkohleflugaschen und 5 Millionen Tonnen REA-Gips. REA-Gips weist heute eine hohe Qualität auf und wird als Alternative zum Naturgips in der Gips- und Zementindustrie für die Herstellung von Baustoffen, wie Gipskartonplatten oder Gipsputz, oder auch als Düngemittel eingesetzt. Mit der Schließung der Kohlekraftwerke im Zuge der Energiewende wird das REA-Gips-Aufkommen stark zurückgehen. Das in Dänemark entwickelte Recyclingverfahren von Gipskartonplatten könnte eine ressourcenschonende Alternative zum REA-Gips darstellen. Deutschland ist mit aktuell nur einer Anlage aber noch am Anfang.

In Deutschland fallen jährlich rund 13 Millionen Tonnen Eisenhüttenschlacken, davon rund 8 Millionen Tonnen Hochofenschlacke und 5 Millionen Tonnen Stahlwerksschlacken, an.<sup>77</sup> Mit einer Vielzahl innovativer Techniken werden sie als Baustoffe für die Industrie und für den Straßen- und Brückenbau aufbereitet, beim Bau von Schleusen und Uferbefestigungen sowie als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt. Schlackeprodukte verringern den ansonsten notwendigen Abbau von Natursteinen. So konnten im Verkehrswegebau mehr als 613 Millionen Tonnen Natursteine in den Jahren 1948 bis 2018 substituiert werden.<sup>78</sup> Hochofenschlacken finden zu 90 % als Hüttensand Verwendung bei der Zementherstellung. Dadurch konnten in Deutschland von 1949 bis 2018 203 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden.<sup>79</sup>

Vor dem Hintergrund knapper werdender Primärressourcen gilt es, die Qualität der Recyclingbaustoffe und Sekundärbaustoffe zu verbessern und sicherzustellen, weitere Einsatzmöglichkeiten für hochwertige Recyclingbaustoffe zu erschließen und die Rahmenbedingungen für den Absatz und insbeson-

dere die Akzeptanz von Recyclingbaustoffen zu verbessern. Dies entlastet auch die nur noch begrenzt zur Verfügung stehenden Deponiekapazitäten.

### 1.5.12 Klärschlamm

Der Klärschlamm besteht zum Großteil aus organischen und mineralischen Stoffen, die bei der Reinigung von Abwässern durch Sedimentation anfallen. Dieser besteht zu einem Großteil aus organischen Substanzen und enthält neben wertvollen Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor unter Umständen auch Schadstoffe, wie beispielsweise Schwermetalle und zunehmend auch Arzneimittelrückstände. Es wird zwischen kommunalen und industriellen Klärschlämmen unterschieden.

#### Kommunale Klärschlämme

Bundesweit sind im Jahr 2018 knapp 1,75 Millionen Tonnen TM<sup>80</sup> an kommunalen Klärschlämmen angefallen. Das aufkommensstärkste Bundesland ist Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 21 % (0,37 Millionen Tonnen TM), gefolgt von Bayern mit 16 % (0,29 Millionen Tonnen TM) und Baden-Württemberg mit rund 13 % (0,22 Millionen Tonnen TM)<sup>81</sup>

Die Entwicklung der vergangenen 12 Jahre zeigt eine rückläufige Tendenz. Seit dem Jahr 2006 hat sich das Aufkommen an TM um 15 % bzw. rund 0,29 Millionen Tonnen TM verringert. Dieser Rückgang ist besonders in Nordrhein-Westfalen mit -25 %, Niedersachsen -21 % und Sachsen -33 % prägnant, während beispielsweise Berlin einen deutlichen Zuwachs von +48 % aufweist.<sup>82,83</sup>

Die kommunalen Klärschlämme wurden im Jahr 2018 mit 1,3 Millionen Tonnen TM (74 %) überwiegend thermisch behandelt. Davon wurden rund 0,76 Millionen Tonnen TM überwiegend in Kraftwerken, Zementwerken und Abfallverbrennungsanlagen mitverbrannt und für knapp 0,04 Millionen Tonnen ist eine Unterscheidung in Mono- oder Mitverbrennung nicht möglich. Die verbleibenden 0,44 Millionen Tonnen TM (26 %) wurden stofflich verwertet, d. h. in der

<sup>77</sup> FEhS - Institut für Baustoff-Forschung e.V.

<sup>78</sup> FEhS - Institut für Baustoff-Forschung e.V., Wer ist das FEhS-Institut, Juni 2019

<sup>79</sup> FEhS - Institut für Baustoff-Forschung e.V., Eisenhüttenschlacke – Wertvoller Rohstoff für ressourcenschonendes Wirtschaften, 2019

<sup>80</sup> Mengenangaben als Trockenmasse (TM), d. h. ohne Wasseranteil

<sup>81</sup> Statistisches Bundesamt, Wasserwirtschaft: Klärschlammbehandlung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung, 2018

<sup>82</sup> Statistisches Bundesamt, Wasserwirtschaft: Klärschlammbehandlung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung, 2018

<sup>83</sup> Destatis: Ergebnisbericht Abwasserbehandlung – Klärschlamm, 2015/2016

Standorte von Kläranlagen der Größenklasse 4b bis 5

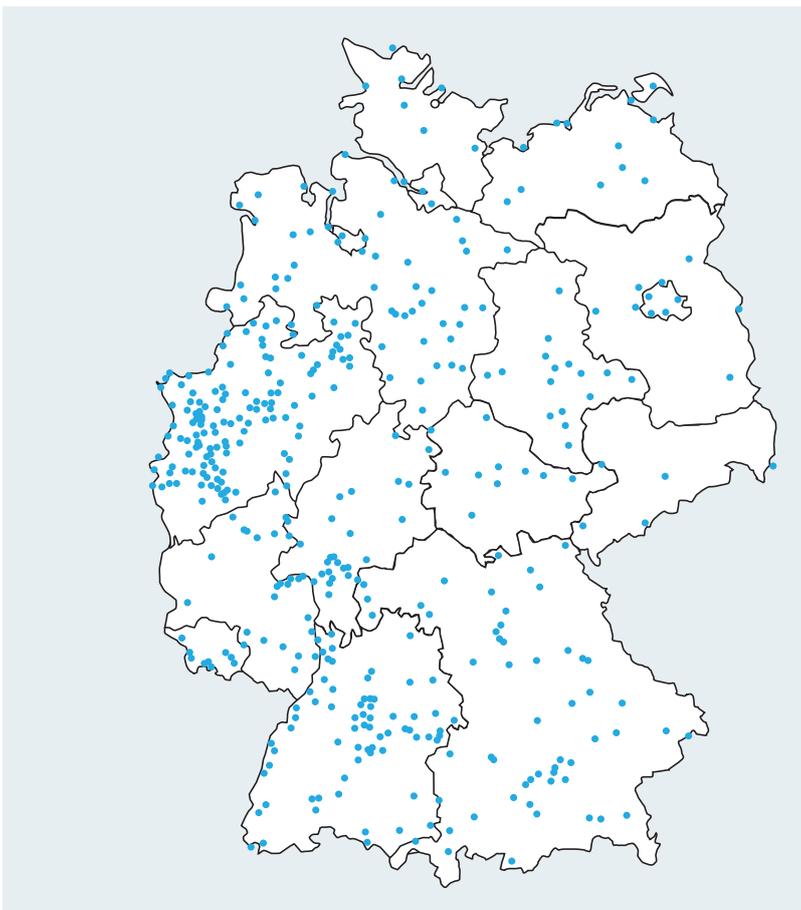


Abb. 33, Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Landwirtschaft oder bei landbaulichen Maßnahmen eingesetzt.<sup>84</sup> Für die thermische Behandlung stehen aktuell 24 Anlagen zur Verfügung, davon sind zwei betriebseigen, fünf öffentlich eingeschränkt zugänglich und 17 öffentlich zugängliche Anlagen. Neben den bestehenden Anlagen befinden sich deutschlandweit 5 Anlagen in Planung bzw. Bau (126 Tausend Tonnen TM) sowie 24 Anlagen in Planung oder Genehmigungsphase (0,63 Millionen Tonnen TM).

Um die Reinigung kommunaler Abwässer kümmern sich in Deutschland mehr als 9.100 öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen. Diese werden in Abhängigkeit von der Anzahl der angeschlossenen Einwohner in verschiedene Größenklassen unterteilt.

Phosphor stellt beim Menschen einen wichtigen Baustein für den Zellaufbau dar und wird als Dünger für das Pflanzenwachstum eingesetzt. Von der EU wurde Phosphor auf die Liste der kritischen Rohstoffe gesetzt, da der Großteil des Phosphataufkommens außerhalb der EU (China, Afrika, Jordanien) vorkommt und derzeit 90 % importiert werden. In Deutschland ist Phosphor als ressourcenschutzrelevanter Stoffstrom im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) klassifiziert. Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung, die 2017 in Deutschland in Kraft getreten ist, hat als primäres Ziel die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm bzw. aus den Aschen von Monoverbrennungsanlagen. Die Neuverordnung verbietet die bodenbezogene Verwertung in der Landwirtschaft für Klärschlämme aus Kläranlagen mit mehr als 100.000 angeschlossenen Einwohnerwerte ab 2029 (Größenklasse 4b) bzw. ab 2032 für Kläranlagen mit mehr als 50.000 Einwohnerwerten (Größenklasse 5). Bis Ende des Jahres 2023 müssen die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der Phosphorrückgewinnung der jeweils zuständigen Behörde übermittelt werden. Hierbei gilt es zu entscheiden, ob die Rückgewinnung von Phosphor vor oder nach der Verbrennung erfolgen soll, und darüber hinaus, welches Rückgewinnungsverfahren gewählt wird. Die Anforderungen haben bereits zu einem Ausbau der Monoverbrennungskapazitäten geführt. Weitere Anlagen befinden sich im Bau bzw. in Planung.

Kommunale Abwasseranlagen 2013

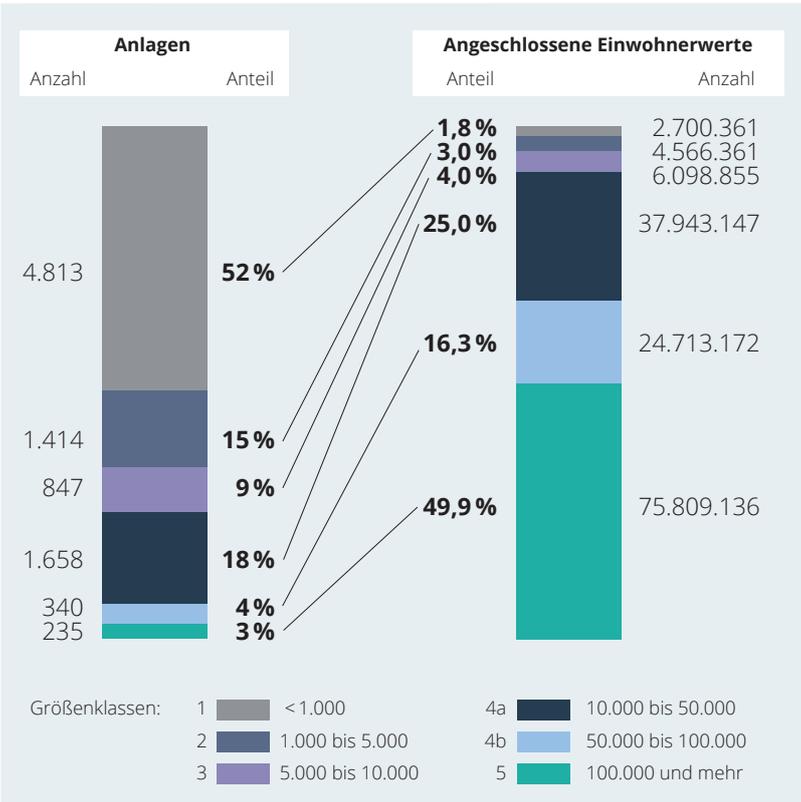


Abb. 34 Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 2.1.3

Industrielle Klärschlämme

Die Abwässer gewerblichen und industriellen Ursprungs werden zum Teil in die öffentliche Kanalisation eingeleitet (Indirekteinleiter) oder in eigenen Anlagen behandelt. Für die Behandlung industrieller Klärschlämme steht bundesweit ein Netz von rund 2.711<sup>85</sup> industriellen Kläranlagen zur Verfügung, darunter 389 Anlagen mit ausschließlich mechanischer Behandlung, 1.767 Anlagen mit chemischer und/oder chemisch-physikalischer Behandlung sowie 851 Anlagen mit biologischer Behandlung (mit bzw. ohne zusätzliche[n] Verfahrensstufe[n]).



Monoklärschlammverbrennungsanlage in der Schweiz, Quelle: TBF

Im Jahr 2016 entstanden im gewerblichen bzw. industriellen Bereich insgesamt rund 1,3 Millionen Tonnen TM Klärschlamm. Die Klärschlammengen sind gegenüber 2013 weiter um rund 21 % gesunken.<sup>86</sup> Haupterzeuger ist das verarbeitende Gewerbe.

Der Anteil der thermisch behandelten industriellen Klärschlammbelegungen belief sich in diesem Segment auf 38 % (0,48 Millionen Tonnen TM), 26 % (0,33 Millionen Tonnen TM) wurden stofflich verwertet (z. B. als Baustoff, in der Vererdung oder in der Vergärung), weitere 15 % (0,19 Millionen Tonnen TM) wurden deponiert bzw. im Deponiebau eingesetzt. Etwa 11 % (0,14 Millionen Tonnen TM) des Klärschlammaufkommens wurden als gefährlicher Abfall entsorgt oder in anderen Behandlungsanlagen behandelt.<sup>87</sup>

### 1.5.13 Gefährliche Abfälle

Im Jahr 2017 wurden insgesamt 27,0 Millionen Tonnen gefährlicher Abfälle in Abfallbehandlungsanlagen behandelt, darunter 2,6 Millionen Tonnen aus anderen Staaten.<sup>88</sup> Das entspricht einem Anteil von 6,5 % an der Summe der in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle. Von den 842 Abfallarten der novellierten europäischen Abfallverzeichnisverordnung sind 408 auf der Grundlage von Gefährlichkeitskriterien als gefährlich eingestuft worden. Die Bandbreite reicht dabei von A wie Altöle bis Z wie zytotoxische und zytostatische Arzneimittel.

Der Umgang mit gefährlichen Abfällen ist auf bundesdeutscher Ebene u. a. mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz geregelt. Es bestehen umfassende Pflichten zur Kennzeichnung, Nachweisführung, Überwachung und Kontrolle vom Abfallerzeuger bis zur endgültigen Verwertung oder Beseitigung. Ferner besteht ein Verbot der Vermischung mit anderen Abfällen. Die Überwachung erfolgt durch die jeweils zuständigen Behörden der Bundesländer. In Berlin, Brandenburg, Hamburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg besteht eine sogenannte Andienungspflicht für gefährliche Abfälle, in Bayern hingegen

besteht eine Pflicht zur Überlassung an die GSB-Sonderabfall Entsorgung Bayern GmbH.

Zu den mengenbedeutsamsten Abfallarten zählen Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen und öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen (Kapitel 19 des Europäischen Abfallartenkataloges) mit 8,7 Millionen Tonnen, gefolgt von Bau- und Abbruchabfällen (Kapitel 17) mit 8,5 Millionen Tonnen. Weitere relevante Mengen sind Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen (Kapitel 07) mit 1,6 Millionen Tonnen.<sup>89</sup>

Die Komplexität und Toxizität der gefährlichen Abfälle stellen die Entsorgungswirtschaft vor spezifische Herausforderungen. Für ihre umweltgerechte und ressourcenschonende Behandlung steht bundesweit ein umfassendes Netzwerk unterschiedlicher Behandlungsverfahren, von der Ablagerung auf speziellen Deponien über thermische bis hin zu werk- und rohstofflichen Verwertungsverfahren zur Verfügung. Die mehr als 3.000 spezialisierten Behandlungs- und Entsorgungsanlagen verfügen über einen hohen technischen Standard und sind auch international anerkannt.

Die fünfstufige Abfallhierarchie, insbesondere der Vorrang des Recyclings vor Verwertung und Beseitigung, gilt grundsätzlich auch für gefährliche Abfälle. Viele enthalten neben einem oftmals kleinen Schadstoffanteil wertvolle Rohstoffe, die unsere Industrie dringend benötigt. Mit komplexen Verfahren in Hochtechnologie-Anlagen werden u. a. Lösemittel und Basisöle zurückgewonnen, Altöle wieder zu Hydraulik- oder Getriebeölen aufbereitet.

Aufgrund der Komplexität, der teilweise nur in geringeren Mengen anfallenden Abfälle und des erforderlichen Spezialisierungsgrades der Behandlung ist eine regionale und auch international übergreifende Arbeitsteilung und Zusammenarbeit notwendig. So wurden 2016 rund 8,6 Mio. Tonnen gefährlicher Abfälle zwischen den einzelnen Bundesländern verbracht.<sup>90</sup> Aufgrund der spezifischen technologischen Verfahren für die Behandlung ausgewählter gefähr-

<sup>84</sup> Statistisches Bundesamt, Wasserwirtschaft: Klärschlammbehandlung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung, 2018

<sup>85</sup> Destatis: Ergebnisbericht Abwasserbehandlung – Klärschlamm, 2015/2016

<sup>86</sup> Destatis: Ergebnisbericht Abwasserbehandlung – Klärschlamm, 2015/2016

<sup>87</sup> Destatis: Ergebnisbericht Abwasserbehandlung – Klärschlamm, 2015/2016

<sup>88</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

<sup>89</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1

<sup>90</sup> eigene Berechnungen Prognos AG auf Basis Destatis (Sonderauswertung 2019) und UBA

## Behandlungsmengen in bzw. aus anderen Bundesländern (2016)

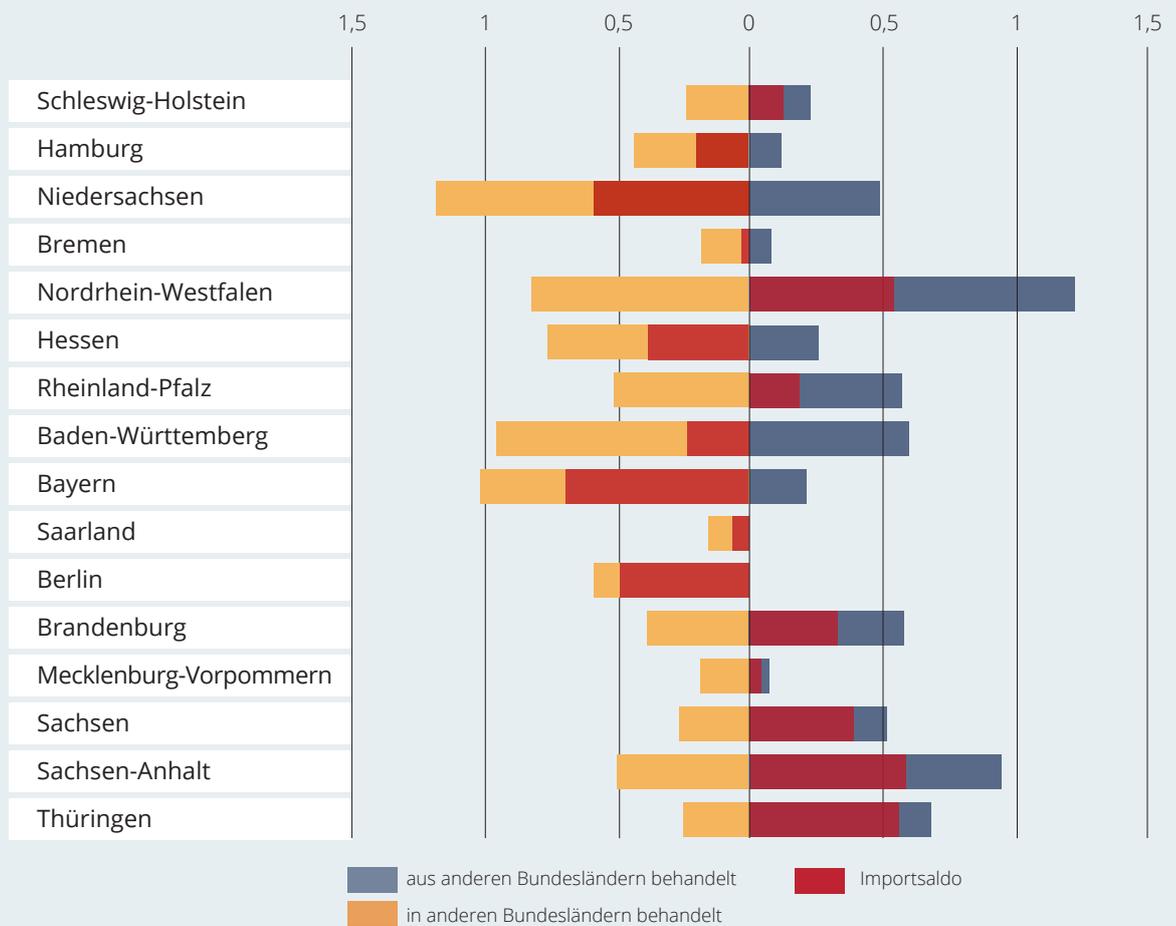


Abb. 35, Quelle: Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes

licher Abfälle und die damit verbundene Rückgewinnung wertvoller Sekundärrohstoffe erfolgt teilweise eine innerdeutsche Verbringung dieser Abfälle, da die für einen rentablen Anlagenbetrieb erforderlichen Mengen nicht in jedem Bundesland allein zur Verfügung stehen.

Rund 2,6 Millionen Tonnen der in Deutschland im Jahr 2017 behandelten gefährlichen Abfälle entfielen auf Importe aus dem Ausland, vorrangig aus den Benelux-Ländern, Italien, Frankreich und der Schweiz. Importe und Exporte von gefährlichen Abfällen unterliegen den Bestimmungen des Basler Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung, dessen Vertragspartner Deutschland seit 1995 ist. Der Anteil der Exporte an gefährlichen Abfällen betrug im Jahr 2017 insgesamt 0,98 Millionen Tonnen und ist damit gegenüber dem Jahr 2015 um rund 80 % angestiegen. Das mit Abstand bedeutendste Empfängerland waren die Niederlande.

Der Umgang mit gefährlichen Abfällen steht auch in Zukunft vor neuen Herausforderungen. Diese stehen im engen Zusammenhang mit den sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise der Verschärfung im Chemikalienrecht und der damit einhergehenden Umschlüsselungen von nicht ge-

fährlichen zu gefährlichen Abfällen, der im Juli 2019 novellierten Verordnung über persistente organische Schadstoffe<sup>91</sup> (POP-Verordnung) oder auch die geplante Novellierung der Altölverordnung, mit der die europarechtlichen Vorgaben zu Altöl aus der Änderungsrichtlinie zur Abfallrahmenrichtlinie umgesetzt werden sollen.

Der verantwortungsbewusste Umgang mit gefährlichen Abfällen erstreckt sich über den gesamten Produkt- bzw. Rohstoffkreislauf. Wo immer möglich ist die (spätere) Entstehung gefährlicher Abfälle bereits beim Produktdesign bzw. während der Produktion zu vermeiden. Gleichzeitig müssen hier jedoch auch die Grundlagen geschaffen werden, dass wertvolle Rohstoffe aus gefährlichen Abfällen am Ende des Lebenszyklus wieder zurückgewonnen werden können. Nicht verwertbare Abfälle müssen nachhaltig und ressourcenschonend beseitigt werden. Um dies alles zu erreichen, ist die Zusammenarbeit aller Akteure notwendig: Produzenten, Konsumenten, Aufbereiter und Entsorger aber auch der politischen Entscheidungsträger über alle Bundesländer hinweg, um die abfallstrategische Planung auf eine gemeinsame bundeslandsübergreifende Basis für den Umgang mit gefährlichen Abfällen zu stellen und die Rahmenbedingungen und Instrumente der Zusammenarbeit festzulegen.

<sup>91</sup> EU 2019 / 1021



Bergmännische Technik im Untertageversatzbergwerk, Quelle: REMONDIS



Neuerschlossener Stollen, Quelle: REMONDIS

# Organisation der Märkte für Entsorgung und Verwertung.

Die Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft und die darin anfallenden Aufgaben können in deutschen Kommunen auf unterschiedliche Organisationen verteilt werden. Ob öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, PPP-Gesellschaften oder private Unternehmen, die erforderlichen Kapazitäten und technischen Möglichkeiten müssen für Abfallsammlung und Transport, die stoffliche und energetische Verwertung und die Abfallbeseitigung sichergestellt sein. Denn für eine perfekte Daseinsvorsorge ist die Kombination aus Problemlösung und Wirtschaftlichkeit von großer Bedeutung.



### 1.6.1 Strukturmerkmale der Marktteilnehmer

Bundesweit sind 10.700 kommunale und private Unternehmen (Jahr 2017), Eigenbetriebe, Anstalten öffentlichen Rechts etc. auf allen Wertschöpfungsstufen bzw. in allen Marktsegmenten der Kreislaufwirtschaft tätig. Sie beschäftigen im Jahr 2019 rund 310.000 Erwerbstätige. Mit etwa 3.460 Unternehmen sind im Marktsegment „Abfallverwertung und -beseitigung“ die meisten Unternehmen tätig, gefolgt vom Segment „Großhandel mit Altmaterialien“ mit rund 3.300 Unternehmen und vom Segment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ mit rund 2.650 Unternehmen. Rund 1290 Unternehmen stellen ausschließlich oder teilweise Maschinen, Anlagen und Ausrüstung für die Kreislaufwirtschaft her. Die Anzahl der im Markt tätigen Unternehmen hat sich zwischen den Jahren 2010 und 2017 um 7,6 % von rund 11.600 auf rund 10.700 verringert.

Während im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ die Anzahl der Unternehmen nahezu stagniert, sind in allen anderen Segmenten zum Teil deutliche Rückgänge zu verzeichnen. Der wesentliche Grund für diese negative Entwicklung in einem grundsätzlich wachsenden Markt liegt im Ausscheiden oder auch in der Übernahme von Kleinunternehmen in der Größenklasse bis zu 250.000 Euro Umsatz pro Jahr.

Im Jahr 2017 wurden im Wirtschaftszweig (WZ) „Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen sowie Rückgewinnung von Wertstoffen“ rund 5.750 steuerpflichtige, also privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen aufgeführt.<sup>92</sup> Zählt man zu dieser Summe die Unternehmen aus den vor- und nachgelagerten Marktsegmenten „Technik für die Abfallwirtschaft“ und „Großhandel von Altmaterialien“, ergibt sich eine Summe von privatwirtschaftlichen Unternehmen in einer Größenordnung von 10.700.

Zu diesen Unternehmen, die bereits die privatrechtlichen sogenannten „öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU)“<sup>93</sup> beinhalten, ist noch ein öffentlicher Teil von 259 hinzuzurechnen. 340 dieser Unternehmen werden in einer privatrechtlichen Rechtsform (unter anderem GmbH) und weitere rund 250 Unternehmen werden als Eigenbetriebe, Zweckverbände oder Anstalten öffentlichen Rechts (AöR) geführt.<sup>94</sup> Diese beiden Formen der Unternehmen waren zu etwa 53 % im WZ 38.1 „Sammlung von Abfällen“ und zu etwa 44 % im WZ 38.2 „Abfallbehandlung und -beseitigung“ tätig. Im WZ 38.3 „Rückgewinnung“ waren nur 18 öffentlich-rechtlich organisierte Unternehmen tätig.

Zwischen den Marktsegmenten gibt es auch deutliche Unterschiede in Bezug auf den Gesamtumsatz. Der höchste Umsatz wird mit rund 35,70 Millionen Euro von den Unternehmen im Marktsegment

#### Entwicklung und Anzahl von Unternehmen der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten

	2010	2017	Entwicklung in %
Technik für die Kreislaufwirtschaft	1.280	1.290	▲ 0,8
Sammlung, Transport und Straßenreinigung	2.770	2.650	▼ -4,4
Abfallverwertung und -beseitigung	3.820	3.460	▼ -9,4
Großhandel mit Altmaterialien	3.700	3.300	▼ -11,1
<b>Gesamt</b>	<b>11.600</b>	<b>10.700</b>	<b>▼ -7,6</b>

Abb. 36. Quellen: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes / Unternehmen einschließlich der öffentl. FEU; Summen können durch Rundungen abweichen.

„Abfallverwertung und Beseitigung“ erzielt. Mit 250.000 Euro lag der mittlere Umsatz je Mitarbeiter leicht unter dem der Abfallverwertung. Der Umsatz des Großhandels mit Altmaterialien belief sich auf 14,34 Milliarden Euro. Mit durchschnittlich 670.000 Euro wurde in diesem Marktsegment der höchste Umsatz je Erwerbstätigem erzielt. Im Segment „Technik für die Abfallwirtschaft“ lag der Umsatz bei rund 12,15 Milliarden Euro. Mit nahezu 220.000 Euro lag der Umsatz in vergleichbaren Größenordnungen zur Abfallsammlung und -behandlung, was letztlich auch die Folge ähnlich hoher durchschnittlicher Mitarbeiterzahlen ist.

Betrachtet man die Aufstellung der Anzahl und Umsätze der FEU, so zeigt sich, dass die privatrechtlich organisierten FEU mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 19 Millionen Euro und die öffentlich-rechtlich organisierten FEU mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 27 Millionen Euro pro Unternehmen<sup>95</sup> um den Faktor 2 bis 3 größer sind als die durchschnittlichen Umsätze privater Entsorgungsunternehmen. Dies bedeutet, dass die Anzahl der kommunalen Unternehmen zwar wesentlich geringer als die der privaten Unternehmen ist, ihre Marktposition aufgrund des Umsatzes, in den jeweiligen Entsorgungsgebieten aber wesentlich stärker ist.

Die Bruttowertschöpfung (BWS)<sup>96</sup>, die in den verschiedenen Marktsegmenten erzielt wird, liegt bezogen auf die Anzahl der Unternehmen bei den Marktsegmenten „Sammlung und Transport“, „Abfallverwertung und -beseitigung“ sowie „Technik für die Abfallwirtschaft“ in einer ähnlichen Größenordnung zwischen 3.500 und 3.800 Tausend Euro pro Unternehmen. Mit rund 105.000 Euro bzw. 102.000 Euro BWS je Erwerbstätigem liegen die Ergebnisse in den beiden „operativen“ Marktsegmenten „Sammlung und Transport“ sowie „Abfallverwertung und -beseitigung“ ebenfalls dicht beieinander. Im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ wurden durchschnittlich 85.000 Euro je Erwerbstätigen erzielt.

Der reine Handel mit den Materialien aus den Recyclingverfahren führt sowohl bei der Bruttowert-

<sup>92</sup> Statistisches Bundesamt, Steuerpflichtige Unternehmen und deren Lieferungen und Leistungen 2017 nach Wirtschaftszweigen (GKZ 2008) und Ländern

<sup>93</sup> Öffentliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen verfügen über ein eigenes, kaufmännisches oder kamerales Rechnungswesen bzw. doppelte Buchführung nach kommunalem Haushaltsrecht (Doppik), so dass ihre Einnahmen und Ausgaben nicht mehr im jeweiligen Kernhaushalt enthalten sind. Soweit die öffentlichen Haushalte maßgeblich, d. h. mit mehr als 50 % des Stimmrechts oder des Nennkapitals mittelbar bzw. unmittelbar an diesen Einheiten beteiligt sind, werden sie in der Finanzstatistik unter dem Begriff „Öffentliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen“ (kurz: öffentliche Unternehmen) zusammengefasst. Quelle: <http://www.bpb.de/nachschlagen/datenreport-2016/226207/oeffentliche-fonds-einrichtungen-und-unternehmen>

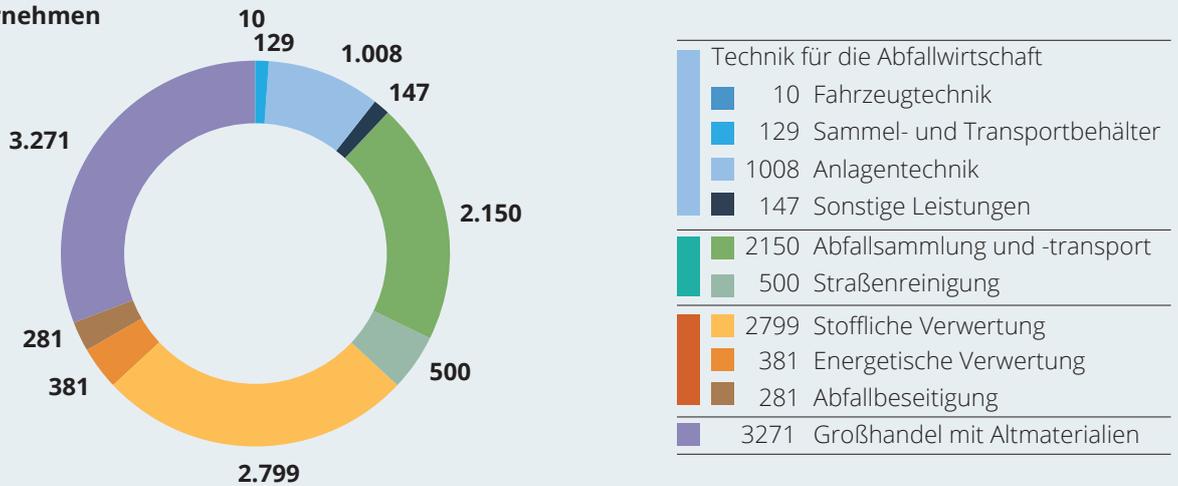
<sup>94</sup> Statistisches Bundesamt, Jahresabschlüsse der kaufmännisch buchenden öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) 2017

<sup>95</sup> Hierin enthalten sind allerdings auch sehr große AöR wie Berlin und Hamburg

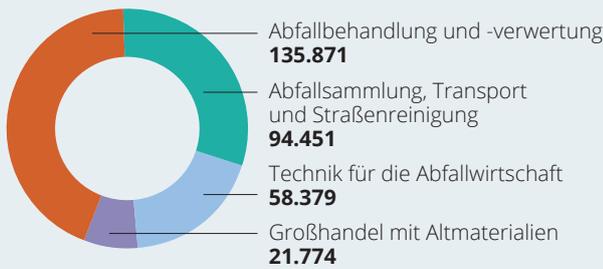
<sup>96</sup> Die Bruttowertschöpfung bezeichnet den Gesamtwert der im Produktions- bzw. Leistungsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen abzüglich des Wertes der Vorleistungen.

**Unternehmen, Erwerbstätige, Umsätze und Bruttowertschöpfung in der Kreislaufwirtschaft – Vergleich nach Marktsegmenten 2017**

**Anzahl Unternehmen**



**Erwerbstätige**



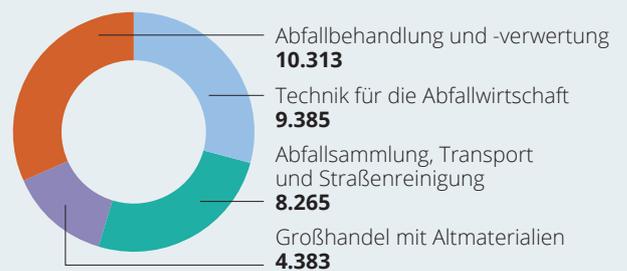
**Erwerbstätige pro Unternehmen**



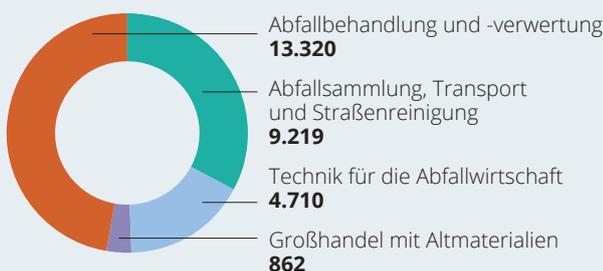
**Umsatz (in Mio. €)**



**Umsatz pro Unternehmen (in Tsd. €)**



**Bruttowertschöpfung (in Tsd. €)**



**Bruttowertschöpfung pro Unternehmen (in Tsd. €)**

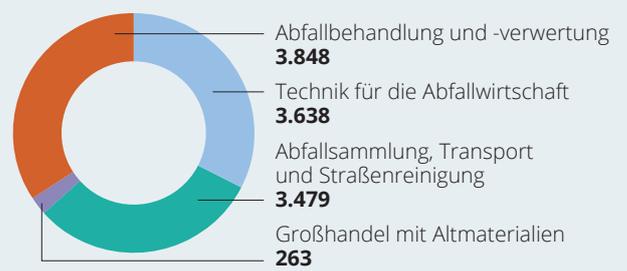


Abb. 37, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

Umsätze und Unternehmen sind einschließlich der öffentl. FEU, Erwerbstätige: Stand 2019; Erwerbstätige pro Unternehmen und alle weiteren Indikatoren: Stand 2017;



Flotte zur Sammlung von Abfällen, Quelle: VEOLIA

schöpfung je Unternehmen (rund 260.000 Euro) als auch bei der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen (rund nahezu 40.000 Euro) zu nur geringen Werten.

### 1.6.2 Arbeitsteilung in der Kreislaufwirtschaft – Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen

#### 1.6.2.1 Sammlung und Transport

Die kommunale Zuständigkeit für die Entsorgung von Restabfällen aus privaten Haushalten und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen leitet sich in Deutschland aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz ab. Die Leistungen können von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern in Eigenleistung oder in Form einer Drittbeauftragung von PPP-Gesellschaften (Public-Private-Partnership; Kooperationen von öffentlich-rechtlichen und privaten Unternehmen) oder von privaten Entsorgungsunternehmen nach einer Ausschreibung erbracht werden.

Die Eigenleistungen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger können auch Zweckverbänden im Rahmen der interkommunalen Zusammenarbeit übertragen werden. Zweckverbände sind Körperschaften des öffentlichen Rechts, in denen die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger die Aufgaben gemeinsam in Verbandsform erfüllen. Bei der Erbringung der Leistungen durch die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger ist zwischen Anstalten öffentlichen Rechts, Regiebetrieben, Eigenbetrieben und Unternehmen mit hundertprozentiger kommunaler Beteiligung zu unterscheiden.

Der Teilmarkt Sammlung und Transport kommunaler Restabfälle war in der Vergangenheit mehrheitlich in kommunaler Hand. Mit dem Inkrafttreten des Kreis-

#### Rechtsform, Anzahl und Umsätze der öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen 2017



Abb. 38, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

laufwirtschafts- und Abfallgesetzes im Jahr 1996 konnte eine zunehmende Liberalisierung und Privatisierung beobachtet werden. Dies führte zu einem deutlichen Rückgang des Anteils von kommunalen Entsorgungsunternehmen im Bereich Sammlung und Transport, der 2003 noch bei etwa 35 % (bezogen auf die Anzahl angeschlossener Einwohner) lag. In den folgenden Jahren hat sich der Marktanteil kommunaler Entsorgungsunternehmen kontinuierlich wieder erhöht und liegt aktuell bei rund 52 %. Gemischte öffentlich-privatwirtschaftliche Gesellschaften haben einen Marktanteil von nahezu 7 %.

Die Gründe dafür liegen unter anderem in der Übernahme vormals privater Entsorgungsverträge durch kommunale Unternehmen und einer besseren demografischen Entwicklung in den Städten und dichtbesiedelten Umlandregionen mit hohen Bevölke-

**Hinweise zur Methodik**

Die Zuordnung der Gesellschafter zu den Kategorien „Kommunal“, „Privat“ und „PPP“ erfolgte zunächst auf der Grundlage der Zuordnung der direkten Gesellschafteranteile einer jeden Anlage. Abweichend davon und analog zur Betrachtungsweise des Bundeskartellamtes wurde für ausgewählte Unternehmen trotz kommunaler Gesellschafter eine Zuordnung zu den privatwirtschaftlichen Unternehmen immer dann vorgenommen, wenn der überregionale Marktauftritt und die Beteiligungsstrategie mit denen privater Unternehmen vergleichbar sind.

rungsdichten, in denen die Sammlung traditionell durch kommunale Unternehmen erfolgt.

Einen ähnlich hohen Anteil haben kommunale Entsorgungsunternehmen auch in der Sammlung von Bio- und Grünabfällen. Der Anteil an der Sammlung von Altpapier ist nur leicht geringer. Demgegenüber

wird beispielsweise die Sammlung von Glas oder Leichtverpackungen vorwiegend von privaten Entsorgungsunternehmen durchgeführt, der Marktanteil liegt hier bei über 80 %.

Die von privaten Entsorgungsunternehmen und durch PPP-Gesellschaften durchgeführten Sammlungen erfolgen im Rahmen der Drittbeauftragungen sowohl durch große, überregional tätige Entsorgungsunternehmen als auch durch eine Vielzahl von eher kleineren und mittleren Entsorgungsunternehmen, die in Bundesländern wie Bayern traditionell eine starke Stellung aufweisen. Insbesondere im Bereich der Abfallsammlung ist auf die gängige Praxis zu verweisen, dass Teilleistungen aus Verträgen im Bereich Sammlung und Transport auch an Subunternehmer weitergegeben werden (können). Daraus folgt, dass die tatsächliche wirtschaftliche Bedeutung kleiner und mittlerer Entsorgungsunternehmen größer ist, als es die Ergebnisse der Ausschreibungen vermuten lassen.

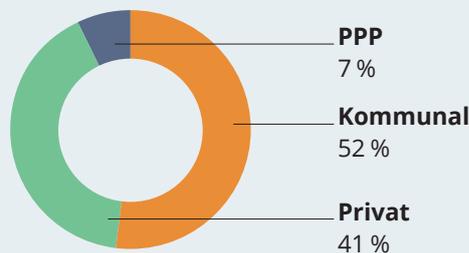
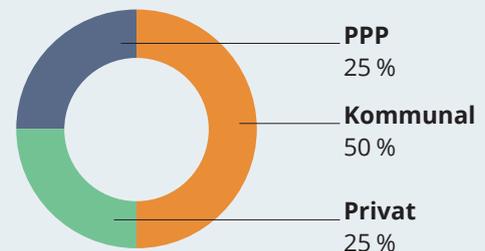
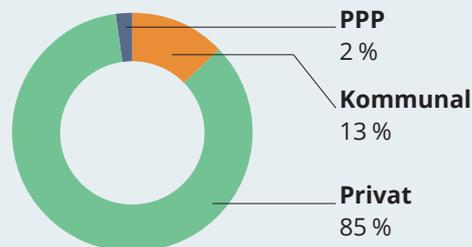
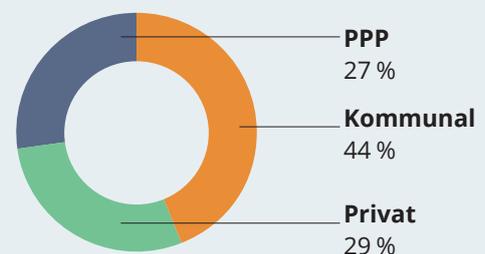
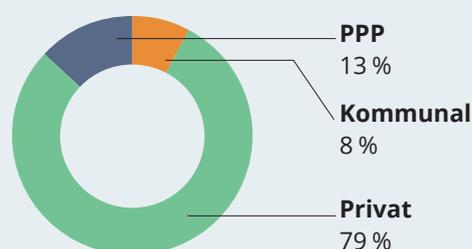
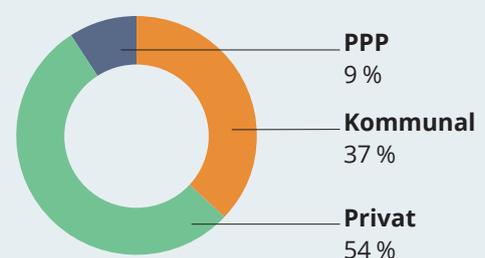
**Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen nach Bereichen****Sammlung und Transport****Mechanische bzw. mechanisch-biologische Behandlungsanlagen****Ersatzbrennstoff-Kraftwerke****Müllverbrennungsanlagen****Sonderabfallverbrennungsanlagen****Monoklärschlamm-Verbrennungsanlagen**

Abb. 39, Quelle: Marktbeobachtung Prognos AG



Entladung der Rottekammern im Kompostwerk, Quelle: AVG Köln

### 1.6.2.2 Sortier- und Aufbereitungsanlagen

Im Marktsegment der Sortier-, Schredder- und Aufbereitungsanlagen haben sich überwiegend privatwirtschaftliche Strukturen etabliert. Der Marktanteil kann auf 85 % – 90 % geschätzt werden.<sup>97</sup> Unsicherheiten bestehen insbesondere bei den Kapazitätsangaben, die eine genauere Abgrenzung erschweren.

Insgesamt ist die Unternehmenslandschaft klein- und mittelständig geprägt. Viele der Unternehmen sind familiengeführt. Die Mitarbeiteranzahl liegt oft deutlich unter 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Die klein- und mittelständischen Unternehmen sind primär regional aktiv. Zudem ist eine Spezialisierung auf eine oder nur wenige Abfallarten zu beobachten.

Zwischen den jeweiligen Teilmärkten bei den Schredder-, Sortier- und Aufbereitungsanlagen bestehen durchaus strukturelle Unterschiede. Je höher die technischen Anforderungen für die Sortierung und Aufbereitung spezifischer Abfallfraktionen sind, desto geringer ist auf Grund des erforderlichen Investitionsbedarfs der Anteil von kleineren Unternehmen.

In den vergangenen Jahren haben sich die Marktbedingungen auf Grund der Entwicklungen im Abfallrecht und in der Abfallwirtschaft stark verändert. Die Anforderungen an die Qualität der Sortierung und Aufbereitung steigen, Flexibilität sowie Innovationsbereitschaft und -fähigkeit sind notwendig. Zugewonnen hat auch der administrative Aufwand. Darüber hinaus stehen viele der kleinen und mittelständischen Unternehmen vor einem Generationen-

wechsel. Insbesondere im Bereich der Sortier- und Aufbereitungsanlagen ist in den vergangenen Jahren daher eine zunehmende Marktkonzentration zu beobachten gewesen.

### 1.6.2.3 Mechanische bzw. mechanisch-biologische Behandlungsanlagen

Die mechanischen und mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen, die kommunale Restabfälle behandeln, verfügen über eine Gesamtkapazität von rund 5,8 Millionen Tonnen pro Jahr.

Von diesen werden 50 % (nahezu 2,9 Millionen Tonnen) von rein öffentlichen Unternehmen betrieben. Private Unternehmen und PPP-Gesellschaften übernehmen mit je 25 % die Verantwortung für den Betrieb der verbleibenden Anlagenkapazitäten.

Bei einer differenzierterer Betrachtung der regionalen Verteilung zeigt sich, dass der Anteil kommunal geführte Anlagen insbesondere in Niedersachsen (91 %), Brandenburg (89 %) sowie Rheinland-Pfalz (63 %) dominiert. Die Anlagenkapazitäten in Sachsen-Anhalt und Hessen werden hingegen mit einem Anteil von 73 % bzw. 87 % von rein privaten Anlagenbetreibern geführt. In Berlin und Sachsen liegen die mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen mehrheitlich in den Händen von PPP-Gesellschaften.

<sup>97</sup> Eigenrecherchen Prognos AG



Anlieferung von Abfällen via Schiene einer MVA, Quelle: AVG Köln

#### 1.6.2.4 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Der Betrieb der „klassischen“ Müllverbrennungsanlagen (MVA) liegt im Verantwortungsbereich kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen sowie auch von Energieversorgern. Rund 44 % der Kapazitäten (9,0 Millionen Tonnen pro Jahr) werden von rein kommunalen Gesellschaften geführt. Private Unternehmen haben einen Anteil von 29 % (5,9 Millionen Tonnen pro Jahr). Die verbleibenden Kapazitäten in Höhe von 5,5 Millionen Tonnen pro Jahr (27 %) werden von PPP-Gesellschaften geführt. Bei zwei Dritteln der in Besitz von PPP-Gesellschaften betriebenen Kapazitäten haben die jeweiligen kommunalen Gesellschafter eine Mehrheit, beim verbleibenden Drittel haben private Unternehmen einen Anteil von mehr als 50 %.

Die kommunal geführten Müllverbrennungskapazitäten befinden sich in Nordrhein-Westfalen und Bayern mit einem Anteil von 39 % (3,5 Millionen Tonnen pro Jahr) bzw. 32 % (nahezu 2,9 Millionen Tonnen pro Jahr). In diesen beiden Bundesländern wurden bereits in den sechziger Jahren von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern die ersten Abfallverbrennungsanlagen gebaut. Ein weiterer Zubau von MVA-Kapazitäten erfolgte in mehreren Bundesländern im Vorfeld des im Jahre 2005 in Kraft getretenen Deponierungsverbotes für unvorbehandelte Siedlungsabfälle.

Bedeutende Anteile der in der Hand von privaten Unternehmen befindlichen MVA-Kapazitäten sind sich mit jeweils rund 24 % in den Bundesländern Niedersachsen (1,39 Millionen Tonnen pro Jahr) und Baden-Württemberg (1,41 Millionen Tonnen pro Jahr), gefolgt von Sachsen-Anhalt mit 19 % (1,14 Millionen Tonnen pro Jahr).

Im Rahmen von PPP-Gesellschaften geführten MVA befinden sich mehrheitlich mit einem Anteil von 43 % in Nordrhein-Westfalen (2,37 Millionen Tonnen pro Jahr). Mit einigem Abstand folgen Hessen mit 18 % (0,99 Millionen Tonnen pro Jahr) und Sachsen-Anhalt mit 12 % (0,65 Millionen Tonnen pro Jahr).

Die Funktion der Ersatzbrennstoff-Kraftwerke besteht vor allem darin, energieintensive Unternehmen (wie beispielsweise der Papierherstellung) oder Industrieparks mit Strom und (Prozess-)Wärme zu versorgen. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, dass die Gesamtkapazitäten von rund 6,3 Millionen Tonnen pro Jahr zu 86 % (5,4 Millionen Tonnen pro Jahr) in der Hand von privaten Unternehmen liegen. Kommunal geführte Anlagen haben einen Marktanteil bezogen auf die Kapazitäten von 13 % (0,8 Millionen Tonnen pro Jahr) und befinden sich überwiegend in den nordwestdeutschen Bundesländern. Nur 2 % (0,1 Millionen Tonnen) der EBS-Kraftwerks-Kapazitäten werden im Rahmen von PPP-Gesellschaften geführt, bei denen die kommunalen Gesellschafter insgesamt die Mehrheitsanteile halten.

Im Bereich der Monoverbrennungsanlagen für kommunale Klärschlämme werden 37 % (0,3 Millionen Tonnen TM pro Jahr) der Anlagenkapazitäten durch kommunale Unternehmen geführt. Der Anteil privater Betreiber liegt bei 54 % (0,5 Millionen Tonnen TM pro Jahr). Die verbleibenden 9 % entfallen auf PPP-Gesellschaften. Bei dem aufgrund der gesetzlichen Begrenzung des Ausbringungsverbotes in die Landwirtschaft und der Phosphorrückgewinnung notwendigen Aufbau neuer Monoverbrennungskapazitäten engagieren sich sowohl private, als auch kommunale Unternehmen.

### 1.6.2.5 Sonderabfallverbrennungsanlagen

Auch in Bereich der Sonderabfallverbrennung (SAV) werden die genehmigten Kapazitäten mehrheitlich von privaten Betreibergesellschaften gehalten. Sie verfügen über einen Anteil von 79 % (nahezu 1,3 Millionen Tonnen). Diese befinden sich primär im Besitz der chemischen Industrie.

0,2 Millionen Tonnen der genehmigten Kapazitäten werden von gemischten PPP-Gesellschaften gehalten (13 %). Die verbleibenden 8 % (0,1 Millionen Tonnen) entfallen auf rein kommunale Betreibergesellschaften.

### 1.6.3 Systeme zur Qualitätssicherung in der Kreislaufwirtschaft

Das tägliche Geschäft der Unternehmen in der Kreislaufwirtschaft spielt sich unter Beachtung einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien ab, die naturgemäß den Umgang mit den Abfällen selbst, aber auch den Schutz von Umweltmedien wie Wasser, Boden, Luft oder auch die Arbeitssicherheit betreffen. Allein schon vor diesem Hintergrund ist die Verantwortung der Unternehmen für den sachgerechten Umgang mit Abfällen sehr komplex. Zudem stehen die Abfallerzeuger bis zum endgültigen Abschluss der Entsorgung der Abfälle in der Verantwortung für die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung, auch wenn das beauftragte Unternehmen hinreichend sorgfältig ausgewählt wurde. Dies bedeutet, dass auch die Abfallbesitzer vor der Beauftragung eines Unternehmens sicher sein müssen, dass die Entsorgung ihrer Abfälle unter Beachtung aller gesetzlichen Regelungen und auf hohem technischen Niveau geschieht.

Daher haben die nationalen und internationalen Normen für Qualitäts- und Managementsysteme auch in der Kreislaufwirtschaft einen breiten Eingang gefunden. Die zusätzliche, freiwillige Selbstkontrolle der Unternehmen ist zu einem Erfolgsmodell geworden. Bereits seit über 25 Jahren sichern die Betriebe über diese Systeme eine qualitativ hochwertige, rechtssichere und umweltgerechte Durchführung der Dienstleistungen ab.

Die Zertifizierung zum „Entsorgungsfachbetrieb“ ist dabei das am meisten verbreitete Managementsystem. Der Begriff „Entsorgungsfachbetrieb“ wird in § 56 Abs. 2 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes eingeführt, die Anforderungen an einen „Entsorgungsfachbetrieb“ ergeben sich aus der sogenannten „Entsorgungsfachbetriebsverordnung“ (EfbV).

Betriebe, die die dort definierten Voraussetzungen erfüllen, können sich als Entsorgungsfachbetrieb zertifizieren lassen. Das Zertifikat „Entsorgungsfachbetrieb“ wird durch externe Sachverständige oder Entsorgungsgemeinschaften vergeben und ist zum Bei-

spiel auf Geschäftspapier oder auf Abfallsammel-fahrzeugen ein deutlich sichtbares Zeichen für den Kunden, dass die Organisation, die Prozesse und die Dokumentation in dem Unternehmen entsprechend den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes bzw. der aktuellen EfbV erfolgen. Allein bei der Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (EdDE e. V.) sind über 300 Betriebe als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert. Darüber hinaus gibt es branchenbezogene Entsorgungsgemeinschaften, die auf bestimmte Stoffe spezialisiert sind, wie bspw. die Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Stahl- und NE-Metall-Recycling Wirtschaft e. V. (ESN) mit rund 250 Mitgliedern. Zuverlässigkeit und Kompetenz der Entsorgungsfachbetriebe werden jährlich durch unabhängige Sachverständige geprüft.



Sichere Prozesse beim Sonderabfall, Quelle: HIM

Die Zertifizierung kann für verschiedene Tätigkeiten der Kreislaufwirtschaft erfolgen:

- ▶ Sammeln,
- ▶ Befördern,
- ▶ Lagern,
- ▶ Behandeln,
- ▶ Verwerten und
- ▶ Beseitigen.

Zusätzlich können Zertifikate auch für Betriebe erstellt werden, die mit Abfällen handeln oder makeln. Die Zertifizierung eines Entsorgungsfachbetriebes bringt für Kunden, Unternehmen und alle anderen Ansprechpartner eine Reihe von Vorteilen. Sie ermöglicht den Entsorgungsunternehmen eine breite Akzeptanz bei Abfallerzeugern, Kundinnen und Kunden, Behörden und Verbänden. In der Branche ist die Zertifizierung als Standard etabliert und wird häufig bei Ausschreibungen als Kriterium für die Qualitätssicherung vorausgesetzt. Die Betriebe können im Rahmen der Zertifizierung ihre Abläufe (zum Beispiel betriebliche Dokumentation, Versicherungsschutz, Genehmigungslage, Fach- und Sachkunde des Personals) überprüfen und gegebenenfalls verbessern, so dass zusätzlich auch ein hoher betriebsinterner Nutzen entsteht. Darüber hinaus entfallen einige Nachweispflichten gegenüber den Abfallbehörden.

Viele Betriebe der Kreislaufwirtschaft sind außerdem über Qualitätsmanagementsysteme, zum Beispiel nach der DIN ISO 9001, zertifiziert. Hier stehen die Kundenorientierung und die Organisation der internen Prozesse im Vordergrund. Die Wirksamkeit der Prozesse wird regelmäßig intern und extern durch Auditoren überprüft. Mit der Revision 9001:2015 wird der Schwerpunkt stärker auf ein effektives Prozessmanagement mit allen Wechselwirkungen sowie ein risikobasiertes Denken und Handeln gelegt.

Einige Betriebe der Kreislaufwirtschaft verfügen zum Teil noch zusätzlich über eine Zertifizierung eines Umweltmanagementsystems, die sich zum Beispiel an der DIN ISO 14001 orientieren. Dieses System ist gut mit der DIN ISO 9001 kombinierbar. Weitere Systeme sind bekannt als EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) bzw. als „Öko-Audit“. Bei der Validierung eines EMAS müssen die tatsächlichen Umweltentlastungen messbar gemacht werden und die Rechtskonformität wird durch die Einbindung von Überwachungsbehörden stärker überprüft.

Insgesamt geht der Trend in der Kreislaufwirtschaft aktuell in Richtung unternehmensspezifisch integrierter Managementsysteme, die auch weitere Aspekte umfassen, wie zum Beispiel

- ▶ Risikomanagement,
- ▶ Arbeitssicherheitsmanagement,
- ▶ Genehmigungsmanagement,
- ▶ Dokumentenmanagement oder auch Ertragsmanagement.

Die integrierten Managementsysteme sind auf die jeweilige Organisation zugeschnitten und haben als gemeinsame Zielsetzung, die Vielzahl an Regelwerken zu berücksichtigen und die Umsetzung im Unternehmen zu sichern. Neben der fachlichen Koordination dieser vielen anspruchsvollen Managementinstrumente ist parallel auch die Digitalisierung der Prozesse von den Unternehmen in den nächsten Jahren voranzutreiben.

Zunehmend gewinnt für die Unternehmen auch das Thema „Nachhaltigkeit“ als Klammer der ökonomischen, ökologischen und sozialen Unternehmensführung an Bedeutung. Eine Reihe von Unternehmen und Verbänden haben bereits eine Entsprechenserklärung zum Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) abgegeben. Große Unternehmen haben ab 2018 die Verpflichtung, über die nachhaltige Entwicklung zu berichten (CSR-Umsetzungs-Gesetz).

Neben den Managementsystemen gibt es auch noch diverse Qualitätssicherungssysteme für Abfälle, exemplarisch sei hier die Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz (BGS e.V.) genannt, die seit mehr als 15 Jahren durch das RAL Gütezeichen 724 die Qualität von Sekundärbrennstoffen garantiert. Durch die Kombination von Eigen- und Fremdüberwachung werden so die Inputmaterialien z. B. von Zement-, Kalk- und Großkraftwerken analysiert.

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK e.V.) arbeitet ebenfalls mit einem RAL Gütezeichen für Komposte und Gärprodukte und weitere organische Abfälle. Die freiwillige Produktzertifizierung nutzen Hersteller von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln. Die Qualitätssicherung von Bioabfällen und Klärschlamm ist in § 12 KrWG explizit vorgegeben. Die Qualität für Schrotte, Papier und Altholz wird an verschiedenen Qualitätsstufen (Sorten) für die Marktteilnehmer definiert.

Auch im Rahmen der Novelle KrWG sind im Referentenentwurf in § 5 (2) in Bezug auf das Ende der Abfalleigenschaft in Rechtsverordnungen Qualitätskriterien festzulegen und durch Managementsysteme nachzuweisen (Qualitätskontrollen durch Eigen- und Fremdkontrollen).

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft leisten mit ihrer Arbeit auf allen Stufen der Wertschöpfungskette – von der Sammlung über den Transport der Abfälle bis zur Vorbehandlung, Verwertung und schadstofffreien Beseitigung – einen wertvollen Beitrag zum Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz. Dies erfolgt im Wettbewerb, aber auch in der Zusammenarbeit der Akteure. Sie sind sich ihrer Verantwortung bewusst, nutzen vorhandene Systeme zur Prozessoptimierung und lassen sich Befugnisse und Kompetenzen durch neutrale Prüfungen dokumentieren.



Audit zur Zertifizierung, Quelle: KAATSCH



Sicherheit durch prozessbegleitende Laborleistungen, Quelle: REMONDIS



# Wirtschaftliche Bedeutung.

## Dynamik

Die Kreislaufwirtschaft ist nach wie vor eine Wachstumsbranche. Stetig wachsende Anforderungen an die stoffliche und energetische Verwertung, steigende Standards für die Erzeugung von Sekundärrohstoffen und die damit einhergehende technischen Innovationen führen zu einer nachhaltig positiven Entwicklung der wesentlichen wirtschaftlichen Indikatoren: Die Kreislaufwirtschaft erzielte im Jahr 2017 einen Umsatz von etwa 84,1 Milliarden Euro (+ 18 % zu 2010) und beschäftigte im Jahr 2019 über 310.000 Erwerbstätige (+ 12 % zu 2010). In der Kreislaufwirtschaft sind heute bundesweit fast genauso viele Personen beschäftigt wie in der Energiewirtschaft und fast viermal so viele Personen wie in der Wasser- und Abwasserwirtschaft. Die zunehmende Anzahl von Startups mit ihren innovativen Ideen steht stellvertretend für die noch bestehenden Herausforderungen sowie die Attraktivität der Kreislaufwirtschaft. Mit einer Bruttowertschöpfung von rund 28,1 Milliarden Euro im Jahr 2017 (+ 31 % zu 2010) ist die Branche ein bedeutender Wirtschaftsfaktor Deutschlands.

## Wertschöpfung

Die Kreislaufwirtschaft umfasst weit mehr als das Sammeln, Transportieren und Entsorgen von Abfällen – die Analysen zeigen, welche wirtschaftliche Bedeutung auch die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen der Technik und des Handels für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft haben. Von den rund 10.700 Unternehmen entfallen ca. 6.100 Betriebe auf die klassischen Marktsegmente „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ und „Abfallbehandlung und -verwertung“. Knapp 1.300 Unternehmen zählt das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“. Weitere 3.300 Unternehmen sorgen mit dem „Großhandel mit Altmaterialien“ für den wichtigen Kreislauf der erfassten und recycelten

Wertstoffe aus der Abfallwirtschaft. Im Durchschnitt hat jeder Erwerbstätige in der Kreislaufwirtschaft im Jahr 2017 einen Umsatz von 285.000 € und eine Bruttowertschöpfung von 95.000 € erzielt.

## International

Die deutsche Kreislaufwirtschaft ist seit vielen Jahren ein wichtiger Akteur im internationalen Handel mit Anlagen, Maschinen und Sekundärrohstoffen: Auf der einen Seite besteht in vielen Ländern der Welt ein hoher Bedarf an Technologien und Lösungen, um eigene Entsorgungsstrukturen aufbauen zu können. Auf der anderen Seite werden zur Entwicklung der Volkswirtschaften zunehmend mehr Sekundärrohstoffe benötigt. Die Abfallgesetzgebung hat in Deutschland frühzeitig zu technologischen Innovationen geführt, die heute eine tragfähige Basis für den erfolgreichen Export bilden. Allein das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ verfügt im Jahr 2018 über ein Exportvolumen von 5,1 Milliarden Euro. Die wichtigsten Zielmärkte in diesem Bereich sind nach wie vor die Vereinigten Staaten, China und Frankreich. Sekundärrohstoffe, wie Metalle oder Kunststoffe, gehen hingegen mit einem Gesamtvolumen von 9,5 Milliarden Euro in erster Linie nach Belgien, Italien und in die Niederlande.

# Die Kreislaufwirtschaft – dynamisch und vielseitig.

Klassischerweise werden mit der Kreislaufwirtschaft das Sammeln, Transportieren, Verwerten und Beseitigen von Abfällen verbunden. Diese Kernbereiche der Branche knüpfen jedoch an einen viel breiteren Wertschöpfungskontext an. Dieser umfasst neben technischen Vorleistungen des Maschinen- und Anlagenbaus unter anderem auch begleitende Handelsaktivitäten und Dienstleistungen. Die ökonomische Analyse der Kreislaufwirtschaft verdeutlicht, wie die Wertschöpfungsstufen fließend ineinandergreifen. Dabei zeigt sich die wachsende Bedeutung dieses Wirtschaftszweiges für die Umweltwirtschaft und den Arbeitsmarkt.

Zur ökonomischen Erfassung der Leistungen der Kreislaufwirtschaft lassen sich die volkswirtschaftlichen Daten der statistischen Ämter heranziehen. Im klassischen Gefüge der Einteilung der Volkswirtschaft in Branchen und Wirtschaftszweige finden auch Entsorgungsdienstleistungen ihren festen Platz. Die Klassifikation der Wirtschaftszweige erfasst explizit die Aktivitäten der Abfallsammlung, der Abfallbehandlung sowie der Rückgewinnung von Wertstoffen

und definiert damit die ökonomische bzw. statistische Sichtweise auf die Branche. Doch diese enge Perspektive wird der tatsächlichen Größenordnung der Kreislaufwirtschaft im Hinblick auf die Wertschöpfung und Erwerbstätigkeit nicht gerecht. Die Behandlung und Verwertung von Abfällen setzt entsprechende Maschinen und technische Anlagen voraus, die entwickelt, produziert, installiert und gewartet werden müssen. Darüber hinaus werden für die

Marktsegmente und Teilbereiche der Kreislaufwirtschaft

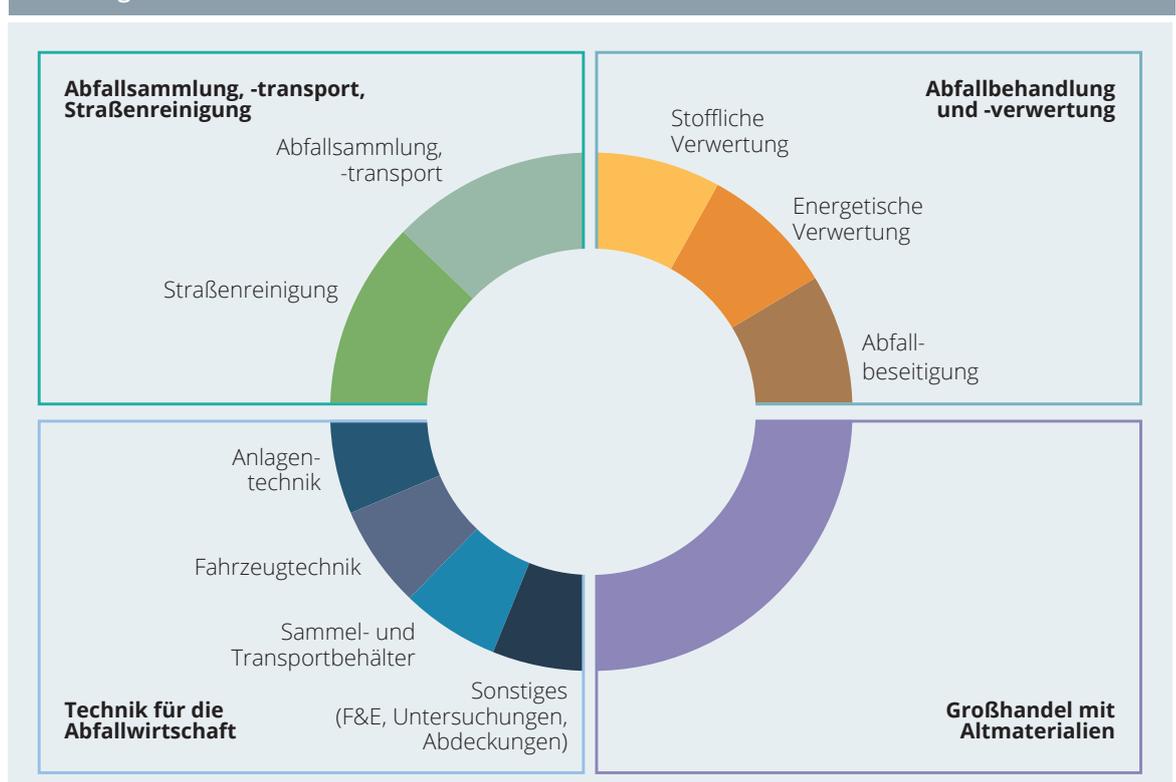


Abb. 40, Quelle: Prognos AG



Technische Demonstration IFAT-Außengelände, Quelle: Messe München

Abfallsammlung und -verwertung nicht nur Fahrzeuge und Behälter benötigt, sondern auch beispielsweise Großhändler, die die gewonnenen Sekundärrohstoffe wieder in den Produktkreislauf bringen.

Dieser Bericht legt ein umfassenderes Verständnis der Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft zu Grunde, als es die Klassifizierung nach Wirtschaftszweigen ermöglicht. Als Ergebnis der durchgeführten Analysen wird die Kreislaufwirtschaft in insgesamt vier Marktsegmente abgegrenzt, die wiederum aus unterschiedlichen Teilsegmenten bestehen.

Die beiden Marktsegmente „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“ bilden die Abfallwirtschaft nach einem eher klassischen Verständnis ab. Diese Zweiteilung mag nicht für jeden Unternehmenskontext trennscharf abgrenzbar sein, da viele größere Entsorgungsbetriebe in beiden Marktsegmenten zugleich wirtschaftlich aktiv sind. Sie folgt jedoch der statistischen Datenverfügbarkeit und ermöglicht eine differenzierte Betrachtung.

Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ nimmt eine vorgelagerte Wertschöpfungsperspektive auf die Branche ein. Es umfasst Fahrzeuge, mobile und stationäre Maschinen, Anlagen und technische Ausstattungen, ohne die die Leistungserbringung der „klassischen“ Marktsegmente nicht möglich wäre. Der gesamte Wertschöpfungsprozess wird durch das Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien“ abgeschlossen. Die folgenden Kapitel beschreiben die einzelnen Marktsegmente und analysieren deren wirtschaftliche Bedeutung.

### **Methodische Grundlage**

#### **envigo Modell:**

*Die Kreislaufwirtschaft ist als Teil der übergeordneten Querschnittsbranche „Umweltwirtschaft“ anzusehen. Diese Querschnittsbranche umfasst alle Unternehmen, die umweltschützende bzw. umweltfreundliche und ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen anbieten. Neben der Kreislaufwirtschaft zählen hierzu auch die Landwirtschaft, die Wasserwirtschaft, umweltfreundliche Energien und Energieeffizienz oder auch die umweltfreundliche Mobilität. Die ökonomische Erfassung der Umweltwirtschaft wird durch das envigos-Modell der Prognos AG ermöglicht. Das Modell stellt eine umfassende und neue statistische Abgrenzung der Kreislaufwirtschaft zur Verfügung. Es identifiziert in den einzelnen Branchen der Umweltwirtschaft die zugehörigen Produkte und Dienstleistungen im Rahmen der bestehenden Klassifikation der Wirtschaftszweige (ca. 1.800 Einträge), Güterzweige (ca. 7.700 Einträge) und im Warenverzeichnis für den Außenhandel (ca. 13.000 Einträge). Das Modell wird in diversen Studien zur Umweltwirtschaft und in einzelnen Teilbereichen (unter anderem Kreislaufwirtschaft und Erneuerbare Energien) eingesetzt.*

#### **Datengrundlage:**

*Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf amtlichen wirtschaftsstatistischen Daten, die mit Hilfe des Abgrenzungsmodells envigos für die Analyse herangezogen werden können. Dabei handelt es sich insbesondere um bundeslandspezifische Daten aus der Beschäftigungsstatistik des Bundesamtes für Arbeit, der Umsatzsteuerstatistik und der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes sowie der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder.*

# Leistungsstarke Motoren der Volkswirtschaft.

Die Kreislaufwirtschaft erfüllt eine Reihe von zentralen gesellschaftlichen Aufgaben – und dies überaus erfolgreich. Das kontinuierliche Wachstum in den Kernbereichen und die steigende Zahl der Erwerbstätigen gehen einher mit einer stabilen Wertschöpfung.

Steigende gesellschaftliche und umweltpolitische Anforderungen sorgen dafür, dass sich der Gesamtmarkt der Kreislaufwirtschaft auch in Zukunft kontinuierlich weiter entwickeln wird. Regional und national.



## 2.2.1 Technik für die Abfallwirtschaft

Eine moderne technische Infrastruktur bildet die Grundlage für eine funktionsfähige und effiziente Kreislaufwirtschaft. Dazu zählen zum Beispiel Abfallfördereinrichtungen, Sortieranlagen, Mess- und Filterapparate sowie Abfallbehandlungs- und Recyclinganlagen. Des Weiteren wird eine spezialisierte Fahrzeugtechnik benötigt, ebenso wie Sammelbehälter und anderes Equipment zur Abfallsammlung. Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ bündelt die Herstellung dieser Komponenten und bildet die spezialisierten Unternehmen aus klassischen Branchen wie der Kunststoffverarbeitung, dem Maschinen- oder dem Fahrzeugbau ab.

In den knapp 1.300 Unternehmen dieses Marktsegments waren im Jahr 2017 über 58.000 Erwerbstätige beschäftigt. Damit umfasst das Marktsegment knapp ein Fünftel der Erwerbstätigen der Kreislaufwirtschaft. Die Entwicklung verlief über die letzten Jahre stabil. Die Zahl der Erwerbstätigen wuchs seit 2010 um 1,1 % p.a. Die Umsätze und die Bruttowertschöpfung legten demgegenüber deutlich stärker zu. Sie stiegen im gleichen Zeitraum um 3,9 % p.a. bzw. 4,0 % p.a., also um insgesamt über 30 % im Vergleich zu 2010. Die Zahl der Unternehmen blieb dabei nahezu konstant.

Die Anlagentechnik stellt mit Abstand den wichtigsten Technologiebereich dar. Über 70 % der Erwerbstätigen stammen aus diesem Bereich. Auf die Herstellung von Sammel- und Transportbehältern entfallen knapp 12 %, auf die Fahrzeugtechnik 10 % und auf die sonstige Technik knapp 8 %.

Die Struktur der Erwerbstätigen in diesem Marktsegment spiegelt die hohen Anforderungen an die Qualifikation wider und hebt sich deutlich von den anderen Marktsegmenten ab. Der Anteil geringfügig Beschäftigter liegt hier bei nur 5 %. Im Vergleich liegt dieser im Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien“ bei über 13 %. Über ein Drittel der sozialver-



Sortieranlage für Glas, Quelle: REILING

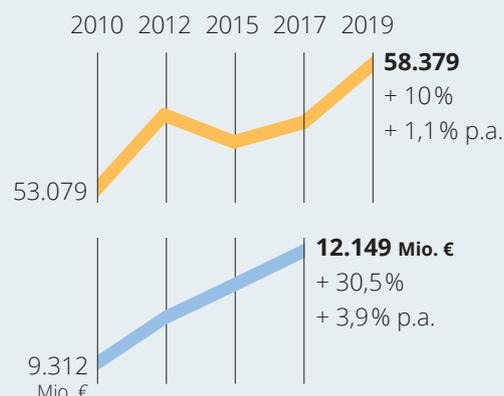
sicherungspflichtig Beschäftigten sind gemäß der Klassifikation der Berufe Spezialisten oder Experten, wie zum Beispiel Techniker und Ingenieure. Diese sind mit besonders komplexen Aufgaben betraut. Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ ist damit in besonderem Maße von der Qualifikation der Beschäftigten geprägt: Knapp 20 % haben einen akademischen Berufsabschluss, und damit mehr als doppelt so viele als in den drei anderen Marktsegmenten. Der Anteil weiblicher Beschäftigter steigt weiter an und liegt mittlerweile bei über 20 %.

Die Zukunft der Kreislaufwirtschaft wird entscheidend geprägt von technischen Lösungen, welche die zunehmenden Ansprüche und Anforderungen an die Qualität der Abfallsammlung und -verwertung erfüllen müssen. Besonders auf internationalen Märkten erfährt die Abfalltechnik aus Deutschland eine hohe und weiter zunehmende Nachfrage (siehe Kap. 2.3). Damit bestehen weiterhin positive Aussichten für die weitere Entwicklung des Marktsegments.

### Anteile ausgewählter Indikatoren des Marktsegments „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft

### Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz (Zeitraum 2010 bis 2019)

Unternehmen	1.295	(12 %)
Erwerbstätige	58.379	(19 %)
Umsatz	12.149 Mio. €	(14 %)
Bruttowertschöpfung	4.710 Mio. €	(17 %)



Erwerbstätige: Stand 2019,  
Unternehmen, Umsatz,  
Bruttowertschöpfung: Stand 2017



Laubbeseitigung, Quelle: Stadtreinigung Hamburg

### 2.2.2 Sammlung, Transport und Straßenreinigung

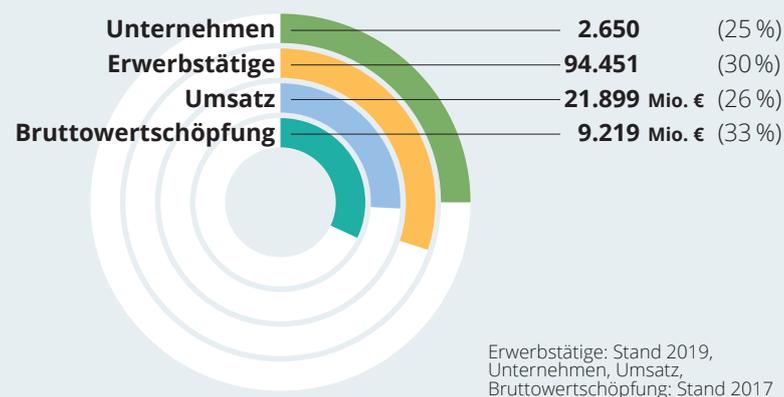
Bevor Abfälle und Wertstoffe behandelt und recycelt werden können, müssen sie von den Entstehungsorten zu den Sortier- und Verwertungsanlagen gelangen. Dahinter stehen umfassende Logistikprozesse und -dienstleistungen für die Sammlung und den Transport nichtgefährlicher sowie gefährlicher Abfälle aus Haushalten, Gewerbe und Industrie, die im Marktsegment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ bilanziert werden. Ergänzt wird dies um den Bereich der Straßenreinigung.

In diesem Marktsegment erzielte die Kreislaufwirtschaft einen Umsatz von knapp 21,9 Milliarden Euro (2017). Die Zahl der Erwerbstätigen lag hier bei knapp 95.000 (2019). Mit ca. 26 % der Umsätze und 30 % der Erwerbstätigen ist es das zweitgrößte Marktsegment der Kreislaufwirtschaft. Etwa 2.650 Unternehmen lassen sich über den Schwerpunkt des Unternehmenszwecks diesem Marktsegment zuordnen.

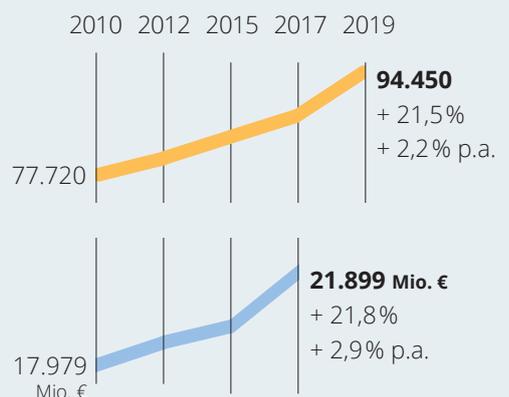
Die Zahl der Erwerbstätigen stieg in den letzten zwei Jahren deutlich an. Das Wachstum der Erwerbstätigen liegt bei 2,2 % p.a. und ist damit höher als in jedem anderen Marktsegment. Insbesondere der Wirtschaftszweig „Sammlung nicht gefährlicher Abfälle“ hat im Zeitraum 2010–2019 einen starken Zuwachs verzeichnet. Auch die Umsätze (+2,9 % p.a.) und die Bruttowertschöpfung (4,3 % p.a.) legten kräftig zu.

Die Tätigkeiten im Marktsegment werden mit rund 62 % überwiegend von ausgebildeten Fachkräften ausgeführt, Hilfskräfte haben einen Anteil von etwa 26 %. Damit bietet die Kreislaufwirtschaft insbesondere in diesem Marktsegment Arbeitskräften mit geringem Qualifikationsniveau eine Chance auf dem Arbeitsmarkt. Gleichwohl befindet sich mit fast 90 % die überwiegende Mehrheit der Erwerbstätigen in vollwertigen sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnissen.

#### Anteile ausgewählter Indikatoren des Marktsegments „Sammlung, Transport und Straßenreinigung am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft



#### Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz (Zeitraum 2010 bis 2019)



### Anteile ausgewählter Indikatoren des Marktsegments „Abfallbehandlung und -verwertung“ am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft

### Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz (Zeitraum 2010 bis 2019)



Abb. 43, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

### 2.2.3 Abfallbehandlung und -verwertung

Das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ kann als technologischer Schwerpunkt der Kreislaufwirtschaft betrachtet werden. Neben der Vorbehandlung und Entsorgung nichtverwertbarer Abfälle findet hier die Sortierung sowie die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen statt. Die Leistungen umfassen unter anderem die Zerkleinerung, Reinigung, Trennung und Sortierung von Abfällen, die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen (vor allem mineralische Abfälle, Metalle, Kunststoffe, Glas und Papier) sowie die energetische Verwertung und die Behandlung von gefährlichen Abfällen.

Mit über 135.000 Erwerbstätigen stellt dieses Marktsegment die meisten Beschäftigten der Kreislaufwirtschaft (44%). Knapp 62% davon sind ausgebildete Fachkräfte. Der Anteil von Hilfskräften liegt bei rund 24%. Ebenso wie im Marktsegment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ bestehen somit auch hier gute Chancen für Arbeitskräfte mit niedrigem Qualifikationsniveau. In diesem Marktsegment findet zudem eine hohe Leistung bei der Integration ausländischer Arbeitskräfte statt. Über 12% der Beschäftigten haben einen Migrationshintergrund.

Die Entwicklung der Umsätze konnte, trotz konjunktureller Schwankungen, im Zeitraum 2010–2017 insgesamt ein deutliches Plus verzeichnen (+3,1% p.a., +23,8% insgesamt). 2017 erwirtschaftete das Marktsegment über 35 Milliarden Euro. Die Zahl der Unternehmen sank in diesem Marktsegment hingegen besonders stark – zwischen 2010 und 2017 um insgesamt 9,4%. In Anbetracht der insgesamt positiven wirtschaftlichen Bilanz ist der Rückgang der Unternehmen unter anderem auf Konsolidierungsprozesse vor dem Hintergrund zunehmender qualitativer Anforderungen und des herrschenden Wettbewerbsdrucks zurückzuführen. Viele kleinere Unternehmen können häufig dem Investitionsdruck bei gleichzeitig fluktuierenden Sekundärrohstoffmärkten nicht standhalten.

Das Marktsegment ist vor allem geprägt vom Teilbereich der stofflichen Verwertung, der fast 75% der Erwerbstätigen und 88% der Umsätze ausmacht. Die Anzahl der Erwerbstätigen in diesem Bereich stieg zwischen 2010 und 2019 um knapp 7.000 Stellen an. Das Wachstum resultiert maßgeblich auf der dynamischen Entwicklung im Wirtschaftszweig der Rückgewinnung (WZ 38.3). Auch mit Blick auf den Außenhandel spielt der Teilbereich eine zentrale Rolle. Eine ausführliche Beschreibung hierzu befindet sich in Kap. 2.3.



Recycelte Kunststoffgranulate in Bigpacks, Quelle: VEOLIA

### Anteile ausgewählter Indikatoren des Marktsegments „Großhandel mit Altmaterialien“ am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft

### Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz (Zeitraum 2010 bis 2019)



Abb. 44, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

#### 2.2.4 Großhandel mit Altmaterialien

Zur Wertschöpfung der Kreislaufwirtschaft gehören auch die Aktivitäten im Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien“. Sie stellen ein wesentliches Bindeglied zwischen den Produzenten von Sekundärrohstoffen einerseits und den Unternehmen andererseits, die diese zur Herstellung neuer Güter benötigen, dar.

Der Großhandel mit Altmaterialien ist von für den Handel nahezu typischen konjunkturellen Schwankungen geprägt. Der Großhandel mit Altmaterialien

konnte sich von den vergleichsweise schlechten Ergebnissen bis 2015 erholen. Die Umsätze steigen wieder an, die Anzahl der Erwerbstätigen konnte sich annähernd auf dem Niveau von 2015 stabilisieren. Dennoch setzt sich die Konsolidierung der Unternehmenslandschaft weiter fort (2010 – 2017: -11%).

Die weitere Entwicklung wird auch durch den internationalen Handel geprägt. Dieser ist in den letzten Jahren durch neue Einfuhrbedingungen, etwa in Bezug auf Kunststoffabfälle für den chinesischen Markt, die sich auf den Großhandel auswirken, besonders unter Druck geraten (siehe Kap. 2.3).

#### Hinweise zur Methodik

##### Indikatoren zur Beschreibung der wirtschaftlichen Bedeutung

Die **Bruttowertschöpfung** bezeichnet den Gesamtwert der im Produktions- bzw. Leistungsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen abzüglich des Werts der Vorleistungen. Gegenüber den Umsätzen wird dabei ausschließlich die zusätzliche Wertschöpfung der berücksichtigten Wirtschaftsaktivitäten betrachtet (inklusive erzeugter Mehrbestände für den betrieblichen Eigenverbrauch, Lagerung und selbsterstellter Anlagen). Aufgrund unterschiedlicher Datenquellen besteht jedoch nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit zu den ermittelten Umsatzen. Daten zur Bruttowertschöpfung liegen in der wirtschaftsstatistischen Klassifikation lediglich für die 38 Wirtschaftsabschnitte und nicht untergliedert nach Wirtschaftszweigen vor. Um ein differenziertes Bild für die Kreislaufwirtschaft zu schaffen, wurden daher sektorspezifische Produktivitätsfaktoren (Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen) mit den detailliert vorliegenden Zahlen der Erwerbstätigen verrechnet.

Die Gruppe der **Erwerbstätigen** umfassen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte

sowie Selbstständige. Auch Beschäftigte öffentlicher Unternehmen werden erfasst. Beamte können dagegen nicht berücksichtigt werden. Über das Abgrenzungsmodell der Kreislaufwirtschaft werden sowohl direkte (Leistungen der Abfallwirtschaft) als auch indirekte Arbeitsplätze (unter anderem Herstellung von Anlagen und technischer Ausrüstung, Installation, Handel berücksichtigt. Die Daten zu den Erwerbstätigen in diesem Bericht beziehen sich auf das Jahr 2019.

Das **Import- und Exportvolumen** beschreibt den Gesamtwert der Importe bzw. Exporte der Kreislaufwirtschaft aus Deutschland in ausländische Märkte. Die Handelsdaten basieren auf der Außenhandelsstatistik und bilden daher nur Güter und keine Dienstleistungen ab. Der Güterverkehr umfasst ca. 85 % des deutschen Außenhandels.

Die Höhe der erwirtschafteten **Umsätze** wurde anhand der Umsatzsteuerstatistik ermittelt. Erfasst sind die gemeldeten Umsätze von Unternehmen, die einen jährlichen Gesamtumsatz von mindestens 17.500 Euro erwirtschaften. Unternehmen melden Umsätze in der Regel an ihrem jeweiligen nationalen Hauptsitz, was nicht zwangsläufig dem Ort der Leistungserbringung entspricht. Dies ist bei einem Vergleich der Bundesländer

zu berücksichtigen. Darüber hinaus wurden ergänzend auf Basis der Statistik über die Jahresabschlüsse der öffentlichen Unternehmen auch die Umsätze steuerbefreier öffentlicher Abfallwirtschaftsbetriebe berücksichtigt. Da sich die Veröffentlichung der aktuellen Umsatzsteuerstatistik der statistischen Ämter in diesem Jahr verzögert, beziehen sich die in diesem Bericht genannten Umsätze auf das Jahr 2017.

Die Umsatzsteuerstatistik bildet ebenfalls die Grundlage für die im Rahmen dieses Berichts ermittelte **Anzahl der Unternehmen** in den Marktsegmenten der Kreislaufwirtschaft. Erfasst wurden somit im Wesentlichen die steuerpflichtigen Unternehmen. Darüber hinaus wurden steuerbefreite öffentliche Betriebe in den Analysen ergänzt.

Der **Lokalisierungsquotient/Spezialisierungsgrad** setzt den Anteil eines Marktsegmentes an den Erwerbstätigen eines Bundeslandes ins Verhältnis zum entsprechenden Wert in der Bundesrepublik. Ein Lokalisierungsquotient größer 1 drückt eine überdurchschnittliche Ausprägung aus, d. h. es liegt eine Spezialisierung in diesem Marktsegment vor





Logistik von Kunststoffmaterialien, Quelle: fotolia

### 2.2.5 Die Kreislaufwirtschaft im Überblick

In der Gesamtschau beschäftigt die Kreislaufwirtschaft – über die vier im Einzelnen dargestellten Marktsegmente hinweg – mehr als 310.000 Erwerbstätige. Die Branche entwickelte sich insgesamt weiter positiv. Seit dem Jahr 2010 ist die Zahl der Erwerbstätigen um mehr als 33.000 gestiegen, dies entspricht einem Wachstum von durchschnittlich 1,3 % p. a. zwischen 2010 und 2019. Zuletzt (seit 2017) fand nochmals eine deutliche Steigerung statt. Auch die Umsätze weisen insgesamt einen positiven Trend

auf. 2017 lagen sie bei über 84 Milliarden Euro. Die Entwicklung ist mit + 2,3 % p.a. sogar noch stärker. Allerdings zeigen sich im Verlauf konjunkturelle Schwankungen, besonders im Großhandel. Davon unbeeindruckt verzeichnet die Bruttowertschöpfung mit 3,9 % p.a. das höchste Wachstum. Sie lag 2017 bei über 28 Milliarden Euro. Die Anzahl der Unternehmen, die in der Kreislaufwirtschaft tätig sind, ist seit dem Jahr 2012 insgesamt rückläufig. Hier lässt sich mit besonderem Blick auf kleinere Unternehmen ein Konsolidierungsprozess feststellen.

#### Entwicklung wirtschaftlicher Indikatoren der Kreislaufwirtschaft im Überblick

	2010	2012	2015	2017	2019	Entwicklung (in %)	
						<i>p.a.</i>	
Erwerbstätige	277.300	288.480	289.770	295.360	310.470	12,0	1,3
Umsatz (in 1.000 €)	71.499.000	79.664.800	76.094.400	84.084.200	-	17,6	2,3
Bruttowertschöpfung (in 1.000 €)	21.538.400	23.685.800	26.318.400	28.111.800	-	30,5	3,9
Unternehmen	11.600	11.700	11.000	10.700	-	-7,8	-1,1

Abb. 45, Quellen: Quellen: Prognos AG auf Basis des Statistisches Bundesamtes, Umsätze und Unternehmen sind einschließlich der öffentl. FEU

## 2.2.6 Vergleich mit anderen Branchen

Die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft wird häufig unterschätzt. Dies liegt unter anderem an der eingeschränkten Betrachtung der Branche ohne Berücksichtigung des Marktsegmentes „Technik für die Abfallwirtschaft“. In der hier dargelegten umfassenden Perspektive die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft mit über 310.000 Erwerbstätigen – insoweit etwa vergleichbar mit der Energieversorgung, die knapp 335.000 Erwerbstätige beschäftigt.

Im Vergleich mit anderen klassischen Infrastrukturbranchen liegt die Entwicklung der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Betrachtungszeitraum von 2010 bis 2019 im Mittelfeld. Mit einer Entwicklung von 1,3 % p. a. liegt die Kreislaufwirtschaft deutlich über der Wasserwirtschaft mit 0,6 % p. a., bleibt aber knapp hinter der Entwicklung in der Energieversorgung mit 1,4 % p. a. und der Entwicklung in der Personenbeförderung (Schiene und Straße) mit 1,7 % p. a. zurück. In diesen Entwicklungen spiegelt sich der starke, umweltpolitisch induzierte Ausbau der erneuerbaren Energien und des ÖPNV wider.

Die Kreislaufwirtschaft ist ein zentraler Bestandteil der technischen Infrastruktur und der Daseinsvorsorge. Die gesicherte Entsorgung zu wettbewerbsfähigen Kosten gehört auch zu den wichtigen Standortvorteilen der deutschen Wirtschaft. Neben den klassischen Aufgaben Erfassung, Sammlung und Transport trägt die stoffliche Verwertung der Abfälle zur Verringerung der Importabhängigkeit und der

Erwerbstätige in Schlüsselbranchen der Grundversorgung 2010 und 2019 und ihre Entwicklung

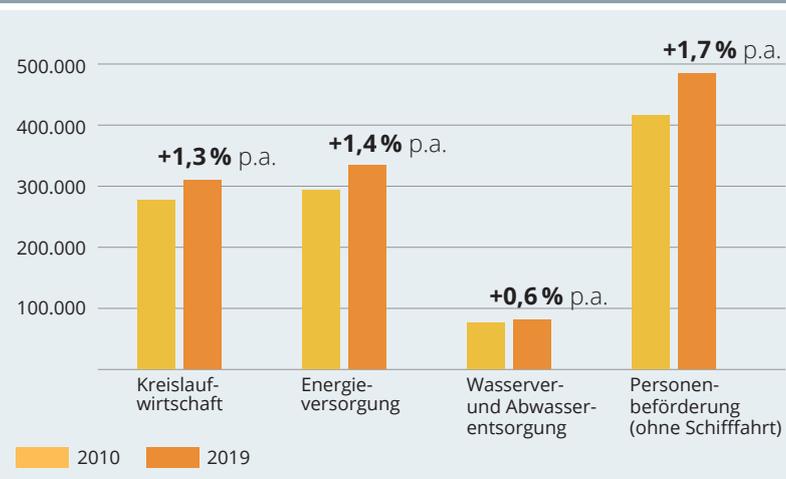


Abb. 46, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

Kreislaufführung von Rohstoffen bei. Die energetische Nutzung der Abfälle leistet einen zunehmend wichtigeren Beitrag zur Umsetzung der Energiewende, vor allem im Bereich der Grundlast und der Sektorkopplung.



Flotte vor Brandenburger Tor, Quelle: BSR

# Importe und Exporte in einem boomenden Weltmarkt.

Die Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft beruhen weitgehend auf lokalen Wertschöpfungsstrukturen, allerdings sind der Maschinen- und Anlagenbau sowie verschiedene Sekundärrohstoffe wichtige Bestandteile internationaler Handelsverflechtungen. Die Analysen liefern interessante Ergebnisse zu den technologischen Stärken der deutschen Kreislaufwirtschaft. Eine der wichtigsten Plattformen für den weit verzweigten Außenhandel der deutschen Kreislaufwirtschaft ist die IFAT, die internationale Leitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft in München.



### 2.3.1 Sprungbrett in die globale Kreislaufwirtschaft

Der Welthandel mit Maschinen und Anlagen für die Kreislaufwirtschaft hat ebenso wie der Handel mit Sekundärrohstoffen in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Die Ursachen dafür liegen nicht zuletzt darin begründet, dass für die Entwicklung der Volkswirtschaften in den Schwellenländern Rohstoffe für die Güterproduktion benötigt werden, die auf der Welt ungleich verteilt sind. Nachfrage und Angebot müssen also ausgeglichen werden. Für den Aufbau einer lokalen Kreislaufwirtschaft und Sekundärrohstoffmärkten werden zeitnah Investitionen u. a. in Technologien benötigt, die in anderen Teilen der Welt bereits erfolgreich eingesetzt worden sind.

Die Aufgabe von Marktplätzen ist es, Menschen, Produkte und Wissen zusammen zu bringen – nur im globalen Austausch können Herausforderungen wie eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft oder der Klimawandel gemeistert werden. Die größte Umwelttechnologiemesse der Welt ist die IFAT in München. Alle zwei Jahre präsentieren hier Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft ihre Innovationen und Strategien, um Ressourcen langfristig zu erhalten.

Die IFAT bringt in Deutschland die globale Umweltbranche zusammen und legt den Fokus der Veranstaltungen unter anderem auf die regional spezifischen Anforderungen in den Märkten. Die internationalen Messen haben dabei die Wahrnehmung der IFAT als Leitmesse gestärkt: Rund die Hälfte der Besucher und Aussteller in München kommt mittlerweile aus dem Ausland.

Die Top Ten Besucherländer nach Deutschland sind Österreich, Italien, Schweiz, China, Niederlande, Spanien, Tschechien, Großbritannien, Dänemark und Polen. Die wichtigsten Ausstellerländer nach Deutschland: Italien, Niederlande, Österreich, China, Türkei, Großbritannien, Spanien, Schweiz, Dänemark und die USA. Wichtige Ankerpunkte für internationale Teilnehmer sind zudem die Gemeinschaftsstände. Hier waren zuletzt neben vielen europäischen Märkten auch Kanada, China, Japan, Südkorea und die USA vertreten.

#### Struktur der Aussteller- und Besucherzahlen der IFAT 2018

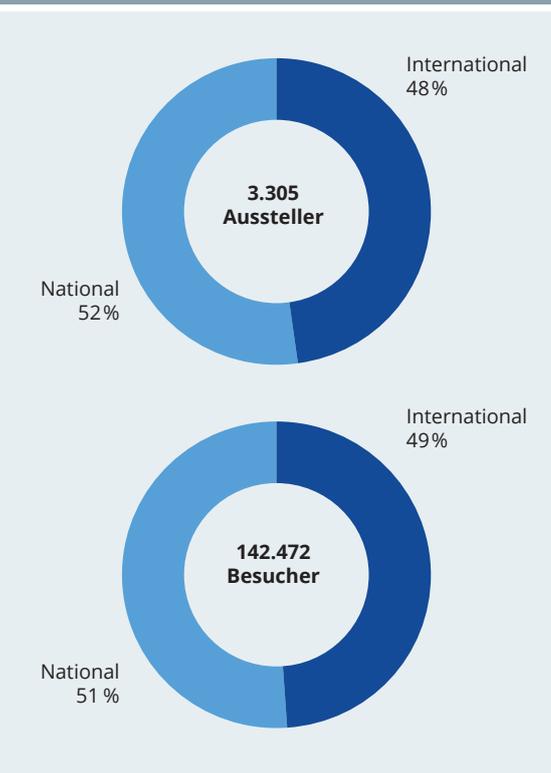


Abb. 47, Quelle: Messe München

#### Besucherstruktur der IFAT 2018 nach Branchen

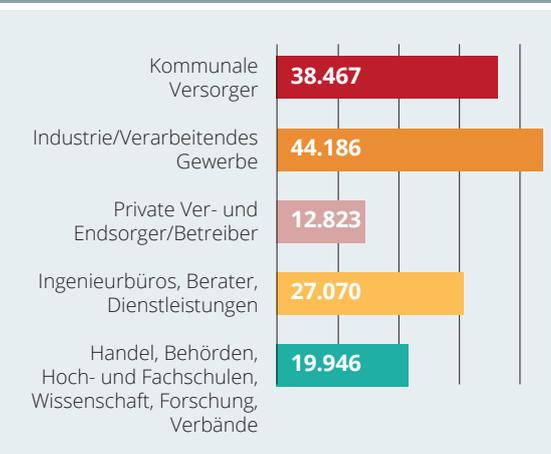


Abb. 48, Quelle: Messe München



Eingangshalle Messe München, Quelle: Messe München

### Treffpunkt von Entscheidern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik

Die IFAT ist eine wichtige Plattform, um nationale und internationale Kooperationen zu gründen und bestehende weiter auszubauen. Hier kommen die öffentliche Hand, die Industrie und das verarbeitende Gewerbe sowie die Unternehmen der Kreislauf- und der Wasserwirtschaft zusammen. Das gemeinsame Ziel ist eine Welt ohne Abfälle, in der verbrauchte Ressourcen wiederaufbereitet werden und im Kreislauf bleiben. Das gilt nicht nur für feste Abfälle, sondern beispielsweise auch für die Aufbereitung von industriellen und kommunalen Abwässern. Angesichts der weltweit zunehmenden Wasserknappheit, nicht zuletzt verursacht durch den Klimawandel, ist es wichtiger denn je, das „blaue Gold“ effizient zu nutzen. Die IFAT deckt daher auch das Thema „Wasser“ in seiner ganzen Bandbreite ab, von der Wasserversorgung über die Kreislaufführung bis hin zur Aufbereitung.

### Chancen in internationalen Märkten nutzen

Die sieben IFAT-Messen in China, Indien, Afrika und der Türkei sind ein weiteres Sprungbrett in die internationalen Märkte. In China ist die IFAT dreifach mit einem Joint Venture vertreten. Die IE expo China in Shanghai bildet die Themen „Wasser, Abfall, Luft und Boden“ ab und ist die größte Messe für Umwelttechnologien in Asien. 2019 kamen mehr als 73.000 Besucher und 2.047 Aussteller, die eine Fläche von 150.000 Quadratmetern belegten. Vor allem die Ausstellungsbereiche „Monitoring“ sowie „Techniken zur Luftreinhaltung“ finden immer mehr Zulauf. Zum Erfolg tragen auch hier viele internationale Gemeinschaftsstände unter anderem aus Dänemark, Deutschland, Frankreich, Italien, Japan, Süd-Korea, der Schweiz, Hong Kong China, Taiwan China und den USA bei. Neben der Messe in Shanghai legt die IE expo Chengdu den Fokus auf Westchina, die IE expo Guangzhou auf Südchina.

Indiens führende Umweltmesse ist die IFAT India für Wasser, Abwasser, Abfall und Recycling in Mumbai. Zentrales Thema war hier zuletzt, wie Technologien das Erreichen der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung voranbringen können. Auf den Norden Indiens konzentriert sich die IFAT Delhi. Die IFAT Eurasia in Istanbul ist die Leit- und Brückenmesse für die eurasische Region – und die IFAT Africa in Johannesburg liefert Lösungen für die Region Subsahara-Afrika.

Das Interesse an internationaler Zusammenarbeit besteht in alle Richtungen – und die Auslandsmessen stärken die Leitmesse im Heimatmarkt. So ist beispielsweise China auf der IFAT in München das viertwichtigste internationale Beteiligungsland. Das Messenetzwerk bietet somit zahlreiche Chancen, um die wirtschaftliche und politische Zusammenarbeit für den Umwelt- und Klimaschutz weltweit voranzutreiben.



Forumsveranstaltung, Quelle: Messe München



VISIT OUR BOOTH:  
HALL B1, 339/438

GRUNDFOS

GWA

Water Environment Federation

DW

Käfer am See

BO

IFAT

Water BioChip

DRINKING WATER

M-43

DW

**2.3.2. Der Welthandel mit Produkten der Kreislaufwirtschaft**

Die Kreislaufwirtschaft ist ein boomender Markt. Das zeigt sich auch in den Entwicklungen auf dem Weltmarkt. Insgesamt wurden im Jahr 2018 im Bereich der Kreislaufwirtschaft weltweit Industriegüter im Wert von mehr als 140 Milliarden US-Dollar gehandelt. An der Spitze stehen die USA mit einem Exportvolumen von knapp 27 Milliarden US-Dollar, Deutschland folgt mit gut 16 Milliarden US-Dollar auf Rang zwei.

Besonders dynamisch entwickelt sich der Welthandel im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“. Der Wert der weltweit exportierten Güter legt von knapp 29 Milliarden US-Dollar im Jahr 2010 auf über 35 US-Dollar im Jahr 2018 zu. Die deutschen Unternehmen gehören in diesem Teilmarkt zu den führenden Anbietern. Zwar konnte China seinen Weltexportanteil zwischen 2010 und 2018 nochmals deutlich von 18 % auf 23 % steigern. Deutschland schaffte es aber trotz der stärker gewordenen Konkurrenz seinen Weltexportanteil im gleichen Zeitraum stabil bei 16 % zu halten. Im Technologiefeld „Anlagentechnik“ ist Deutschland mit einem Anteil von knapp 20 % nach wie vor „Exportweltmeister“.

**Globaler Güterexport im Bereich Kreislaufwirtschaft nach Ländern (in Mrd. US-Dollar)**

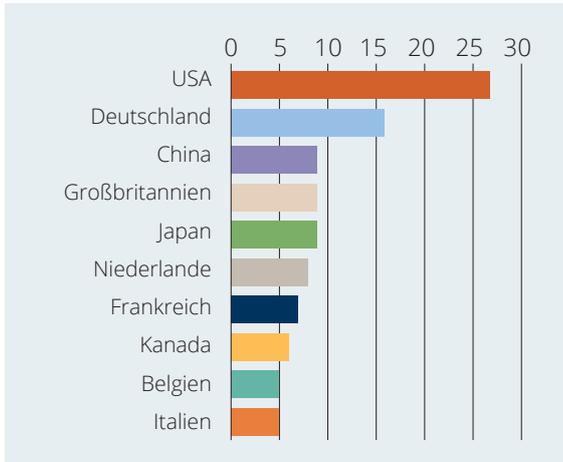


Abb. 49, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

**Entwicklung der weltweiten Exportanteile im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ (in %) nach Ländern**

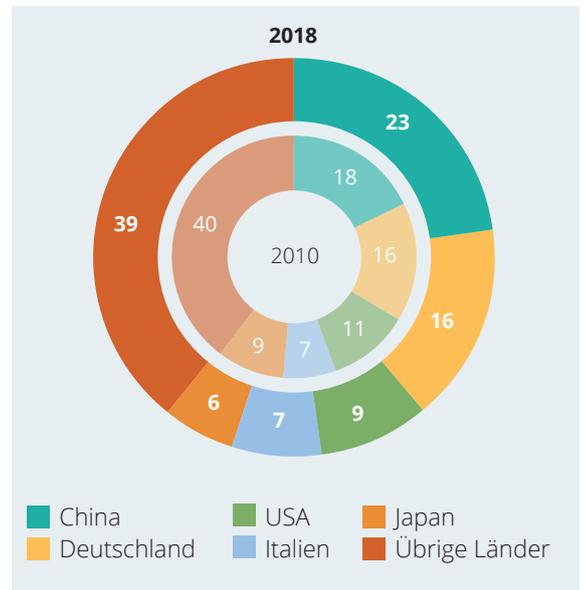


Abb. 50, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell



Straßenkehrmaschine in Rom, Quelle: RAVO



Metallsortierung, Quelle: Kaatsch

Der größte Teil des Welthandels in der Kreislaufwirtschaft entfällt auf das zweite Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“. Dazu gehören neben der Abfallbeseitigung auch die energetische und stoffliche Verwertung. Das globale Exportvolumen ging in diesem Bereich jedoch zwischen 2010 und 2018 etwas zurück. Die deutschen Unternehmen haben hier einen Weltexportanteil von rund 10 % und liegen hinter den Vereinigten Staaten weltweit an zweiter Stelle. China spielt beim globalen Handel in diesem Marktsegment eine lediglich untergeordnete Rolle.

Das auf der nächsten Seite illustrierte Beispiel der Abfälle und Schrotte von unedlen NE-Metallen zeigt deutlich, welche Bedeutung der internationale Handel und damit auch der internationale Austausch von Sekundärrohstoffen mittlerweile für die Entwicklung der Volkswirtschaften erlangt hat. Zum einen zeigt sich der generelle Rohstoffbedarf von sich schnell entwickelnden Schwellenländern. Auf der anderen Seite machen die Handelsströme den notwendigen internationalen Ausgleich von Rohstoffen transparent, da die Verfügbarkeiten und Bedarfe für die Produktion in den Ländern sehr unterschiedlich sind. Somit erlangt auch vor dem Hintergrund der erhöhten Weltmarktnachfrage nach hochwertigen Sekundärrohstoffen der Ausbau und die qualitative Verbesserung des Recyclings in Deutschland einen hohen Stellenwert, um die noch bestehenden Importabhängigkeiten schrittweise zu verringern.

Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

**Beispiel: Abfälle und Schrotte von unedlen NE-Metallen**

(Kupfer-, Aluminium, Nickel, Blei, Zinn und Zink)



Kupferwicklungen, Quelle: Breer

Die globalen Handelsströme von Abfällen und Sekundärrohstoffen lassen sich am Beispiel von „Abfällen und Schrott von unedlen NE-Metallen“ darstellen. Die nebenstehenden Karten geben einen interessanten Überblick über die wichtigsten Handelsbeziehungen. Für die Darstellung ausgewählt wurden die zehn größten Importeure dieser Abfallgruppe und ihre jeweils bedeutendsten Einfuhr- und Ausfuhrströme mit anderen Ländern. Deutlich wird dabei unter anderem der „Rohstoffhunger“ Chinas, das mit Abstand das höchste Importvolumen (11,9 Mrd. USD) aufweist, aber so gut wie keine Rohstoffe exportiert

(11 Mio. USD). Auch Indien, das zweite große Schwellenland in der Gruppe der Top Ten, importiert mit 3,8 Milliarden US-Dollar wesentlich mehr als es exportiert (46 Mio. USD). Größter Exporteur sind hingegen die USA mit knapp 6,0 Milliarden US-Dollar, während die Einfuhren mit 2,3 Milliarden US-Dollar deutlich niedriger liegen. Deutschland liegt sowohl beim Export (3,4 Mrd. USD) als auch beim Import (4,5 Mrd. USD) an zweiter Stelle der „Top Ten“, und weist im Saldo einen Importüberschuss von 1,1 Milliarden US-Dollar auf.

**Die zehn größten Importeure von "Abfälle und Schrott von unedlen Metallen (ohne Schlacken, Aschen und Rückstände)" im Jahr 2018 (in Mrd. USD)**

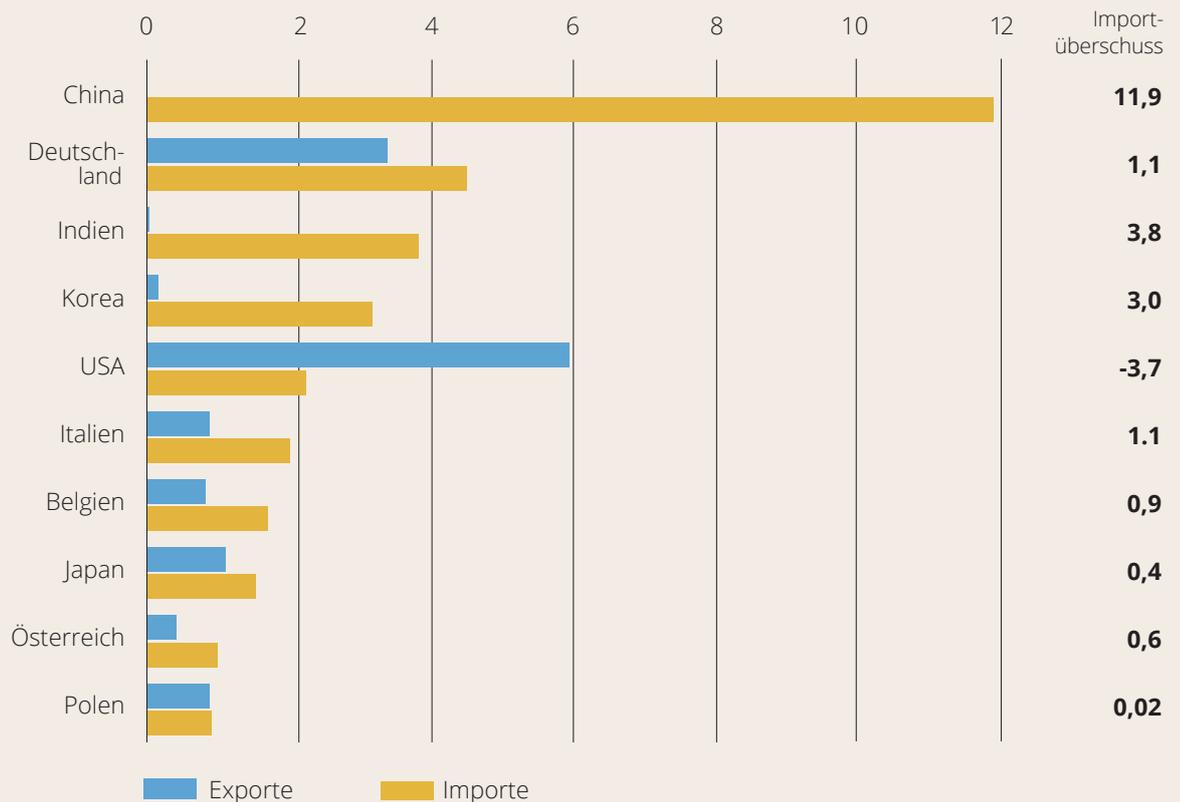
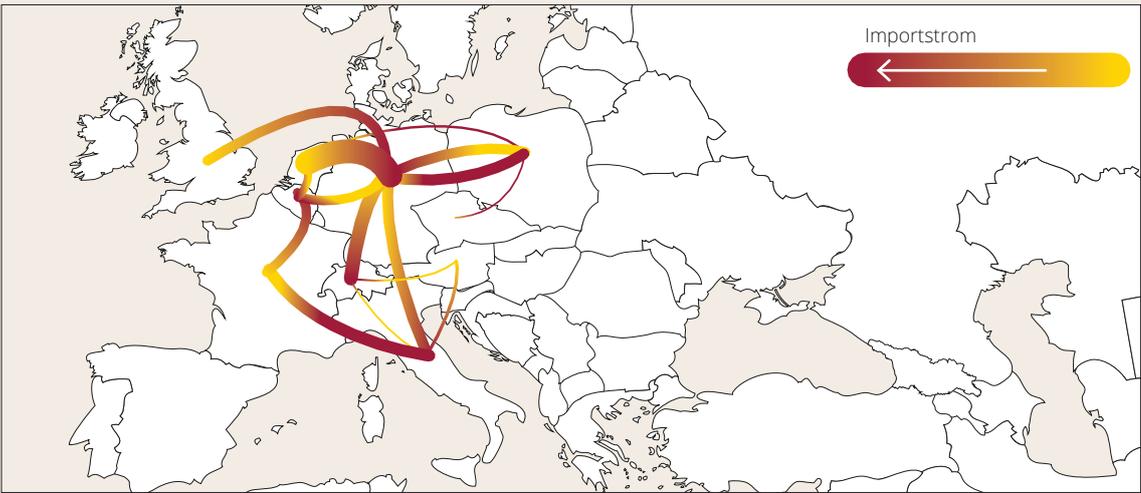


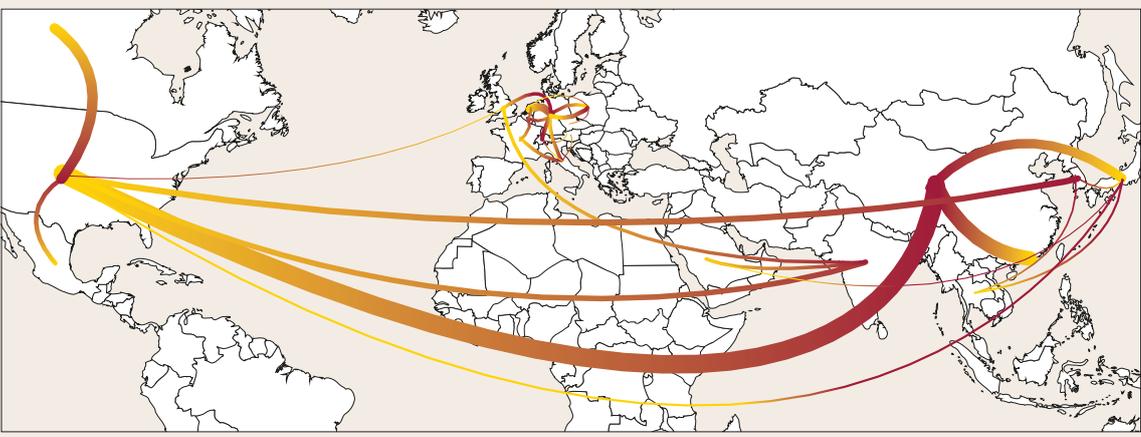
Abb. 51, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

Globale Handelsströme an "Abfällen und Schrott von unendlichen NE-Metallen" (in Mio. USD)

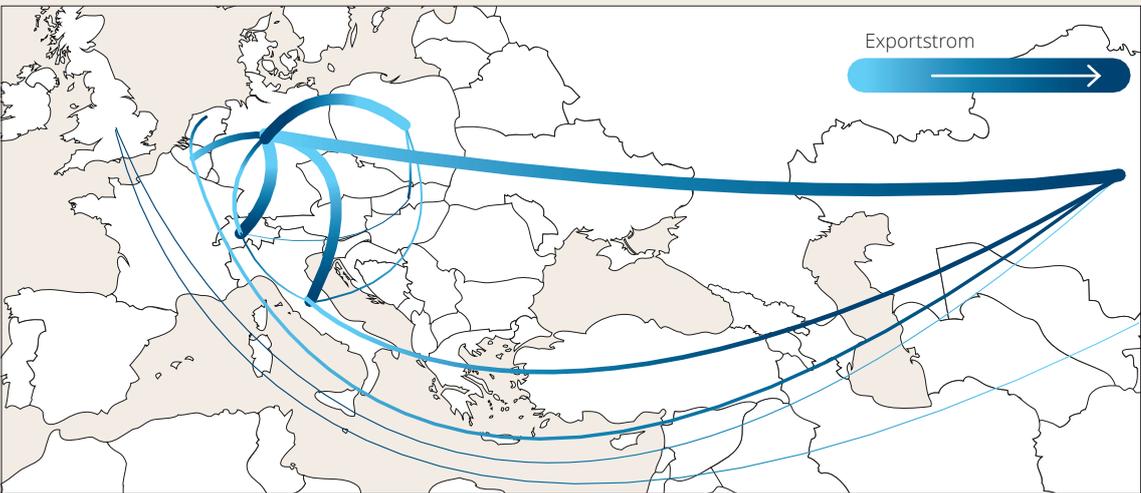


Die drei wichtigsten Importlieferanten von:

<b>China</b>	
USA	2.155
Hong Kong	1.670
Japan	1.095
<b>Deutschland</b>	
Niederlande	907
Polen	394
United Kingdom	387
<b>Indien</b>	
USA	666
United Kingdom	426
Saudi Arabien	418
<b>Südkorea</b>	
USA	736
Thailand	196
Japan	194
<b>USA</b>	
Kanada	1.208
Mexico	530
United Kingdom	100

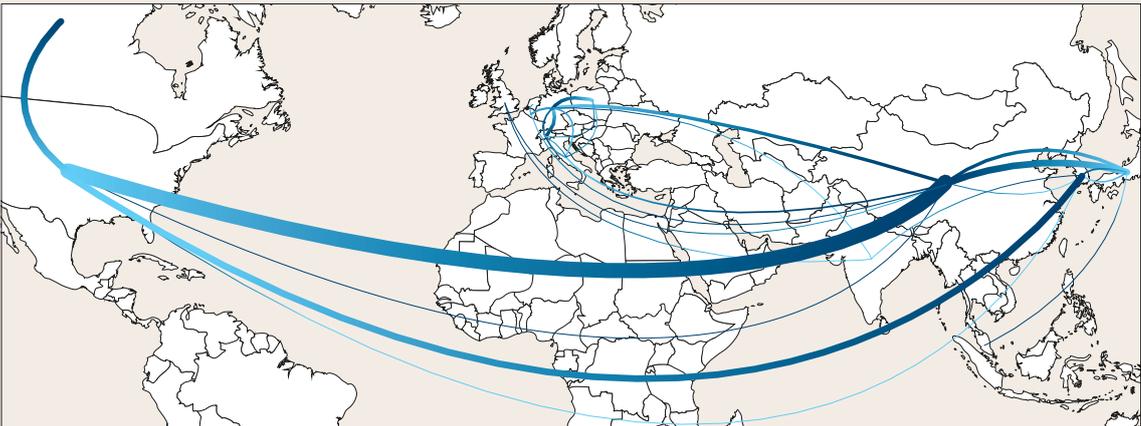


<b>Italien</b>	
Frankreich	450
Deutschland	414
Schweiz	123
<b>Belgien</b>	
Deutschland	356
Frankreich	353
Niederlande	300
<b>Japan</b>	
Thailand	262
USA	256
Saudi Arabien	143
<b>Österreich</b>	
Deutschland	519
Schweiz	78
Italien	69
<b>Polen</b>	
Deutschland	419
Niederlande	92
Tschechien	65



Die drei wichtigsten Exportmärkte von:

<b>China</b>	
Japan	4
USA	3
United Kingdom	2
<b>Deutschland</b>	
China	484
Österreich	454
Italien	414
<b>Indien</b>	
Korea	13
United Kingdom	6
Deutschland	5
<b>Südkorea</b>	
China	70
Japan	59
USA	10
<b>USA</b>	
China	1.756
Korea	697
Kanada	672



<b>Italien</b>	
China	206
Deutschland	191
Österreich	119
<b>Belgien</b>	
Deutschland	264
China	129
Niederlande	117
<b>Japan</b>	
China	772
Korea	181
Malaysia	62
<b>Österreich</b>	
Deutschland	160
Italien	68
Tschechien	31
<b>Polen</b>	
Deutschland	424
Italien	94
Slovakei	74

Abb. 52, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

### 2.3.3 Importe der deutschen Kreislaufwirtschaft

Deutschland ist für viele Staaten, insbesondere aus der EU, einer der bedeutendsten Handelspartner für Produkte und Sekundärrohstoffe der Kreislaufwirtschaft. Rund 67 % der Gesamtimporte der deutschen Kreislaufwirtschaft von rund 12,7 Milliarden Euro werden aus nur zehn Ländern bezogen. Dabei zeigt sich vor allem die Relevanz innereuropäischer Wertschöpfungsketten und der innereuropäischen Arbeitsteilung. Die Nachbarländer Niederlande, Frankreich und Polen belegen die Plätze eins, zwei und vier bei den Importen von Produkten und Sekundärrohstoffen nach Deutschland. Daneben entwickeln sich auch die Vereinigten Staaten mit einer jährlichen Wachstumsrate von 8,5 % gegenüber 2010 zu einem immer bedeutenderen Herkunftsland.

Den klaren Schwerpunkt der Importe bilden die Abfälle und Sekundärrohstoffe, die sich im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ kumulieren (83 %). In Bezug auf technische Güter haben Importe im Bereich der Anlagentechnik den höchsten Stellenwert (11 %). Importe in den Bereichen Fahrzeugtechnik, Behälter sowie sonstige Produkte fallen demgegenüber deutlich geringer aus.

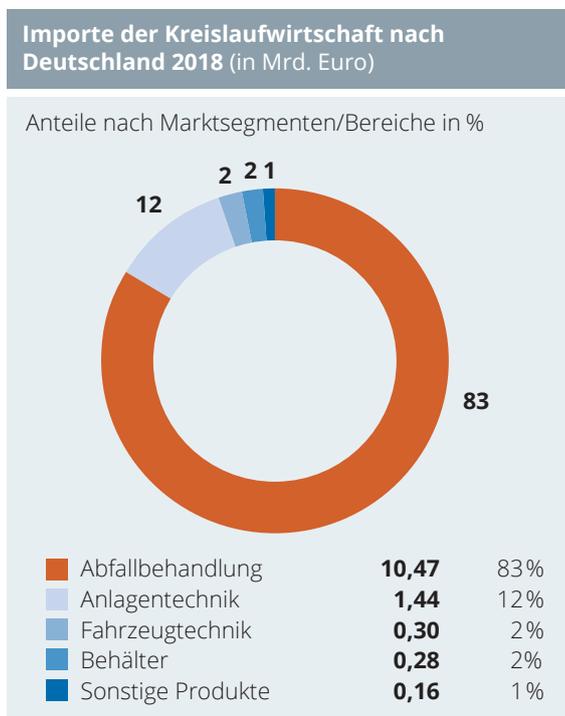


Abb. 53, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

#### 2.3.3.1 Importe im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“

Technische Güter stellen den deutlich kleineren Teil der Importnachfrage der deutschen Kreislaufwirtschaft dar. Im Jahr 2018 beliefen sich diesbezügliche Importe auf ein Volumen von knapp 2,2 Milliarden Euro. Prägend sind dabei Produkte der Anlagentechnik (Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse sowie Trenn- und Sortieranlagen), auf die etwa zwei Drittel der Importe entfallen. Neben fertigen Produkten fließen dabei auch Vorleistungskomponenten für die hiesige Anlagenfertigung ein. Die Fahrzeugtechnik (Müllwagenaufbauten sowie Kehr- und Müllabfuhrwagen) nimmt die dritte Stelle bei den Importen ein, daneben zählen auch einfachere Produkte wie etwa Müllsäcke und andere Sammelbehälter zu diesem Marktsegment. Hervorzuheben ist das deutliche Wachstum des Importvolumens vieler technischer Güter für die Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren.

Die Liste der Top-Importprodukte im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ wird von Instrumenten zur Abfallbehandlung und -analyse angeführt. Das Importvolumen nahm in den letzten Jahren stetig zu und liegt mittlerweile bei deutlich über 600 Millionen Euro (2018). Es folgen Trenn- und Sortieranlagen sowie Müllwagenaufbauten im Wert von jeweils ca. 300 Millionen Euro im Jahr 2018. Der Import dieser Gütergruppen hat sich gegenüber 2010 in etwa verdoppelt (+107 % bzw. 9,5 % p.a. und +96 % bzw. 8,8 % p.a.). Dies trifft auch auf Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier zu (190 Millionen Euro 2018, + 137 % gegenüber 2010 bzw. 11,4 % p.a.). Annähernd eine Verdreifachung des Imports zeigt sich bei Umladeanlagen (100 Millionen Euro 2018, + 197 % gegenüber 2010 bzw. 14,6 % p.a.).

Interessant ist der Blick auf die Hauptherkunftsländer: Größter Exporteur von Technik für die Abfallwirtschaft nach Deutschland ist die Schweiz. Das Nachbarland lieferte im Jahr 2018 technische Abfallwirtschaftsgüter im Wert von über 225 Millionen Euro. Der Großteil davon liegt im Bereich der Anlagentechnik (196 Millionen Euro), darunter insbesondere Instrumente, Trenn- und Sortiertechnik sowie Technik für das Papierrecycling. Auf Platz zwei folgt China (167 Millionen Euro), das neben Anlagentechnik auch Fahrzeugtechnik sowie Behältnisse nach Deutschland exportiert. Dahinter folgen die USA, von denen schwerpunktmäßig Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse bezogen werden.

## Importgüter im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“

Importgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)		
						2010–2018	p. a.	
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	404.200	472.000	513.900	587.800	641.000	▲	58,6	5,9
Trenn- und Sortieranlagen	179.000	253.700	275.800	304.600	369.800	▲	106,6	9,5
Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen	151.000	210.300	203.700	240.700	295.600	▲	95,8	8,8
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	105.300	200.500	190.200	205.500	249.900	▲	137,3	11,4
Müllsäcke	132.300	158.600	170.400	191.600	204.000	▲	54,2	5,6
Geomembrane zur Deponieabdeckung und -abdichtung	119.300	133.300	138.900	148.300	163.400	▲	37,0	4,0
Umladeanlagen	33.800	58.400	63.100	80.900	100.400	▲	197,0	14,6
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	65.500	84.800	72.900	70.200	80.800	▲	23,4	2,7
Bestandteil thermische Abfallbehandlungsanlage	30.100	35.700	33.500	34.400	37.400	▲	24,3	2,8
Demontage-, Zerkleinerungseinrichtungen für Abfall	14.800	16.800	20.000	24.800	25.000	▲	68,9	6,8
Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	12.800	18.400	15.300	12.300	14.300	▲	11,7	1,4
<b>Gesamt</b>	<b>1.248.000</b>	<b>1.642.400</b>	<b>1.697.800</b>	<b>1.901.200</b>	<b>2.181.500</b>	<b>▲</b>	<b>74,8</b>	<b>7,2</b>

Abb. 54, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

## Top-10 Herkunftsländer im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ 2018 (nach Technologiebereichen) in Mio. Euro



Abb. 55, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

### 2.3.3.2 Importe im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

Der internationale Handel mit Abfällen, Schrotten und Sekundärrohstoffen bildet den Schwerpunkt der Importe der deutschen Kreislaufwirtschaft. Mit rund 10,5 Milliarden Euro im Jahr 2018 entfielen ca. 83 % der Importe auf das diesbezügliche Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“.

Besonders Metallabfälle bestimmen das Importgeschehen. An der Spitze stehen Schrotte der Gruppe „Sonstige Nicht-Eisen Metalle“, die unter anderem auch Silber, Gold und Platin enthält. NE-Metalle wurden 2018 im Wert von rund 3,8 Milliarden Euro eingeführt (über ein Drittel des Marktsegments). Zwischen 2010 und 2018 wuchs das Importvolumen mit 3,9 % p.a. stark an. Aus dieser Gruppe stechen besonders Silberschrotte mit einem Wert von knapp 1,7 Milliarden Euro hervor. In Tonnagen machen die Schrotte dieser Gruppe jedoch nur etwa 3 % (390 Tausend Tonnen) der Importe aus.

**Top-5 Importgüter für das Marktsegment "Abfallbehandlung und -verwertung" 2018 (in Mrd. Euro)**

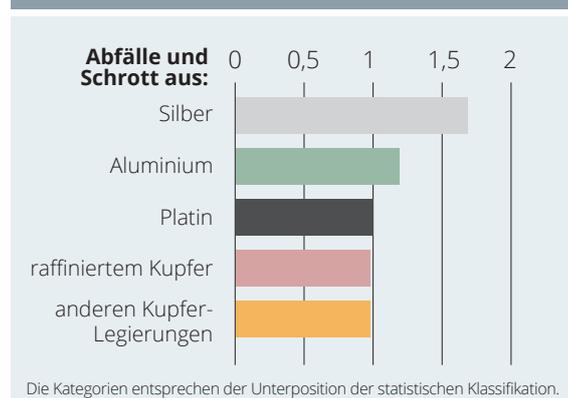


Abb. 56, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Der Import von Kupferabfällen und -schrotten wies 2018 einen Wert von rund 2,5 Milliarden Euro aus und blieb über die letzten Jahre kontinuierlich auf gleichem Niveau. Kupfer gehört zu den wichtigsten Gebrauchsmetallen. Durch seine elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit findet es vielfältig Anwendung in der Industrie, unter anderem in Legierungen bei Maschinenanlagen, Rohren, Kabeln sowie der Elektrotechnik und Elektromobilität.

Eine andere Entwicklung zeigt sich bei Eisen- und Stahlschrotten. Zwischen 2010 und 2018 ging der Importwert um über 28 % zurück (-4,0 % p.a.) und lag zuletzt bei nahezu 1,4 Milliarden Euro. Auch die Importmenge sank in einer ähnlich hohen Größenordnung. Dennoch stellen Eisen- und Stahlschrotte gemessen in Tonnagen nach wie vor mit Abstand den höchsten Einfuhrposten der deutschen Kreislaufwirtschaft dar. 2018 wurden knapp 4,5 Millionen Tonnen importiert. Aluminiumschrotte und Sekundäraluminium kommen auf 1,2 Milliarden Euro (11 %), bei

einem gleichzeitig relativ hohem Mengenvolumen von 894 Tausend Tonnen (6 %). Aluminium kann ohne Verluste seiner Eigenschaften recycelt werden, weshalb sich die Schrotte einer großen Nachfrage erfreuen. Aluminium ist insbesondere in seiner Eigenschaft als vielseitig einsetzbares Leichtmetall ein zentraler Rohstoff für verschiedene Industriebranchen, unter anderem als Legierung im Flugzeug-, Schiffs- und Fahrzeugbau sowie in Verpackungen und Behältern. Mit Blick auf importierte Mengen rücken andere Rohstoffe verstärkt ins Bild. Hier dominieren die Importe von Papierabfällen (3,7 Milliarden Tonnen) sowie Holzabfällen (1,4 Milliarden Tonnen).

Vier der fünf wichtigsten Herkunftsländer für Abfälle und Sekundärmaterialien befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu Deutschland. Die Niederlande stellen dabei mit deutlichem Abstand den wichtigsten Lieferanten für die deutsche Verwertungsbranche dar. Der Importwert im Jahr 2018 betrug über 1,4 Milliarden Euro. Dieser speist sich vor allem aus Kupfer-, Eisen- und Aluminiumschrotten. Zu beachten ist dabei jedoch der so genannte „Rotterdam-Effekt“, der die niederländische Exportstatistik verzerrt. Ein großer Teil der Importe aus Übersee nach Europa werden über den Hafen Rotterdam abgewickelt und von dort an andere EU-Länder, vor allem Deutschland, weitergeleitet. In der deutschen Außenhandelsstatistik werden diese Warenströme teilweise als niederländische Importe verzeichnet. Allerdings beliefern auch Frankreich, Polen und Belgien den deutschen Abfall- bzw. Sekundärrohstoffmarkt in großen Mengen. Aus Polen stammen überwiegend Eisen- und Stahlschrotte, während der Import aus Belgien und Frankreich vor allem von sonstigen NE-Metallen (unter anderem Silber, Gold, Platin) dominiert wird. Lediglich die USA befinden sich als außereuropäischer Vertreter unter den Top-5 Herkunftsländern. Hier ist es ebenfalls die Gruppe der sonstigen NE-Metalle, die den Handelsstrom nach Deutschland bestimmt

**Top-10 Herkunftsländer im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2018 (in Mio. Euro)**

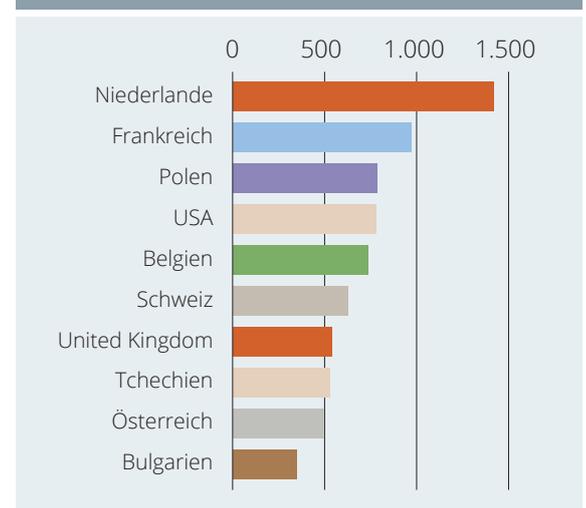


Abb. 57, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

**Importgüter im Segment „Abfallbehandlung und Verwertung“ (in 1.000 €)**

Importgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)		
						2010-2018	p. a.	
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	2.771.200	3.824.400	3.266.000	2.859.900	3.774.100	▲	36,2	3,9
Rückgewinnung von Kupfer	2.435.400	2.916.600	2.506.000	2.049.500	2.494.600	▲	2,4	0,3
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	1.995.100	2.153.800	1.634.200	1.012.800	1.438.800	▼	-27,9	-4,0
Rückgewinnung von Aluminium	589.900	677.900	761.600	859.800	1.193.700	▲	102,4	9,2
Papierrecycling	434.700	491.600	401.900	507.800	541.600	▲	24,6	2,8
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	386.200	536.600	453.100	422.400	453.400	▲	17,4	2,0
Rückgewinnung von Kunststoffen	157.400	215.800	222.000	219.000	194.600	▲	23,6	2,7
Biologische Abfälle	61.000	82.100	82.500	93.700	123.900	▲	103,1	9,3
Runderneuerte Reifen	79.900	91.100	71.200	89.200	94.300	▲	18,0	2,1
Holzabfälle	69.000	67.000	58.000	48.200	92.500	▲	34,1	3,7
Industrieabfälle	17.400	22.300	33.400	25.800	28.300	▲	62,6	6,3
Glasrecycling	16.800	18.000	20.100	25.400	28.200	▲	67,9	6,7
Rauchgasentschwefelungs (RE-A)-Gips	6.600	6.700	7.000	6.700	7.400	▲	12,1	1,4
Elektroschrott	7.500	7.400	17.100	11.700	3.300	▼	-56,0	-9,8
Siedlungsabfälle	1.200	2.700	200	1.100	600	▼	-50,0	-8,3
<b>Gesamt</b>	<b>9.029.300</b>	<b>11.114.000</b>	<b>9.534.300</b>	<b>8.233.000</b>	<b>10.469.300</b>	▲	<b>15,9</b>	<b>1,9</b>

**Importgüter im Segment „Abfallbehandlung und Verwertung“ (in Tonnen)**

Importgüter (in Tonnen)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)		
						2010-2018	p. a.	
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	5.780.500	6.005.400	5.488.900	4.498.400	4.492.900	▼	-22,3	-3,1
Papierrecycling	2.671.200	3.077.200	2.956.700	3.304.700	3.712.400	▲	39,0	4,2
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	1.508.800	1.471.800	1.811.500	1.353.000	1.418.200	▼	-6,0	-0,8
Holzabfälle	1.247.400	1.139.700	1.248.000	1.128.300	1.353.800	▲	8,5	1,0
Rückgewinnung von Aluminium	500.900	577.100	656.600	780.900	893.500	▲	78,4	7,5
Rückgewinnung von Kunststoffen	456.800	584.500	662.000	730.800	638.000	▲	39,7	4,3
Rückgewinnung von Kupfer	623.900	660.900	659.000	614.300	602.400	▼	-3,4	-0,4
Glasrecycling	362.400	410.300	493.600	536.800	551.600	▲	52,2	5,4
Biologische Abfälle	265.500	259.500	309.300	394.900	496.800	▲	87,1	8,1
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	168.400	200.600	208.800	172.100	194.800	▲	15,7	1,8
Industrieabfälle	122.900	242.400	295.700	185.400	137.600	▲	12,0	1,4
Rauchgasentschwefelungs (REA)-Gips	67.500	79.200	76.300	67.800	75.000	▲	11,1	1,3
Runderneuerte Reifen	68.500	74.400	65.200	70.300	69.800	▲	1,9	0,2
Siedlungsabfälle	14.200	48.900	8.500	19.700	18.200	▲	28,2	3,2
Elektroschrott	14.000	10.300	21.000	15.900	3.800	▼	-72,9	-15,0
<b>Gesamt</b>	<b>13.872.900</b>	<b>14.842.200</b>	<b>14.961.100</b>	<b>13.873.300</b>	<b>14.658.800</b>	▲	<b>5,7</b>	<b>0,7</b>

## Rohstoffbedarf in Deutschland



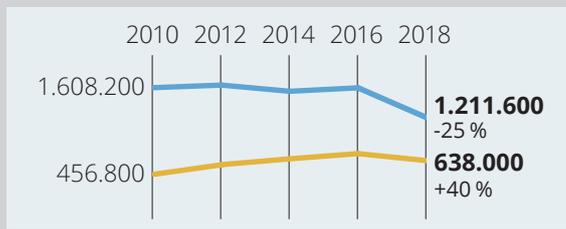
Gesammelte Flaschen vor Aufbereitung, Quelle: Reiling

In den letzten Jahren haben sich die nicht notifizierungspflichtigen Import- und Exportmengen im Bereich „Abfallbehandlung und Verwertung“ zum Teil recht unterschiedlich entwickelt. Interessant ist dabei allerdings nicht nur die Darstellung, welche Abfallfraktionen jeweils die Im- und Exportstatistiken anführen, sondern auch, welches Bild sich aus den einzelnen Entwicklungen für den aktuellen Rohstoffbedarf in Deutschland ableiten lässt. Die Daten stellen jedoch in Summe nur eine Näherung dar. Die Abfälle der sogenannten „Grünen Liste“ gemäß Basler Konvention unterliegen nicht zwingend der statistischen Meldepflicht und können nur näherungsweise über die Außenhandelsstatistik bestimmt werden. Darüber hinaus gibt es jedoch auch indirekte Importe/ Exporte, beispielsweise von Glasscherben bzw. Altfahrzeugen, die statistisch nicht abgrenzbar sind. Für die stoffliche Verwertung kommen darüber hinaus anteilig auch notifizierungspflichtige Abfälle in Betracht, sofern die Qualitätskriterien eingehalten werden. Im Folgenden sind ausschließlich die über die Außenhandelsbilanz erfassten Mengen berücksichtigt.

Wenn auch grundsätzlich davon ausgegangen werden kann, dass ein Importüberschuss (Importmenge > Exportmenge) ein Indikator für den Bedarf an Rohstoffen ist und ein Exportüberschuss dagegen darauf hindeutet, dass die Menge an recyclingfähigem Material höher ist als der Bedarf für den Einsatz in der Neuware, ist das Bild in der Praxis wesentlich facettenreicher. Hier spielen neben spezifischen Materialarten auch Fragen der Qualität der Abfälle für den geplanten Verwendungszweck, der internationale Wettbewerb sowie die Preisentwicklungen auf den jeweiligen Primär- und Sekundärmärkten eine Rolle. Die Aufbereitung der Sekundärmaterialien ist ein technisch hoch komplexer Prozess, der zudem weiteren spezifischen Anforderungen und Regeln unterworfen ist.

Für die einzelnen Fraktionen resultiert aus der Handelsbilanz des Jahres 2018 die folgende Situation:

### Altkunststoffe



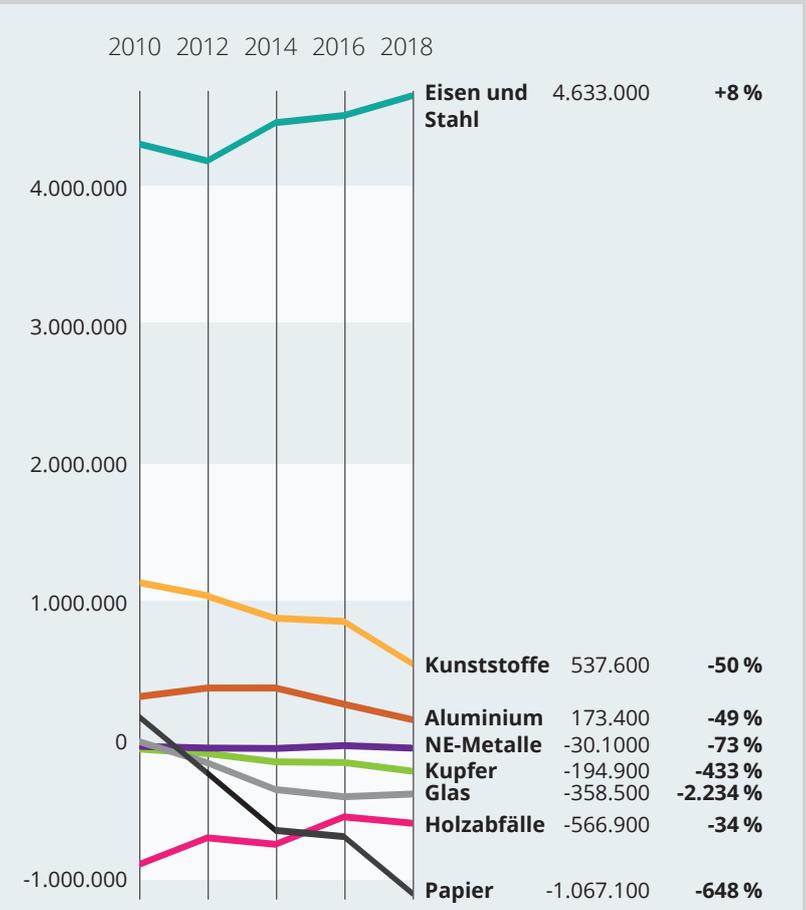
Seit dem Jahr 2010 sind die Importe um 40 % angestiegen, während die Exporte deutlich gesunken sind. Der Exportüberschuss ist seit dem Jahr 2010 allerdings um 50 % gesunken. Von den hunderten Kunststoffsorten muss jede anders aufbereitet werden. Hierzu gibt es weltweit unterschiedliche Spezialisierungen. Da in Deutschland zudem das Aufkommen an sortenreinen Kunststoffabfällen begrenzt ist, werden entsprechende Mengen zunehmend importiert. Die Aufbereitung von Mischkunststoffen rückt zunehmend in den Vordergrund. Deutschland zählt hierbei europaweit zu den Vorreitern. In Abhängigkeit von den unterschiedlichen Arten und Qualitäten werden diese sowohl im- als auch exportiert.

### Papier, Pappe, Kartonagen

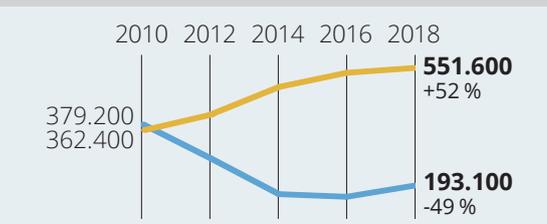


Die Importmengen an PPK sind seit 2018 um rund 40 % gestiegen, die Exporte hingegen leicht gesunken. Der Importüberschuss von rund 1,07 Mio. Tonnen zeigt einen zunehmenden Bedarf an Altpapier, der in Deutschland durch die getrennte Erfassung offensichtlich nicht gedeckt werden kann. Die Altpapier-einsatzquote hängt in bedeutendem Umfang von den zu produzierenden Papier- und Pappesorten ab. Während bei der Produktion von Wellpappenpapieren ein 100 %iger Altpapier Einsatz möglich ist, sind die Möglichkeiten beim Einsatz für grafische und technische Papiere begrenzt. Die Anforderungen an die Qualität für die Produktion von Neuware beeinflusst auch die Handelsströme mit Altpapier. In der europäischen Standardartenliste gibt es rund 70 verschiedene Qualitäten von Altpapier. Bei den rückläufigen Exporten zeigen insbesondere die seit 2017 bestehenden Importbeschränkungen durch China Wirkung.

### Entwicklung der Handelsbilanz unterschiedlicher Fraktionen von 2010 bis 2018 (in Tonnen und %)



### Altglas



Auch beim Glas zeigen die Entwicklungen der letzten Jahre einen deutlichen Rohstoffbedarf: Die Importe sind um 52 % gestiegen, während die Exporte um 49 % gefallen sind. Der Importüberschuss liegt im Jahr 2018 bei rund 360.000 Tonnen. Ursächlich hierfür ist u. a. auch der Rückgang an eingesetzten Glasverpackungen (u. a. durch Optimierung Materialstärke, Substitution durch andere Verpackungsmaterialien) insgesamt sowie der zunehmende Einsatz von Mehrwegverpackungen.

Import — Export —

Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

### Holzabfälle



Die jährlichen Importmengen an nicht notifizierungspflichtigen Holzabfällen sind seit dem Jahr 2010 nahezu gleichgeblieben (+ 9 %), während sich die Exporte in diesem Zeitraum mehr als verdoppelt haben. Gleichwohl verbleibt noch ein Importüberschuss bzw. Bedarf von rund 0,57 Mio. Tonnen, der derzeit nicht durch heimisches Aufkommen gedeckt werden kann. Nicht notifizierungspflichtige Holzabfälle beziehen sich insbesondere auf Sägenebenprodukte, wie Sägespäne und sonstiges reines Holzmaterial ohne Kontaminationen oder Beschichtungen. Die stofflichen Verwertungsmöglichkeiten sind vielseitig. So finden Sägespäne beispielsweise bei der Herstellung von Holzwerkstoffplatten und Zellstoff aber auch in der Tierhaltung Verwendung. Der zunehmende Bedarf an Holzabfällen besteht insbesondere für die Bauindustrie, sei es für Wärmedämmplatten, Holzspan-Mantelbeton oder Spanplatten.

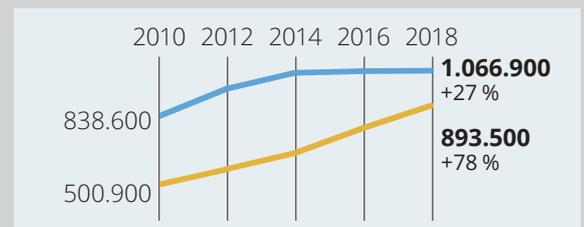
### Eisen- und Stahlschrotte



Die Importmengen sind seit dem Jahr 2010 um 22 % auf rund 4,49 Mio. Tonnen zurückgegangen, für die Exporte fällt der Rückgang mit -9,4 % auf rund 9,13 Mio. Tonnen geringer aus. Die Schrottsammelmenge übersteigt die Nachfrage, was zu einem Exportüberschuss von rund 4,63 Mio. Tonnen führt. Die bisherige Schrotteinsatzquote bei der Stahlherstellung liegt bei nahezu 44 %. Eine Steigerung dieser Quote ist jedoch durch die derzeit nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehenden Schrotte begrenzt. Auch für den Bereich der Eisen- und Stahlschrotte gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Schrottqualitäten, die nicht alle den Anforderungen der deutschen Aufbereiter entsprechen. Zudem hat der internationale Wettbewerb in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen, was dazu geführt hat, dass Kapazitäten teilweise nicht ausgelastet wurden.

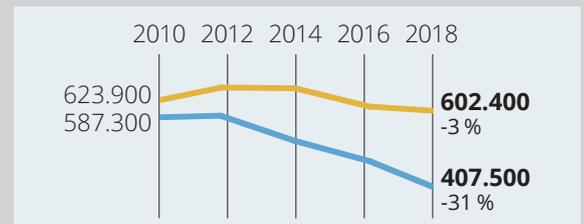
Import — Export

### Rückgewinnung von Aluminium



Eine andere Entwicklung findet beim Aluminium statt: Seit dem Jahr 2010 ist der Exportüberschuss um 49 % auf 0,17 Mio. Tonnen zurückgegangen. Die Importmengen sind um 78 % gestiegen, die Exporte haben allerdings auch um 27 % zugenommen. Im Trend zeigt sich, dass der Bedarf an Sekundär-Aluminium in Deutschland weiter zunimmt. Auch Aluminiumschrotte haben eine große Bandbreite in der Materialzusammensetzung, die ihre Aufbereitungs- und Wiedereinsatzmöglichkeiten beeinflussen. Dies ist insbesondere auf die unterschiedlichen Legierungsbestandteile und die große Produktvielfalt zurückzuführen.

### Rückgewinnung von Kupfer



Während im Jahr 2010 die Importe und Exporte von recyceltem Kupfer noch annähernd gleich waren, haben sich seitdem die Exporte um 31 % verringert, während die Importmengen im Wesentlichen das Niveau des Jahres 2010 gehalten haben. Der Importüberschuss von rund 0,19 Mio. Tonnen im Jahr 2018 zeigt in der Entwicklung den zunehmenden Bedarf an recyceltem Kupfer in Deutschland.

### Rückgewinnung von sonstigen Ne-Metallen



Die Importe bei den sonstigen NE-Metallen (insbesondere die noch verbleibenden Metalle Zink, Nickel, Blei und Magnesium) sind seit dem Jahr 2010 um 19 % auf 0,19 Mio. t angestiegen, während die Exporte in diesem Zeitraum nur leicht um 9 % auf rund 0,165 Mio. t zugenommen haben. Es verbleibt, wie seit vielen Jahren, ein Importüberschuss, der im Jahr 2018 rund 30.000 t beträgt. Auch hier zeigt sich für Deutschland ein kontinuierlicher Rohstoffbedarf.

Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes



### 2.3.4 Exporte der deutschen Kreislaufwirtschaft

Insgesamt exportierte die deutsche Kreislaufwirtschaft im Jahr 2018 Waren und Güter im Wert von über 14,6 Milliarden Euro. Während Abfälle und Sekundärrohstoffe des Marktsegments „Abfallbehandlung und -verwertung“ auch hier die größere Gruppe darstellen (65 %), nehmen Produkte des Marktsegments „Technik für die Abfallwirtschaft“ mit insgesamt 35 % einen deutlich höheren Stellenwert ein als beim Import. Insbesondere der Bereich „Anlagentechnik“ spielt mit 27 % eine wichtige Rolle.

#### Exporte der Kreislaufwirtschaft nach Deutschland 2018 (in Mrd. Euro)

Anteile nach Marktsegmenten/Bereiche in %

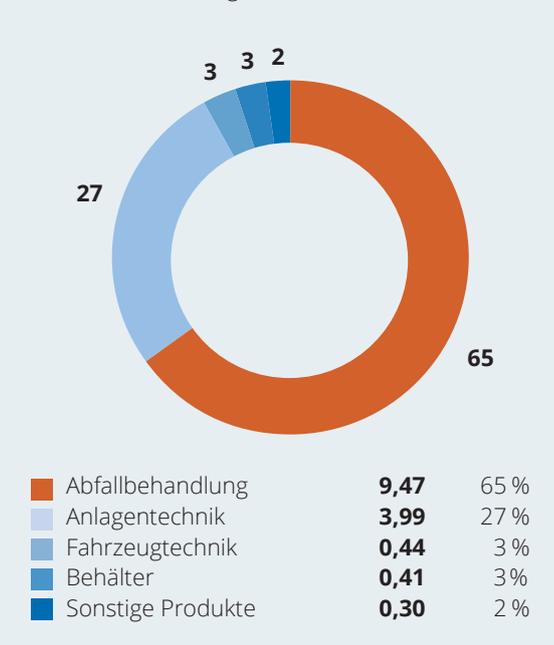


Abb. 59, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

#### 2.3.4.1 Exporte im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“

Im Jahr 2018 exportierte Deutschland Technik für die Abfallwirtschaft im Wert von über 5,1 Milliarden Euro und damit mehr als das 1,5-fache der Größenordnung des Jahres 2010. Mit einer jährlichen Zuwachsrate von 5,6 % weist der Export in diesem Marktsegment ein stabiles Wachstum auf einem hohen Niveau auf. Im Vergleich zu den Importen in diesem Marktsegment ergibt sich eine deutlich positive Handelsbilanz von knapp 3 Milliarden Euro. Vergleicht man das Verhältnis von Menge und Wert, wird die technologische Wertigkeit deutscher Produkte deutlich. Der Wert je exportierter Tonne fällt in der Regel deutlich höher aus als bei den Importen.



Kehrmaschine für Straße und Baustellen, Quelle: FAUN

Die Top-Exportprodukte stammen aus dem Bereich der Anlagentechnik: Allen voran sind Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse (1,4 Milliarden Euro, 2018), Trenn- und Sortieranlagen (1,2 Milliarden Euro) sowie Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier (764 Millionen Euro) aus Deutschland weltweit nachgefragt. Aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik prägen Kehr- und Müllwagen(-aufbauten) den Export (436 Millionen Euro). Diese Produktgruppe hebt sich mit einem jährlichen Exportwachstum von 8,8 % nochmal von der insgesamt hohen Wachstumsrate des Marktsegments ab. Deutschland verfügt über eine differenzierte Abnehmerstruktur für Abfallwirtschaftstechnik. Den wichtigsten Absatzmarkt stellen im Jahr 2018 die USA (607 Millionen Euro), gefolgt von China (562 Millionen Euro) dar. Die Nachfrage beider Länder fokussiert sich besonders auf Anlagentechnik wie Analyseinstrumente, Trenn- und Sortiertechnik sowie Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier. Beide Länder stellen zugleich die wichtigsten Wachstumsmärkte dar (+347 Millionen Euro bzw. +202 Millionen Euro gegenüber 2010). Der dritt wichtigste Absatzmarkt Frankreich wird demgegenüber mit einer breiteren Produktpalette bedient. Hier spielen auch einfachere Produkte wie Abfallbehälter oder Abdeckungen für Deponien eine bedeutende Rolle. Polen, der viertgrößte Absatzmarkt, ist neben den USA der wichtigste Markt für deutsche Fahrzeugtechnik in der Abfallwirtschaft. Auch der polnische Markt ist von einem starken Exportwachstum gekennzeichnet (+159 Millionen Euro gegenüber 2010).

## Exportgüter im Segment „Technik für die Abfallwirtschaft“ (in 1.000€)

Exportgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)		
						2010-2018	p. a.	
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	849.300	1.004.800	1.053.700	1.208.800	1.409.600	▲	66,0	6,5
Trenn- und Sortieranlagen	812.600	1.124.700	1.044.100	1.084.300	1.199.300	▲	47,6	5,0
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	493.400	678.100	647.600	660.900	763.600	▲	54,8	5,6
Geomembrane zur Deponieabdeckung und -abdichtung	236.400	257.100	265.200	280.500	299.600	▲	26,7	3,0
Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen	222.900	298.100	303.800	337.700	436.400	▲	95,8	8,8
Müllsäcke	187.600	204.400	218.700	243.600	264.700	▲	41,1	4,4
Umladeanlagen	155.700	219.900	223.700	240.700	290.100	▲	86,3	8,1
Bestandteil thermische Abfallbehandlungsanlage	122.900	144.400	127.400	119.600	139.900	▲	13,8	1,6
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	106.700	133.400	133.600	122.000	148.000	▲	38,7	4,2
Demontage-, Zerkleinerungseinrichtungen für Abfall	91.500	124.700	113.000	115.800	148.600	▲	62,4	6,2
Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	50.000	40.600	45.000	31.400	39.500	▼	-21,0	-2,9
<b>Gesamt</b>	<b>3.329.100</b>	<b>4.230.300</b>	<b>4.175.800</b>	<b>4.445.300</b>	<b>5.139.400</b>	<b>▲</b>	<b>54,4</b>	<b>5,6</b>

Abb. 60, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

## Top-10 Zielländer im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ 2018 (nach Technologiebereichen) in Mio. Euro



Abb. 61, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes



Metallschrott für den Export, Quelle: KAATSCH

### 2.3.4.2 Exporte im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

Abfälle, Schrotte und Sekundärrohstoffe haben mit einem Volumen von rund 9,5 Milliarden Euro im Jahr 2018 den größten Anteil an den Exporten für die Kreislaufwirtschaft ausgemacht. Die Entwicklung stagniert im gesamten Betrachtungszeitraum 2010 – 2018, ist dazwischen jedoch mit starken Schwankungen versehen. Nach einem Höhepunkt im Jahr 2012 fiel das Exportvolumen bis 2016 deutlich ab und erholte sich 2018 wieder. Ausschlaggebend dafür sind vor allem die wichtigsten Ausfuhr Güter: Eisen- und Stahlschrotte sowie Schrotte sonstiger NE-Metalle. Diese Entwicklung ist nicht zuletzt geprägt von Schwankungen der globalen Rohstoffpreise. Die weltweite Stahlproduktion beispielsweise war in den letzten Jahren gekennzeichnet von Überkapazitäten und schließlich verschärften Umweltauflagen in wichtigen Produktionsländern.

#### Top-5 Exportgüter für das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2018 (Einzelposten in Mrd. Euro)

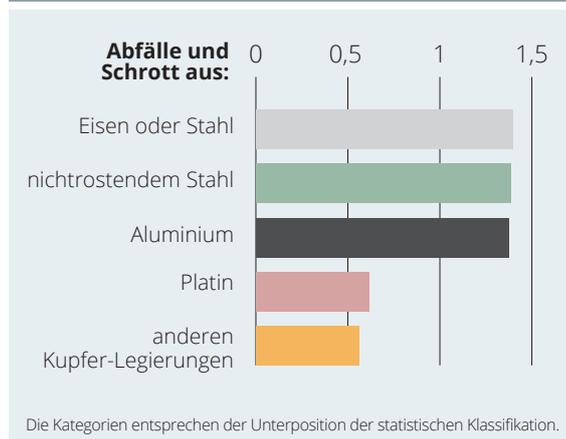


Abb. 62, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Der Export von Aluminiumschrotten und Sekundäraluminium kann hingegen ein ansehnliches Wachstum von durchschnittlich 3,5 % p.a. verzeichnen. Rückläufig sind hingegen die Exportwerte von Kupferschrotten und Sekundärkupfer (-3,8 % p.a.) sowie von Kunststoffen zur Wiederaufbereitung (-2,7 % p.a.). Beide Positionen gehen nicht nur im Wert, sondern auch in der exportierten Menge zurück. Mit Blick auf Kunststoffe zeigen sich hier die Folgen verschärfter Einfuhrrestriktionen verschiedener Abnehmermärkte, wie China und mehrerer süd-ost-asiatischer Länder.

Die Ausfuhrströme im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ sind europäisch geprägt. Die sechs wichtigsten Handelspartner befinden sich in unmittelbarer Nähe. Nach Belgien, in die Niederlande und nach Frankreich werden allen voran Eisen- und Stahlschrott in großen Mengen geliefert. Der Export in diese drei Länder ist jedoch rückläufig. In Italien, Österreich und Luxemburg zeigt sich daneben auch eine verstärkte Nachfrage nach Aluminiumschrotten bzw. Sekundäraluminium. Die größten Wachstumsmärkte sind Italien (+357 Millionen Euro gegenüber 2010), Polen (+275 Millionen Euro) und der – zukünftig gegebenenfalls durch den Brexit erschwerte – Exportmarkt Vereinigtes Königreich. Der wichtigste außereuropäische Markt für Abfälle, Schrotte und Sekundärrohstoffe sind die USA. Hier nimmt der Export sonstiger NE-Metalle (unter anderem Silber, Gold, Platin) den größten Stellenwert ein.

#### Top-10 Zielländer im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2018 (in Mio. Euro)

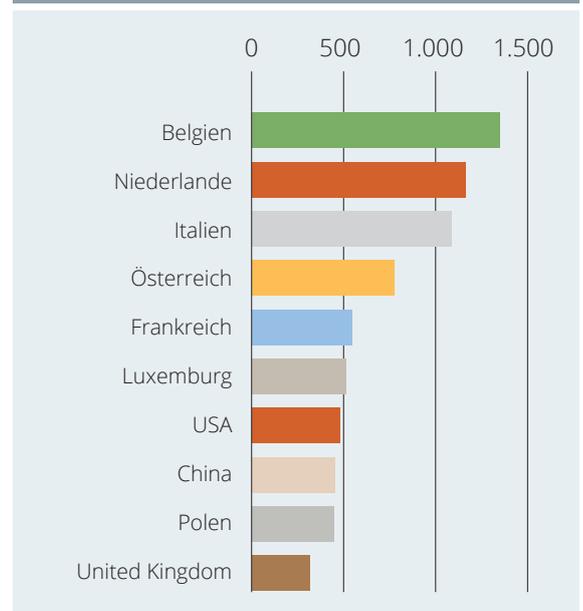


Abb. 63, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

## Exportgüter im Segment „Abfallbehandlung und Verwertung (in 1.000 €)

Exportgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)	
						2010-2018	p. a.
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	3.782.500	4.239.500	3.638.800	2.530.200	3.516.800	▼	-7,0 -0,9
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	1.4304.00	1.889.800	1.310.000	1.229.500	1.438.800	▲	0,6 0,1
Rückgewinnung von Aluminium	1.045.900	1.232.900	1.290.400	1.209.100	1.378.200	▲	31,8 3,5
Rückgewinnung von Kupfer	1.837.100	1.969.800	1.525.000	1.186.700	1.343.700	▼	-26,9 -3,8
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	404.700	497.200	515.000	549.200	632.700	▲	56,3 5,7
Rückgewinnung von Kunststoffen	473.900	580.300	570.400	471.800	382.000	▼	-19,4 -2,7
Papierrecycling	379.700	410.400	319.600	394.000	367.500	▼	-3,2 -0,4
Runderneuerte Reifen	148.600	167.700	146.300	142.200	162.800	▲	9,6 1,1
Biologische Abfälle	51.700	69.000	75.900	70.300	63.700	▲	23,2 2,6
Rauchgasentschwefelungs (REA)-Gips	50.400	55.500	57.900	54.700	56.800	▲	12,7 1,5
Holzabfälle	33.400	39.600	44.100	47.500	51.400	▲	53,9 5,5
Industrieabfälle	16.500	23.500	26.000	29.100	28.800	▲	74,5 7,2
Glasrecycling	27.500	22.700	18.400	19.800	21.800	▼	-20,7 -2,9
Elektroschrott	6.900	5.100	5.200	6.800	13.900	▲	101,4 9,1
Siedlungsabfälle	2.600	2.800	2.800	3.700	5.400	▲	107,7 9,6
<b>Gesamt</b>	<b>9.691.800</b>	<b>11.205.800</b>	<b>9.545.800</b>	<b>7.944.600</b>	<b>9.464.300</b>	▼	<b>-2,3 -0,3</b>

## Exportgüter im Segment „Abfallbehandlung und Verwertung (in Tonnen)

Exportgüter (in Tonnen)	2010	2012	2014	2016	2018	Entwicklung (in %)	
						2010-2018	p. a.
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	11.121.300	10.673.000	11.073.400	10.362.500	10.117.600	▼	-9,0 -1,2
Papierrecycling	2.866.000	2.869.000	2.338.100	2.642.200	2.645.300	▼	-7,7 -1,0
Rückgewinnung von Kunststoffen	1.608.200	1.642.500	1.560.200	1.606.200	1.211.600	▼	-24,7 -3,5
Rauchgasentschwefelungs (REA)-Gips	854.600	922.600	752.600	737.300	874.700	▲	2,4 0,3
Rückgewinnung von Aluminium	838.600	976.400	1.056.200	1.064.500	1.066.900	▲	27,2 3,1
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	790.500	1.234.500	1.017.800	934.100	1.026.200	▲	29,8 3,3
Biologische Abfälle	591.400	527.800	413.500	614.600	530.500	▼	-10,3 -1,3
Rückgewinnung von Kupfer	587.300	592.100	530.600	481.300	407.500	▼	-30,6 -4,5
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	448.500	491.000	533.200	542.100	537.600		19,9 2,3
Holzabfälle	385.400	468.100	530.200	606.500	786.900	▲	104,2 9,3
Glasrecycling	379.200	275.400	167.100	159.100	193.100	▼	-49,1 -8,1
Industrieabfälle	359.900	392.900	408.600	82.800	116.200	▼	-67,7 -13,2
Siedlungsabfälle	235.000	235.800	217.800	272.700	264.900	▲	12,7 1,5
Runderneuerte Reifen	136.800	137.200	110.900	103.200	109.700	▼	-19,8 -2,7
Elektroschrott	13.300	11.300	8.300	7.600	11.300	▼	-15,0 -2,0
<b>Gesamt</b>	<b>21.216.000</b>	<b>21.449.600</b>	<b>20.718.300</b>	<b>20.216.600</b>	<b>19.899.800</b>	▼	<b>-6,2 -0,8</b>

# Regionale Schwerpunkte der Märkte und Besonderheiten

Die Kreislaufwirtschaft ist als Teil der Daseinsvorsorge in allen Regionen Deutschlands präsent und als sicherer Wirtschaftsfaktor und Arbeitgeber fest verankert. Mit einem detaillierten Fokus auf die Anteile der Marktsegmente am Gesamtumsatz der Kreislaufwirtschaft, die Entwicklung der Erwerbstätigen und den Spezialisierungsgrad der Branche lassen sich in den einzelnen Bundesländern interessante Unterschiede feststellen. Viele Annahmen über die Stärke der Branche in den Bundesländern werden bestätigt, manche auch widerlegt.

Als Grundlage für die Beurteilung, welchen ökonomischen Stellenwert die Kreislaufwirtschaft in den verschiedenen Bundesländern hat, kann der Lokalisationsquotient (auch Spezialisierungsgrad genannt) als Indikator herangezogen werden. Dieser stellt die Zahl der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft in Relation zur jeweiligen Gesamtwirtschaft in einem Bundesland und vergleicht diese mit dem bundesweiten Durchschnitt. Dabei wird deutlich, wie ausgeprägt die Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur gesamten Wirtschaftskraft eines Bundeslandes ist. Der Wert von 1,0 entspricht dem bundesweiten Durchschnitt. Werte über 1 deuten auf eine besondere ökonomische Relevanz der Kreislaufwirtschaft hin, unter 1 auf einen geringen Stellenwert. Über diese Quotienten werden zudem vorhandene Spezialisierungen in einzelnen Marktsegmenten deutlich.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Kreislaufwirtschaft in den meisten Bundesländern ein relevanter Wirtschaftsfaktor ist. Kein Land hat einen Spezialisierungsgrad von unter 0,8. Die Branche weist somit eine relativ homogene regionale Verteilung auf. Dies hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass bestimmte Leistungen der Kreislaufwirtschaft Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge sind und somit flächendeckend erbracht werden (müssen). Vereinzelt zeigen sich jedoch Ausläufer nach oben. In Sachsen-Anhalt (1,6) und Brandenburg (1,3) zeigt sich die Kreislaufwirtschaft als bedeutender Wirtschaftsfaktor. In Sachsen-Anhalt wächst die Branche dabei deutlich stärker als die Gesamtwirtschaft, insbesondere in den Kernsegmenten der Abfallsammlung und -verwertung. Auch in Nordrhein-Westfalen – dem mit knapp 75.000 Erwerbstätigen größten Standort der Kreislaufwirtschaft in Deutschland – ist die Kreislauf-

wirtschaft mit einem Spezialisierungsgrad von 1,13 überdurchschnittlich ausgeprägt. Die Branche ist hier ein Wachstumsmotor – ihr Wachstum hebt sich positiv von dem der Gesamtwirtschaft ab. Auffällig ist zudem die hohe Konzentration der Umsätze in diesem Bundesland. Dies hängt mit einer Besonderheit der statistischen Erhebungen zusammen. Bundesweite Umsätze werden in der Regel an den Hauptsitzen der einzelnen Unternehmen gemeldet. NRW beheimatet eine hohe Anzahl überregional tätiger Entsorgungsunternehmen, unter anderem auch den Marktführer in Deutschland, sowie eine Vielzahl von großen kommunalen Unternehmen.

Dahinter folgen mit etwas Abstand Bayern (rund 44.000 Erwerbstätige) und Baden-Württemberg (rund 40.000 Erwerbstätige). Im Vergleich zu ihrer starken allgemeinen Wirtschaftskraft ist die Kreislaufwirtschaft der beiden südlichen Bundesländer leicht unterdurchschnittlich ausgeprägt, befindet sich aber jeweils auf einem soliden Wachstumskurs (1,6 % und 1,1 % p.a.). Besondere Kompetenzen werden hier vor allem im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ deutlich, in dem beide Länder eine starke Ausprägung vorweisen können.

Die Wachstumsraten in der Kreislaufwirtschaft sind nicht zuletzt von der jeweiligen gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in den Bundesländern geprägt. Dennoch zeigen sich auch hier interessante Besonderheiten. Die größten Zuwächse in der Erwerbstätigkeit erfährt die Kreislaufwirtschaft in Hamburg (+2,5 % p.a.) und in Niedersachsen (+2,3 % p.a.). In beiden Ländern ist dies vor allem auf die positive Entwicklung in den klassischen Kernbereichen der Abfallwirtschaft zurückzuführen.

Entwicklung der Erwerbstätigen, Spezialisierungsgrad und Umsatz in der Kreislaufwirtschaft nach Bundesländern

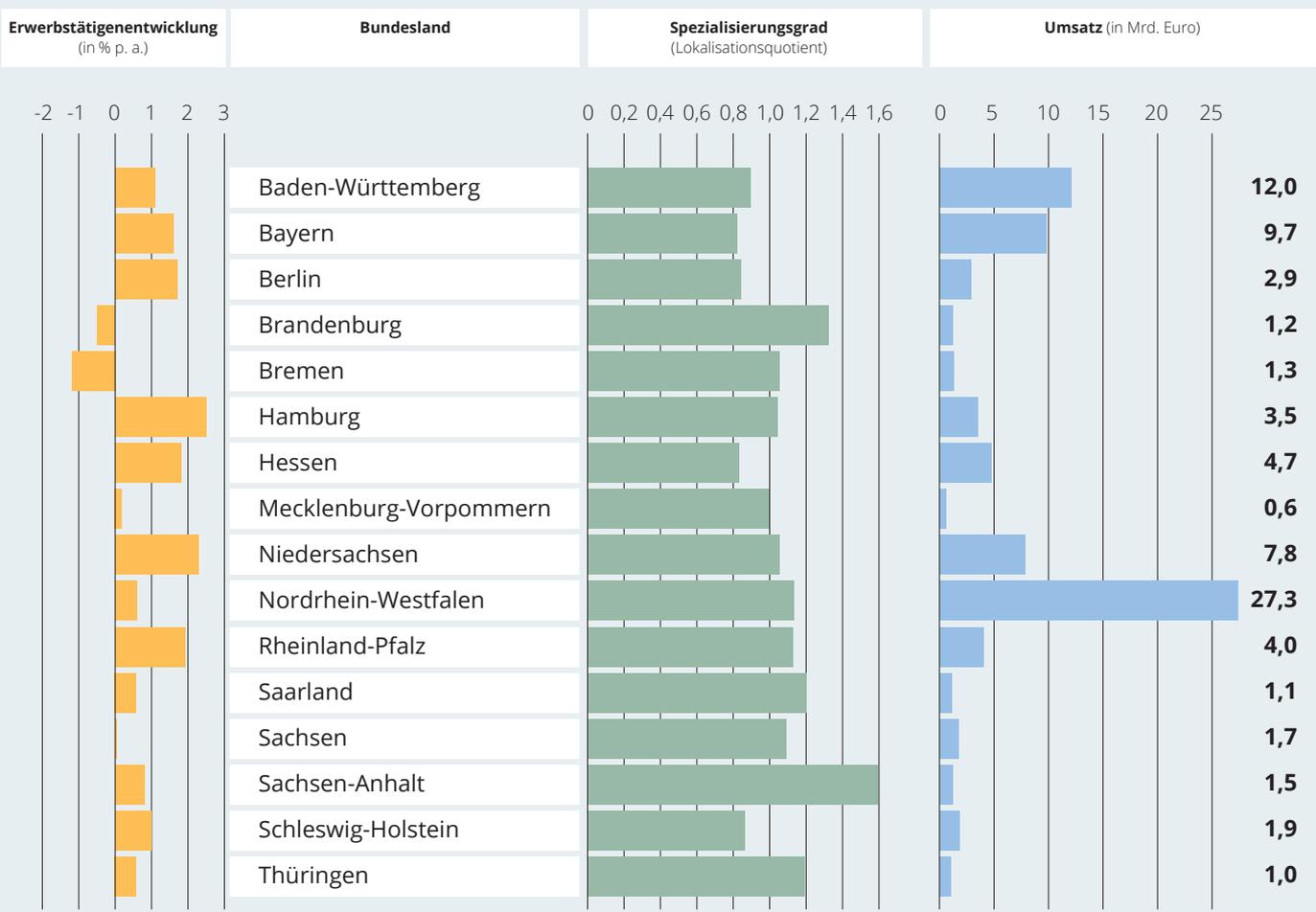
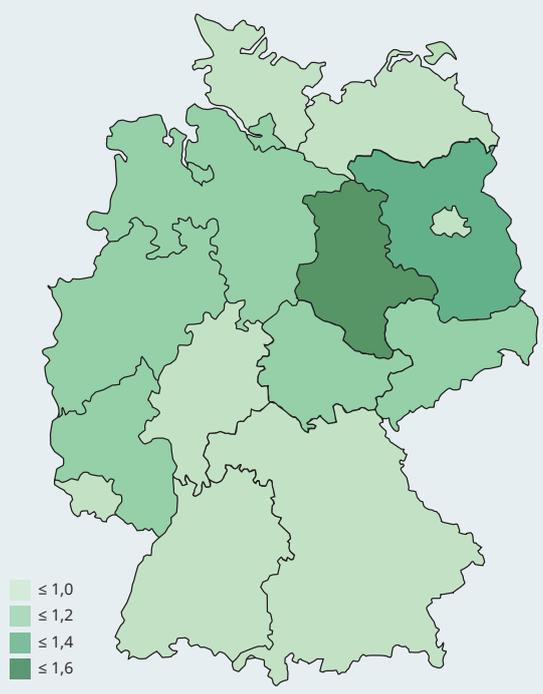


Abb. 65, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

Spezialisierungsgrad in der Kreislaufwirtschaft nach Bundesländern



Verteilung der Umsätze der Marktsegmente nach Bundesländern



Abb. 66, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Abb. 67, Quellen: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes



## Schwerpunktthema: Kunststoffrecycling

Im Mai des Jahres 2020 sollte auf der IFAT mit dem Thema „Kunststoff und Kreislaufwirtschaft“ ein besonderer Rohstoffkreislauf präsentiert werden. Auf der dafür vorgesehenen Sonderfläche waren Unternehmen, Organisationen und Partner aus der gesamten Kunststoff-Wertschöpfungskette vorgesehen. Vor diesem Hintergrund sollte sich auch der „Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft“ in einem eigenen Kapitel mit dem Schwerpunktthema „Kunststoffrecycling“ befassen.

Die Bedeutung des Kunststoffrecyclings für die Kreislaufwirtschaft und das öffentliche Interesse an den Zusammenhängen und Ergebnissen ist nach wie vor sehr hoch. Zu Beginn des Jahres 2020 waren in der öffentlichen Diskussion zwei Themen bestimmend: Der Export von deutschen Kunststoffverpackungen in verschiedene asiatische Staaten und die „Vermüllung“ der Weltmeere mit Kunststoffprodukten und Mikroplastik. Beide Themen sind Gegenstand dieses Schwerpunktkapitels, darüber hinaus hat dieses Kapitel aber auch das Ziel, mit Daten zum Aufkommen, zu den Verwertungswegen und den Einsatzmöglichkeiten von Rezyklaten umfassend über das Recycling von Kunststoffen zu informieren.



## Aufkommen, Verwendung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland

Gesammelte PET-Flaschen im Sack, Quelle: Breer

Die qualifizierte Erhebung der Mengenströme entlang der Wertschöpfungsketten ist eine sehr komplexe Aufgabenstellung, welcher sich in regelmäßigen Abständen die so genannte „Conversio-Studie“ widmet. Die Conversio-Studie „Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland“ erschien erstmalig 1997 und wird seitdem alle zwei Jahre aktualisiert. Ziel der Studie ist die kontinuierliche Darstellung der Entwicklung der Kunststoffbranche und der Stoffströme in Deutschland u. a. auf Basis von Produktions-, Verarbeitungs- und Verwertungsdaten. Auftraggeber ist die BKV (Kunststoff, Konzepte, Verwertung) GmbH zusammen mit den Trägerverbänden PlasticsEurope Deutschland, bvse, IK, VDMA, BDE, der AGPU (für den Bereich PVC), dem KRV, dem GKV mit seinen Fachverbänden pro-K, TecPart, AVK und FSK sowie der IG BCE.

Die Ergebnisse der aktuell im August 2020 veröffentlichten Studie<sup>1</sup> zeigen, dass die Kunststoffproduktion in Deutschland im Jahr 2019 rund 20,2 Millionen Tonnen betrug, wovon rund 10,3 Millionen Tonnen für die Herstellung von Kunststoff-Neuware und weitere rund 7,9 Millionen Tonnen als Rohstoff für andere Produkte, wie Kleber oder Lacke, eingesetzt wurden. Unter Berücksichtigung von Kunststoffimporten und -exporten wurden rund 12,3 Millionen Tonnen Neuware in Deutschland verarbei-

tet sowie rund 1,9 Millionen Tonnen Kunststoff-Rezyklate. Der Kunststoffverbrauch beim privaten und gewerblichen Endverbraucher lag somit bei rund 14,2 Millionen Tonnen. Dabei wurden zur Herstellung von Verpackungen rund 4,37 Millionen Tonnen Kunststoffe, im Baubereich rund 3,58 Millionen Tonnen und im Fahrzeugbau rund 1,51 Millionen Tonnen verwendet.

Nach der Nutzung und in Abhängigkeit der Lebens- bzw. Gebrauchsdauer eines Kunststoffproduktes, die eine Spannweite von wenigen Stunden (u. a. Verpackungen im Lebensmittelbereich) bis hin zu mehreren Jahrzehnten (Kunststoffe im Baubereich) aufweisen kann, fallen die Produkte als Abfall an. Im Jahr 2019 fielen insgesamt rund 6,30 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle an. Rund 85 % (= 5,35 Millionen Tonnen) dieser Abfälle stammen aus dem Post-Consumer Bereich.

Die Kunststoffabfälle werden durch verschiedene Systeme gesammelt, anschließend sortiert und vorbehandelt. Mehr als 99 % der Kunststoffabfälle werden anschließend energetisch (53 % = 3,31 Millionen Tonnen) in MVA oder in EBS-Kraftwerken oder stofflich (47 % = 2,93 Millionen Tonnen) verwertet.<sup>2</sup> Ein Teil des stofflichen Recyclings (0,58 Millionen Tonnen) erfolgt im Ausland.

<sup>1</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019 im Auftrag der BKV GmbH. Kurzfassung unter [https://www.bkv-gmbh.de/fileadmin/documents/Studien/Kurzfassung\\_Stoffstrombild\\_2019.pdf](https://www.bkv-gmbh.de/fileadmin/documents/Studien/Kurzfassung_Stoffstrombild_2019.pdf)

<sup>2</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019, Kurzfassung August 2020





Aktuelle Situation im Bereich der Im- und Exporte von Kunststoffabfällen

Recycler Kunststoffcontainer, Quelle: Breer

Die aktuelle Situation im Bereich der grenzüberschreitenden Verbringung von nicht notifizierungspflichtigen Kunststoffabfällen bzw. kunststoffbasierten Fasern wird von zwei wesentlichen Entwicklungstrends geprägt: Dies sind zum einen die deutlichen Importbegrenzungen durch China und zum anderen die Neueinstufung von Kunststoffabfällen im Rahmen der Überarbeitung des Basler Übereinkommens.

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 0,64 Millionen Tonnen an nicht notifizierungspflichtigen Kunststoffabfällen bzw. kunststoffbasierten Fasern importiert. Gegenüber dem Jahr 2010 ist das ein Anstieg von knapp 40 %. Den Importen stehen Exporte in Höhe von 1,21 Millionen Tonnen (ein Minus von 25 % im Vergleich zum Jahr 2010) gegenüber. Knapp 58 % der Importe kamen aus den Niederlanden, Polen, der Schweiz sowie Österreich und Frankreich. Das Bild hat sich seit 2010 bis auf die absoluten Mengen nicht verändert.

Anders sieht dies bei den Exporten aus. War China im Jahr 2010 mit 41 % (0,66 Millionen Tonnen) noch der Hauptabnehmer für deutsche Kunststoffexporte, so hat sich der Anteil aufgrund des Importverbotes im Jahr 2018 auf 1,1 % reduziert. Von einem deutlichen Rückgang sind auch Exporte nach Hongkong betroffen. Lag der Anteil an den gesamten Exporten im Jahr 2010 noch bei knapp 19 %, so betrug er im Jahr 2018 nur noch 6 %. Einen

deutlichen Anstieg verzeichneten hingegen die Exporte nach Malaysia (von 1 % im Jahr 2010 auf nahezu 12 % im Jahr 2018) bzw. nach Polen (von 1 % im Jahr 2010 auf einen Anteil von nahezu 9 % im Jahr 2018).<sup>3</sup> Waren im Jahr 2010 nur knapp 30 % der Kunststoffexporte innerhalb der EU weiterverarbeitet worden, so waren dies im Jahr 2018 bereits über 50 %.

Mit der Überarbeitung des Basler Übereinkommens dürfen Kunststoffabfälle nur noch frei gehandelt werden, wenn sie gereinigt und gut sortiert sind und nachweislich recycelt werden.



Folienaufbereitung, Quelle: Ivonne Müller

<sup>3</sup> Außenhandelsstatistik, eigene Berechnungen Prognos AG

**Importe von nicht notifizierungspflichtigen Kunststoffabfällen und Kunststoff-basierten Fasern nach Deutschland aus (in t, Veränderung in %)**

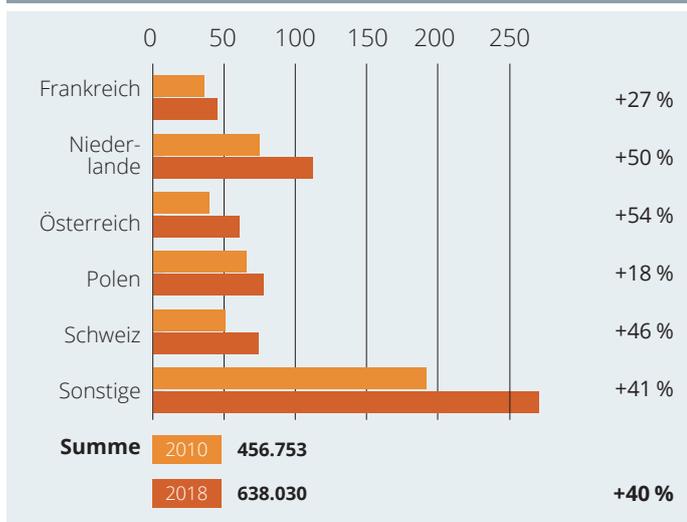


Abb. 69, Quelle: Außenhandelsstatistik, eigene Berechnungen Prognos AG

**Deutsche Exporte von nicht notifizierungspflichtigen Kunststoffabfällen und Kunststoff-basierten Fasern nach (in t, Veränderung in %)**

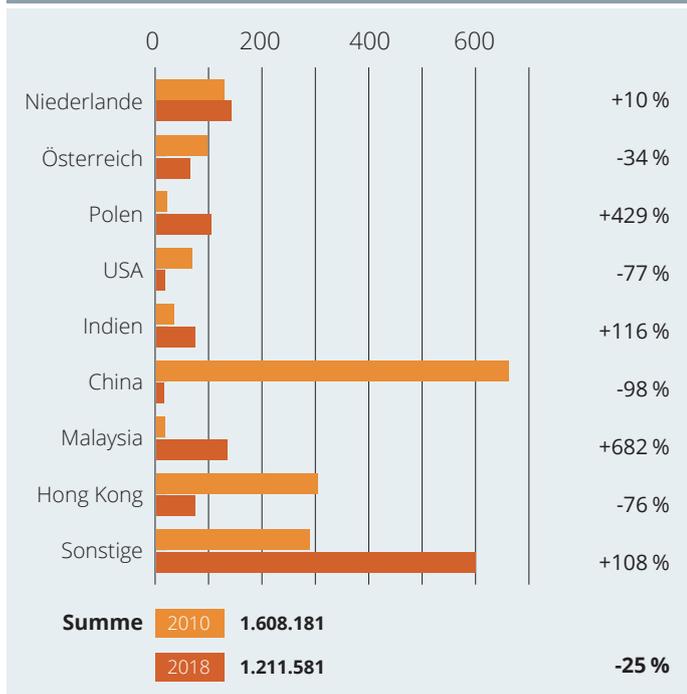


Abb. 70, Quelle: Außenhandelsstatistik, eigene Berechnungen Prognos AG

Hierzu wurden Kunststoffabfälle in drei Kategorien differenziert: saubere und nicht gefährliche Kunststoffe (B 3011), gefährliche Kunststoffabfälle (A 3210) und Kunststoffgemische (Y 48). Das bedeutet, dass gefährliche Kunststoffabfälle sowie Kunststoffabfälle, die sich nur schwer recyceln lassen, ab Januar 2021 eine Notifizierung, d. h. die Zustimmung der Behörden sowohl der Export- als auch der Importstaaten, benötigen. Dies wird ab dem nächsten Jahr voraussichtlich zu einer weiteren Veränderung der Import- und Exportströme führen. Neben einer Fortführung der Anstrengungen zur Vermeidung von Kunststoffabfällen sind beispielsweise auch Investitionen in moderne Sortier- und Aufbereitungstechniken notwendig und Produkte müssen zuneh-

**Handelsvolumen der zehn größten Import- und Exporteure von Kunststoffabfällen weltweit im Jahr 2018 (in Mio. USD)**

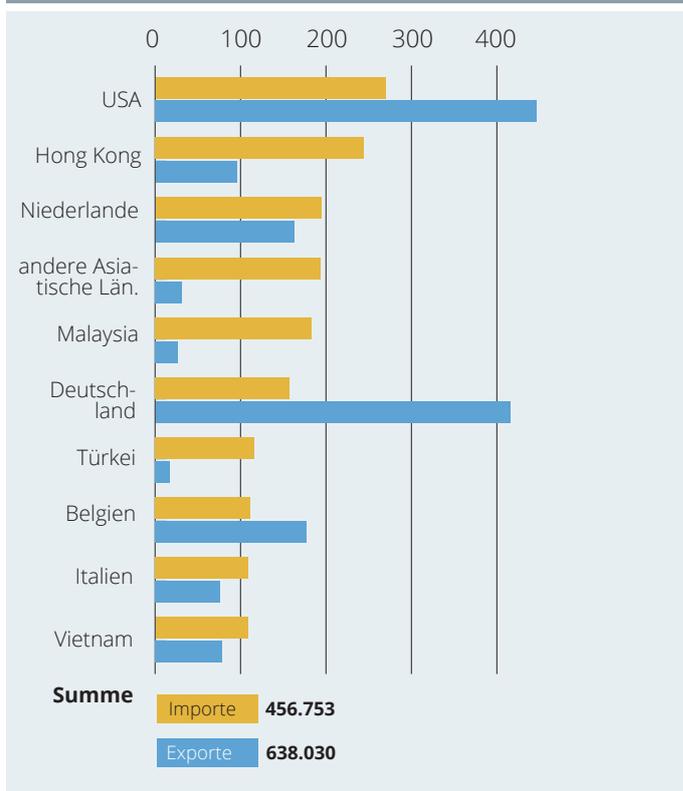


Abb. 71, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

mend recyclingfreundlicher gestaltet werden. Gleichzeitig sind Anreize zu schaffen, um den Einsatz von Rezyklaten in der Neuproduktion zu fördern.

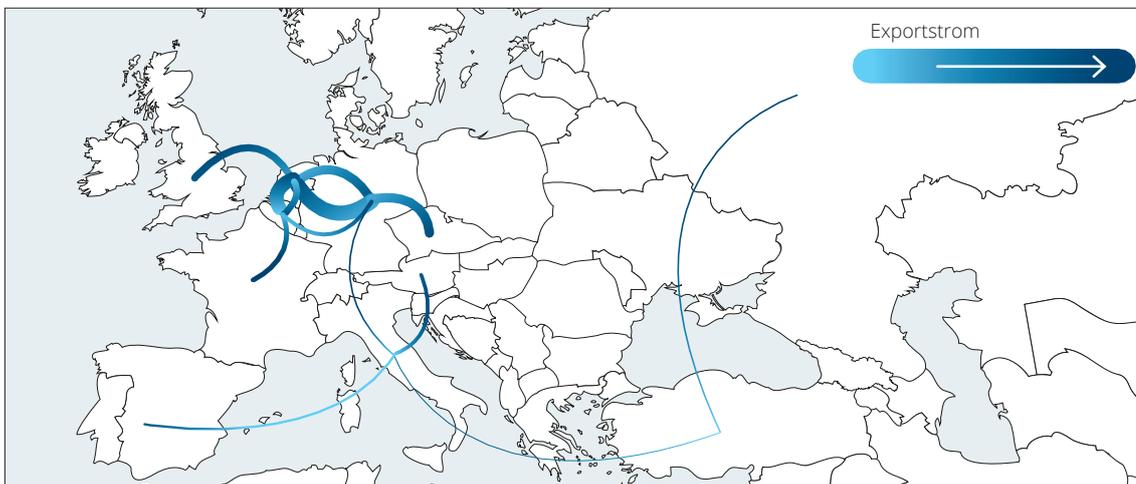
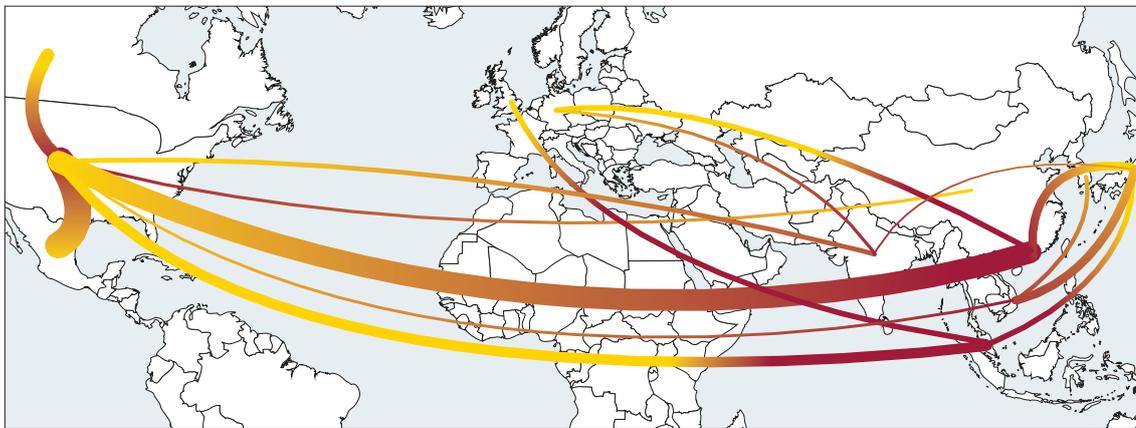
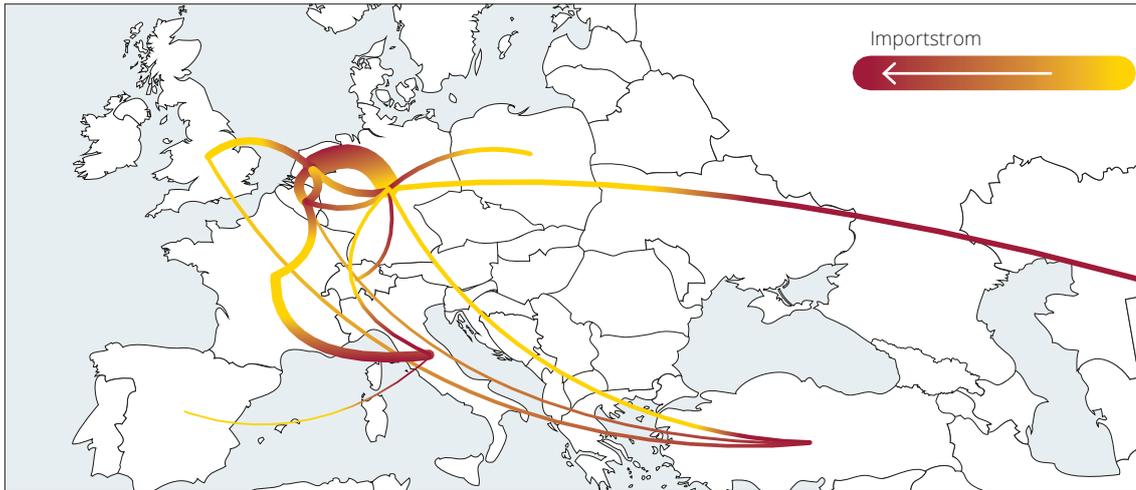
Der Bundesrat hat mit Wirkung zum 01.01.2021 beschlossen, dass nur noch sortenreine Kunststoffe und nahezu störstofffreie Mischungen aus Polypropylen, Polyethylen und PET, die nachweislich zum Recycling bestimmt sind, mit anderen Ländern frei gehandelt werden dürfen.<sup>4</sup> Dabei geht der Bundesrat davon aus, „dass die Mehrheit der Länder Asiens derzeit keine Entsorgungswirtschaft besitzt, die eine nachhaltige nationale Abfallbewirtschaftung sicherstellen kann“.

Die Darstellung der zehn weltweit größten Importeure von Kunststoffabfällen im Jahr 2018 zeigt, dass Deutschland bei den Importen nach dem Handelsvolumen in US Dollar auf dem sechsten Platz liegt, beim Exportvolumen jedoch auf dem zweiten Platz. Aktuell ist davon auszugehen, dass sich die Bedeutung Deutschlands im internationalen Handel mit Kunststoffabfällen vor dem Hintergrund der absehbaren Folgen durch die Überarbeitung des Basler Übereinkommens und der beschriebenen Handelsrestriktionen durch China aller Voraussicht nach verändern wird.

Die Karte zu den weltweiten Handelsströmen zeigt, dass Deutschland bei den Im- und Exporten von Kunststoffabfällen nicht im Zentrum der Mengenströme steht, sondern nur ein Teil der internationalen Handelsbeziehungen ist, deren Spielregeln, wie zuvor beschrieben, sich derzeit und wohl auch weiterhin in einem ständigen Wandel befinden werden.

<sup>4</sup> Entschließung des Bundesrates zur Verringerung des Exports von Plastikmüll, Drucksache 202/20 (Beschluss), 3.07.2020.

## Ausgewählte globale Handelsströme an Kunststoffabfällen (in Mio. USD)



### Die drei wichtigsten Importlieferanten von:

USA	
Mexico	103
Kanada	50
China	12

Hong Kong	
USA	82
Japan	32
Deutschland	21

Niederlande	
Deutschland	90
Belgien	38
United Kingdom	28

Malaysia	
USA	39
United Kingdom	24
Japan	24

Deutschland	
Niederlande	28
Polen	18
Schweiz	14

Türkei	
Deutschland	16
United Kingdom	14
Belgien	11

Belgien	
Niederlande	32
Frankreich	31
Deutschland	21

Italien	
Frankreich	39
Deutschland	14
Spanien	7

Vietnam	
Japan	32
Korea	16
USA	11

Indien	
USA	18
Deutschland	12
Japan	7

### Die drei wichtigsten Exportmärkte von:

USA	
Kanada	69
Malaysia	58
Hong Kong	54

Hong Kong	
Thailand	34
Malaysia	24
China	18

Niederlande	
Deutschland	34
United Kingdom	27
Belgien	25

Malaysia	
China	7
Thailand	4
Indien	3

Deutschland	
Niederlande	57
Tschechien	35
Hong Kong	30

Türkei	
Russ. Föderation	6
Italien	2
Hong Kong	2

Belgien	
Niederlande	52
Frankreich	19
Deutschland	15

Italien	
Österreich	15
Spanien	9
Deutschland	6

Vietnam	
China	5
Korea	3
Andere asiatische Länd.	1

Indien	
China	24
USA	3
Korea	2

Abb. 72, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell



Erfassung, Sortierung  
und Aufbereitung  
von Kunststoffen

Sammlung Gelber Sack mit Unterflurpresscontainer, Quelle: SIDCON

## Erfassung und Sammlung

**Anteil von Kunststoffen im Hausmüll:** Gemäß der aktuellen bundesweiten Hausmüllanalyse<sup>5</sup> befinden sich bundesweit derzeit noch rund 710.000 Tonnen an Kunststoffen in Form von Verpackungen, Produkten oder auch Müllsäcken im Hausmüll aus privaten Haushalten. Dies entspricht einem Gewichtsanteil von rund 6,7 % am bundesweiten Aufkommen.

Bezogen auf die rund 83 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner Deutschlands entspricht dies einem Aufkommen von rund 8,6 kg/(E\*a) an Kunststoffen (ohne Verbunde). Dabei steigt das Kunststoffpotenzial von 5,7 kg/(E\*a) in ländlichen Siedlungsstrukturen bis auf 11,7 kg/(E\*a) in den städtischen Siedlungsstrukturen an, wofür im Wesentlichen die Verpackungskunststoffe verantwortlich sind. Der Mengenanteil der Verpackungskunststoffe an der Gesamtkunststoffmenge im Hausmüll variiert in Abhängigkeit der Siedlungsstrukturen zwischen 47 und 69 Gew.-% und liegt bundesweit im Mittelfeld bei ca. 60 Gew.-%.

Die Menge an stoffgleichen Nichtverpackungen aus Kunststoff im Hausmüll liegt in einer Größenordnung von rund 2 kg/(E\*a).

### Erfassung und Sammlung von Verpackungskunststoffen:

Als Verpackung erfüllen Kunststoffe wichtige Aufgaben zum Schutz, zur Lagerung und für den Transport von Konsumgütern. Die Rücknahme und Verwertung unterliegt der im Kreislaufwirt-

schaftsgesetz und dem Verpackungsgesetz verankerten Produktverantwortung der Hersteller und Inverkehrbringer. Die Registrierung der Produktverantwortlichen sowie die Überwachung der Erreichung der ökologischen Ziele, wie beispielsweise die Erfüllung der vorgeschriebenen Recyclingquoten, wird neben weiteren Aufgaben von der „Zentralen Stelle Verpackungsregister“ übernommen.

**Duale Systeme:** Die Organisation der Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verpackungen erfolgt durch die im Markt aktiven dualen Systeme. Finanziert wird die Erfassung, Sortierung und Verwertung über material- und verpackungsspezifische Beteiligungsgebühren der Hersteller und Inverkehrbringer.

Die Erfassung der Verpackungskunststoffe aus dem Bereich der Haushalte und von vergleichbaren Anfallstellen erfolgt als Gemisch der sogenannten Leichtverpackungen (LVP) zusammen mit Verpackungen aus Metall und Verbunden. Als Erfassungssystem werden überwiegend gelbe Säcke oder Behälter mit einem Volumen bis zu 1.100 l eingesetzt. Die Abholung der Säcke oder die Leerung der Behälter erfolgt in der Regel in einem 2- oder 4-wöchentlichen Intervall. In süddeutschen Kommunen erfolgt die Sammlung der Leichtverpackungen teilweise auch ausschließlich im Bringsystem über Wertstoff- und Recyclinghöfe oder Depotcontainer. An vielen Wertstoff- und Recyclinghöfen wird ergänzend eine Abgabemöglichkeit für Leichtverpackungen und Nichtverpackungen aus Kunststoffen (i. d. R. für Hartkunst-

<sup>5</sup> UBA: Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien – Abschlussbericht. UBA-TEXTE 113/2020, Juni 2020, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-analyse-von-siedlungsrestabfaellen>

## Gewichtsanteile von Kunststoffen im Hausmüll (in %)

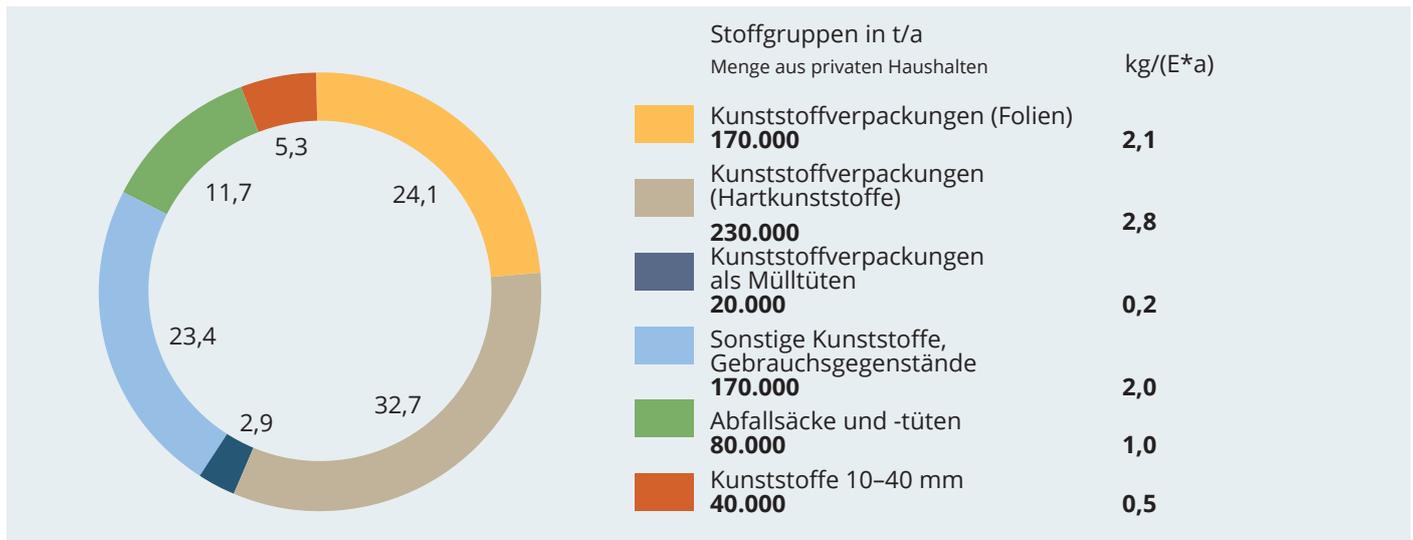


Abb. 73, Quelle: Darstellung INFA nach: Umweltbundesamt (Hrsg.): Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen, a.a.O.

stoffe) vorgehalten. Einzelne Kommunen haben die sogenannte Wertstofftonne eingeführt, in der neben den Leichtverpackungen auch stoffgleiche Nichtverpackungen miterfasst werden. Über die LVP-Sammlung (inklusive der Kommunen mit einer Wertstofftonne) wurden im Jahr 2017 im Bundesdurchschnitt ca. 30 kg/(E\*a) eingesammelt.

**Branchenlösungen:** Ein Hersteller von Verpackungen kann ausnahmsweise von der Pflicht zur Beteiligung an dem Rücknahmesystem befreit werden, wenn er stattdessen die von ihm in Verkehr gebrachten Verpackungen im Rahmen einer sogenannten Branchenlösung selbst zurücknimmt und anschließend nach den Vorgaben des VerpackG<sup>6</sup> verwertet. Damit treten Branchenlösungen an die Stelle der dualen Systeme und können nicht bei den privaten Haushalten, sondern nur bei gewerblichen Anfall-

stellen eingesetzt werden. Branchenlösungen werden direkt oder über zwischengeschaltete Vertrieber in nachprüfbarer Weise beliefert und es erfolgt eine regelmäßige unentgeltliche Rücknahme der Verpackungen an dieser Anfallstelle. Branchenlösungen sind mittlerweile mit erhöhten Nachweispflichten verbunden und stellen eine eng geregelte Ausnahme dar.

**Pfandsysteme:** Getränkeflaschen aus PET sind ein wichtiger Herkunftsbereich der insgesamt anfallenden PET-Abfälle. Durch die Erfassung von PET-Flaschen mittels Pfandsystem wird ein nahezu sortenreiner Kunststoffabfall erzeugt, der mit geringem Aufwand aufbereitet und verwertet werden kann.

In einer GVM-Studie aus dem Jahr 2018<sup>7</sup> wurde für das Jahr 2017 in Deutschland ein Verbrauch an PET-Getränkeflaschen

## Verhältnis von Neuware und Rezyklate an den verarbeiteten Kunststoffwerkstoffen nach Branchen im Jahr 2019 (in Mio. t)

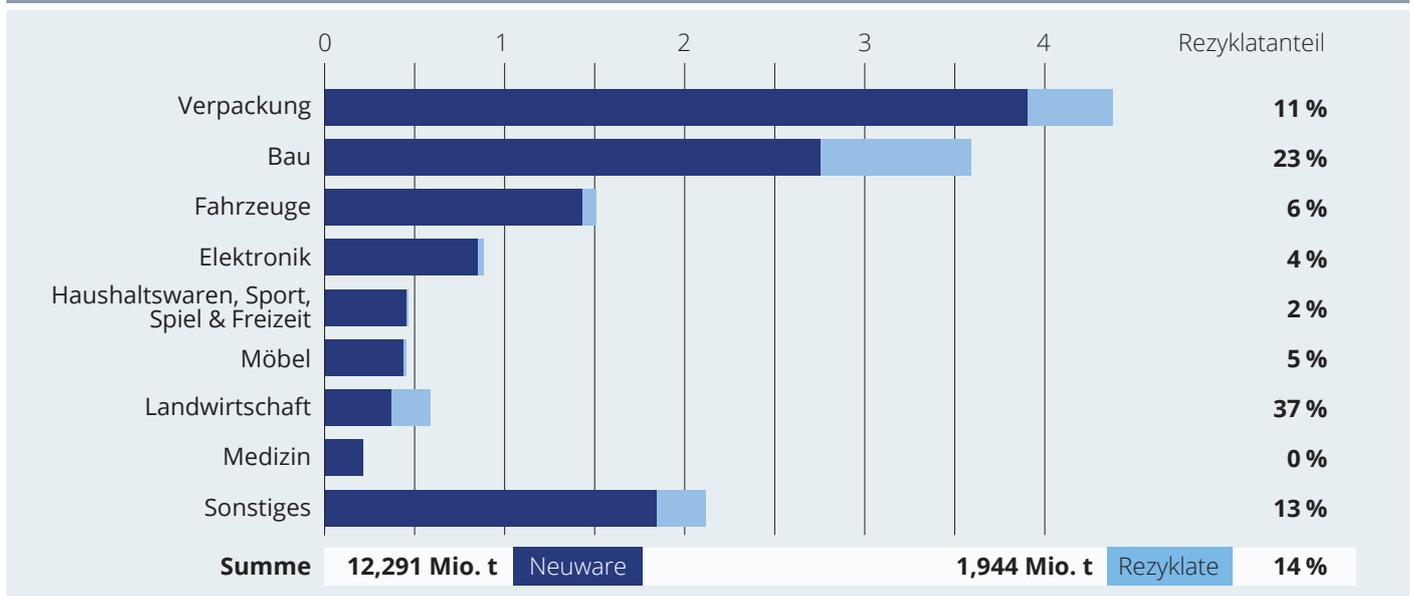


Abb. 74, Quelle: Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019, Kurzfassung August 2020

<sup>6</sup> Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz -VerpackG) vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234), das durch Artikel 139 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist



Gepresste PET-Flaschen, Quelle: Veolia

von insgesamt 495.600 Tonnen ermittelt, davon waren 21.900 Tonnen Mehrweg-PET-Flaschen und 473.700 Tonnen Einweg-PET-Flaschen, wovon wiederum 411.500 Tonnen bepfandnet waren. Für die pfandpflichtigen PET-Getränkeflaschen wurde über alle Rücklaufwege eine fast vollständige Erfassungsquote (über 99,9 %) ausgewiesen. Die Quote der werkstofflichen Verwertung lag bei den PET-Flaschen bei 93 %, bei den bepfandneten Einwegflaschen sogar bei mehr als 97 %.

Etwa ein Drittel des recycelten PET-Materials aus Pfandsystemen wird zur Herstellung neuer PET-Flaschen verwendet. Zu knapp 30 % gehen die gebrauchten Getränkeverpackungen in die Folienindustrie, die diese zum Beispiel zu Schalenverpackungen für Lebensmittel verarbeitet. Mehr als 20 % des PET-Rezyklats findet Verwendung in der Textilfaserindustrie (z. B. für Fleece-Jacken und -Pullover), die überwiegend außerhalb von Deutschland sitzt.

**Kunststoffe aus anderen Rücknahmesystemen:** Neben dem Verpackungssegment, welches den größten Einsatzbereich von Kunststoffen ausmacht, werden Kunststoffe auch in anderen Bereichen, wie z. B. in der Baubranche (z. B. in Form von Rohren, Profilen, Dämm-/Isoliermaterial etc.), in Fahrzeugen und in Elektro- und Elektronikgeräten eingesetzt und finden sich später in den entsprechenden Abfallströmen wieder.

Die Erfassung bzw. Rücknahme und Verwertung unterliegt den jeweiligen Regelwerken. In der AltfahrzeugV und dem ElektroG sind Quoten für die Verwertung der Fahrzeuge bzw. Elektro- und Elektronikgeräte vorgegeben. Spezielle Anforderungen an die Ausschleusung und Verwertung von großen Kunststoffbauteilen finden sich beispielsweise in der AltfahrzeugV für die Demontagebetriebe.

Sowohl für gewerbliche Siedlungsabfälle als auch für Bau- und Abbruchabfälle ist in der GewAbfV im Grundsatz eine Getrennsammlungspflicht für Kunststoffe verankert. Auch für die Vorbehandlung von nicht getrennt erfassten Gemischen ist grundsätzlich eine Ausschleusung von Kunststoffen vorgesehen. Inwieweit die getrennte Erfassung bzw. Aussortierung von Kunststoffen in der Praxis umgesetzt wird, wird sich im Rahmen der Evaluierung der GewAbfV zeigen.

## Sortierung

Die als Gemische anfallenden Kunststoffabfälle werden zunächst einer Sortierung unterzogen. Im Bereich der Verpackungen erfolgt die Auftrennung des als Leichtverpackungen erfassten Stoffgemisches in überwiegend hochmodernen LVP-Sortieranlagen, die mit einer Vielzahl an technischen Aggregaten und Trennvorrichtungen ausgestattet sind, wie z. B. Siebtrommeln, Magnetscheider, Wirbelstromscheider, Windsichter, ballistische Separatoren und sensorgestützte Aggregate, wie beispielsweise Nahinfrarotspektrometer. Damit kann eine Auftrennung in bis zu 15 sortenreine Stoffgruppen vorgenommen werden, die anschließend den spezifischen und angepassten Verwertungswegen zugeführt werden. Zu den Hauptfraktionen gehören in der Regel Hartkunststoffe (PP, PE, PET, PS), Folien, Metalle (Aluminium, Weißblech), Getränkekartons, Papier/Pappe/Kartonagen und Sortierreste. Im Bereich der Kunststoffe werden zunächst definierte hochkonzentrierte Kunststoffgemische erzeugt, aus denen anschließend die verschiedenen enthaltenen Kunststoffarten sortenrein aussortiert werden. Neben den sortenrein aussortierten Kunststoffarten fallen dabei auch Kunststoffgemische (z. B. gemischte Polyolefine oder Mischkunststoffe) an.



Spendenautomat für bepfandete Plastikflaschen am Frankfurter Flughafen, Quelle: istock

Die erhöhte Rückführung von Wertstoffen in den Stoffkreislauf kann bei den erfassten Wertstoffgemischen nur durch Trennverfahren mit entsprechender Trennschärfe gelingen, bei denen differenzierte Materialströme in einer Qualität erzeugt werden, die die Anforderungen und Spezifikationen von Abnehmern erfüllen und ein qualitativ hochwertiges Recycling ermöglichen. Die Herausforderungen bestehen dabei auf der Produktseite sowohl in der Materialvielfalt als auch in den nicht trennbaren Materialkombinationen. Fehlwürfe vermindern zusätzlich die Qualität des an der Anfallstelle erfassten und zu sortierenden LVP-Gemisches. Insbesondere durch die neuen erhöhten Vorgaben für die Recyclingquote der insgesamt zu erfassenden Leichtverpackungen (mindestens 50 %) sowie auch die erhöhten Quoten für die einzelnen Stoffgruppen sind weitergehende Anstrengungen in der Sortierung und Aufbereitung erforderlich.

## Verwertung

**Stoffliche Verwertung:** Die werkstoffliche Verwertung gilt als besonders hochwertig, wenn aus den Kunststoffabfällen ein zu Regranulat oder Mahlgut aufbereitetes, sortenreines Sekundärmaterial erzeugt wird, welches Primärkunststoffe bzw. Neuware ersetzen kann. Diese Aufbereitungsverfahren bestehen mindestens aus den Verfahrensstufen trocken- und nassmechanische Aufbereitung, Trocknung sowie gegebenenfalls Extrusion und Granulierung. Am Ende der Prozesskette fällt ein in der Kunststoffproduktion als Sekundärmaterial einsetzbares Regranulat oder Mahlgut an. Ebenfalls als werkstoffliches Recycling gilt das Einschmelzen von sortenreinen Kunststoffen, die andere Werkstoffe, wie z. B. Beton, Holz oder Stahl ersetzen können. Voraussetzung für ein werkstoffliches Recycling sind eine hohe Sortenreinheit und hohe Qualität der Sekundärrohstoffe.

Unter der sogenannten rohstofflichen Verwertung ist die chemische oder thermische Zerlegung der Polymere zu Monomeren und sonstigen Molekülen für neue Synthesen zu verstehen. Auch der Kunststoffeinsatz als Reduktionsmittel in Hochöfen der Stahlindustrie zählt zur rohstofflichen Verwertung.

Während die stoffliche Verwertungsquote bei Produktions- und Verarbeitungsabfällen, d. h. Abfällen aus der Kunststoffverarbeitung und Kunststoffproduktion, aufgrund der Sauberkeit und Sortenreinheit bei den Produzenten bei rund 68 % und bei den Verarbeitern bei rund 91 % liegt, ist sie bei Post-Consumer Abfällen, d. h. den privaten Haushalten mit rund 42 % bzw. rund 34 % bei den gewerblichen Endverbrauchern aufgrund der Heterogenität der Abfallströme deutlich niedriger. Insgesamt wurden im Jahr 2019 rund 2,9 Millionen Tonnen aller Kunststoffabfälle (rund 47 %) bzw. rund 2,1 Millionen Tonnen der Post-Consumer Abfälle (rund 39 %) einer stofflichen Verwertung zugeführt.<sup>8</sup>

Die Recyclingquoten wurden mit dem am 01.01.2019 in Kraft getretenen Verpackungsgesetz von bisher 36,0 % auf 58,5 % und bis zum Jahr 2022 auf 63 % angehoben. Kunststoffe sind mindestens zu 90 % einer Verwertung zuzuführen, davon müssen 65 % und ab dem 1. Januar 2022 70 % dieser Verwertungsquote werkstofflich verwertet werden.



Absperrung aus recyceltem Kunststoff, Quelle: Breer



IHKW Andernach, Quelle EEW

**Chemisches Recycling:** Mit zunehmender Heterogenität der Kunststoffe und der zunehmenden Verschmutzung steigt auch der Aufwand für ein werkstoffliches Recycling der Kunststoffe. Zudem steigt das Risiko, dass Schadstoffbelastungen durch das werkstoffliche Recycling nicht vollständig beseitigt und somit in das Folgeprodukt übertragen werden können. Vor diesem Hintergrund und den höheren Anforderungen an die Recyclingquoten wird aktuell das chemische Recycling als möglicher Lösungsansatz diskutiert sowie im Rahmen von Forschungsprojekten untersucht. Zu diesen Verfahren gehören beispielsweise die Pyrolyse, die Vergasung oder die Verflüssigung von Kunststoffabfällen.

Als Vorteil des chemischen Recyclings gegenüber dem werkstofflichen Recycling wird neben der Erzeugung neuer Grundstoffe unter anderem die Zerstörung von Schadstoffen und die größere Toleranz in Bezug auf die Qualität des Ausgangsmaterials gesehen. Allerdings erfordert das chemische Recycling einen hohen verfahrenstechnischen Aufwand und weist einen deutlich höheren Energiebedarf auf. Das Verfahren wird zudem in der Fachwelt kontrovers diskutiert. Aus Sicht des Bundesumweltministeriums stellt das chemische Recycling von Kunststoffverpackungen aktuell keine Verwertungsoption zur Erfüllung der im Verpackungsgesetz vorgesehenen werkstofflichen Verwertungsquote für Kunststoffverpackungen dar.<sup>9</sup>

Das Umweltbundesamt lässt aktuell in dem Forschungsvorhaben „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling“ das chemische Kunststoffrecycling im Detail untersuchen. Die Verfahren sollen im Vergleich zu herkömmlichen Abfallbehandlungsverfahren

und dem werkstofflichen Recycling bewertet und die künftigen Potenziale abgeschätzt werden.

**Energetische Verwertung:** Kunststoffe zeichnen sich durch hohe Heizwerte aus und sind daher grundsätzlich auch für eine energetische Verwertung geeignet. Sie können zur Erzeugung von Strom und Wärme in Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB) oder als Ersatzbrennstoff (EBS) in Feuerungsanlagen, sowie in Zementwerken, eingesetzt werden und ersetzen hier fossile Primärbrennstoffe. Dieser Verwertungsweg wird insbesondere für Kunststoffe genutzt, die aufgrund ihrer Qualität für eine werkstoffliche Verwertung nicht oder nur noch mit hohem Aufbereitungsaufwand eingesetzt werden können. Dazu gehören beispielsweise Mischkunststoffe und Sortierreste aus der LVP-Sortierung sowie Kunststoffe aus dem Restabfall, die als heizwertreiche Fraktion in mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen ausgeschleust werden.

Im Jahr 2019 wurden insgesamt rund 3,31 Millionen Tonnen aller Kunststoffabfälle (= 53 %) bzw. rund 3,25 Millionen Tonnen der Post-Consumer Abfälle (= 60 %) einer energetischen Verwertung zugeführt.<sup>10</sup> Der davon als Ersatzbrennstoff verwertete Anteil lag bei etwa 33 % bis 34 %. Der Einsatz als Ersatzbrennstoff erfolgt in Abhängigkeit von der Qualität und dem Heizwert in EBS-Kraftwerken, Kohlekraftwerken oder in der Zementindustrie. So wurden beispielsweise in Zementwerken im Jahr 2018 insgesamt 758.000 Tonnen Kunststoffe aus Industrie- und Gewerbeabfällen sowie 280.000 Tonnen an aufbereiteten Fraktionen aus Siedlungsabfällen als Ersatzbrennstoffe beim Klinkerbrennprozess eingesetzt.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Janz, A.: Chemisches Recycling von Kunststoffabfällen – eine Alternative zur werkstofflichen Verwertung? Müll und Abfall 05.20, S. 242 ff

<sup>10</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019, Kurzfassung August 2020

<sup>11</sup> Verband der deutschen Zementindustrie (VDZ), Umweltdaten 2018

**Biologisch abbaubare Kunststoffe:** Gemäß eines im Jahr 2018 im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellten Gutachtens<sup>12</sup> besteht in Deutschland und in Europa ein kleiner, jedoch stetig wachsender Markt für biologisch abbaubare Kunststoffe. Eingesetzt werden biologisch abbaubare Kunststoffe weltweit vor allem als Abfallbeutel für die Sammlung von Bioabfällen, in der Landwirtschaft, im Gartenbau, in Textilien, in Verpackungen, in der Automobilbranche oder in kurzlebigen Konsumgütern.

Als biologisch abbaubar wird ein Kunststoff bezeichnet, sofern er durch Mikroorganismen in Kohlenstoffdioxid, Wasser oder Methan, mineralische Salze und Biomasse umgewandelt werden kann. Dieser Vorgang hängt stark vom Umgebungsmilieu ab. Um als biologisch abbaubar zu gelten, muss der Kunststoff entsprechend geprüft und zertifiziert werden. Als bio(-masse) basiert werden Kunststoffe bezeichnet, deren Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden, wie z. B. aus stärke- und zellulosebasierten Rohstoffen (Mais, Zuckerrohr, Zuckerrübe u. a.) oder aus Rohstoffen, die auf Basis von Ölsaaten

(Raps, Sonnenblumenöl, Palmöl u. a.) gewonnen werden. Verwendung finden diese vor allem als biologisch abbaubare Stärke, Polylactid (PLA), Polybutylensuccinat (PBS) und Polybutylenadipat-Terephthalat (PBAT) sowie Polyhydroxyalkanoate (PHA).

Der Einsatz biologisch abbaubarer Kunststoffe in Produkten und besonders der Umgang mit biologisch abbaubaren Kunststoffabfällen werden in der Fachwelt kontrovers diskutiert und es gibt europaweit durchaus auch unterschiedliche Ansichten über die ökologische Vorteilhaftigkeit biologisch abbaubarer Kunststoffe und die unterschiedlichen Ansätze im Umgang mit entsprechenden Abfällen. Das Umweltbundesamt kommt in seinem „Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe“<sup>13</sup> zu dem Schluss, dass grundsätzlich der biologische Abbau von Kunststoffen erst dann vorteilhaft ist, wenn durch die Eigenschaft der biologischen Abbaubarkeit ein Zusatznutzen entsteht. Dies sei aber nur bei bestimmten Produktanwendungen gegeben.

<sup>12</sup> Umweltbundesamt (Hrsg.): Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe. UBA-Texte 57/2018

<sup>13</sup> Umweltbundesamt (Hrsg.): Gutachten zur Behandlung biologisch abbaubarer Kunststoffe. UBA-Texte 57/2018

## Förderauftrag „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien (KuRT)“ im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ des BMBF

Das Recycling von Kunststoffen steht im Vergleich zu anderen Materialien vor besonderen Herausforderungen, die zur gegenwärtig unbefriedigenden Entsorgungssituation führen, bei der nur ein geringer Anteil des Materials tatsächlich im Kreislauf geführt wird. Im Rahmenprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Forschung für Nachhaltige Entwicklung – FONAS“ soll aktuell durch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien (KuRT)“ die hochwertige Kreislaufführung von Kunststoffen verbessert und ausgebaut werden.

Durch die Entwicklung von intelligenten Nutzungskonzepten für Kunststoffe sowie die (Weiter-)Entwicklung innovativer Recyclingverfahren (z. B. werkstoffliches, chemisches Recycling und kombinierte Verfahren) soll eine deutliche Steigerung der tatsächlichen Recycling- bzw. Rezyklateinsatzquoten für Kunststoffe ermöglicht werden. Im Rahmen der Fördermaßnahme wird die Weiterentwicklung modellhafter Kreislaufwirtschaftslösungen für wichtige Anwendungsbereiche für Kunststoffe in Richtung einer praxisreifen Lösung angestrebt, z. B. in den Bereichen Ver-

packungen, Bauprodukte, Elektro- und Elektronikgeräte, Fahrzeuge und Gewerbeabfälle. Dabei sollen Akteure der beteiligten Branchen eingebunden werden (z. B. Kunststoffhersteller, -verarbeitung und -recycling, Abfallsammlung und -sortierung, Chemieindustrie, Produktdesigner, Produzenten, Handel, Aufsichts- und Genehmigungsbehörden).

Beispielhafte Forschungsthemen im Rahmen eines Förderprojektes, das auf die großtechnische Umsetzung von Lösungen in der Kreislaufwirtschaft zielt, sind u. a.:

- ▶ Weiterentwicklung innovativer marktfähiger Verfahren zum chemischen bzw. rohstofflichen Recycling zur Bereitstellung von Ausgangsstoffen für die Chemieindustrie, auch in Kombination mit der Rückgewinnung weiterer Wertstoffe
- ▶ Weiterentwicklung von werkstofflichen und rohstofflichen Verfahren bezüglich Qualität und Reinheit der Rezyklate, Qualitätssicherung, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Verfahren, z. B. durch Bündelung von Stoffströmen, intelligente Steuerung, inkl. (Anbindung an bestehende Systeme zur) Sammlung und Erfassung von Post-Consumer- und Produktionsabfällen
- ▶ Innovative Sortierlösungen für Kunststoffabfälle und weitere Ansätze zur Erhöhung der Nutzungseffizienz, der

Rezyklatqualitäten sowie der Rezyklateinsatzquoten, inkl. der dafür erforderlichen Produktionstechnologien

- ▶ Konzepte, Technologien und industrielle Demonstration für das gemeinsame Recycling von Kunststoffen und werthaltigen anorganischen Additiven
- ▶ Neue Ansätze zur Förderung der Nachfrage nach bzw. des Einsatzes von Post-Consumer-Kunststoffrezyklaten, z. B. Klassifizierungssysteme für die Qualität und entsprechende Anwenderinformationen
- ▶ Design-for-Sustainability-Konzepte (z. B. hinsichtlich Kreislauffähigkeit, Recycling, Nutzenoptimierung) für Kunststoffprodukte in relevanten Anwendungsbereichen, z. B. in den Bereichen Verpackungen, Bauprodukte, Elektro- und Elektronikgeräte, Fahrzeuge (Substitution von recyclingproblematischen Zusatzstoffen, Reduktion der Komplexität von Kunststoffabfällen durch Standardisierung von Komponenten bzw. eines modularen Baukastens für leicht zu zerlegende Kunststoffe, Konzepte zur längeren Nutzung von Kunststoffprodukten und -materialien, Ausbau der Kaskadennutzung für bestimmte degradierende Stoffgruppen usw.)



## Herausforderungen des Kunststoffrecyclings

PET-Recycling, Quelle: Alexis Duclos, Veolia

In seinem aktuellen Umweltgutachten 2020<sup>14</sup> hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) die Herausforderungen auf dem Weg in die Kreislaufwirtschaft am Fallbeispiel der Kunststoffe deutlich gemacht. Seine Einschätzung, dass die etablierten Instrumente der Kreislaufwirtschaft in Deutschland bislang nicht in der Lage sind, eine echte Kreislaufwirtschaft zu etablieren, zeigt er unter anderem daran auf, dass nur ein kleiner Anteil von ca. 12 % der in Deutschland verarbeiteten Kunststoffe als Rezyklate in der Fertigung von Kunststoffprodukten eingesetzt wird. Darüber hinaus werden in dem Gutachten des SRU die Auswirkungen von Mikroplastik in der Umwelt sowie die Klimawirksamkeit des Kunststoffeinsatzes thematisiert.

Im Zwischenfazit kommt der SRU zu dem Schluss, dass eine Nachjustierung der Steuerungsinstrumente in erster Linie eine Verringerung der eingesetzten Kunststoffmenge und erst an zweiter Stelle die Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine deutlich höhere Kreislaufführung bewirken sollte. Dabei müssen Qualität und Quantität der derzeit gewonnenen und eingesetzten Rezyklat-Mengen gesteigert werden, um die Primärrohstoffe zunehmend zu substituieren.

Für kurzlebige Kunststoffverpackungen werden im Rahmen des SRU-Gutachtens in einigen Bereichen standardisierte Mehrwegbehältnisse empfohlen. Die Umsetzung der europäischen Vor-

gaben zu ausgewählten Einwegartikeln, die Symbolwirkung des Plastiktütenverbotes und der Runde Tisch zur Reduzierung von Verpackungen werden als weitere Schritte auf dem Weg zu einem geringeren Kunststoffeinsatz ausdrücklich begrüßt.

Für langlebige Kunststoffe (und teils auch schadstoffhaltige Kunststoffbauteile insbesondere aus dem Elektronikschrott) wird die konsequente Umsetzung des Ökodesigns gefordert, um das künftige Recycling sicherzustellen. Dabei müssen die Schadstoffe im Rahmen des Recyclings konsequent ausgeschleust und anschließend thermisch entsorgt werden.



PET-Schredder, Quelle: Veolia

<sup>14</sup> Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa - Umweltgutachten 2020



PET-Recycling, Quelle: Alexis Duclos, Veolia

Da durch die Fachwelt aktuell weder biomasse-basierte noch bioabbaubare Kunststoffe als ausreichende Lösungen für die Probleme, die durch den hohen Materialumsatz von Kunststoffen entstehen, angesehen werden, müssen zum Erreichen von Zielen des Ressourcen- und des Klimaschutzes Maßnahmen zur Vermeidung und zur hochwertigen Verwertung im Vordergrund des Kunststoffeinsatzes und der Kunststoffverwertung stehen.

Damit die Transformation von der kreislauforientierten Abfallwirtschaft in die Kreislaufwirtschaft gelingt, wird darüber hinaus empfohlen, insbesondere die rechtlichen Vorgaben zur Herstellerverantwortung stringent weiter zu entwickeln und material-spezifische Problemlösungsstrategien in eine Gesamtstrategie der nachhaltigen Entwicklung zu integrieren.

### Einsatzbereiche der Kunststoff-Rezyklate

Der Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. In Deutschland konnten im Jahr 2019 rund 2,04 Millionen Tonnen Kunststoff-Rezyklate aus dem Recycling der gesamten Kunststoffabfälle in Höhe von rund 6,28 Millionen Tonnen gewonnen werden. Bezogen auf die insgesamt angefallenen Kunststoffabfälle entspricht dies einem Anteil von rund 33 %. Von den rund 2,04 Millionen Tonnen Rezyklaten wurden zur Herstellung von Produkten in Deutschland rund 1,95 Millionen Tonnen eingesetzt, davon rund 0,92 Millionen Tonnen aus Post-Industrial-Abfällen (Gewerbe und Industrie) und rund 1,02 Millionen Tonnen aus Post-Consumer-Abfällen (Abfälle von Endverbraucherinnen und Endverbrauchern). Die verbleibende Differenz von rund 0,09 Millionen Tonnen wurde ins Ausland exportiert. Damit haben die Rezyklate einen Anteil von insgesamt rund 13,7 % an dem Einsatz von Neuware und Rezyklaten in der Kunststoffverarbeitung.<sup>15</sup>

In Deutschland werden Rezyklate überwiegend als Ergänzung bzw. Substitut von Primärkunststoff eingesetzt (1,3 Millionen Tonnen) oder dienen als Substitut von anderen Werkstoffen wie

Beton, Holz und Stahl (0,4 Millionen Tonnen) in verschiedenen Anwendungsbereichen. Ein geringerer Teil wird zudem als Reduktionsmittel in der Stahlerzeugung eingesetzt (0,05 Millionen Tonnen). Haupteinsatzgebiete für Rezyklate sind der Bausektor, gefolgt von dem Verpackungsbereich und der Landwirtschaft. Der eingesetzte Rezyklatanteil im Verhältnis zur Primärware ist in den beiden Bereichen „Bau“ mit rund 23,3 % und „Landwirtschaft“ mit rund 36,5 % am höchsten.<sup>16</sup>

Im Baubereich ersetzen Rezyklate andere Materialien wie Beton und werden u. a. bei der Herstellung von Bauanträgern oder Bakenfüßen eingesetzt. Weiterhin ergänzen Rezyklate den Einsatz von Primärkunststoffen und werden bei der Herstellung von Fenster- und Türrahmen eingesetzt. Weitere Einsatzbereiche für Rezyklate bestehen in der Herstellung von Baufolien, Noppenbahnen, Kunststoffrohren für die Drainage oder den Kabelschutz sowie Entwässerungsrinnen. In der Landwirtschaft finden Rezyklate beispielsweise Anwendung in der Herstellung von Garten- und Landwirtschaftsfolien, Blumentöpfen, Schalen, Paletten, Regentonnen und Kompostern.

Bei Verpackungen werden Rezyklate im Bereich Getränkeflaschen, Folien, Eimer, Schraubdosen, Tragetaschen, Säcke und Paletten eingesetzt. Durchgesetzt hat sich in den letzten Jahren auch der vermehrte Einsatz von Rezyklaten bei Shampoo-, Klebstoff- und Reinigungsmittelverpackungen, die heute teilweise schon zu 100 % aus Rezyklaten bestehen. Diese kommen aktuell im Wesentlichen aus der Sammlung der Gelben Tonne bzw. des gelben Sackes, aber auch zunehmend aus dem so genannten „Social Plastic“. Unter „Social Plastic“ versteht man Plastikmüll, der in Ländern mit einer unzureichenden Entsorgungsinfrastuktur gesammelt wird.

Das Recycling von Plastik aus den Weltmeeren, das so genannte „Ocean-Plastic“, hat in den letzten Jahren in den Medien an Bedeutung gewonnen. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht

<sup>15</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019, Kurzfassung August 2020

<sup>16</sup> Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019, Kurzfassung August 2020

unumstritten, da es sich teilweise bei den gewonnenen Rezyklaten nicht direkt um Plastikabfälle aus den Meeren handelt, sondern vielmehr um Social-Plastic, das schon in den Küstenregionen bzw. Flüssen gesammelt wurde, bevor es das Meer erreicht. Die so gewonnenen Rezyklate werden u. a. von Textilunternehmen zur Herstellung von Stoffen und Kleidung eingesetzt.

### Rezyklate: Ausgleich von Angebot und Nachfrage

Zunehmend hohe Recyclingquoten und verstärkte Recyclingbemühungen haben bislang kaum dazu beigetragen, Primärrohstoffe ausreichend zu substituieren. In der Europäischen Union werden aktuell nur 12 % der Primärrohstoffe durch Sekundärrohstoffe ersetzt. Steigende Verwertungsquoten für Kunststoffe lassen allerdings zwangsläufig einen starken Anstieg der Rezyklatmengen erwarten, für die es derzeit keine ausreichenden Absatzmöglichkeiten gibt.<sup>17</sup>

An der aktuellen Marktlage wird deutlich, dass es in Bezug auf die Kreislaufführung von Rohstoffen bzw. auf die Strategie der Circular Economy derzeit keine Instrumente gibt, die eine steuernde Wirkung in Richtung eines höheren Rezyklat-Einsatzes bei der Produktion von Neuware entfalten würden. Die derzeit gesetzlich definierten Recyclingquoten bemessen im Gegensatz dazu nur, welche Mengen in Recyclinganlagen gelangen oder – zukünftig – in den Anlagen auch tatsächlich verwertet werden.



Multipet, Quelle: Veolia

Einen neuen Ansatz für die Berechnung des Rezyklat-Einsatzes hat die Ressourcenkommission im Umweltbundesamt vorgelegt. Diese empfiehlt, eine so genannte „Substitutionsquote“ einzuführen, um einen realistischen Erfolgsmaßstab für die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft zu erhalten. Die Substitutionsquote gibt an, welche Mengen an Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe konkret ersetzt werden sollen. Ziel der Substitutionsquote wäre daher nicht nur eine neue Bemessung des Recyclingerfolges, sondern letztlich auch die verpflichtende Einsatzquote für Rezyklate in den Produkten. Die Substitutionsquote wäre also gleichbedeutend mit einer Rezyklat-Einsatzquote.<sup>18</sup>

Ein verpflichtender Rezyklatanteil in bestimmten Produkten und Materialien würde auf dem Markt verbindliche Anreize für hochwertige Rezyklate und die nachfolgenden Investitionen in die notwendigen Infrastrukturen schaffen. Letztendlich müsste die Recyclingfähigkeit ein verpflichtendes Kriterium bei der Produktzulassung werden wie andere Eigenschaften auch, so z. B. die Sicherheitsanforderungen im Rahmen des CE-Zeichens.



Befüllen Sortieranlage mit Gelber Sack-Sammlung, Quelle: Veolia

Die Gestaltung einer Substitutionsquote bzw. Rezyklat-Einsatzquote wird intensiv mit der produzierenden Wirtschaft zu erörtern sein. Insbesondere ist zu definieren, auf welche in Verkehr gebrachten Mengen (Produkte, Produktgruppen, Materialien) sich die Rezyklat-Einsatzquoten beziehen sollen und wie die Einhaltung, beispielsweise über ein Monitoring, überprüft werden kann.

Zurückliegende Diskussionen haben für den Einsatzbereich der Kunststoffe deutlich gemacht, dass sich die Gestaltung einer Substitutionsquote an Kriterien wie Rezyklat-Aufkommen, Produktsicherheit, Marktwirtschaftlichkeit, Wettbewerbsfähigkeit, Vollzugsfähigkeit oder auch die Gewährleistung des freien Warenverkehrs messen lassen muss.

Eine verpflichtende Substitutionsquote bzw. Rezyklat-Einsatzquote würde den Kunststoffmarkt unabhängiger von den schwankenden Neuwarepreisen machen. Eine Substitutionsquote, die u. a. europaweit einheitlich umgesetzt und global anerkannt ist, wäre ein starkes Instrument, welches jedoch durch weitere Instrumente flankiert werden könnte bzw. sollte. Eines dieser Instrumente wäre die Einführung eines so genannten „Recycling-Labels“. Produzenten, Einkäufer und Verbraucher benötigen für ihre Kaufentscheidungen einfache und transparente Produktkennzeichnungen, die relevante Nachhaltigkeitskriterien verdichtet darstellen. Vorbild ist die Kennzeichnung des Energieverbrauches und damit der Energieeffizienz von Produkten. Da hierbei lediglich ein und zudem noch leicht messbares Kriterium berücksichtigt wird, ließe sich dieses Label relativ leicht implementieren. Das Recycling-Label für Kunststoffprodukte sollte mit ausgewählten Herstellern bis zur Marktreife entwickelt werden. Ergänzend könnten für das öffentliche Beschaffungswesen Musterausschreibungen erarbeitet werden, die belastbare Nachhaltigkeitskriterien enthalten und auf das Recycling-Label Bezug nehmen.

Das Instrument der Substitutionsquote bzw. der Rezyklat-Einsatzquote kann das vermeintliche „Henne-Ei-Problem“ lösen. Eine Substitutionsquote wird zu einer verbindlichen Nachfrage nach Rezyklaten führen und damit Investitionen und Innovationen bei Design, Sammlung, Sortierung, Demontage oder auch Logistik auslösen. Das Recycling-Label und die Wahrnehmung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand können die Nachfrage nach Rezyklaten zusätzlich befördern und damit diese Investitionsdynamik unterstützen.

<sup>17</sup> Aktuell kommt erschwerend hinzu, dass der niedrige Ölpreis auch zu sinkenden Preisen für Neuware führt, so dass der Markt für Recyclingkunststoffe stark unter Druck geraten ist.

<sup>18</sup> Umweltbundesamt: Substitutionsquote: Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft. Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/substitutionsquote-ein-realistischer>

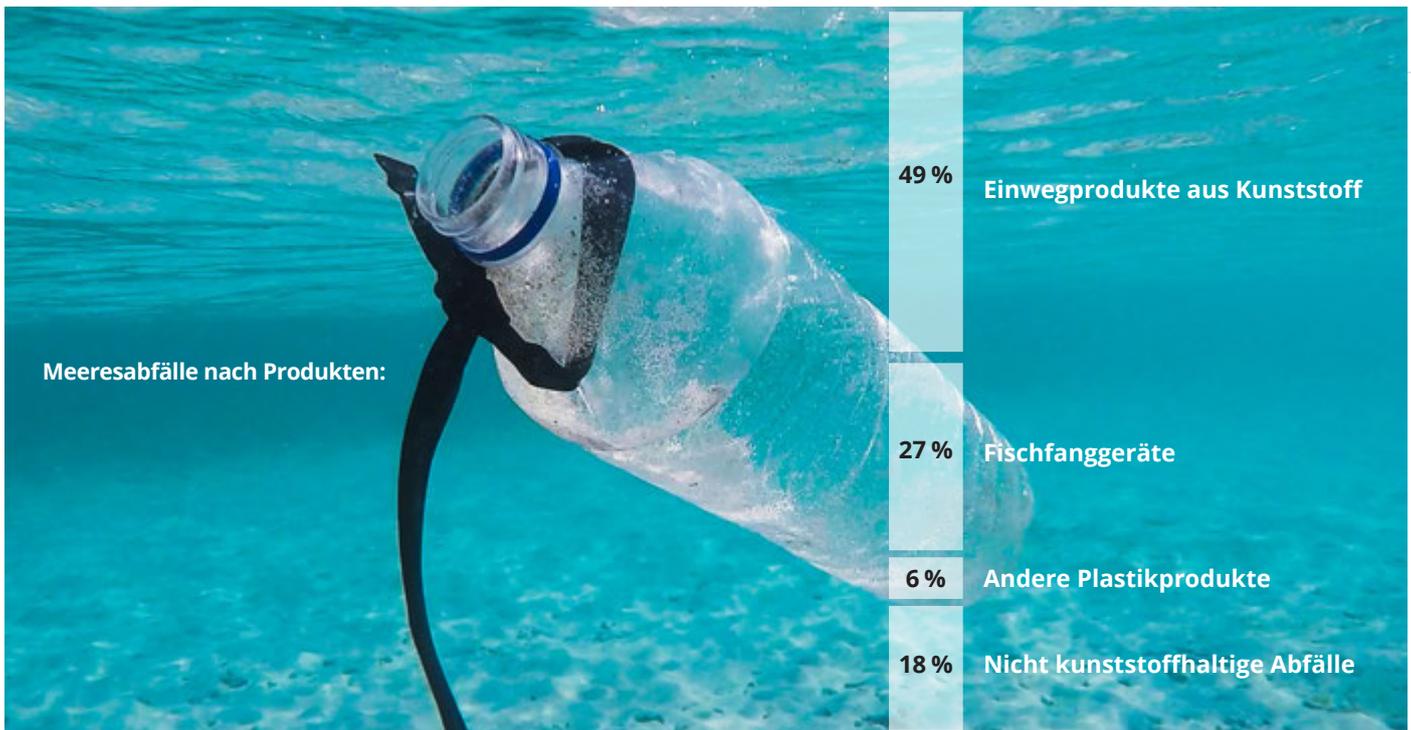


Abb. 75, Quelle: <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181005STO15110/plastik-im-meer-fakten-auswirkungen-und-neue-eu-regeln>, Bildquelle: Brian Yurasits on unsplash

### Exkurs: Maßnahmen und Initiativen zur Vermeidung des Litterings auf internationaler Ebene

Nach aktuellen Schätzungen gelangen jährlich ca. 4,8 bis 12 Millionen Tonnen Kunststoffe jährlich in die Meere und bedrohen deren Tier- und Pflanzenwelt.<sup>19</sup> Hochgerechnet über die Jahre gehen Experten bereits von etwa 150 Millionen Tonnen an Plastikmüll aus, die unsere Meere belasten. Nach Ergebnissen des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung stellen Flüsse dabei eine wichtige Eintragsquelle dar. Insbesondere größere Flüsse weisen eine deutlich höhere Plastikmenge pro Kubikmeter Wasser auf als kleine Flüsse.<sup>20</sup> Die zehn Flusssysteme mit der höchsten Plastikfracht liegen in Afrika und Asien und somit in Ländern, die in der Regel keine funktionierende Abfallwirtschaft haben. Da die Rücknahme- und Recyclingsysteme für Kunststoffabfälle in diesen Ländern kaum flächendeckend entwickelt sind, verbleibt das Plastik in der Umwelt, gelangt in die Flüsse und über diesen Weg in die Meere.<sup>21</sup>

Der steigende Verbrauch von Kunststoffen, der Trend zu Take-away und Einweg-Produkten sowie die Verwendung von Kunststoffen in zahlreichen Hygieneprodukten fördern den Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt. An europäischen Stränden sind als Folge dessen die am häufigsten anzutreffenden Gegenstände Produkte aus Kunststoff, darunter 49 % Einwegprodukte wie Wattestäbchen, Müllbeutel, Besteck oder Luftballons. Nur 18 % der Strandabfälle sind Gegenstände, die nicht aus Kunststoff bestehen.<sup>22</sup> Neben Kunststoffprodukten gelangt auch Mikroplastik (Plastikstücke < als 5 mm), das teilweise mit dem Auge nicht sichtbar ist, u. a. über unsere Flüsse in die Meere.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Verschmutzung der Meere hat die EU-Kommission im Jahr 2018 eine EU-Strategie

für Kunststoffe vorgelegt. Neben dem notwendigen Umweltschutz mit dem Schwerpunkt, die „Vermüllung“ der Meere zu vermeiden, liegt der Fokus gleichzeitig auf der Schaffung von Grundlagen für eine neue Kunststoffwirtschaft im Sinne der Circular Economy. Es gilt, bereits beim Design und der Herstellung von Kunststoffprodukten die Möglichkeiten von Wiederverwendung, Reparatur und Recycling zu berücksichtigen.

Zur Verbesserung des Kunststoffrecyclings und zur Vermeidung von Littering ist im Jahr 2019 die „Richtlinie zur Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt“ (Single-use-plastic-Richtlinie) der Europäischen Kommission in Kraft getreten. Sie schreibt folgende Maßnahmen vor:

- ▶ Ein Verbot bestimmter Einwegkunststoffprodukte, für die es auf dem Markt Alternativen gibt, und zwar Wattestäbchen, Besteck, Teller, Trinkhalme, Rührstäbchen und Luftballons aus Kunststoff sowie Becher, Lebensmittelverpackungen und Getränkebehälter aus expandiertem Polystyrol und alle Produkte aus oxoabbaubaren Kunststoffen.
- ▶ Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauches von Lebensmittelverpackungen und Getränkebechern aus Kunststoff sowie die besondere Kennzeichnung und Etikettierung bestimmter Produkte.
- ▶ Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung zur Deckung der Kosten von Säuberungsaktionen (Tabakprodukte mit Filter oder Fanggeräte).
- ▶ Eine Mindestquote von 90 Prozent für die getrennte Sammlung von Kunststoffflaschen bis 2029 (77 Prozent bis 2025) und die Einführung von Vorschriften für das Produktdesign, wonach die Deckel an den Getränkeflaschen fest angebracht

<sup>19</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181005STO15110/plastik-im-meer-fakten-auswirkungen-und-neue-eu-regeln>

<sup>20</sup> Schmidt, C., Krauth, T., Wagner, S. (2017): Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. Environ. Sci. Technol. DOI: 10.1021/acs.est.7b02368

<sup>21</sup> Schmidt, C., Krauth, T., Wagner, S. (2017): Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. Environ. Sci. Technol. DOI: 10.1021/acs.est.7b02368

<sup>22</sup> <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181005STO15110/plastik-im-meer-fakten-auswirkungen-und-neue-eu-regeln>

sein müssen, sowie das Ziel eines Anteils von 25 Prozent an recyceltem Kunststoff in PET-Flaschen ab dem Jahr 2025 und von 30 Prozent in allen Kunststoffflaschen ab dem Jahr 2030.<sup>23</sup>

Die Richtlinie und die darin enthaltenen Regelungen sind durch die Mitgliedstaaten bis zum 3. Juli 2021 verpflichtend in nationales Recht umzusetzen. Bei der Umsetzung der Ziele setzt die Kommission neben Verboten, Zielvorgaben und Pflichten auch auf Verbraucheraufklärung sowie freiwillige Selbstverpflichtungen der Industrie. So hat die Europäische Kommission beispielsweise im Jahr 2018 eine Selbstverpflichtungs-Kampagne gestartet. Ziel ist der Einsatz von zehn Millionen Tonnen recyceltem Kunststoff in neuen Produkten auf dem EU-Markt bis zum Jahr 2025.<sup>24</sup>

Der „European Plastics Pact“ ist eine Initiative der Länder Frankreich, Dänemark und den Niederlanden um ein europäisches Netzwerk bestehend aus Unternehmen, Staaten und Institutionen zum Thema Kunststoffabfälle zu bilden. Gemeinsam sollen Ziele definiert, die Zusammenarbeit verbessert sowie Innovationen und die Harmonisierung auf Ebene der EU gefördert werden, um das Recycling von Kunststoffen zu verbessern und eine europäische Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe zu schaffen. Der offizielle Start dieser Initiative war im März 2020.<sup>25</sup>

Auch auf internationaler Ebene gibt es zahlreiche Bemühungen, um die Vermüllung der Meere mit Kunststoffprodukten und Mikroplastik zu verringern bzw. zu vermeiden. Dazu zählen u. a. die folgenden Initiativen:

- ▶ Die Environment Management Group der Vereinten Nationen (UN) beschäftigt sich mit Themen des „Marine Litter and Microplastic“.<sup>26</sup> Zudem unterstützt die UN mit der Global Partnership on Marine Litter (GPML) eine Multi-Stakeholder-Partner-

schaft, die wichtige Akteure, die sich für die Vermeidung von Meeresmüll und Mikroplastik einsetzen, zusammenbringt.<sup>27</sup>

- ▶ Die Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) unterstützt Regierungen mit Fachwissen zu ökologischen, wirtschaftlichen, finanziellen und sozialen Dimensionen u. a. zu den Themen nachhaltige Meereswirtschaft und Meeresverschmutzung.<sup>28</sup>
- ▶ Die International Union for Conservation of Nature (IUCN) arbeitet weltweit mit Regierungen, Privatunternehmen und der Öffentlichkeit zusammen und entwickelt mit diesen IUCN-Instrumente, wie kunststoffspezifische Unternehmensstrategie oder den Plastic Footprint Calculator. Aktuell betreut IUCN u. a. drei Großprojekte:
  - „Close the Plastic Tap“ Programme
  - MARPLASTICs project
  - Plastic Waste Free Islands.<sup>29</sup>

Auch die Industrie hat freiwillige Initiativen, wie z. B. Voluntary Commitment PlasticsEurope, Alliance to end of plastics waste, Operation Clean Sweep / Null Pelet lost, Global Plastics Alliance -Marin Litter Solution und den World Plastics Council, ins Leben gerufen um dem Problem des Litterings entgegenzuwirken.

Das derzeitige Ausmaß der Meeresverschmutzung zeigt deutlich, dass der Ansatzpunkt für eine Reduzierung der eingetragenen Mengen nicht allein in der Veränderung bzw. Vermeidung von Kunststoffverpackungen bzw. -produkten liegt, sondern auch im Aufbau von funktionierenden Erfassungs- und Recyclingstrukturen in den Haupteintragsländern. Hier können deutsche und europäische Initiativen vor dem Hintergrund der langjährigen Erfahrungen mit Erfassungs- und Recyclingtechnologien wertvolle Hilfe leisten.

Die zehn größten Flusssysteme als Eintragsquelle für Plastikmüll in die Weltmeere (in Mio. t/a)

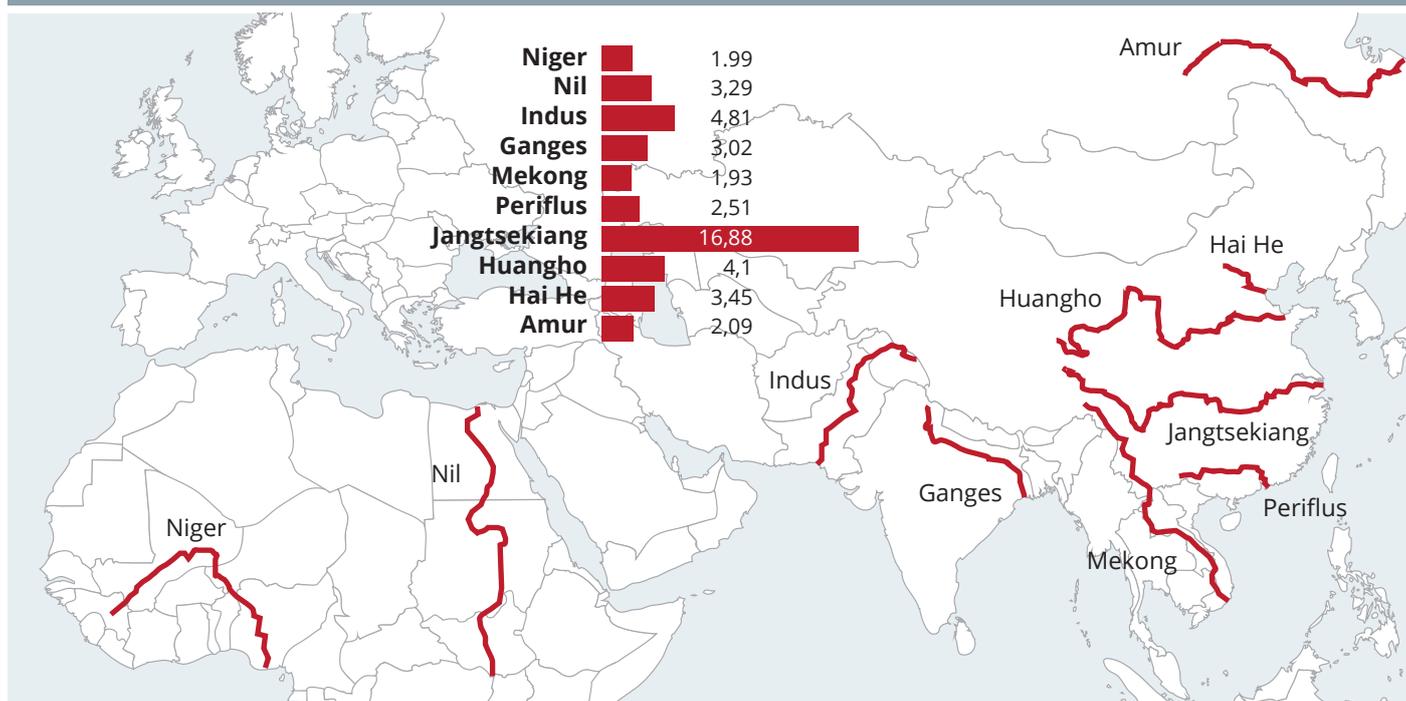


Abb. 76, Quelle: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

<sup>23</sup> [https://ec.europa.eu/germany/news/einwegplastik20190521\\_de](https://ec.europa.eu/germany/news/einwegplastik20190521_de)  
<sup>24</sup> [https://ec.europa.eu/commission/news/eu-plastics-strategy-2018-nov-20\\_de](https://ec.europa.eu/commission/news/eu-plastics-strategy-2018-nov-20_de)  
<sup>25</sup> <https://europeanplasticspact.org/>

<sup>26</sup> <https://unemg.org/marine-litter-and-microplastics/>  
<sup>27</sup> <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/addressing-land-based-pollution/global-partnership-marine>  
<sup>28</sup> <https://www.oecd.org/ocean/>  
<sup>29</sup> <https://digital.iucn.org/marine/plastics/halting-marine-biodiversity-loss-by-closing-plastic-tap/>



## Perspektiven des Kunststoffrecyclings

Quelle: Kevin Lehtla on Unsplash

Kunststoffe sind aus der Lebenswelt von heute nicht mehr wegzudenken, sie stellen Wirtschaft und Gesellschaft derzeit aber auch vor große Herausforderungen. Auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene wurden zahlreiche Initiativen, Verordnungen und Netzwerke gegründet, die u. a. die Problematik des Litterings und des Kunststoffrecyclings auf verschiedenen Ebenen angehen. Die Bedeutung der stofflichen Verwertung und die Nutzung von Rezyklaten anstelle von Primärware wird seit Jahren betont und hat in einzelnen Produktkategorien, wie den Verpackungen von Reinigungsmitteln, durchaus an Bedeutung gewonnen. Dies spiegelt sich in den zahlreichen Weiter- und Neuentwicklungen u. a. im Bereich der Aufbereitungstechniken, dem bereits gestiegenen Einsatz von Rezyklaten in etlichen neuen Produkten und den höheren Vorgaben zur Recyclingquote wider. Es kann konstatiert werden, dass der tatsächliche Einsatz von Rezyklaten in der Summe nur leicht von rund 12 % (Jahr 2017) auf rund 14 % (Jahr 2019) gestiegen ist. Das liegt nicht zuletzt daran, dass der Kunststoffmarkt noch immer stark von den weltweiten Entwicklungen auf den Rohöl- und Sekundärrohstoffmärkten abhängig ist. Der kaum steigende Rezyklat-

anteil in Neuprodukten ist jedoch keineswegs ein Phänomen nur des Kunststoffmarktes, sondern trifft in dieser Form beispielsweise genauso auf den Markt für Baustoffe zu.

Bei allen positiven Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Steigerung der Rezyklatmengen durch Recyclingquoten derzeit seine Grenzen in der Qualität der erfassten Kunststoffe und den tatsächlich verfügbaren hochwertigen Rezyklatmengen hat.

Der Anteil der in den TAB thermisch verwerteten Sortierresten ist nach wie vor ein guter Indikator für die Qualität der Kunststofffraktionen. Der Anteil der stofflichen Verwertung und des Wiedereinsatzes von Kunststoffabfällen kann letztlich nicht allein durch Vorgaben am Ende der Wertschöpfungskette erhöht werden, sondern braucht vor allem ein verbessertes Produktdesign, ein verbessertes Trennverhalten der Bürgerinnen und Bürger sowie unternehmerisch lohnenswerte Investitionen in ambitionierte Sortier- und Aufbereitungsanlagen.

Die verbindliche Festlegung des Rezyklat-Einsatzes durch Substitutionsquoten wird mittlerweile auch von einschlägigen Industrieverbänden gefordert, weil erkannt wurde, dass das End-of-the-Pipe-Instrument Recyclingquote allein bislang nicht die gewünschte Wirkung entfaltet hat.

Gegen Substitutions- und Rezyklateinsatzquoten werden immer wieder Vorbehalte eingewandt, solche Quoten seien nicht marktwirtschaftlich. Die Kreislaufwirtschaft braucht jedoch einen ebenso klaren regulativen Rahmen wie das Wasser- oder Immissionsschutzrecht. Dort werden die Rahmenbedingungen seit Jahrzehnten durch Grenzwerte verbindlich gesetzt. Wie die Grenzwerte eingehalten werden, ist den im Markt tätigen Unternehmen überlassen. Es geht darum, den besten und kostengünstigsten Weg zur Erreichung der Ziele zu beschreiten.

Substitutions- bzw. Rezyklateinsatzquoten würden Wettbewerb und Investitionsanreize für innovative Sammel-, Aufbereitungs- und Verwertungstechniken schaffen. Zudem würde manche Produktoptimierung durch spezielle Materialkombinationen im Produktdesign hinterfragt, wenn dadurch Rezyklate schwerer einsetzbar wären.

Was wird sich noch in den nächsten zehn oder zwanzig Jahren verändern, bevor die ganz großen Ziele des Jahres 2050 greifen? Dort wo sich marktwirtschaftliche Ansätze und freiwillige Vereinbarungen als nicht wirksam erwiesen haben, werden auf europäischer Ebene weitere Produktverbote erlassen werden. Das chemische Recycling als neue Verwertungsoption wird bis zur Marktreife entwickelt und in der Abfallhierarchie eine Rolle zwischen klassischer stofflicher Verwertung und thermischer Verwertung finden.

Darüber hinaus werden die langfristigen Perspektiven des Kunststoffrecyclings eng mit dem langfristigen Rahmen des Ressourcen- und Klimaschutzes verbunden sein, welcher bis zum Jahr 2050 gedacht werden muss. Kunststoffe können mit ihren vielen positiven Eigenschaften wertvolle Beiträge zur Nachhaltigkeit leisten. Das wird auch so bleiben, ungeachtet von politischen Initiativen, manche Kunststoffprodukte zu verbieten oder deren Nutzung einzuschränken.

### Welche Rahmenbedingungen werden das Kunststoffrecycling langfristig beeinflussen?

Im Dezember 2019 ist das Bundes-Klimaschutzgesetz in Kraft getreten. Im Zweck des Gesetzes ist das Bekenntnis der Bundesrepublik Deutschland auf dem Klimagipfel der Vereinten Nationen 2019 in New York festgehalten, als langfristiges Ziel die Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 zu verfolgen.

Rohöl wird aktuell zu rund 90 Prozent energetisch genutzt, zur Herstellung von Kunststoffen werden lediglich rund vier Prozent verwendet. Je zügiger die energetische Nutzung des Rohöles beendet wird, umso länger könnten die verbleibenden Erdölvorräte stofflich genutzt werden. Spätestens bis zum Jahr 2050 wird Klimaneutralität im Wärme- und Verkehrssektor erreicht sein und in Deutschland dürfte dann für diese Zwecke kein fossiles Rohöl mehr genutzt werden. Ressourcenseitige Knappheiten für den Kunststoffsektor sind also auf Dauer nicht zu erwarten. Wird vorausgesetzt, dass bis zum Jahr 2050 abfallpolitische Instrumente wie beispielsweise die Substitutionsquote so wirksam



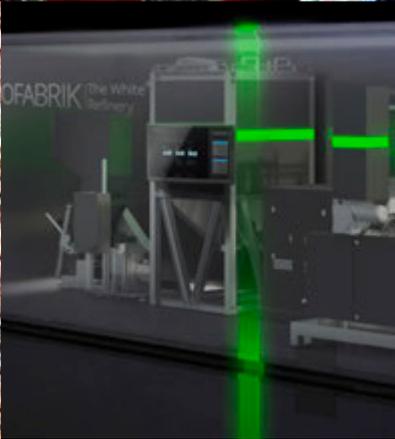
Folie, Quelle: Karina Tess on Unsplash

umgesetzt worden sind, dass Kunststoffprodukte in hohem Maße aus Rezyklaten bestehen. Selbst bei diesem weitgehenden Kunststoffrecycling mit zahlreichen Recyclingdurchläufen können Teilmengen früher oder später nicht mehr stofflich verwertet werden. Diese Mengen werden auch zukünftig thermisch zu verwerten sein. Sofern diese Kunststoffe noch fossilen Ursprunges sind, entsteht bei dieser Verwertung auch das klimawirksame Kohlendioxid. Dieses muss aus dem Rauchgas abgeschieden und stofflich genutzt (CCU, Carbon Capture and Use) oder unterirdisch endgelagert werden (CCS, Carbon Capture and Storage).

Fossil basierte Kunststoffe lassen sich jedoch klimaneutral substituieren. Die Basisrohstoffe Propen und Ethen werden über chemische Syntheserouten mittels regenerativem produziertem Wasserstoff und Kohlendioxid erzeugt. Die notwendige Dynamik des Klima- und Ressourcenschutzes wird also auch im Kunststoffbereich die gesamte Wertschöpfungskette fundamental verändern. In wenigen Jahrzehnten wird voraussichtlich „nur“ noch von Ressourcen und nicht mehr von „Abfällen“ gesprochen werden.

Recyclinggerechte Produkte, höchster Rezyklateinsatz, regenerative Rohstoffe, vernetzte Logistik, eine klimaneutrale thermische Reststoffverwertung sowie das chemische Recycling können auch im Kunststoffsektor eine echte Circular Economy Wirklichkeit werden lassen.

Für die Umsetzung der Circular Economy ist das Vorhandensein und die Nutzung etablierter Erfassungs-, Sortier- und Aufbereitungstechniken eine der wesentlichen Voraussetzungen, um hochwertige Rezyklate gewinnen zu können. Politische Vorgaben und deren Überwachung, wie Exportverbote von nicht recyclebaren Kunststoffabfällen in Länder, die über keine den europäischen Standards entsprechende Infrastruktur für eine hochwertige Aufbereitung verfügen, tragen dazu bei, schädliche Umweltauswirkungen bei der Entsorgung in diesen Ländern zu verringern. Um die globalen Herausforderungen, wie Littering und den zunehmenden Eintrag von Plastikmüll in die Umwelt, zu meistern, darf jedoch der Zugang zu modernen Recyclingtechnologien nicht auf die Industrieländer beschränkt bleiben, sondern muss allen Ländern ermöglicht werden. Hierin besteht eine der wesentlichen Herausforderungen der kommenden Jahre. Die deutschen Initiativen „RETech“ und „Prevent Abfall Allianz“ stellen sich diesen Herausforderungen und wollen hierzulande bewährte Lösungen der Kreislaufwirtschaft auch international einführen. Damit kann eine hochwertige Kreislaufwirtschaft in vielen Ländern der Welt etabliert und zugleich die exportorientierte deutsche Wirtschaft gestärkt werden.



# Kreislaufwirtschaft 4.0

## Technik

Die technologisch anspruchsvollen und innovativen Industriegüter aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft „Made in Germany“ sind auf dem Weltmarkt nach wie vor sehr gefragt. Bei der Anlagentechnik ist Deutschland die Nummer eins. Vor wenigen Jahren lag Deutschland bei den Patentanmeldungen noch hinter den USA und Japan an dritter Stelle. Mittlerweile ist China an Deutschland vorbeigezogen – ein deutliches Zeichen, dass die chinesischen Konkurrenten in den Bereichen Innovationskraft und Qualität aufholen. Der weltweite Wettbewerb nimmt zu. Wollen die deutschen Anbieter ihre führende Weltmarkt-Position behalten, werden sie sich künftig noch stärker anstrengen müssen, um im Innovationswettbewerb zu bestehen. Dies wird umso wichtiger sein, als es für die immer komplexer werdenden Produkte auch international immer komplexere Recyclingtechnologien braucht.

## Akzeptanz

Umfragen zu den angesehensten Berufen zeigen es und die Reaktion der Bürgerinnen und Bürger während der Coronakrise zeigen es ebenfalls: Die Müllwerkerinnen und Müllwerker, die für die Sammlung und den Transport des Abfalls zuständig sind, genießen in der Bevölkerung ein sehr hohes Ansehen. Die Mülltrennung gehört zu den wichtigsten Beiträgen, die private Haushalte in Deutschland nach eigener Einschätzung für den Umweltschutz leisten können. Insofern genießt auch das Recycling der Abfälle einen hohen Stellenwert, zumindest, was die Produkte angeht. Weniger Akzeptanz hingegen besteht in der Bevölkerung für die Infrastruktur, die für das Funktionieren der Kreislaufführung von Rohstoffen notwendig ist. Seien es Sortier- und Aufbereitungsanlagen, Thermische Abfallbehandlungsanlagen oder auch Deponien. Ohne Verbesserung, Erweiterung und Neuplanung von Anlagen sind die wachsenden Aufgaben, die von der Kreislaufwirtschaft bewältigt werden müssen, nicht zu erreichen. Darum ist nicht nur ein Umdenken in der Bevölkerung erforderlich, sondern auch im politischen Raum. Kommunal und national.

## Arbeitsplätze

Die Kreislaufwirtschaft ist mit rund 310.000 Beschäftigten in Deutschland einer der wichtigsten Arbeitgeber im Bereich der Umweltwirtschaft, mit einem weiterhin wachsenden Bedarf an Fachkräften. Die Arbeitsplätze sind systemrelevant, sicher und werden durch die zunehmende Technologisierung und Digitalisierung der Branche immer vielseitiger. Gleichwohl kann die Kreislaufwirtschaft auch weiterhin die Beschäftigung für Menschen ohne Berufsqualifikation anbieten, für die es in anderen Branchen kaum noch Chancen gibt. Sowohl die Unternehmen als auch die Verbände der Kreislaufwirtschaft bieten den Beschäftigten zudem umfangreiche Möglichkeiten zur Weiterbildung. Die Strukturen entwickeln sich dynamisch: Zu den „klassischen“ Unternehmen der Kreislaufwirtschaft kommen im Vergleich zu anderen technisch orientierten Branchen überdurchschnittlich viele Start-ups hinzu, die einen hohen Bezug zur Digitalisierung aufweisen. Für die Lösung des Fachkräftemangels bedarf es allerdings weiterer und gemeinsamer Anstrengungen der gesamten Branche. Nur so kann sich die positive Entwicklung der Kreislaufwirtschaft in Deutschland ohne Einschränkungen weiter fortsetzen.

# Innovationen als neue Chance für „Made in Germany“

Die Analyse der einzelnen Teilmärkte innerhalb der Kreislaufwirtschaft zeigt, dass der Druck, in einem wachsenden Weltmarkt kontinuierlich für Innovationen zu sorgen, deutlich wächst. So gehört Deutschland bei den Patenten im Bereich der „Technik für die Abfallwirtschaft“ zur Weltspitze und liegt im Ranking für die „Abfallbehandlung“ an 5. Stelle. Hinzu kommt der Megatrend „Digitalisierung“, der eine internationale Entwicklungsdynamik erzeugt hat und vielfältige Chancen in unterschiedlichen Innovationsfeldern bietet. Steigende Investitionen für Produkt- und Prozessinnovationen zeigen, dass die Herausforderung von der Branche bereits angenommen wurde.



### 3.1.1 Patente als Indikator für die globale Wettbewerbsfähigkeit

Die Kreislaufwirtschaft ist ein boomender Markt, wie der Blick auf den Weltmarkt zeigt. Die Analyse im Kapitel 2.3 zur Außenwirtschaft verdeutlicht, dass sich insbesondere die globale Nachfrage nach Produkten im Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft“ sehr dynamisch entwickelt. In diesem Marktsegment findet sich vor allem der Maschinen- und Anlagenbau. In kleinerem Umfang gehören dazu auch Anbieter von Fahrzeugtechnik, von Sammel- und Transportbehältern sowie von Deponie-Abdeckungen. Deutschland steht hier mit einem Weltexportanteil von 16 % weltweit auf dem 2. Platz. Gleichzeitig wird deutlich, dass China seit einigen Jahren der Weltmarktführer ist und seine Weltexportanteil kontinuierlich ausbaut – der globale Konkurrenzdruck nimmt also zu.

Die deutschen Unternehmen können sich nur dann dauerhaft auf dem Weltmarkt behaupten, wenn sie mit kontinuierlichen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen ihre Innovationsdynamik auf einem hohen Niveau halten. Die nachfolgende Patentanalyse zeigt: Deutschland gehört im technologisch besonders anspruchsvollen Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft“ mit einem Anteil an den weltweit angemeldeten Patenten von gut 11 % zu den Technologieführern. Ganz vorne befinden sich jedoch drei andere Länder: Japan und China weisen jeweils einen Patentanteil von mehr als 15 % auf. Dabei ist China in den vergangenen Jahren an Deutschland vorbeigezogen: Mittlerweile kommen rund 17 % der weltweiten Patentanmeldungen für Abfalltechnik aus dem Reich der Mitte. Deutschland hat, ebenso wie die Vereinigten Staaten, in den letzten Jahren etwas an Boden verloren.

Anteile von Ländern an den weltweit angemeldeten Patenten im Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft“, 2017 (in %)

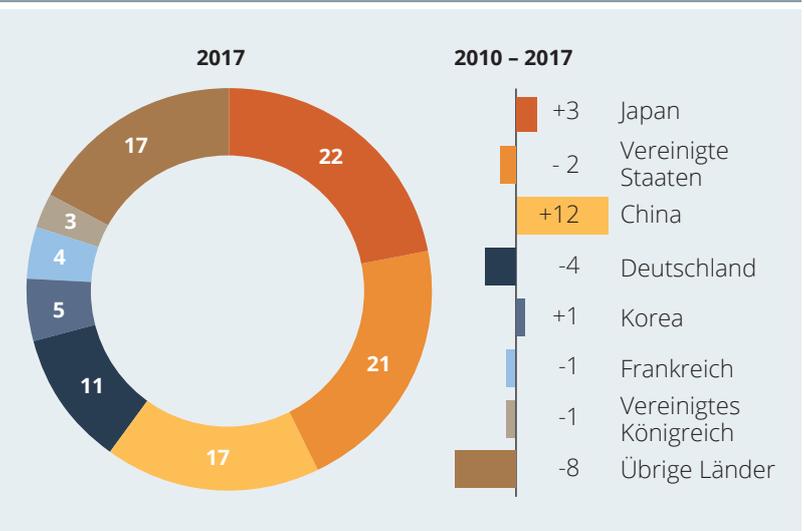


Abb. 77, Quelle: Prognos AG auf Basis des Europäischen Patentamtes

Zu den wichtigsten Patentaktivitäten im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ gehören technologische Entwicklungen, unter anderem im Bereich der Sortier- und Trenntechnik sowie der Sammelbehälter. Beispiele hierfür sind etwa innovative Lösungen zum Sortieren von gemischten Haushaltsabfällen, für Trennverfahren von Kunststoffen auf Basis von Bilderkennungssystemen oder für Unterflurbehältersysteme.

Ein ähnliches Bild zeigt sich im Teilmarkt Abfallbehandlung: Hier hat China mit einem Patentanteil von rund 18 % bereits zu den beiden Technologieführern Japan und Vereinigte Staaten aufgeschlossen. Deutschland folgt mit einem Patentanteil in Höhe von 9 % mit einigem Abstand auf Rang 5. In diesem Teilmarkt wird etwa an Lösungen zur Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm oder dem Recycling von Lithium-Batterien geforscht.



Intelligente Mülltonnen in Yancheng, China, Quelle: Shutterstock

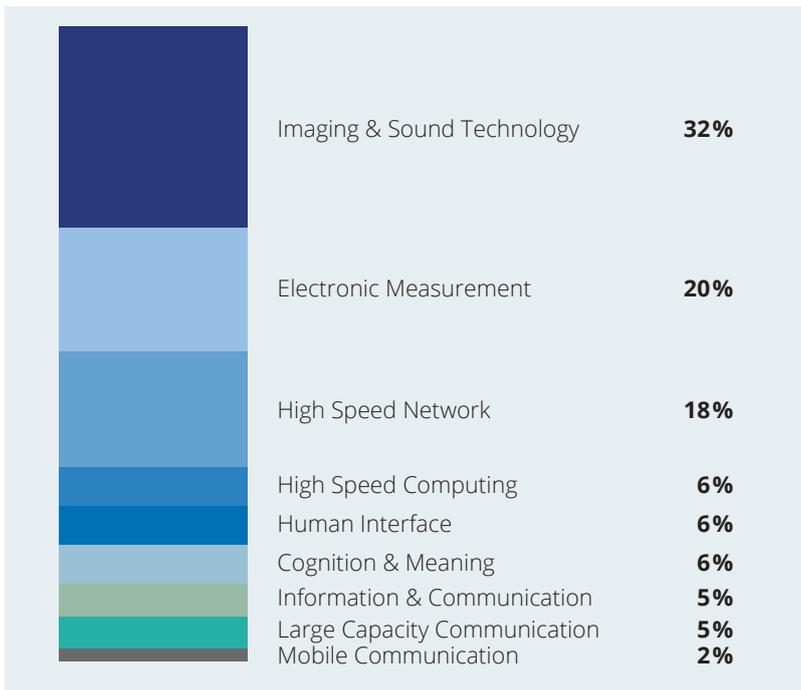
**Relevanz einzelner Digitaltechnologien für Patente im Teilmarkt  
„Technik für die Abfallwirtschaft“, 2017, in %**


Abb. 78, Quelle: Prognos AG auf Basis des Europäischen Patentamtes

Der Megatrend Digitalisierung durchdringt mittlerweile sämtliche Lebens- und Wirtschaftsbereiche. Das zeigt sich auch an den Patentanalysen. So stieg weltweit der Anteil aller Patente, die sich (unter anderem) auf Digitaltechnologien stützen, zwischen 2010 und 2017 von 25 % auf über 28 %. Auch in der Forschung und Entwicklung im Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft“ spielt die Digitalisierung eine zunehmend wichtigere Rolle. So liegt bei den Patenten, die für den Bereich „Technik für die Abfallwirtschaft“ relevant sind, der so gemessene Digitalisierungsgrad mit rund 20 % im Jahr 2017 zwar etwas niedriger als in der Gesamtwirtschaft. Gleichwohl ist die Dynamik hier spürbar höher: Im Jahr 2010 lag der Digitalisierungsanteil in diesem Bereich bei lediglich 15 %.

Auf Grundlage der Patentanalyse lässt sich zudem sichtbar machen, welche Digitaltechnologien bei den Patenten, die für den Bereich „Technik für die Abfallwirtschaft“ relevant sind, Anwendung finden. Es zeigt sich, dass weltweit drei Technologiebereiche eine herausragende Rolle spielen: Mit knapp einem Drittel liegt der Technologiebereich „Imaging & Sound Technology“ (Bild- und Tontechnik) an der Spitze. In diesem Technologiebereich geht es um innovative Lösungen bei der Verarbeitung und Übertragung von Bild- und Tondaten. Dahinter folgen mit jeweils knapp 20 % die Digitaltechnologien „Electronic Measurement“ (elektronische Messtechnologien auf Basis von IKT-Technologien) und „High-Speed Network“ (Technologien zur Echtzeitkommunikation mittels Netzwerke).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Wettbewerbsanalyse deutlich: Die technologisch anspruchsvollen und innovativen Industriegüter aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft „Made in Germany“ sind auf dem Weltmarkt nach wie vor sehr gefragt. Deutschland gehört zu den wichtigsten Innovationszentren für die Kreislaufwirtschaft. Allerdings zählt China insbesondere im immer wichtigeren Bereich Digitaltechnologien zur absoluten Spitze. Das bedeutet: Der weltweite Wettbewerb in der Kreislaufwirtschaft nimmt zu. Wollen die deutschen Anbieter auf dem Weltmarkt für Abfallwirtschaftstechnik ihre führende Position behalten, werden sie sich künftig noch stärker anstrengen müssen, um im Innovationswettbewerb bestehen zu können.

### 3.1.2 Das World Wide Web als Informationsquelle für Innovationsthemen

Big-Data-Analysen ermöglichen einen frühzeitigen Einblick in den Bereich Forschung & Entwicklung der bundesdeutschen Kreislaufwirtschaft. Big-Data-Analysen verwerten unstrukturierte Daten und ermöglichen darauf aufbauend neue Erkenntnisse zu vielen Themenfeldern. Mit Blick auf das Innovationsgeschehen besteht ein interessanter Ansatz in der Auswertung von Webseiten von Unternehmen und Forschungseinrichtungen, um frühzeitig erkennen zu können, welche spezifischen Themen der Kreislaufwirtschaft aktuell im Fokus der Forschung stehen. Dabei werden über intelligente Suchalgorithmen identifizierte Unternehmenswebseiten vollständig heruntergeladen und die darin enthaltenen Textkorpora der Analyse zugänglich gemacht.

Mit diesem Verfahren wurden, wie im letzten Statusbericht auch, einige der aktuellen Innovationsfelder der Branche herausgearbeitet. Diese reichen von verschiedenen Technologien für die Abfallwirtschaft, wie der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, den Sortiertechnologien oder der LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy)-Technologie bis hin zu allgemeinen Themen der Abfallbehandlung und -verwertung, wie dem Lebensmittelrecycling, dem Recycling von Verbundmaterialien oder dem Batterierecycling. Die zunehmende Beschäftigung der Forschung mit dem Recycling von Kunststoffen zeigt sich insbesondere im Bereich der Biokunststoffe. Die hohe Trefferquote für das Thema „Online-Analytik“ zeigt zudem den wachsenden Einsatz digitaler Technologien in der Kreislaufwirtschaft.



Abb. 79, Quelle: Prognos AG

Diese Themen haben derzeit eine hohe Bedeutung. Die Analysen zeigen, dass aktuell die thematischen Schwerpunkte im Kontext von effizienter Steuerung, Softwarelösungen und Smart Services liegen. Auch die Themen rund um die Konnektivität (Internet of Things sowie Maschine-zu-Maschine Interaktionen) sind wichtige Ergebnisse der durchgeführten Analysen.



Abb. 80, Rezeption digitaler Technologien auf Webseiten der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft (=Wert 1,0)  
Quelle: Prognos AG

Auf Basis der Analysen wurde ein Index zur Verbreitung digitaler Technologien berechnet, der eine Aussage darüber trifft, wie groß der Bezug zu digitalen Themen auf den Webseiten der Unternehmen im Vergleich zur Gesamtwirtschaft ist. Dabei bedeutet ein Wert von 1 dass auf einer Webseite so viele digitale Technologiebegriffe auffindbar sind wie im Durchschnitt aller Webseiten. Werte größer 1 zeigen einen stärkeren Bezug zu digitalen Technologien und Werte kleiner 1 einen geringeren Bezug als der Durchschnitt aller Webseiten. Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft weisen auf ihren Webseiten einen außergewöhnlich hohen Bezug zur Digitalisierung auf. Mit einem Index von 2,18 finden sich auf den Webseiten dieser Unternehmen im Vergleich zum Durchschnitt mehr als doppelt so viele Begriffe mit Bezug zu digitalen Technologien.

Anhand der Auswertung kann festgehalten werden, dass digitale Technologien bei den Unternehmen der Kreislaufwirtschaft zunehmend im Fokus sind.

### 3.1.3 Aktivitäten der Branche im Bereich Forschung und Entwicklung

In der Kreislaufwirtschaft sind die direkten Ausgaben für Forschung und Entwicklung eher gering. Dennoch zeigt sich eine starke Entwicklungsdynamik der Unternehmen im Bereich der Digitalisierung. Zwar ist der Digitalisierungsgrad der Arbeitsplätze bisher eher durchschnittlich – allerdings weist das hohe Investitionsvolumen in IKT-Themen auf eine hohe Fokussierung der Kreislaufwirtschaft der Branche hin.

Die Kernbereiche der Kreislaufwirtschaft (Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung) investierten 2018 in den Bereichen Forschung und Entwicklung rund 200 Millionen Euro. Mit einem Anteil von 0,6 % des Umsatzes sind die Innovationsausgaben im Vergleich zum Durchschnitt aller Branchen (3,3 %) eher gering. Allerdings zeigt sich ein sprunghafter Anstieg der so genannten „Innovatorenquote“, d. h. des Anteils der Unternehmen mit Produkt- oder Prozessinnovationen. Dieser Wert stieg von 21 % im Jahr 2016 auf 49 % im Jahr 2018 an. Darüber hinaus berücksichtigen diese Werte noch nicht die Branchen



Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm, Technikumsanlage der Eurawasser Nord GmbH in Rostock. Quelle: Remondis

des Marktsegments Technik für Abfallwirtschaft, die sich unter anderem im Maschinenbau sowie in der Elektronik/Messtechnik/Optik wiederfinden. Hier lassen sich insgesamt deutlich höhere Werte erkennen, die sich jedoch nicht ohne weiteres auf die Kreislaufwirtschaft übertragen lassen.

#### Kennzahlen zu den Innovationsausgaben für ausgewählte Branchen: Absolut, in Relation zum Umsatz, Anteil Unternehmen mit kontinuierlicher FuE sowie Innovatorenquote

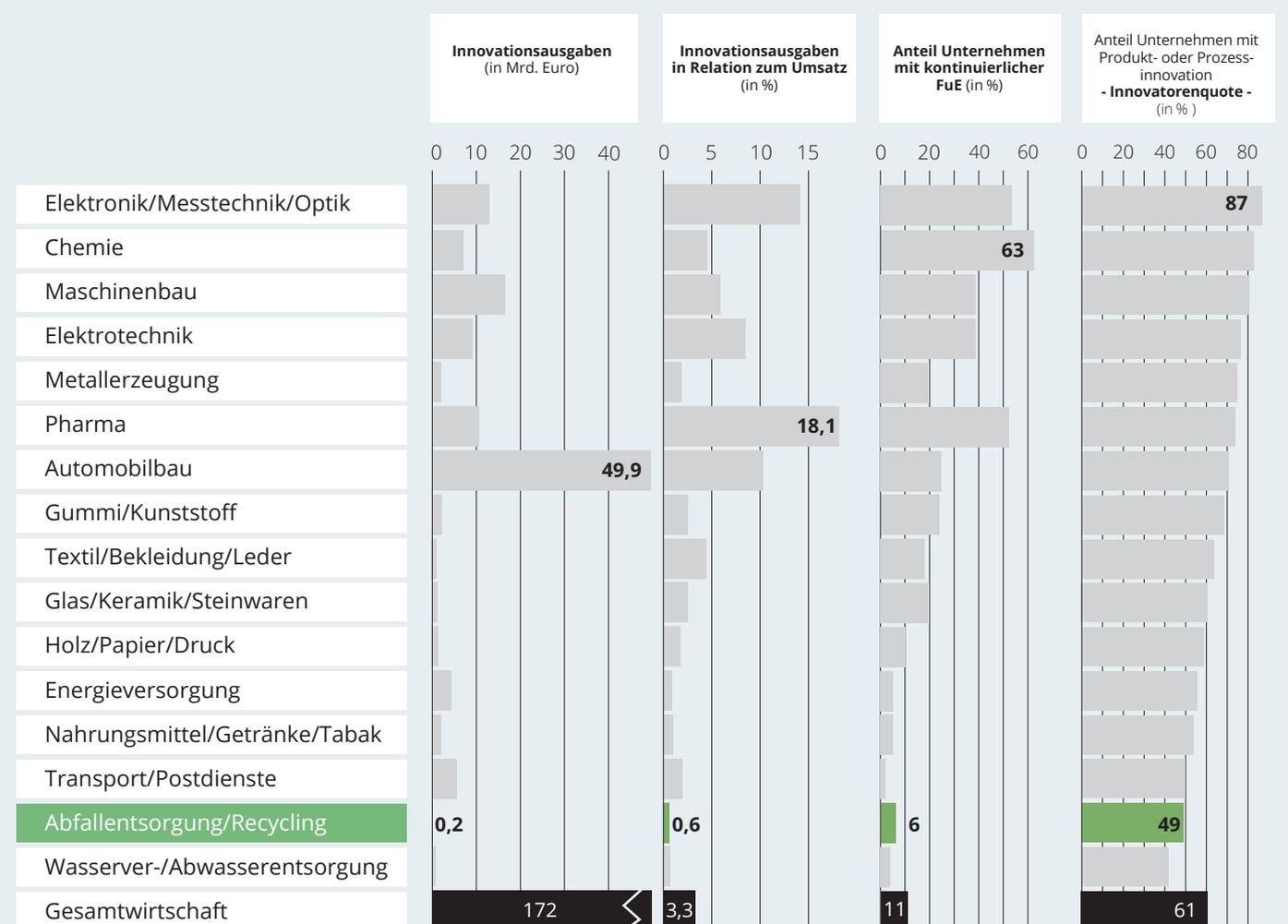


Abb. 81, Kennzahlen zu den Innovationsausgaben für ausgewählte Branche Absolut, in Relation zum Umsatz sowie Innovatorenquote  
Quelle: ZEW, Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019



Produktion von hochreinen Granulaten aus Polypropylen (PP), Quelle: Der Grüne Punkt

Insgesamt stellt die Höhe der Forschungsausgaben zur Bewertung des Innovationspotenzials der Kreislaufwirtschaft einen wichtigen, jedoch nicht den allein entscheidenden Indikator für die Innovationsaktivitäten dar. So lassen sich durch das Gründungsgeschehen weitere interessante Innovationsaspekte mit einbeziehen. Eine weiterer interessanter Indikator für das digitale Innovationspotenzial der Kreislaufwirtschaft ist die Analyse der Stellenausschreibungen in der Kreislaufwirtschaft.

Schon jetzt ist die Kreislaufwirtschaft ein Arbeitgeber mit vielseitigem Anforderungsprofil. Künftig wird Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen aber auch entscheidend von ihrem Umgang mit der Digitalisierung geformt. Um die Chancen der Digitalisierung zu nutzen, müssen die Unternehmen die digitale Expertise auch in ihre eigenen Personalstrukturen integrieren. Die Analyse der Stellenausschreibungen wurde mit Hilfe einer umfassenden Datenbank von über 500 Print- und Online Medien sowie über 230.000 Firmen-Websites durchgeführt. Für die Kreislaufwirtschaft zeigt sich dabei bisher nur ein durchschnittlicher Digitalisierungsgrad der Arbeitsplätze. Unter diesen Stellenangeboten fanden sich digitale Berufsprofile für die Kreislaufwirtschaft nur ebenso häufig wie im Vergleich zur Gesamtwirtschaft. Trotz starkem Technologiebezug der Branche weist der derzeitige Digitalisierungsgrad der Arbeitsplätze noch auf die „klassischeren“ Tätigkeitsprofile in der Kreislaufwirtschaft hin.

**Digitale  
Arbeitsplätze**



**1,08**

Abb. 82, Digitalisierungsbezug der Arbeitsplätze der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft (=Wert 1,0)  
Quelle: Eigene Berechnung auf der Grundlage von Index Research

Ein eindeutigeres Bild ergibt sich hingegen bei den Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen in IKT-Projekte. Die Kreislaufwirtschaft investiert im Vergleich zur Gesamtwirtschaft überdurchschnittlich viel in ihre Digitalisierung. Laufende Untersuchungen zeigen ein hohes Investitionsvolumen sowohl in den Aufbau von IT-Infrastruktur, als auch in IT-Services und in die Entwicklung von Digitalprodukten. Zur Analyse der Investitionssummen wurden Kernindikatoren der Input-Output-Rechnungen zur Verwendung der Produkte der IKT-Wirtschaftszweige mit den Forschungsausgaben nach dem „Arendi-Zahlenwerk“ des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft kombiniert. Mit einem Digitalisierungsgrad von 1,23 (deutscher Durchschnitt von 1,0) tätigt die Kreislaufwirtschaft überdurchschnittlich hohe Investitionen in ihre Digitalisierung. Das hohe Investitionsvolumen in IKT-Projekte signalisiert deutlich, dass die Zukunft der Branche nicht zuletzt in der Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft gesehen wird. Für die Zukunft ist davon auszugehen, dass sich die Bedeutung der Digitalisierung für die Forschung und Entwicklung auch in den Stellenprofilen niederschlagen wird.

**Investitionen  
in Digitalisierung**



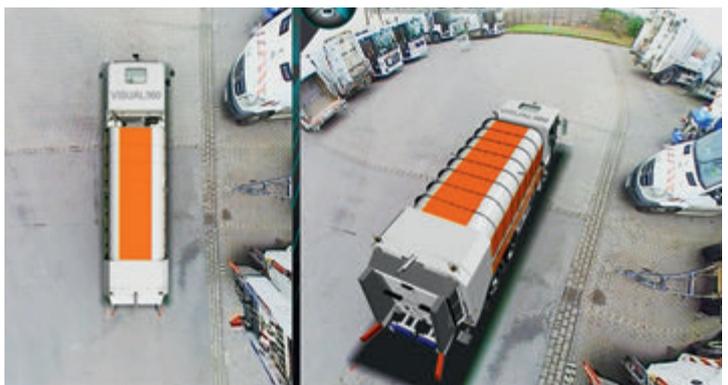
**1,23**

Abb. 83, Investitionen der Kreislaufwirtschaft in Digitalisierung im Vergleich zur Gesamtwirtschaft (=Wert 1,0)  
Quelle: Eigene Berechnung nach Stifterverband - Arendi Zahlenwerk 2019

# Technologische Fortschritte sichern die Märkte

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft setzen jeden Tag auf neue Verfahren und Produkte, die zeigen, wie schnell aus innovativen Ideen Realität werden kann. Von der Erfassung bis zur Logistik, vom Recycling bis zur thermischen Behandlung werden in allen Bereichen der Kreislaufwirtschaft bestehende Abläufe optimiert und neue Technologien eingeführt. Die gemeinsamen Ziele sind gesteckt: Vermeidung klimaschädlicher Emissionen, Versorgung der Industrie mit Sekundärrohstoffen, alternative Energieerzeugung oder Schonung von Ressourcen. Immer mit dem Blick auf das Zukunftsziel: „Zero Waste“.





Assistenzsysteme für Nutzfahrzeuge, Quelle: visual360.de

### 3.2.1 Erfassung/Logistik

Im Bereich der Entsorgungslogistik beschäftigen sich aktuell viele Betriebe mit der konsequenten Digitalisierung der Prozesse im Unternehmen. Hierbei stehen Ziele wie:

- ▶ Analyse und Gestaltung von Soll-Prozessen
- ▶ digitale Datenhaltung zur Vermeidung von Redundanzen und
- ▶ das papierlose Arbeiten

im Vordergrund. Aber auch im Bereich der Abfallsammlung sowie in der Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern hält die Digitalisierung weiter Einzug.

#### Alternative Antriebssysteme

Verstärkt befassen sich Betriebe der Kreislaufwirtschaft mit dem Einsatz von Fahrzeugen mit alternativen Antriebssystemen. Hier steht neben bereits etablierten Gasantrieben der Elektroantrieb zunehmend im Fokus. Erste Betriebe testen batteriebetriebene Kleinabfallsammelfahrzeuge z.B. im Bereich der Papierkorbleerung oder im Einsatzbereich von Engstellen. Auch erste batteriebetriebene Schwerlastkraftwagen für die Abfallsammlung sind am Markt verfügbar. Anschaffungen von Fahrzeugen mit alternativen Antriebssystemen sind in verschiedenen Städten, insbesondere für den Einsatz in stark verdichteten Strukturen mit kurzen Fahrtwegen geplant. Auch wasserstoffbetriebene Schwerlastkraftwagen für den Anwendungsbereich mit längeren Entsorgungsfahrten befinden sich aktuell im Erprobungsstatus. Hier stehen insbesondere geschlossene Kreisläufe mittels klimafreundlicher Wasserstoffgewinnung aus der thermischen Abfallbehandlung im Fokus (Beispiele Wuppertal, Herten etc.).

#### Assistenzsysteme für eine sichere Entsorgungslogistik

Um die Sicherheit in der Entsorgungslogistik konsequent zu erhöhen, finden bei Neubeschaffungen von Abfallsammelfahrzeugen umfassende Assistenzsysteme Einzug in die Standardausstattung, insbesondere Rechtsabbiegeassistenten, aber auch Rück-

fahrassistenten. Hierbei geht es im Wesentlichen darum, Hindernisse frühzeitig zu erkennen, den Fahrer davor zu warnen und gegebenenfalls auch automatisch in den Bremsvorgang einzugreifen. Je nach Einsatzbereich sind Kamera- und/oder Sensorsysteme im Einsatz, die sich auch im Automatisierungsgrad unterscheiden.

#### Mobiles-Online-Auftragsmanagement

Um die Abläufe in der Entsorgungslogistik noch flexibler zu gestalten, stellen zunehmend Betriebe das Auftragsmanagement von einem analogen auf ein digitales online-Auftragsmanagement um (Beispiele: EAD Darmstadt, USB Bochum). Vorteile liegen insbesondere in der höheren Flexibilität bei der Verarbeitung von kurzfristigen Aufträgen z.B. im Containerdienst aber auch bei typischen Umleerverfahren.

#### Neue Behältersysteme mit Füllstandsmessung und automatisierter Tourenplanung

Der Einsatz von Unterflurbehältern zur „Abfallsammlung im Untergrund“ gewinnt insbesondere in Großstädten weiterhin an Bedeutung. Die Halb- und Vollunterflurssysteme ermöglichen eine effiziente, barrierefreie, saubere und platzsparende Abfallsammlung. Es wird eine optische Aufwertung des Wohnumfeldes einschließlich einer Reduzierung der Lärmbelastung erreicht. Großes Interesse herrscht diesbezüglich daher bei der Wohnungswirtschaft oder bei der



Innovative Erfassung von Siedlungsabfall mit Unterflurcontainern, Quelle: Waste Vision



Digitalisierung, Quelle istock

Quartiersplanung von Neubaugebieten und verdichteten Strukturen. Erste Betriebe, beispielsweise die BSR Berlin, bieten den Planern ein onlinebasiertes Planungstool zur Gestaltung der Behälterstandplätze. Die zunehmende Digitalisierung ermöglicht inzwischen weitere Ansätze, wie die technisierte Füllstandsmessung und automatische Übertragung der Füllstände in die Tourenplanung zur bedarfsgerechten Abfuhr sowie auch für eine variable Gebührenabrechnung z. B. für Unterflurbehälter.

#### App-Einsatz für Entsorgung on demand

Die telefonische Benachrichtigung des Entsorgungsunternehmens zur Leerung oder zum Wechsel des Containers wird heute häufig über Handy-App-Systeme realisiert. Das Entsorgungsunternehmen nimmt den Auftrag automatisiert an und plant ihn für die nächste passende Tour ein. Der Kunde wird automatisch per E-Mail über den Leerungs- oder Wechseltermin informiert. Erste Pilotversuche mit Bilderkennungsverfahren prüfen beim Entleerungsvorgang die Qualität der Wertstofftrennung. Durch die Verchippung der Behälter besteht zudem die Möglichkeit, dem Nutzer des Behälters eine direkte Rückmeldung zur Trennqualität zu geben.

#### Emissionsarme Ver- und Entsorgung

In ersten Städten gibt es bereits Ideen und Pilotversuche zur Verknüpfung von Ver- und Entsorgungsdienstleistungen (Pakete liefern, Abfälle/Wertstoffe mitnehmen) in Innenstädten in Kombination mit alternativen Antriebssystemen (E-Mobilität).

#### Online-Containerdienst-Plattformen

Zunehmend etablieren sich Online-Plattformen, so dass die Kunden rund um die Uhr (24/7) Dienstleistungen beauftragen können. Beispiele sind containerbestellung24, resourcify, wastebox, empto etc. Dieses Angebot richtet sich in erster Linie an Gewerbebetriebe, kann aber auch von privaten Kunden in Anspruch genommen werden.

#### Innerbetriebliche Kommunikation mittels Apps

Viele Betriebe beschäftigen sich aktuell mit neuen Kommunikationswegen für die Mitarbeiter. Diesbezüglich gibt es erste datenschutzkonforme Alternativen zu WhatsApp, wie zum Beispiel die Mitarbeiter-App „myBSR“ bei der Berliner Stadtreinigung.

#### App zeigt Angebote zur Müllvermeidung

Die App "Zero Waste Map", entwickelt im Auftrag der Stadtreinigung Hamburg, hilft ganz einfach bei der Müllvermeidung. Nutzerinnen und Nutzer, aber auch Einzelhandelsgeschäfte, können neue abfallarme Angebote direkt und kostenlos in der Zero-Waste-Map bekannt machen. Das Ziel: abfallarmer Lebensführung näherkommen, ohne auf Lebensqualität zu verzichten.

Weitere Herausforderungen für die Entsorgungslogistik entstehen durch die zunehmende Verdichtung der Städte sowie durch neue Verkehrskonzepte, in denen beispielsweise sogenannte Protected Bike Lanes, Verengungen der Straßen oder bauliche Hindernisse (Aufpollerungen, Trennung von Rad-, Gehwegen und Straßen) neue Lösungen für die Sammlung von Abfällen und Wertstoffen erfordern. In ländlichen und städtischen Räumen mit geringerer Verdichtung werden durch demografische Entwicklungen angepasste und auch neue Formen von Serviceleistungen erforderlich.

### 3.2.2 Sortierung/Aufbereitung

Im Bereich der bereits hoch entwickelten Technologien der Kreislaufwirtschaft kommt den Sortier- und Aufbereitungstechnologien eine zunehmende Bedeutung zu. Die angestrebte erhöhte Rückführung von Wertstoffen in den Stoffkreislauf, sowohl im Bereich der Haushalts- als auch der Gewerbeabfälle, kann bei den erfassten Abfall- und Wertstoffgemischen nur durch Trennverfahren mit entsprechender Trennschärfe gelingen, bei denen differenzierte Materialströme in einer Qualität erzeugt werden, die die Anforderungen und Spezifikationen von Abnehmern erfüllen und ein qualitativ hochwertiges Recycling ermöglichen. Herausforderungen stellen sich dabei durch die Materialvielfalt und nicht trennbare Materialkombinationen sowie auch neue Materialien auf der Produktseite als auch durch die Zusammensetzung und Qualität der zu sortierenden Abfallgemische.

Im Bereich der Verpackungsmaterialien sind durch die neuen erhöhten Vorgaben in Bezug auf die Recyclingquote der insgesamt erfassten Leichtverpackungen (mindestens 50 %) sowie der einzelnen Stoffgruppen insbesondere bei den Kunststoffen neue Wege in der Sortierung und Aufbereitung erforderlich. Ein Beispiel setzt die hochmoderne Sortieranlage für Leichtverpackungen der MEILO GmbH (ein

Joint Venture der beiden mittelständischen Entsorgungsbetriebe Meinhardt Städtereinigung und Lobbe Entsorgung West) am Standort Gernsheim bei Darmstadt um.

In der Sortieranlage werden jährlich rund 120.000 Tonnen Leichtverpackungen von ca. 4,5 Mio. Einwohnern nach insgesamt 12 unterschiedlichen Wertstofffraktionen sortiert. Neben Weißblech, Aluminium, Getränkekartons, Folien und Papier trennt die Anlage mittels Hightech-Sensoren acht verschiedene Kunststoffarten. Eine Besonderheit ist die Sortierung und werkstoffliche Verwertung von PO-Flex, der überwiegend polypropylen-haltigen Folien im Format kleiner als DIN A4, die bislang überwiegend mit der Mischkunststofffraktion energetisch verwertet werden. Insgesamt sollen mit der Anlage 53 % des Inputs in den Kreislauf zur stofflichen Verwertung zurückgeführt werden.

### Separationsverfahren für schwarze Kunststoffe

Die Weiterentwicklung von optischen und sensorbasierten Identifikationssystemen hat zu einer Erhöhung der Trennschärfe der verschiedenen Kunststofffraktionen beigetragen und sorgt letztendlich für hochwertige und sortenreine Regranulate. Noch bis vor Kurzem konnte die konventionelle Trenntechnik dunkel bis schwarz eingefärbte Kunststoffabfälle nicht erkennen – eine sortenreine Trennung war nicht möglich, weil der zum Schwärzen eingesetzte Ruß die elektromagnetische Strahlung im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich absorbiert. Inzwischen ist eine hochentwickelte Sensorik in der Lage, auch schwarz eingefärbte Kunststoffe sortenrein zu trennen. Zwei Verfahren haben bislang nennenswerte Ergebnisse geliefert: der Einsatz einer Radarkamera, die Tetraherz-Strahlung nutzt und wie ein nahes Infrarot die Teile mit einem gezielten Luftstoß vom Massenstrom trennt, sowie eines elektrostatischen Separators, dessen Trennwirkung auf einer unterschiedlichen elektrischen Aufladung der verschiedenen Kunststoffarten beruht.

### Design for Recycling

Die Sortierung und Separierung von Verbundwerkstoffen ist für die Kreislaufwirtschaft eine echte Herausforderung. Innovative Verpackungsmaterialien haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass Produkte länger halten und somit die Ökoeffizienz in der Gesamtbetrachtung (inklusive der thermischen Verwertung) insgesamt gesteigert werden konnte. In vielen Fällen können die einzelnen Fraktionen der Verpackungsmaterialien aber nicht sortenrein getrennt und die eingesetzten Rohstoffe mit den herkömmlichen Verfahren nicht recycelt werden.

Um eine Trennung und das Recycling, beispielsweise im Verpackungsbereich, zu erleichtern, ist ein nachhaltiges Verpackungsdesign der Produkte ausschlaggebend, das bereits bei der Entwicklung der Verpackung die Recyclingprozesse berücksichtigt („Design for Recycling“). Sowohl die Verwendung von nur einer Stofffraktion für eine Verpackung oder ein Produkt statt eines Gemisches aus mehreren Materialien als auch eine helle Farbgebung bei Kunststoffen sind positive und einfache Ansätze in diese Richtung. Analoge Betrachtungen werden auch bei anderen Abfallströmen wie etwa bei Elektroaltgeräten oder Verbundwerkstoffen aus Carbon angestellt, deren Recycling derzeit noch große Probleme bereitet.

Ein gutes Beispiel für ein konsequentes „Design for Recycling“ ist die Zusammenarbeit des DSD (Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH) mit einem Hersteller für Pflanztöpfe. Diese Pflanztöpfe bestehen ausschließlich aus dem Kunststoffgranulat „Systalen“ und verfügen über eine hundertprozentige Recyclingfähigkeit. Durch eine Design4Recycling-Beratung des Systembetreibers DSD wurden die Pflanztöpfe so designt, dass ihr Material leicht von den Nahinfrarot-Sortiermaschinen identifiziert werden kann. Das RAL Gütezeichen Recycling-Kunststoff weist zudem den Anteil an Kunststoff aus, der aus dem Gelben Sack bzw. der Gelben Tonne stammt.



Pflanztöpfe, zu 100% recyclebar, Quelle: Pöppelmann

## Wertstoffaufbereitungsanlage MEILO in Gernsheim



Sortieranlage, Quelle: MEILO GmbH

**Daten und Fakten**

Investitionsvolumen:	rund 32 Mio. Euro
Produktionsaufnahme:	21.02.2018 im Probebetrieb
Kapazität:	120.000 t/a
Technische Einheiten:	3 Siebtrommeln, 4 Magnetabscheider, 2 Wirbelstromscheider, 5 Windsichter, 4 ballistische Separatoren, 22 sensor- basierte Sortiermaschinen (Nahinfrarot- spektrometer), 1 Paketierpresse, 2 Ballen- pressen, ca. 1,3 Kilometer Förderbänder

Gew.-%  
vom Input**Aussortierte Wertstoffe zur  
stofflichen Verwertung****3.2.3 Stoffliche Verwertung**

Die stoffliche Verwertung ist bei vielen separat gesammelten Wertstofffraktionen bereits weitgehend etabliert, wie z. B. bei Metallen, Glas oder Altpapier. Durch den Einsatz der Sekundärrohstoffe bei der Produktion neuer Produkte werden die Energie- und Klimabilanz deutlich verbessert und zusätzlich auch Primärrohstoffe eingespart. Größere Herausforderungen und Entwicklungsbedarfe bestehen nach wie vor beim Recycling von Kunststoffen.

Um die stoffliche Verwertung insgesamt und vor allem bei den Kunststoffen weiter zu steigern, wurden die Recyclingquoten für die verschiedenen Verpackungsmaterialien mit dem am 01.01.2019 in Kraft getretenen Verpackungsgesetz erhöht. So wurde die geforderte Recyclingquote für Kunststoffverpackungen von bisher 36 % auf 58,5 % und bis zum Jahr 2022 auf 63 % angehoben. Bei den Verpackungsmaterialien aus Metall, Glas und Papier wurde die Recyclingquote auf 90 % erhöht. Darüber hinaus müssen im Jahresmittel mindestens 50 % der im gelben Sack beziehungsweise der gelben Tonne gesammelten Abfälle recycelt werden.

Um das Recycling zu erleichtern, ist ein nachhaltiges Verpackungsdesign der Produkte ausschlaggebend, welches bereits bei der Entwicklung der Verpackung die nachfolgenden Recyclingprozesse berücksichtigt. Sowohl die Verwendung von nur einer Stofffraktion für eine Verpackung oder für ein Produkt statt eines Gemisches aus mehreren Materialien wie auch eine helle Farbgebung bei Kunststoffen sind positive und einfache Ansätze in diese Richtung. Auch dazu will das neue Verpackungsgesetz einen Beitrag leisten. So sollen künftig die Lizenzentgelte für die Verpackungen stärker an ökologische Kriterien wie Recycling- und Sortiereigenschaften sowie den Einsatz von Rezyklaten gekoppelt werden. Somit sollen Anreize für die Hersteller geschaffen werden, Verpackungen recyclinggerechter und ressourcenschonender zu gestalten.

Im Bereich der Kunststoffverwertung zeichnen sich aktuell Entwicklungen in Bezug auf einen verstärkten Einsatz von Rezyklaten in Kunststoffprodukten ab. So hat beispielsweise das Verwertungsunternehmen Borealis die Technologie für die Umwandlung polyolefinbasierter Abfallströme in Rezyklatmaterial zur Herstellung hochwertiger Verbundstoffe, z. B. für Haushaltsgeräte mit z. T. mehr als 80 % Rezyklatanteil, wei-



Produktion von Kunststoffrezyklat, Quelle: Veolia

terentwickelt. Auslöser war nach eigenen Angaben u. a. die Selbstverpflichtung führender Markeneigentümer, u. a. für Haushaltsgeräte, den Anteil rezyklierter Kunststoffe in ihren Produkten zu steigern, was allerdings eine entsprechende Versorgung mit hochwertigen Rezyklaten erfordert.

Auch die aktuellen Forschungsaktivitäten flankieren diese Entwicklungen. So verfolgt das im Mai 2019 bewilligte EU-Projekt „Circular Plastics Network for Training (C-PlaNeT)“ das Ziel, im Recycling aus

post-consumer Kunststoffverpackungsabfall qualitativ hochwertige Materialien mit der Qualität von Neuware herzustellen. In dem Zusammenschluss aus acht europäischen Universitäten (u. a. Fraunhofer IVV) und 23 außeruniversitären Partnern (u. a. Plastics Europe, Ellen MacArthur Foundation, DOW, Adidas) steht als eine zentrale Forschungsaufgabe die analytische Erfassung und Entfernung von Kontaminanten (Geruch, Störsubstanzen) in den Recyclingmaterialien im Fokus.

Die aha AWG und Hammelmann GbR setzt dazu eine mobile Wärmeversorgung ein, mit der Abwärme aus der Verstromung von Deponie- und Biogas aus dem Entsorgungszentrum der Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf (AWG) in der näheren Umgebung genutzt werden kann. Die mobilen Wärmecontainer sind als Warmwasserspeicher ausgeführt und ein zweiter und aufwendiger Wärmetauschvorgang beim Verbraucher. Im Modellprojekt „Wärme to go“, das der Zweckverbands Abfallwirtschaft Region Hannover (aha) gemeinsam mit der Gemeinde Isernhagen und der Klimaschutzagentur Region Hannover durchführt, wird die Abwärme aus der Vergärung des Restabfalls in der MBA auf der Deponie Hannover-Lahe technisch nutzbar gemacht. Sie wird über Wärme-Container, die mit dem Wärmespeichermedium Natriumacetat gefüllt sind, mittels einer Elektro-Zug-

1 [https://www.energieagentur.nrw/klimaexpo/mobile\\_abwaerme\\_fuer\\_das\\_olympiabad\\_ennigerloh](https://www.energieagentur.nrw/klimaexpo/mobile_abwaerme_fuer_das_olympiabad_ennigerloh)



## Ennigerloher Bäder heizen mit mobiler Wärme

Das Olympiabad in Ennigerloh wird seit 2016 anteilig mit Abwärme aus dem Entsorgungszentrum der Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf (AWG) beheizt, die bei der Verstromung von Deponie- und Biogas in Blockheizkraftwerken (BHKW) entsteht. Die dort bei der Verstromung von Bio- und Deponiegas anfallende Wärme wird mittels mit Heißwasser (90 °C) gefüllten Containern zum Schwimmbad transportiert und dort genutzt. Die transportierte Wärmemenge summiert sich pro geladenem Behälter auf ca. 1.500 kWh. Am Hallenbad ist ein Container mit heißem Wasser fest stationiert. Ihm wird immer dann Wasser entnommen, wenn das Becken nachgefüllt werden muss.

Früher wurde kaltes Trinkwasser nachgefüllt, welches auf Beckentemperatur erhitzt werden musste. Jetzt wird das kalte Frischwasser mit dem heißen Wasser aus dem Container zunächst gemischt und dann geringfügig über der Wassertemperatur in das Becken eingespeist. Außerdem läuft Trinkwasser, das direkt aus dem Netz genommen wird,



Quelle: Shutterstock



Quelle: aha AWG und Hammelmann GbR

im Container durch einen Wärmetauscher und landet vorgewärmt im Warmwasserboiler des Hallenbades. Je nach Bedarf sind für das Hallenbad dafür zwei bis drei Container pro Woche im Einsatz. Auch im neu gestalteten Naturbad mit biologischer Wasseraufbereitung werden die Container für die Erwärmung des Wassers genutzt.

Bei den Transportcontainern handelt es sich um isolierte Standardbehälter aus der Lebensmittelindustrie, weshalb die Wärmeverluste auf der nur drei Kilometer langen Transportstrecke sehr über-

schaubar sind. Auch der stationäre Behälter verliert abhängig vom Temperaturniveau und den Umgebungstemperaturen nur ein bis drei Kelvin pro Tag.

Der Effekt all dieser Maßnahmen: Die Heizungsanlagen in den Schwimmbädern der Stadt Ennigerloh werden entlastet, die Lebensdauer verlängert sich und Erdgas wird eingespart, was sich positiv auf die Umwelt auswirkt. Mit jeder gelieferten Wärmebox können 340 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das Projekt wurde im Rahmen der KlimaExpo NRW ausgezeichnet.<sup>1</sup>

## Biomethan-Gemeinschaftsprojekt von Ver- und Entsorgern im Rhein-Erft-Kreis



Tankstelle für Biomethan, Quelle: REMONDIS

Das Biomethan für die Biogastankstelle in Hürth, einem Gemeinschaftsprojekt des regionalen Energieversorgers GVG Rhein-Erft und REMONDIS wird aus den im Haushalt gesammelten Bioabfällen gewonnen. Durch den Umbau stehen am Standort jetzt zwei Kompressoren zur Verfügung, die eine gesicherte Tankkapazität von mindestens 20.000 kg Biomethan pro Monat ermöglichen.

Der parallele Betrieb der beiden Kompressoren ermöglicht eine Betankung von mehreren LKW direkt hintereinander. Gleichzeitig wird die Versorgungssicherheit erhöht, da die Kompressoren unabhängig voneinander betrieben werden und beispielsweise im Falle einer Wartung so eine Redundanz gewährleistet ist. Neben einem größeren Kompressor, wurde auch eine zweite Zapfsäule errichtet, die neben einer PKW-Füllkupplung auch eine spezielle LKW-Füllkupplung bereithält.

Der Treibstoff Biomethan überzeugt mit bis zu 90 Prozent geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß, bis zu fünf Dezibel geringere Schallemissionen und circa 60 Prozent reduzierten Stickoxiden als bei einem Diesel-Fahrzeug. Die Feinstaub- und Partikelemissionen befinden sich gerade einmal an der Nachweisgrenze. Die Reichweite der Fahrzeuge beträgt ungefähr 200 km. Damit sind sie vor allem für den Einsatz in Ballungsräumen sinnvoll.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Pressemitteilung GVG und REMONDIS, Hürth, 3.2.2020

<sup>3</sup> [https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/konzept\\_berlin](https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/konzept_berlin)



maschine, die mit dem klimaneutral erzeugten Strom auf der Deponie betrieben wird, zum Schulzentrum Isernhagen transportiert und in die Heizungsanlage eingespeist.

Die Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung in das Erdgasnetz ermöglicht demgegenüber eine standortunabhängige Verwertung. Dieser Ansatz wird auch für das Biogas der Bioabfallbehandlungsanlage der Berliner Stadtreinigungsbetriebe BSR gewählt, um das Biomethan als Dieselerersatz zum Betanken der gasbetriebenen Abfallsammelfahrzeuge zu nutzen. Durch die Substitution von Diesel konnte im Jahr 2016 damit eine Nettoentlastung von jährlich rund -9.000 Mg CO<sub>2</sub>eq. erreicht werden. Durch die angestrebte Intensivierung der Getrenntsammlung, insbesondere von Küchenabfällen, soll dieser Beitrag künftig weiter erhöht werden.<sup>3</sup>

Im Februar 2020 wurde in Hürth in einem Gemeinschaftsprojekt des regionalen Energieversorgers GVG Rhein-Erft und Remondis eine modernisierte Biogastankstelle eingeweiht. Damit soll sämtliche Kurzstrecken-Logistik der Region, von der Abfallsammlung bis zum Schwertransport, auf CO<sub>2</sub>-neutrales Biomethan umgestellt werden. Zuvor wurde der Einsatz der mit Biogas betriebenen Abfallsammelfahrzeuge von REMONDIS in Erftstadt und Pulheim mit insgesamt sechs Fahrzeugen auf Alltagstauglichkeit, Reichweiten und Betankungszeiten getestet und optimiert. Auf Grund der guten Erfahrung ist die Anschaffung weiterer Fahrzeuge mit Biogasantrieb geplant.



Biogasanlage, Quelle: BSR



Kippstelle Biogasanlage und Biogasauto, Quelle: BSR

## Was kostet Kreislaufwirtschaft?



Sammlung in einem Außenbezirk, Quelle: Stadtreinigung Hamburg

Der Aufbau und der Betrieb der gesamten Entsorgungsinfrastruktur hat naturgemäß auch einen Preis. Der Leistungsumfang ist durch die hohen Standards für die Behandlung der Abfälle und die Kreislaufführung der Rohstoffe sehr umfangreich: Müllabfuhr mit hohem Servicegrad, getrennte Sammlung von Wertstoffen, Herstellung von Rezyklaten, Kompostierung und Vergärung mit Energiegewinnung, Restmüll- und Sperrmüllentsorgung über Sortier-, Behandlungs- und Verbrennungsanlagen, Entsorgung von Schadstoffkleinmengen, Abfallberatung und vieles mehr.

Die Gebühren für die Abfallentsorgung unterliegen in vielen Städten und Landkreisen oftmals intensiven kommunalpolitischen Diskussionen. Dabei stehen häufig Aspekte wie Rechtssicherheit, Gebührengerechtigkeit, Demografie-Sicherheit, Kostendeckung, Stadtsauberkeit, Anreize zur Abfallvermeidung und getrennten Sammlung, Transparenz und die Sozialverträglichkeit im Fokus.

Der rechtliche Rahmen ergibt sich insbesondere aus den Kommunalabgabengesetzen der Bundesländer in Verbindung mit den Landesabfallgesetzen. Unterschiedliche Systeme und unterschiedliche Erfahrungen in den Kommunen zeigen aber, dass es nicht die „eine“ Gebührenstruktur gibt, die für alle Kommunen gleichermaßen passt, sondern das jeweils auf Basis der örtlichen Rahmenbedingungen adaptiert werden muss.

In Anbetracht des hohen Aufwandes und insbesondere im Vergleich zu sonstigen üblichen Ausgaben der Privathaushalte liegen die durchschnittlichen Kosten der privaten Haushalte für die Abfallentsorgung mit etwa 70 – 120 € je Einwohner und Jahr wohl deutlich unter dem, was gemeinhin erwartet wird: Nach Umfragen des INFA werden die kommunalen Gebühren von den Bürgerinnen und Bürgern bis zu 5 mal so hoch eingeschätzt, wie sie in den jeweiligen Kommunen tatsächlich sind.

Rein rechnerisch bedeutet dieser Vergleich, dass die mittleren Kosten für die komplette Abfallentsorgung in den meisten Regionen Deutschlands deutlich weniger als 10 € pro Person und Monat betragen – oder weniger, als eine Zigarette oder ein Brötchen am Tag kosten.

Die großen Kostenstellen für die Abfallgebühren setzen sich insgesamt in etwa wie folgt zusammen:

- ▶ Kosten für die Sammlung und den Transport: ca. 30 %
- ▶ Kosten für die Abfallbehandlung und -verwertung: ca. 60 %
- ▶ Kosten für die Organisation und die Verwaltung: ca. 10 %

Permanent werden Anstrengungen unternommen, die Kosten und Gebührenhöhen unter Beachtung von Qualitäts- und Servicestandards weiter zu reduzieren. Bei entsprechenden Reduzierungsoptionen (häufig verbunden mit einer Reduzierung des Servicegrades wie z. B. der Verlängerung der Leerungsrhythmen oder der Umstellung von Voll- auf Teilservice) wird den Entscheidungsträgern häufig deutlich, dass die Reduzierungspotenziale in € je Einwohner und Jahr vergleichsweise gering sind.

Zum einen sind aufgrund der Höhe der Fixkosten (die in der Abfallwirtschaft bei bis zu 80 % liegen) die variablen Kosten relativ gering. Eine Reduzierung der variablen Kosten um beispielsweise 20 % würde sich dem entsprechend „nur“ mit 4 % auf die Gesamt-Gebührenhöhe auswirken (also ca. 30 Cent je Einwohner und Monat). Aufgrund dieser relativ geringen spezifischen Auswirkungen auf die Gebührenhöhe wird (häufig) von Seiten der kommunalen Abfallwirtschaftsbetriebe Abstand von Maßnahmen genommen, die auf der einen Seite zwar Einsparpotenziale beinhalten, auf der anderen Seite jedoch zu einer Serviceverschlechterung für die Gebührenzahler führen oder andere Ziele, wie z. B. die Stadtsauberkeit konterkarieren.

Finanzielle Anreize mit dem Ziel, Gebühren reduzieren zu können, haben bei den Bürgerinnen und Bürgern in der Regel den Effekt, kleinere Restmüllbehälter zu nutzen oder diese seltener entleeren zu lassen. Hier ist die Berücksich-

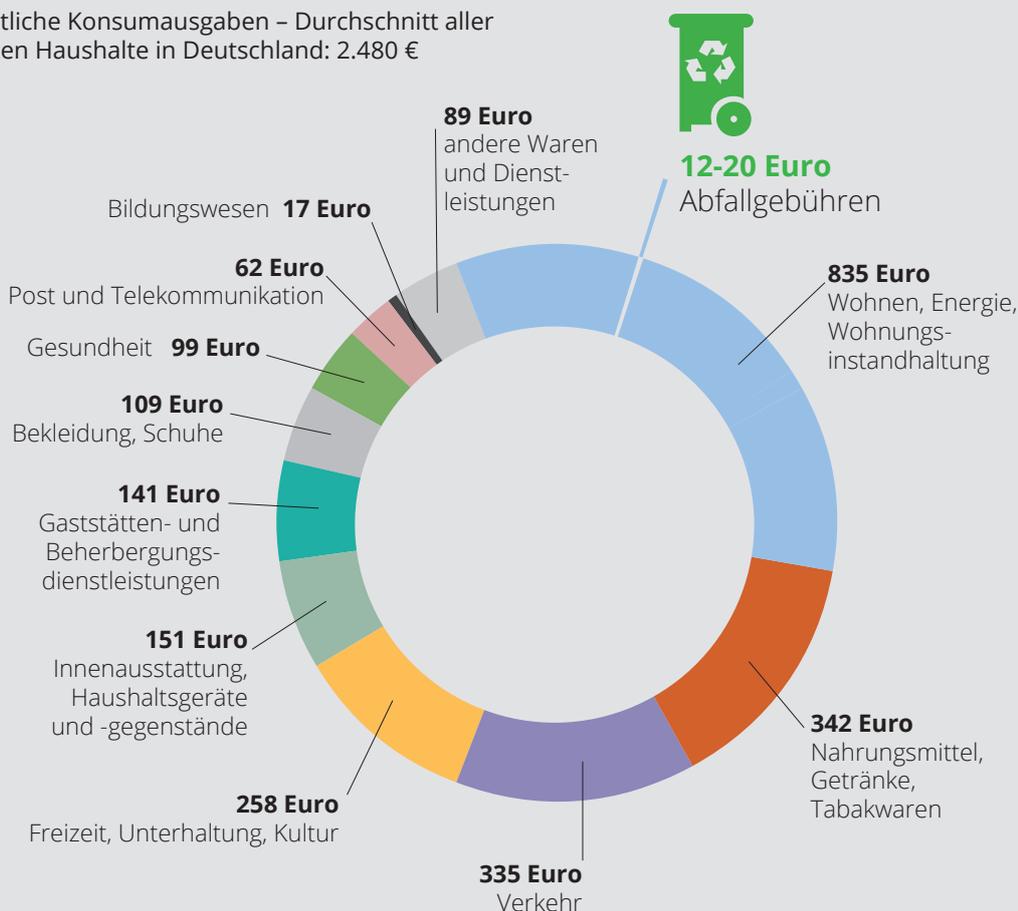
tigung einer Untergrenze (angemessenes Mindestbehältervolumen) sinnvoll und rechtlich möglich. Mit zu geringem Restmüllbehältervolumen sind Fehlwürfe z. B. in die Biotonne und die Erhöhung der Sperrmüll- und Litteringmengen oft die Konsequenz.

Die kommunalen Abfallgebühren decken die Kosten für die Sammlung, den Transport und die umweltgerechte Entsorgung insbesondere der Restabfälle, des Sperrmülls sowie der Verwertung von Bioabfällen und Papier. Die Kosten für die Verwertung von Verpackungsabfällen (gelber Sack bzw. Behälter) werden über Lizenzentgelte gedeckt, die vom Hersteller für jede einzelne Verpackung an die Dualen Systeme zu entrichten sind und die die Verbraucher bereits beim Kauf des Produktes/der Verpackung bezahlen. Im Jahr 2019 wurden rund 6,04 Mio. Tonnen Verpackungen lizenziert, darunter 2,30 Mio. Tonnen Glas, 1,95 Mio. Tonnen PPK und 1,79 Mio. Tonnen LVP.

An Lizenzentgelten haben die Dualen Systeme im Jahr 2019 durchschnittlich rund 1,24 Mrd. € eingenommen, das bedeutet, dass den Bürgerinnen und Bürgern für die Verwertung ihrer Verpackungsabfälle zusätzlich zu den Abfallgebühren weitere Kosten von 14,8 € pro Jahr bzw. 1,2 € pro Monat entstehen. Die Monatsbelastung teilt sich auf in Beträge für die Verwertung von Glas in Höhe von 7 Cent, die Verwertung von PPK in Höhe von 27 Cent und von LVP in Höhe von 90 Cent.

### Struktur der Konsumausgaben privater Haushalte 2016

Monatliche Konsumausgaben – Durchschnitt aller privaten Haushalte in Deutschland: 2.480 €



### Beispielhafte Ausgaben

-  täglich 1 Schachtel Zigaretten: **210 Euro/Monat**
-  **28 Euro** Strom/Monat
-  **45 Euro** Tageszeitung/Monat
-  **50 Euro** Sportstudio/Monat



Müllheizkraftwerk Krankanzel, Quelle: BSR

### 3.2.4 Energetische Verwertung

Die thermische Abfallbehandlung ist ein Grundpfeiler der deutschen und europäischen Entsorgungswirtschaft. Die rund 100 Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB: Müllverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoff-Kraftwerke) leisten einen positiven Beitrag zum Klimaschutz, unter anderem durch Substitution fossiler Energieträger in den Bereichen Strom bzw. (Fern-)Wärme/Prozessdampf, sowie durch die Verwertung von Metallen und mineralischen Ersatzbaustoffen aus den Verbrennungsrückständen. Darüber hinaus gewährleistet die thermische Abfallbehandlung durch ihre Funktion als Schadstoffsene die Kreislaufführung von Rohstoffen, beispielsweise durch die energetische Verwertung von schadstoffbelasteten Sortierresten.

Im Jahr 2018 wurden von den Mitgliedsanlagen der ITAD (Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB) in Deutschland) rund 20,8 Millionen Megawattstunden (MWh) Wärme und Prozessdampf abgegeben. Die TAB sind häufig der Haupteinspeiser in die regionalen Fernwärmesysteme. Neben der Wärme wurden weitere 10,7 Millionen MWh Strom von den ITAD-Mitgliedsanlagen ins öffentliche Netz eingespeist, das entspricht dem durchschnittlichen Energiebedarf von knapp 3 Millionen Haushalten. Die Abwärmennutzung aus der thermischen Abfallbehandlung trägt durch die Substitution von fossilen Energieträgern somit auch zum Klimaschutz bei.

### Treibstoff aus der CO<sub>2</sub>-Abscheidung

In den letzten Jahren stellt sich bei Verbrennungsprozessen zunehmend die Frage, wie CO<sub>2</sub> aus dem Abgas abgeschieden und genutzt werden kann. Bekannt ist dieses Prinzip als Carbon Capture and Utilization (CCU). So beschäftigen sich einige TAB-Betreiber derzeit intensiv mit der Synthese von Methanol. Der Zweckverband für Abfallwirtschaft Südwestthüringen (ZAST) möchte beispielsweise aufbauend auf einer Machbarkeitsstudie über 20 Millionen Euro in seiner Restabfallbehandlungsanlage (RABA) in Zella-Mehlis investieren, um dort mittels Gaswäsche CO<sub>2</sub> aus dem Reingas abzuscheiden und mit dem Strom aus der RABA daraus regeneratives Methanol herzustellen.<sup>4</sup>

Dieser Alkohol ist nicht nur ein Basisprodukt für die organische Chemie, er lässt sich auch als klimafreundlicher Bestandteil von Kraftstoffen verwenden. In Zella-Mehlis will der Zweckverband ZAST pro Jahr 7.000 Tonnen regeneratives Methanol herstellen. Dazu soll Kohlendioxid aus knapp 10 Prozent des Abgasvolumens von insgesamt 125.000 Kubikmeter pro Stunde abgeschieden werden. Durch eine Aminwäsche würden pro Stunde 1,5 Tonnen CO<sub>2</sub> gewonnen, das jeweils zu einer Tonne Methanol weiterverarbeitet werden soll. Als weiterer Bestandteil des Methanols wird Wasserstoff benötigt, der aus einem Elektrolyseur mit einer Leistung von 10 Megawatt (MW) gewonnen wird. Die Methanolanlage ist insgesamt so ausgelegt, dass der Strombedarf vollständig durch das eigene Müllheizkraftwerk gedeckt werden kann.

<sup>4</sup> ITAD Jahresbericht 2018, S. 18

### **Wasserstoff aus der energetischen Abfallverwertung**

Die klimafreundliche Sektorkopplung mit dem Verkehr können TAB allerdings auch unterstützen, ohne Kohlendioxid abzuscheiden. Die AWG Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal investiert sechs Millionen Euro in die Produktion von Wasserstoff, einen Seicher sowie die Infrastruktur zum Tanken von Wasserstoff. Täglich sollen mithilfe von Energie aus dem Müllheizkraftwerk rund 400 Kilogramm Wasserstoff hergestellt werden, der in der ersten Ausbaustufe mindestens zehn Brennstoffzellenbusse antreibt. In der zweiten Jahreshälfte 2020 geht die Anlage in Betrieb. Ausbaupläne gibt es auch schon. Bei Bedarf könnte die Kapazität der Wasserstoffproduktion laut AWG innerhalb von drei Jahren verdreifacht werden.

### **Klärschlammverbrennung in Thermischen Abfallbehandlungsanlagen**

Ein neues Aufgabenfeld der thermischen Abfallbehandlung stellt aktuell die Klärschlammverbrennung dar. Mit der Novelle der Klärschlamm-Verordnung soll die Klärschlammausbringung zu Düngezwecken beendet und Phosphor und andere Nährstoffe zurückgewonnen werden, um sie in den Stoffkreislauf zurückzuführen. Mit dieser „Klärschlammwende“ hat die Bundesregierung einen regelrechten Planungsboom für Monoklärschlammverbrennungsanlagen ausgelöst. Diese gesetzlichen Änderungen führen

bereits heute zu einer veränderten Marktsituation, so dass zeitnaher Handlungsbedarf gegeben ist.

Um der aktuell sehr hohen Nachfrage nach Verbrennungskapazitäten für Klärschlämme nachzukommen, betreibt beispielsweise die MVA Bielefeld ihre drei Verbrennungslinien seit Anfang 2019 mit einem neuen Nassschlammzuführsystem für Klärschlämme. Hierbei wird der entwässerte Klärschlamm (ca. 25 % Trockensubstanz) in einen Annahnebunker gekippt und von dort aus über Transportschnecken in ein Stapelsilo befördert. Anschließend gelangt der Schlamm durch Feststoffpumpen gefördert, über einen Verteilbalken direkt in die Müllschächte. Die Dosierung kann dabei zentral gesteuert werden, um so eine optimale Verbrennung zu gewährleisten. Durch die kontinuierliche Zugabe von Klärschlämmen kann eine Mitverbrennung von jährlich bis zu 25.000 Tonnen entwässertem Klärschlamm bei der MVA Bielefeld ermöglicht werden ohne Veränderungen im Müllfeuer, beim Schlackeausbrand oder den Emissionswerten hervorzurufen.

Um die längerfristige Entsorgungssicherheit der Klärschlämme und die Möglichkeit eines Phosphorrecyclings sicher zu stellen, plant die MVA Bielefeld zudem den Bau und Betrieb einer Klärschlammmonoverbrennungsanlage auf ihrem Betriebsgelände.



Klärschlamm-Mitverbrennung in der MVA Bielefeld (Klärschlamm-Verteilsammler), Quelle: Stadtwerke Bielefeld GmbH



MV Schwermetall 0,1 mm, 1,5 - 4 mm, größer als 4 mm, Quelle: Breer

### Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle

Im Juni 2019 nahm die C.C. Gruppe eine neuartige Anlage zur Metallveredelung im Krefelder Hafen in Betrieb. Die sogenannte „Stratego“-Anlage wurde gemeinsam von C.C. Umwelt, der Hamburg-Umwelt-Recyclingtechnologien (H-U-R) GmbH und der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft entwickelt und realisiert. Gefördert wurde dieses Projekt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung beim Projektträger Jülich.

Ziel der Anlage ist die sortenreine Abtrennung der NE-Metalle von zwei bis 20 Millimetern aus Schlacken von Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in die beiden Fraktionen „leichte NE-Metalle“ (vor allem Aluminium) und „schwere NE-Metalle“ (vor allem Kupfer, Gold, Silber, Platin und Palladium). Dieses Verfahren ist neuartig und trägt zu einem Anstieg der Recyclingraten für NE-Metalle bei, da diese bisher entweder nicht oder nur als Gemisch zurückgewonnen und in den Kreislauf zurückgeführt werden konnten.

Die Anlage hat eine genehmigte Kapazität von 25.000 Tonnen pro Jahr, davon sind 2.000 Tonnen pro Jahr für die Behandlung der Feinstfraktion aus Hausmüllverbrennungsschlacken vorgesehen.

Die Anlage ist so ausgelegt, dass unterschiedliche Aufbereitungsprozesse mit identischen Anlagenteilen durchgeführt werden können. Insgesamt unterteilt sich die Anlage in drei Aufbereitungslinien: die physikalische Vorbereitung für den Metallabscheider, die Schwingsetzmaschine und die Lufttische.

Im Abscheider und Trockner findet die Trennung des Eingangsmaterials, NE-Metallgemische mit einer Korngröße von 0 – 45 mm, in unterschiedliche Kornspektren statt. Gleichzeitig erfolgt eine Reduzierung der mineralischen Anteile in den NE-Metallgemischen. Dafür wird das Material in einem ersten Schritt einer Trockentrommel zugeführt und anschließend in einen semi-mobilen Hochgeschwindigkeits-Aufprallzerkleinerer zur Auftrennung gegeben. Ziel ist die physikalische Trennung der massereichen und masseärmeren Metallpartikel mit Hilfe ihrer unterschiedlichen Energien.



STRATEGO-Anlage, Quelle: Breer



Trenntische, Quelle: Breer

Aus dem aufgeschlossenen Materialgemisch werden anschließend drei Fraktionen unterschiedlicher Korngrößen mittels eines geschlossenen Taumelsiebes erzeugt. Es folgt eine Magnetit- und NE-Abscheidung und die so gewonnenen NE-Metalle werden separat aufgefangen. Die abgetrennten mineralischen Fraktionen (u. a. Glas, Keramik oder ähnliche inerte Materialien) werden anderweitig verwertet.

In der Aufbereitungslinie „Setztisch“ (Kapazität von 2,5 Tonnen pro Stunde) wird aus den gewonnenen NE-Metallen mit Hilfe des Schwimm-Sink-Verfahrens je eine Schwerfraktion, wie Kupfer und Zink, und eine Leichtfraktion (Aluminium) gewonnen. Nach Aufgabe des Materials sinkt dabei das schwerere Material im Wasserstrom schneller als das leichte Material und kann so gut abgenommen werden. Die Leichtfraktion treibt oben und wird über eine oberliegende Schwimmrinne abgeführt. Beide Fraktionen werden separat in Boxen erfasst. Verarbeitet werden an den Setztischen NE-Metallgemische mit einer Korngrößen über 16 mm.

An drei Trenntischen, sogenannten Lufttischen, werden die beiden getrennt erfassten Fraktionen (Leicht- und Schwerfraktion) in Abhängigkeit von der Siebbewegung, der Siebneigung und dem Luftstrom weiter sortiert. Schwere Teile befördert der Trenntisch siebaufwärts und leichtere Teile siebabwärts zu den jeweiligen Ausläufen und den angeschlossenen Auffangboxen.

Die gewonnenen Schwermetallgemische haben einen Anteil von circa 70 % an Kupfer mit einem hohen Reinheitsgrad. Weitere Bestandteile sind Silber, Gold oder Palladium. Diese können durch Schmelzbetriebe aufbereitet und zurückgewonnen werden. Das Aluminium in der Leichtfraktion weist eine relativ mineralfreie Qualität auf und kann gut vermarktet werden. Die geplante Aufbereitung der Feinstfraktion von Hausmüllverbrennungsschlacken befindet sich im Test.

### Zero Waste-Strategien und Circular Economy

Aspekte einer Zero Waste-Strategie und einer geschlossenen „Circular Economy“ werden auf EU-, Bund- und Länderebene sowie auf der kommunalen Ebene formuliert und weiterentwickelt. So verfolgt beispielsweise das Land Berlin in seinem Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie in dem für Klärschlamm beschriebenen Aktionsplan „Zero-Waste“<sup>5</sup> das Ziel, die bestehende Abfallwirtschaft zu einer modernen und möglichst geschlossenen Kreislaufwirtschaft weiterzuentwickeln. Darunter ist eine auf den Schutz der natürlichen Ressourcen fokussierte Kombination aus Maßnahmen zur Abfallvermeidung, zur Wiederverwendung und zum Recycling zu verstehen. Dadurch soll das der energetischen Verwertung, der sonstigen Verwertung und der Beseitigung zuzuführende Abfallaufkommen gesenkt werden. Die Zero Waste-Strategie formuliert aber

nicht nur quantitative Ziele, sondern berücksichtigt auch qualitative Aspekte (Schadstoffvermeidung, Klimaschutz usw.). Zahlreiche geplante Maßnahmen sowohl im Bereich der Siedlungsabfälle sowie auch der Gewerbeabfälle, der Bauabfälle und der Klärschlämme sollen einen Beitrag dazu leisten.



NochMall Gebrauchtwarenkaufhaus. Quelle: BSR

Beispielhaft sei hier eine aktuelle Planung zur verstärkten Wiederverwendung von Gebrauchtwaren wie beispielsweise von Möbeln, Elektrogeräten und Textilien genannt. Berliner Unternehmen und Initiativen bieten bereits unterschiedliche Möglichkeiten, Gebrauchtwaren u. a. über Second-Hand-Läden für Textilien, Trödelmärkte, private Flohmärkte oder den Tausch- und Verschenkenmarkt der BSR einer weiteren Nutzung zuzuführen. Ein in Berlin derzeit fehlendes Angebotselement ist der Betrieb von sogenannten Gebrauchtwarenkaufhäusern durch den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Ziel des Landes Berlin ist daher der Ausbau bestehender und Schaffung neuer Kaufhäuser für Second-Hand-Waren und die Entwicklung eines Geschäftsmodells für ein „Warenhaus der Zukunft“. Gemeinsam mit öffentlich-rechtlichen und/oder privaten sowie gemeinnützigen und karitativen Trägern sollen ein neuer Ansatz entwickelt und kurz- bis mittelfristig zumindest drei bis vier Berliner „Warenkaufhäuser der Zukunft“ im Stadtgebiet etabliert werden. Ein erstes Gebrauchtwarenkaufhaus der BSR, die „NochMall“, ist im August 2020 eröffnet worden und verfügt über ein Sortiment von rund 10 Warengruppen und ca. 15.000 Artikeln, wie beispielsweise Bücher, Elektrogeräte, Haushaltswaren, Kleidung oder Spielzeug.

Quelle: <https://www.nochmall.de/>

<sup>5</sup> [https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/konzept\\_berlin](https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/konzept_berlin)



# Optimierte Abläufe in einer kompletten Wertschöpfungskette

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft treiben die Digitalisierung in vielen Bereichen voran, um den wachsenden Anforderungen der Märkte und der Kunden entgegen zu kommen.<sup>6</sup> National und international. Von der App-basierten Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern, digitalen Plattformen für die Geschäftsabwicklung bis hin zur Digitalisierung des Kundenmanagements bieten sich neue Chancen für effiziente Abläufe in der internen und externen Kommunikation. Einen weiteren Schritt bietet die branchenübergreifende Vernetzung von Daten, um Prozesse und Produkte schneller, transparenter und sicherer zu machen.

## Kundenanforderungen bestimmen die Entwicklungstrends

Transparenz, Flexibilität, Geschwindigkeit und Preis bei umfassender Benutzerfreundlichkeit, das sind die Anforderungen, mit denen Kunden Trends vorantreiben und auf die die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft zunehmend reagieren. Hierzu zählen beispielsweise App-basierte Informationssysteme mit digitalen Abfallkalendern, automatischen Terminerinnerungen und Möglichkeiten, Abfallcontainer zu bestellen und sofort über Bereitstellungszeit und Preis informiert zu werden. eCommerce wird immer relevanter, auch Verträge und Rechnungen werden zunehmend digital bereitgestellt.

werden zukünftig eine Aufbereitungsanlage in eine Smart Factory umwandeln.

Beispiele für entsprechende Innovationen gibt es viele, wie in Kapitel 3.2 beispielhaft dargestellt. Sie zeigen deutlich, dass die umfassende Nutzung der Möglichkeiten, die die Digitalisierung heute und zukünftig bieten kann, ein enges Zusammenwirken von Industrie und Kreislaufwirtschaft erfordert. Nur wenn seitens der Industrie Behälter, Fahrzeuge und Abfallbehandlungsanlagen mit den entsprechenden Komponenten bzw. intelligenten Produkten ausgestattet werden, können sie diese Aufgaben auch wahrnehmen.

## Optimierung interner Prozesse und Abläufe

Die kundenseitig gestellten Anforderungen fördern die Optimierung von Prozessen und die effizientere Gestaltung von Abläufen in den Unternehmen selbst. Deren Optimierung im Rahmen der Digitalisierung schafft weitere Möglichkeiten für die Optimierung des Kundenmanagements.

Die rechtskonforme Nachweisführung der Entsorgung von Abfällen, die alle Abfallerzeuger, -spediteure, -verwerter und -entsorger verpflichtet, diese in elektronischer Form zu erstellen, hat zum Aufbau einer Reihe von Systemen zur Datenerfassung und -übermittlung geführt. Die Softwarelösungen sind jedoch unterschiedlich, Schnittstellen – sowohl innerhalb eines Landes als auch im internationalen Bereich – stellen ein Problem dar. Die zukünftige Aufgabe wird es daher sein, die Systeme zu harmonisieren und zu vernetzen, so dass sie auch international miteinander kommunizieren können. Die Herausforderungen bestehen darin, die Digitalisierung der Datenerfassung rechtskonform, aber dennoch so umfänglich wie möglich zu etablieren, um Fehlerquellen zu vermeiden, Daten nur einmal eingeben zu müssen, Schnittstellen zu minimieren und um die Daten auch für die weitere Nutzung bereit zu stellen können (Serviceportale).

Intelligente Abfallbehälter mit digitaler Füllstandsmessung und selbstauslösender Abholung „on demand“ unterstützen ein intelligentes Behälter- und Logistikmanagement. Assistenzsysteme erhöhen zudem die Sicherheit in der Entsorgungslogistik.

In der Kreislaufwirtschaft halten zunehmend Technologien Einzug, die es ermöglichen, Abfälle zu hochwertigen Wertstoffen für die Industrie aufzubereiten. Hierbei steht die Qualität und die auf die spezifischen Anforderungen der Produzenten ausgerichtete Aufbereitung im Vordergrund. Digitale Technologien und die Vernetzung einzelner Systemkomponenten

<sup>6</sup> <https://www.bvse.de/aktuelles/nachrichten/1271-die-digitalisierung-der-abfallwirtschaft-umfrage-deckt-unsicherheit-bei-entsorgen-auf.html>





### Digitalisierung entlang der Wertschöpfungskette

Die eigentlichen Stärken der Digitalisierung der Kreislaufwirtschaft sind jedoch weitaus vielfältiger, wenn sie im Sinne der Circular Economy auch in der Interaktion entlang der gesamten Wertschöpfungskette und in der Interaktion zwischen den relevanten Marktakteuren eingesetzt werden.

Eine deutlicher Fortschritt im Bereich des Ausbaus und der branchenübergreifenden Harmonisierung der Datenerfassung und -bereitstellung sowie der Datensensorik ist dafür ein wesentlicher Schlüssel. Digitale Zwillinge – also digitale Abbilder von Produkten können wertvolle Informationen zur Materialzusammensetzung eines Produktes beinhalten, die die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe umfassender, effizienter und qualitativ hochwertiger machen.

Eine ferne Zukunftsvision? Nein, momentan aber noch in den Kinderschuhen. An digitalen Wasserzeichen oder chemischen Trackern für den Zugang zu relevanten Informationen für Sortier- und Recyclingprozesse in Cloud-basierten Datenbanken wird bereits geforscht, wie das Pilotprojekt „HolyGrail“ von PETCore Europe.<sup>7</sup> zeigt. Hier werden die Möglichkeiten eines unsichtbaren digitalen Codes auf Kunststoffverpackungen getestet. Dieser soll es Sortieranlagen ermöglichen, Informationen zu Material und Nutzung der entsprechenden Verpackungen auszulesen. Mit entsprechenden Materialinformationen können auch digitalunterstützte Spritzgussmaschinen auf Materialschwankungen innerhalb rezyklierter Kunststoffe besser reagieren.<sup>8</sup> Die digitale Methode „Building Information Modeling (BIM)“ zur Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden er-

möglicht eine detaillierte Dokumentation durch den Bauträger bereits beim Bau. Dies erleichtert nicht nur das Recycling nach dem Abbruch – auch das laufende Instandhaltungsmanagement wird verbessert und somit die Nutzungszeit von Gebäuden und Infrastruktur verlängert.

Erfolgreich werden diese Ansätze nur, wenn alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette diesen Weg gemeinsam voranbringen.



Kunststoffverpackungen, Quelle: Veolia

<sup>7</sup> <https://www.petcore-europe.org/news-events/129-pioneer-project-holy-grail-workshop.html>



<sup>8</sup> VDMA, Kreislaufwirtschaft 4.0: Wie die Digitalisierung die Kreislaufwirtschaft ankurbeln kann (Positionspapier), Februar 2019.

# Freies Denken mit Wachstumspotenzial.

Die Startup-Szene ist innerhalb der Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren stark gewachsen und auch gezielt gefördert worden. Die Innovationsfähigkeit der Branche hat schon jetzt in den klassischen Bereichen wie dem Recycling von Stoffströmen, der Logistik oder der Anlagentechnik zu beachtlichen Fortschritten geführt. Digitale Systeme, verfahrenstechnische Innovationen, wissenschaftliches Denken und eine ökologische Umsetzung wachsen zusammen, um der gemeinsamen Verantwortung für ein umfassendes Recycling und die gesteckten Klimaschutzziele gerecht zu werden.

Wachstum und Innovationsfähigkeit der Kreislaufwirtschaft zeigen sich auch in der Entwicklung der Startup-Landschaft. Als Startups werden unternehmerische Neugründungen der letzten zehn Jahre mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen bezeichnet. Insgesamt wurden zwischen den Jahren 2010 und 2020 rund 2.400 Startups in der deutschen Kreislaufwirtschaft gegründet.<sup>9</sup> Verglichen mit der Gesamtanzahl der Gründungen von rund 815.000<sup>10</sup> Unternehmen erscheint diese Zahl zunächst überschaubar. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Gesamtwirtschaft Wirtschaftszweige mit intensiven Gründungsaktivitäten wie Gastgewerbe oder auch Kunst, Unterhaltung und Erholung umfasst. Immerhin hat die Kreislaufwirtschaft in den letzten zehn Jahren 700 Startups mehr als die Automobilwirtschaft und fast 2.000 Startups mehr als die Wasserwirtschaft aufzuweisen. Die Anzahl der Neugründungen in der Kreislaufwirtschaft beträgt jedes Jahr konstant zwischen 200 und 300 Unternehmen.

Besonders positiv hervorzuheben sind die digitalen Startups in der Branche. Etwa 12 % der gegründeten Startups sind digital. Im Vergleich sind dies prozentual doppelt so viele Neugründungen wie im Maschinenbau (6 %) oder mehr als doppelt so viele Startups wie in der Automobilbranche (5 %) oder der Wasserwirtschaft (3 %). Die Gesamtwirtschaft weist rund 24 % digitale Startups auf, jedoch sind diese stark geprägt von stark digitalen Wirtschaftszweigen wie beispielsweise den Informations- und Kommunikationstechnologien mit 72 % an digitalen Startups. Unter dem Strich zeigt die Kreislaufwirtschaft eine vorzeigbare Gründungsdynamik mit innovativem Charakter und konstantem Wachstum.

## 3.4.1 Initiativen zur Förderung von Startups

Die kontinuierliche Zahl an Neugründungen von Unternehmen innerhalb der Kreislaufwirtschaft basiert auch auf einer umfangreichen Förderlandschaft. So sind in den letzten Jahren neben den allgemeinen Förderinitiativen des Bundes und der EU für Startups und Unternehmensneugründungen spezifische Förderprogramme bzw. Preise für Startups aus der Kreislaufwirtschaft heraus entwickelt worden, die zum Teil auch europaweit die Gründerszene ansprechen. Nachfolgend werden dazu verschiedene Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit genannt:

### Green Alley Award

Der Green Alley Award wurde von der Landbell Group initiiert und ist Europas erste Auszeichnung für Startups in der Kreislaufwirtschaft: Er wird seit 2014 jährlich durchgeführt und fördert innovative Lösungen und Ideen in den Bereichen Ressourcenschonung, Rückgewinnung und Wiederverwertung von Ressourcen sowie Recycling-Management und CO<sub>2</sub>-Einsparungen. Er bietet neben der Auszeichnung und einem Preisgeld auch strategische Unterstützung und Vernetzungsmöglichkeiten an. Bisher haben mehr als 600 Startups aus 52 Ländern, die ein Produkt, eine Dienstleistung oder eine Technologie entwickelt haben und kurz vor der Markteinführung stehen oder sich im Markt etablieren wollen, an dem Green Alley Award teilgenommen.<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Grundlage für die Analyse bildet die Unternehmensdatenbank Orbis (2020). Anhand von Schlagworten wurden die Tätigkeitsbeschreibungen der Unternehmensneugründungen in Deutschland nach ihrem Bezug zur Kreislaufwirtschaft und ihres Startup-Charakters untersucht.

<sup>10</sup> Ohne Berücksichtigung der Wirtschaftszweige Handel und Verwaltung von Unternehmen, da diese auf Grund gesonderter Gründungsaktivitäten (z. B. Holdings) die Untersuchung verzerren.

<sup>11</sup> <https://green-alley-award.com/>



### Förderprogramm Techfounders

Im Rahmen eines 20-wöchigen TechFounders Accelerator Programms entwickeln die Startups ihre Ideen sowie ihr Geschäftsmodell mit einem Kooperationspartner aus der Industrie weiter. Das Accelerator Programm bietet Startups neben dem Kooperationsprojekt mit den Industriepartnern und einer Startfinanzierung auch ein umfassendes Coaching zu verschiedensten Themen wie Pitching, Business Case, HR, Sales & Marketing, Venture Capital und rechtlichen Themen sowie Kontakte zu hochkarätigen Mentoren. Das Programm steht Startups aus allen Ländern zur Verfügung.<sup>12</sup>

### kraftwerk – city accelerator bremen

Dieses Programm unterstützt Startups von der Prüfung der Idee über einen Business Plan bis hin zur Gründung eines Unternehmens. Es hilft bei der Anbahnung von Kooperationen und stellt Kontakte zu anderen Startups und weiteren engagierten Unternehmen her. Es steht Ideen aus den Themen Energie, Industrie 4.0, Mobilität und Entsorgung/ Recycling offen und hat eine Laufzeit von 14 Monaten. Die Schwerpunkte im Bereich Entsorgung liegen bei der thermischen Abfallverwertung, dem Recycling u. a. von glasfaserverstärkten Kunststoffen, Batterien, Gärresten, Gülle sowie der Klärschlammverwertung und Abwasserreinigung.<sup>13</sup>

### U-START

U-Start ist ein Förderprogramm für Startups von Veolia. Es wendet sich an Unternehmen, die in den Feldern Erneuerbare Energien, Energiespeicherung, Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz neue Ideen entwickeln. Neben einer finanziellen Unterstützung werden u. a. die Prototypenfertigung, Co-Creation-Projekte unterstützt sowie der Zugang zu Testeinrichtungen und den Vertriebskanälen von Veolia zur Verfügung gestellt. Seit dem Start im Jahr 2016 wurden acht Startup-Calls durchgeführt und es konnten 13 Kooperationen mit Startups erzielt werden.<sup>14</sup>

Neben den Fördermöglichkeiten gibt es weitere Initiativen, die u. a. die Vernetzung von Startups fördern. Der Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) hat beispielsweise die Plattform „KommunalDigital“ entwickelt. Hier vernetzt der VKU seine rund 1.500 Mitgliedsunternehmen unter anderem mit Startups und informiert über Zukunftstrends und Innovationen.

Das Netzwerk „StartGreen“ ist eines der größten Netzwerke aus den Bereichen Cleantech und Green Economy und steht Startups, Investoren und Gründungsförderern zur Verfügung. Neben den Vernetzungsaktivitäten wird regelmäßig der „StartGreen-Award“ vergeben, der im Jahr 2020 auch Startups aus dem Bereich Circular Economy auszeichnet.<sup>15</sup>

### 3.4.2 Beispiele für innovative Startups

Die Startup-Szene ist im Bereich der Kreislaufwirtschaft sehr vielfältig und beschäftigt sich neben konkreten Produkten, Techniken und Prozessoptimierungen auch sehr umfassend mit den Themen Digitalisierung und Logistik.

Im Folgenden werden ausgewählte Startups der Branche aus den Bereichen

- ▶ Kreislaufwirtschaft,
- ▶ Logistik und Stadtreinigung sowie
- ▶ Verbraucher/Kennzeichnung

vorgelegt. Die dargestellten Beispiele bedeuten keine Wertung im Vergleich zu anderen, hier nicht genannten Startups und haben ferner auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

#### Startups aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft

##### share

Das Startup „share“ stellt Kunststoffflaschen vollständig aus recyceltem Kunststoff her und ist nach eigenen Angaben damit der erste Anbieter einer 100-prozentigen Recyclingflasche auf dem deutschen Mineralwassermarkt. Im Rahmen eines neuen Recyclingprozesses werden alte PET-Flaschen sortiert, zerkleinert und gereinigt und zu neuen hochwertigen Flaschen verarbeitet. Im Anschluss werden diese mit Mineralwasser aus den Alpen befüllt und stehen dann zum Verkauf zur Verfügung.<sup>16</sup>



Quelle: share

##### Superseven

Das Unternehmen „Superseven“ entwickelt, produziert und handelt mit Verpackungen, die zu 100 % biologisch oder technologisch wiederverwertet werden können. Die Verpackungen können individuell erstellt werden. Konfigurationsmöglichkeiten sind bei dem Grad der Transparenz möglich, die Verpackungen können aber auch gesiegelt, geklebt, gestanzt, gelasert und geschnitten werden. Die individuellen Wünsche des Kunden stehen im Vordergrund.<sup>17</sup>

<sup>12</sup> <https://www.techfounders.com/>



<sup>13</sup> <http://kraftwerk-accelerator.com/>



<sup>14</sup> <https://www.veolia.de/ustart>



<sup>15</sup> <https://start-green.net/>

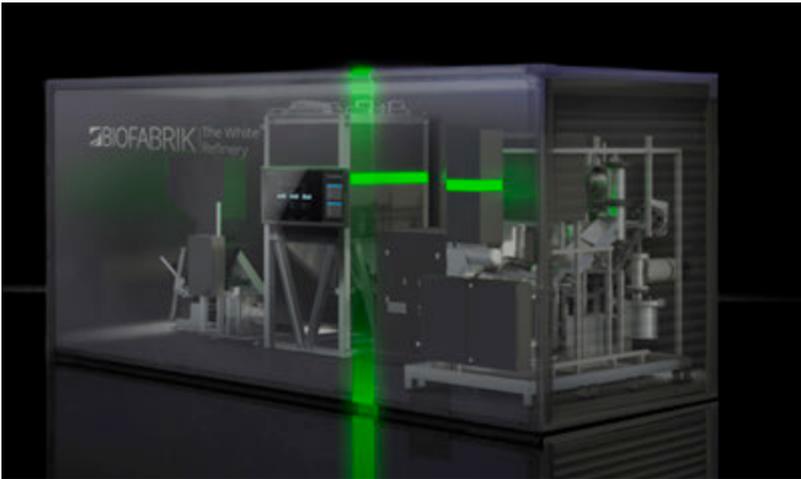


<sup>16</sup> <https://www.share.eu/>



<sup>17</sup> <https://www.superseven.eu/de/produkte/>





Quelle: <https://biofabrik.com/>

### Biofabrik

Die „Biofabrik“ aus Dresden ist ein Startup das u. a. ein Verfahren entwickelt hat, um Meeresplastikmüll in Energie „WastXPlastic“ umzuwandeln. Der speziell entwickelte Reaktor ist in einem Container integriert, daher flexibel aufstellbar und kann bis zu maximal 1.000 Kilogramm nicht-recyclingfähigen Plastikmüll pro Tag in stofflich oder energetisch nutzbare Stoffe umwandeln.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> <https://biofabrik.com/>



### reCup

Das Startup „reCup“ stellt aus einem recyclingfähigen Material, bei dem es sich um Polypropylen (PP) handelt, Kaffee to go Becher her. Diese können für 1 Euro erworben und nach der Nutzung bei entsprechenden reCup-Partnern zurückgegeben werden. Dabei erhält der Kunde seinen 1 Euro als Pfandrückgabe zurück. ReCup führt damit ein klassisches Pfandsystem für Kaffee to go Becher ein. Zusätzlich zu dem nachhaltigen Gedanken, kann der Kunde seinen Cup mithilfe von verschiedenen Farben und Deckelvarianten individuell konfigurieren.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> <https://recup.de/>



<sup>20</sup> <https://www.rmfi-tech.com/>



<sup>21</sup> <https://suncrafter.org/>



<sup>22</sup> <https://zolitron.com/>



©RECUP, Quelle: <https://recup.de/>

### RMF-Tech

Das Startup „RMF-Tech“ bietet die innovative chemische und physikalische Umsetzung der RMF-Technologie an. Mithilfe dieser Methode kann aus unterschiedlichen Verbrauchsrückständen das Technologiemetall Indium gewonnen werden (das Metall kommt in Form von Indiumzinnoxid, als transparen-

ter Leiter für Flachbildschirme und Touchscreens zum Einsatz). Dieses Metall ist daher im industriellen Gebrauch unersetzlich und das RMF-Verfahren schließt damit die Lücke im Rohstoffkreislauf für Indium.<sup>20</sup>

### SunCrafter

Das Berliner Startup „SunCrafter“ sammelt gebrauchte Photovoltaikpaneele und nutzt diese als autonome Ladestationen, zum Beispiel für Festivals. Ein Einsatz in Städten zum Laden von Mobiltelefonen oder EScootern ist auch möglich.<sup>21</sup>

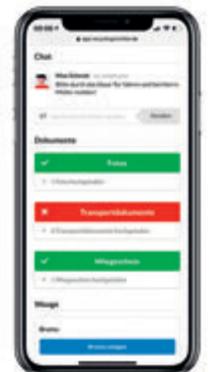


SunCrafter-Modul, Quelle: Solar-Hub. © SunCrafter GmbH, 2020

### Startups aus dem Bereich Logistik und Stadtreinigung:

#### RecyclingMonitor

Die RecyclingMonitor GmbH & Co. KG ist ein Software Start-Up, welches KMU Entsorgungsbetriebe, Recyclingunternehmen und Containerdienste bei der Digitalisierung und Vernetzung unterstützt. Die Basis ist ein cloudbasiertes ERP-System, welches einfaches Handling mit modernem Look&Feel sowie moderner Technik verbindet: Von der Auftragsanlage im Kundenportal, über die Disposition und Interaktion zwischen allen Akteuren bis hin zur Auswertung und integrierten Abrechnung. Die smarte Lösung von RecyclingMonitor ist sehr bedienerfreundlich und bietet Vereinfachungen für alle Mitarbeiter. Leitende Mitarbeiter erhalten mit dem „Trashboard“ stets einen schnellen Überblick über alle relevanten Vorgänge. Die Zahl erforderlicher Telefonate und Mails innerhalb des Unternehmens und zum Kunden sinkt deutlich, da Kommunikationswege und Prozesse deutlich verschlankt werden. Mit dem weiterentwickelten Kundenportal sowie einem digitalen Assistenten werden verstärkt Recyclingunternehmen und ihre Partner angesprochen.



Quelle: Recyclingmonitor

#### Zolitron Technology

Das Startup „Zolitron Technology“ bietet eine skalierbare Füllstandsmessung von Müllcontainern mittels kognitiver Sensorik an. Kommunale Entsorger erhalten auf diese Weise ein genaues Bild, wo im Stadtgebiet und an welchem Container eine Leerung notwendig wird, woraufhin die effektivste Route geplant werden kann. Unnötige Fahrten und Kosten werden

vermieden, Verkehrsbelastungen und Umweltverschmutzungen verringert. Eine Win-win-Situation für alle Beteiligten. Derzeit wird das System intensiv u. a. in Bochum getestet.<sup>22</sup>

### adiutaByte

„adiutaByte“ aus Herne hat ein System zur Optimierung der Sperrmüllorganisation entwickelt. Mit Hilfe moderner Datenwissenschaft und mathematischen Algorithmen kann eine genauere und bezirksunabhängige Erfassung und Planung der Sperrmüllmengen erfolgen sowie zukünftig besser auf individuelle Kundenwünsche Rücksicht genommen werden. Die Wartezeit auf einen Sperrmülltermin reduziert sich für den Kunden von im ungünstigen Fall sechs Wochen auf unter zwei Wochen. Durch die Optimierung der Tourenplanung können zusätzlich die gefahrenen Kilometer der Sperrmüllfahrzeuge reduziert, Verkehr vermieden und somit CO<sub>2</sub> eingespart werden.<sup>23</sup>

### Form Follows You

Das Startup „Form Follows You“ entwickelte für die BSR Berlin einen Online-Standplatzplaner. Mittels einer Online-Abfrage werden die wesentlichen Parameter zur Gestaltung eines Behälterstandplatzes abgefragt und eine optimale Tonnenkonfiguration vorgeschlagen. So wird die Wohnungswirtschaft bei der Planung neuer Behälterstandorte ganz konkret von Seiten der BSR digital unterstützt.<sup>24</sup>

### Recyclehero

„Recyclehero“ ist ein Startup aus Hamburg, das den ersten Abholservice für Altglas, Altpapier und Pfand von Privathaushalten und Büros anbietet. Die Abholung erfolgt dabei mit emissionsfreien E-Lastenrädern. Das Startup unterstützt zudem Geflüchtete & Langzeitarbeitslose bei der Integration in Job und Gesellschaft.<sup>25</sup>



Quelle: @bildverstaerker / Marc Strand

### EineStadt

„EineStadt“ ist ein Startup, das eine digitale Objektverwaltung für öffentliche Mülleimer anbietet. Die Inspektion und Wartung der Mülleimer erfolgt über angebrachte Chips und durch das Smartphone des Verbrauchers. Bürgerinnen und Bürger können den

Chip am vollen Mülleimer mittels Smartphone einlesen und die Information gelangt auf einen Browser. Mit einem Click wird anschließend der Stadt oder dem zuständigen Abfallbetrieb der volle Mülleimer gemeldet und es kann eine Abholung veranlasst werden. Das System hat mehrere nennenswerte Vorteile. Die Bürger/-innen können sich aktiv an der Stadtsauberkeit beteiligen. Die Stadt bzw. der Abfallbetrieb muss die Behälter nur nach Bedarf entleeren und kann somit sein Personal und seine Aufträge effizienter koordinieren.<sup>26</sup>

### Startups zum Thema Verbraucher/ Kennzeichnung:

#### Flustix

Das Startup „Flustix“ offeriert die ersten europaweit eingetragenen Siegel für Plastiknachhaltigkeit. Die unterschiedlich farbigen Prüfzeichen, Flustix Plastikfrei-Siegel und Flustix Recycled-Siegel, zeigen an, ob das Produkt und/oder Verpackungen frei von Kunststoffen bzw. Mikro-Kunststoffen sind oder aus recycelten Materialien bestehen. Das Unternehmen prüft Produkte und Verpackungen auf deren Plastikgehalt und auf die Art der verwendeten Kunststoffe. Das entsprechende Produkt muss nachweislich zu 99,5% plastikfrei sein. Dem Verbraucher wird mit dem Siegel eine verbesserte Orientierung für einen plastikreduzierteren Einkauf geboten.<sup>27</sup>



Quelle: www.flustix.com



#### Ausblick

Startups denken Dinge neu und tragen mit ihren Ideen und Konzepten wesentlich zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft in Deutschland bei. Sie leisten damit einen Beitrag zur Ressourcenschonung, u. a. durch innovative Konzepte zum Einsatz von Rezyklaten oder natürlichen Substituten, sowie zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hierbei zeigt sich, dass die Zusammenarbeit mit Startups auch für die Unternehmen und Betriebe der Kreislaufwirtschaft viele Vorteile bietet, wie

- ▶ die Nutzung der externen Innovationsstärke, Agilität und Schnelligkeit der Startups,
- ▶ das Experimentieren mit neuen Technologien,
- ▶ das Profitieren von branchenübergreifendem Kunden- und Daten-Know-how sowie
- ▶ dem Erschließen von Nischenmärkten und der Etablierung von neuen Vertriebskanälen.<sup>28</sup>

Die hohe Anzahl an Startups sowie die verschiedenen Initiativen und Programme zur Unterstützung der Startups zeigen, dass dies als Chance für Innovationen in der Branche erkannt und auch zukünftig weiter unterstützt und ausgebaut werden soll.

<sup>23</sup> <https://www.adiuta-byte.de/>



<sup>24</sup> <https://www.bsr.de/standplatzplaner-27230.php#/>



<sup>25</sup> <https://www.recyclehero.de/>



<sup>26</sup> <https://www.einestadt.com/>



<sup>27</sup> <https://flustix.com/>



<sup>28</sup> T. Patermann, WBD Duisburg: „Qualifizierungsprogramm „Digitalisierung“: Bewusstsein schaffen, Kompetenzen aufbauen, Innovationen fördern und Zusammenarbeit mit Start-Ups“; Workshop WFZ Ruhr: „Digitalisierung in der Entsorgungswirtschaft“

# Keine Verwertung und Beseitigung ohne Anlagen und Standorte

Wenn Wissenslücken und mangelndes Vertrauen auf die immer noch vorhandenen Imagedefizite der Branche treffen, dann stehen manche Bauvorhaben der Kreislaufwirtschaft schnell in der öffentlichen Kritik. Daher muss das Ausräumen von Befürchtungen, Vorurteilen und Fehlinformationen schon in der Planungsphase beginnen. Zum Beispiel in Form von Gesprächsrunden mit der Politik und den Bürgerinnen und Bürgern der Standortkommunen, die von einer sehr sachlichen Öffentlichkeitsarbeit in den unterschiedlichen Medien flankiert werden müssen.

Die Kreislaufwirtschaft ist eine wachsende Branche. Immer mehr Abfälle aus Bau- und Abbruchmaßnahmen und komplexe Abfälle aus Umweltschutzmaßnahmen führen bei höheren Ansprüchen an das Recycling und den Wiedereinsatz der Rezyklate notwendigerweise auch zum Bau von neuen oder zur Erweiterung bestehender Anlagen. Die Erwartungen von Politik, Medien und Öffentlichkeit an eine effiziente Kreislaufwirtschaft sind hoch, müssen oder sollten sich zumindest aber auch in der Unterstützung der notwendigen Planungsvorhaben widerspiegeln.

Deponien oder Müllverbrennungsanlagen stoßen schon seit vielen Jahren auf Akzeptanzprobleme. Heute sind es aber auch biologische Behandlungsanlagen, Recyclinganlagen oder Anlagen zur Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen, die vielerorts Widerstände erzeugen. Anlieger und Initiativen wehren sich gegen die Projekte, da sie Umweltschäden, Schadstoffemissionen, Geruchs- und Verkehrsbelastungen oder den Wertverlust ihrer umliegenden Grundstücke fürchten. Vielfach argumentieren sie nach dem Grundsatz: „Nimby – not in my Backyard“.



Müllverbrennungsanlage, Quelle: AVG Köln

Trotz aller Erfolge im Umwelt- und Ressourcenschutz leidet die Branche zudem noch immer unter Imageproblemen. Das erschwert bei den bestehenden Flächen- und Nutzungskonkurrenzen um gut erschlossene Grundstücke zusätzlich den Bau neuer Verwertungs- und Beseitigungsanlagen. Eine mögliche Strategie, die öffentliche Akzeptanz zu fördern, besteht in der frühen und intensiven Kommunikation mit den lokalen Stakeholdern. So empfiehlt auch der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in seiner aktuellen Richtlinie<sup>29</sup> die frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung bei Bau- und Infrastrukturprojekten.

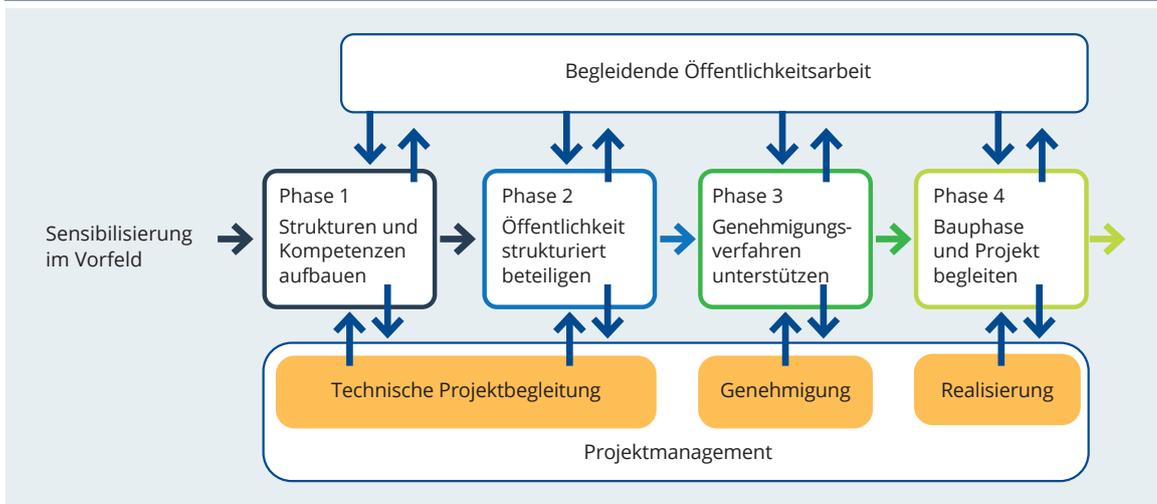
Um Sorgen und Vorbehalte in der Bevölkerung auszuräumen, ist eine ehrliche und transparente Informationsvermittlung notwendig. Zur Ansprache möglichst breiter gesellschaftlicher Gruppen empfiehlt sich hier eine Kombination aus klassischer Öffentlichkeitsarbeit und digitalen Formaten. Die große Herausforderung besteht dabei in der „Experten-Laien Kommunikation“: Die häufig hochkomplexen Inhalte müssen so aufbereitet werden, dass sie nicht nur sachgerecht und objektiv, sondern auch bürgerfreundlich und verständlich sind.

<sup>29</sup> VDI Richtlinie 7000 „Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bei Industrie- und Infrastrukturprojekten“



Dialogveranstaltung, Quelle: Prognos AG

**Ablaufdiagramm der VDI 7000**



<sup>30</sup> <https://www.derwesten.de/wirtschaft/buerger-misstrauen-unternehmen-und-lokalpolitik-bei-grossprojekten-id8668157.html>



Abb. 85, Quelle: VDI Richtlinie 7000 „Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bei Industrie- und Infrastrukturprojekten“

Der persönliche Austausch zwischen Vorhabenträger und Bürgerinnen und Bürgern ist während der Planungsphase von besonderer Bedeutung. Der direkte Nachbarschaftsdialog fördert das gegenseitige Verständnis, trägt zur Versachlichung bei und schärft auch in kontroversen Diskussionen den Blick für die gemeinsame Lösung. Bei der konkreten Planung sollte von Frontal- und Großveranstaltungen abgesehen werden. Stattdessen eignen sich kleinteilige, niedrigschwellige Veranstaltungsformate, bei denen Bürger im persönlichen Gespräch ihre spezifischen Anliegen in den Planungsprozess einbringen können.

Die notwendige Währung dafür ist Vertrauen. Vertrauen kann nur entstehen, wenn alle Beteiligten offen miteinander umgehen. Umfragen<sup>30</sup> zeigen, dass

die von Bau- und Infrastrukturprojekten betroffenen Bürgerinnen und Bürger vor allem unabhängigen Experten trauen. Es empfiehlt sich daher, externe Kommunikationsfachleute in das Planungsverfahren einzubeziehen, die eine geeignete Dialogstrategie entwerfen und später auch die Funktion als objektive Mittler zwischen den Interessengruppen einnehmen können.

Die frühzeitige Beteiligung der Öffentlichkeit und der offene Nachbarschaftsdialog können maßgeblich zur kommunalpolitischen und öffentlichen Akzeptanz von Anlagenplanungen der Kreislaufwirtschaft beitragen. Und die Akzeptanz der Anlagen bedeutet im zweiten Schritt immer auch Akzeptanz für die ganze Branche.

zitiert aus einer Forsa-Umfrage: „Gerade einmal 23 Prozent der Erwachsenen gestehen Lokalpolitikern und Unternehmen zu, glaubwürdige Informationen über anstehende Projekte zu liefern. Das größte Vertrauen bringen sie indes Umweltverbänden (63 Prozent) und Wissenschaftlern/Experten (73) entgegen. Im Mittelfeld landen Stadtverwaltung (50), Bürgerinitiativen (56) und Medien (59).“



Beschickung Depotcontainer für Pappe, Quelle: istock

### Systemstabilität und Systemrelevanz in schwierigen Zeiten

Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland hat während der Corona-Pandemie die Entsorgungssicherheit flächendeckend aufrechterhalten und damit eindrucksvoll ihre Systemrelevanz unter Beweis gestellt. Sowohl das gesamte Krisenmanagement, die daraufhin angepasste Öffentlichkeitsarbeit, die umfassenden Sicherheitsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, als auch die notwendigen organisatorischen Maßnahmen in den operativen Bereichen haben sich im Nachhinein als sehr erfolgreich erwiesen und zur Systemstabilität der Abfallentsorgung beigetragen.

Die Abfuhr der Abfälle der privaten Haushalte und des Gewerbes fand durchgehend statt, ebenso wie die Behandlung und Verwertung der Abfälle. Die Organisation dieser Leistungen wurde durch stark schwankende Mengen und die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen im Personalbereich für die kommunalen und privaten Entsorgungsunternehmen zu einer besonderen Herausforderung. Wichtige Maßnahmen lagen unter anderem im Bereich des Personalmanagements (z. B. Kontaktreduzierung, Trennung der Teams in mehrere Einheiten, zeitversetzte Organisation), der Logistik (veränderte Abfuhrhythmen, z. B. bei den turnusmäßigen Leerungen der Rest- und Bioabfallbehälter, veränderte PPK-Behälterleerungen) oder der Infrastruktur (Schließen von Wertstoffhöfen oder Anlieferungsmöglichkeiten mit Anmeldung).

Die Verbände der Kreislaufwirtschaft haben regelmäßig über die aktuellen Entwicklungen berichtet und die Ursachen für unerwartet aufgetretene Probleme erläutert. So wurde beispielsweise ausführlich über den großen Andrang auf den Recyclinghöfen berichtet. Viele Menschen hätten die Zeit genutzt, um auszumisten oder zu renovieren. Einige Entsorger haben den Betrieb der Höfe zeitweise einschränken müssen, unter anderem, weil die Abstandsregeln nicht mehr hätten eingehalten werden können. Zudem mussten sich einige Unternehmen auch dazu entschließen, Personal von den Höfen abzuziehen, um im Falle von krankheits- und quarantänebedingten Ausfällen genug Personal für die Kernaufgaben, insbesondere für die Sammlung und den Transport von Hausmüll, zur Verfügung zu haben.

Auch im Abfallaufkommen haben sich die Corona-bedingten Veränderungen der Lebens- und Arbeitsbedingungen widerspiegelt. Viele kommunale und private Entsorger haben während des Corona-Zeitraums einen Anstieg der Hausmüllmengen bei einem gleichzeitigen Rückgang des Gewerbeabfalls beobachtet. Viele Menschen sind in dieser Zeit zu Hause geblieben, Restaurants, Kantinen und viele Geschäfte blieben geschlossen. Gleichzeitig haben viele Betriebe die Produktion eingestellt oder im Rahmen der Kurzarbeit heruntergefahren.

Der Aspekt, dass die Entsorgungswirtschaft nicht nur die Entsorgungssicherheit, sondern auch die Versorgungssicherheit zu gewährleisten habe, wird ebenfalls thematisiert. Die Unternehmen entsorgen nicht nur die Abfälle privater Haushalte, sondern versorgen auch Industrieunternehmen mit wichtigen Sekundärrohstoffen. Zu nennen seien hier beispielsweise die Papier-, Stahl- oder die Glasindustrie. Darüber hinaus sind auch die Zementindustrie sowie verschiedene Kraftwerke, die elektrische und/oder thermische Energie bereitstellen, mit Ersatzbrennstoffen zu versorgen. Auch die Logistik hat auch mit großen Herausforderungen zu kämpfen. Der Mangel an LKW-Fahrern habe sich seit Ausbruch der Corona-Epidemie noch einmal deutlich verschärft. Viele Fahrer aus dem Ausland sind in ihre Heimatländer zurückgekehrt und fehlen jetzt für den Transport von Abfällen und Wertstoffen. Zusätzlich fallen Fahrer auch aufgrund von Quarantäneregelungen aus.

Probleme in der Logistik, aber auch andere Corona-Effekte haben zu unterschiedlichen Problemen bei der Verwertung von verschiedenen Wertstofffraktionen geführt: Probleme gibt es beispielsweise im Bereich der Alttextilien, da weniger Textilien abgegeben worden sind und gleichzeitig die nationalen und internationalen Absatzmärkte weggebrochen sind. Im Bereich Altpapier hat die verarbeitende Industrie größere Probleme mit der Rohstoffversorgung, da unter anderem große Handelsketten, wie beispielsweise IKEA, weniger Produkte und damit auch weniger PPK-Verpackungen verkauft haben. Gleichzeitig speist sich der heimische Markt auch durch PPK-Mengen aus dem Gewerbe und aus Importen, die sich ebenfalls deutlich reduziert haben. Beim Kunststoffrecycling hingegen spielt ein anderer Einfluss eine gewichtige Rolle: Durch die deutliche Reduzierung des Erdölpreises auf Grund der globalen wirtschaftlichen Entwicklung ist der Einsatz von Primärware für die Kunststoffherstellung günstiger als der Einsatz von Rezyklaten, was wiederum zu Verwerfungen beim Absatz führt.

Diese Beispiele zeigen exemplarisch, welche Wirkungen externe Einflüsse auf die Wertschöpfungsstufen der deutschen Kreislaufwirtschaft haben können. So hat sich deutlich gezeigt, inwieweit Teile der deutschen Wirtschaft bereits auf die Versorgung mit Sekundärrohstoffen angewiesen sind und welche Bedeutung die Wertschöpfungsstufen im Vorfeld haben. Hier gilt es mittlerweile für den Gesetzgeber, das Recycling von Abfällen wirtschaftlich weniger anfällig für unvorhersehbare Entwicklungen und auch die Entwicklung der Rohstoffpreise zu machen.

Wichtig für das Funktionieren der Kreislaufwirtschaft auch in Ausnahmesituationen ist in jedem Fall die übergreifende Forderung vieler Verbände, dass künftig in allen Bundesländern auch alle Bereiche der Kreislaufwirtschaft zur „systemrelevanten Infrastruktur“ zu zählen sind. Dies gilt dann nicht nur für die Sammlung und den Transport der Abfälle, sondern auch für die Behandlung sowie die stoffliche und energetische Verwertung.

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft haben während der Hochzeit der Pandemie ein hohes Maß an Flexibilität und Verantwortungsbewusstsein bewiesen und haben trotz immer neuer Probleme ihren Auftrag wie gewohnt erfüllt. Viele Bürgerinnen und Bürger haben diese Leistungen in schwierigen Zeiten anerkannt und dies häufig auch persönlich gegenüber den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Entsorgungsunternehmen vor Ort zum Ausdruck gebracht. Dies blieb auch Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier nicht verborgen, der den „sichtbaren und unsichtbaren Stützen der Gesellschaft“ seine Anerkennung in der Corona-Krise aussprach. „Ich danke allen, auf die es in dieser Krise besonders ankommt“, so Steinmeier und nannte exemplarisch auch die Mitarbeiter der Entsorgungswirtschaft, wobei er einen Kollegen der Berliner Stadtreinigung anrief und sich stellvertretend für dessen Kollegen bedankte.

### Video des Bundespräsidenten

[https://www.youtube.com/watch?v=qmmj6lSe3\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=qmmj6lSe3_8)



Abtrennungen im Fahrerhaus zum Mitarbeiterschutz, Quelle: bonnorange

# Die Branche der Frühaufsteher, Tonnenheber, Saubermacher, Verwerter, Verbrenner und Deponierer

Nur wenige Branchen in Deutschland leiden in solch einem Maße am Fachkräftemangel wie die Kreislaufwirtschaft. Trotz umfassend konzipierter Aus- und Weiterbildungsangebote in den unterschiedlichsten Fachdisziplinen krisensicherer Dienstleistungsunternehmen. Hinzu kommen freiwillige Zusatzleistungen, die bis in den Freizeit- oder Gesundheitsbereich gehen. Doch es müssen auch noch alte Vorurteile überwunden werden. Positiv hervorzuheben ist die Anerkennung als systemrelevante Beschäftigung seit 2020.



In den Betrieben mit den klassischen Dienstleistungsfeldern Abfallwirtschaft und Stadtreinigung gewinnt das Thema Fachkräftemangel zunehmend an Bedeutung. Daher beschäftigen sich bereits viele Betriebe mit Maßnahmen zur Gegensteuerung. Zwar sind regionale Unterschiede wahrzunehmen, jedoch sind insbesondere in den Bereichen Fahrerpersonal (Schwerlastkraftfahrzeuge mit Führerschein Klasse CI und C) sowie im Verwaltungs- und Ingenieurbereich erhebliche Anstrengungen notwendig, um in ausreichenden Maße Fachkräfte einstellen zu können. Der Fachausschuss Personal - Abteilung Abfallwirtschaft und Stadtsauberkeit des VKU e. V. hat diesbezüglich im Jahr 2018 die Mitgliedsunternehmen befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass fast 40 % der antwortenden Betriebe bereits Schwierigkeiten hatten, die vakanten Stellen zeitnah nachzubersetzen.

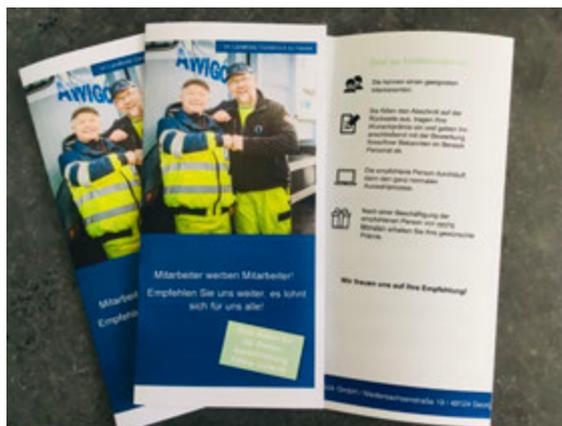
Als Hemmnisse werden insbesondere die Vergütungsmöglichkeiten und auch die möglicherweise vorhandene regionale Arbeitgeberkonkurrenz benannt.

Hinsichtlich der Ansprache möglicher Bewerberinnen und Bewerber wird eine Veränderung erwartet: Online-geschalteten Stellenausschreibungen über die eigene Homepage oder Stellenportale/Jobbörsen, Stellengesuche über soziale Medien sowie Kooperationen mit Schulen und Hochschulen, Trainee- und Praktikantenprogramme, Empfehlungsprogramme der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und gezielte Imagekampagnen werden zukünftig an Relevanz gewinnen. Auch Mitarbeiter-Empfehlungsprogramme, wie z. B. im Landkreis Osnabrück die Kampagne unter dem Motto „Mitarbeiter werben Mitarbeiter“, eröffnen neue Möglichkeiten in der Gewinnung von Beschäftigten.

Um insbesondere dem Fahrermangel zu begegnen, bewerben die Betriebe der Branche daher ganz gezielt die Gruppe der Berufskraftfahrer (wie beispielsweise das Unternehmen Remondis) mit einem separaten Internetauftritt ([www.remondis-fahrer.de](http://www.remondis-fahrer.de)), auf der alle wichtigen Informationen gebündelt dargestellt sind. Weitere Betriebe nutzen direkt Social-Media-Kanäle um für freie Fahrerstellen zu werben.



Quelle: REMONDIS



Quelle: AWIGO Abfallwirtschaft Landkreis Osnabrück GmbH

Um das Berufsbild auch für Frauen attraktiver zu machen gehen erste Betriebe in der Branche vergleichsweise unkonventionelle Wege. Hier ist zum Beispiel die Kampagne [www.megahappy.de](http://www.megahappy.de) der aha Region Hannover zu nennen. In Berlin werden angepasste, flexible Arbeitszeitmodelle getestet, die Alleinerziehenden und Teilzeitkräften die Vereinbarkeit von Beruf und Familie ermöglichen sollen.



Quelle: aha

Auch im Hinblick auf die Gewinnung von Auszubildenden werden vielerorts neue Wege gegangen. Die Betriebe der Branche präsentieren sich u. a. zunehmend auf Ausbildungsmessen und im Internet. In Wiesbaden wird beispielsweise eine Azubi-Kampagne mit Werbung auf den Abfallsammelfahrzeugen unterstützt. In Berlin gibt es zudem ein Speeddating mit den Azubis des Betriebes.

Neben der Mitarbeitergewinnung muss ein verstärktes Augenmerk auch auf den Angeboten der Mitarbeiterbindung liegen. Neben der Ausschöpfung der tariflichen Möglichkeiten bei der Vergütung sind Angebote z.B. zur betrieblichen Altersvorsorge, Weiter- und Fortbildungsangebote (z. B. auch zum Berufskraftfahrer), das betriebliche Gesundheitsmanagement und eine gezielte Nachfolgeplanung wichtige herauszustellende Merkmale.

**Müllhelden im Einsatz:**  
<https://www.zdf.de/dokumentation/zdf-reportage/muellhelden-im-einsatz-100.html>



In vielen Betrieben besteht mittlerweile ein breitgefächertes gesundheitsbezogenes Angebot. Dies reicht von der Übernahme von Beitragsanteilen für Fitness studios, über Gesundheitskurse im Betrieb, über Gesundheitstage inkl. personenspezifischer medizinischer Gesundheits-/Ernährungsberatung, über einen sogenannten Gesundheitspass (z. B. in Flensburg mit freiem Eintritt in das Schwimmbad, Ermäßigungen für Sauna und Spaßbad etc.), dem Angebot von Massagen, der kostenfreien Obstverteilung in der Kantine bis hin zur kostenlosen Bereitstellung von anonymen Beratungsleistungen zu allen Lebenslagen (Schulden, Drogen, Familie etc.).

#### Bedeutung von Work-Life-Balance-Instrumenten für die Unternehmensentwicklung (in %)

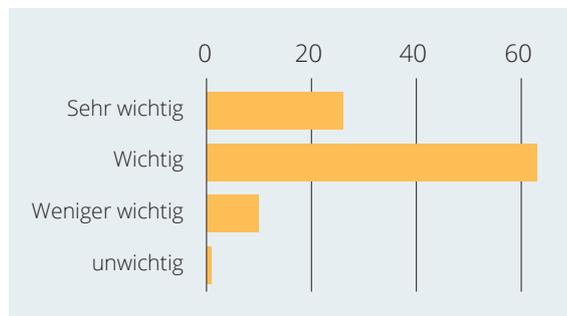


Abb. 86, Quelle: Prognos AG auf Basis „Work-life-balance in kommunalen Unternehmen“, VKU e.V. Februar 2017

Auch die Darstellung als familienfreundliches Unternehmen ist vielen potenziellen Arbeitnehmern in Zeiten von Work-Life-Balance ein wichtiges Gut. Dies verdeutlicht u. a. auch die Umfrage des VKU. Diese zeigt, dass die Unternehmen der Work-Life-Balance zukünftig eine hohe Bedeutung im Hinblick auf die Mitarbeitergewinnung und -bindung einräumen werden.

Hier bieten die Unternehmen der Branche ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine Vielzahl von Möglichkeiten. Diese reichen von der Vereinbarung von flexiblen Arbeitszeitmodellen über das Angebot von mobilen Arbeitsplätzen oder Homeoffice-Arbeitsplätzen für Verwaltungskräfte oder Mitarbeiter des Vertriebs bis hin zu flexiblen Wert- oder auch Lebensarbeitszeitkonten. Aber auch Aspekte zur besseren Vereinbarkeit von Familie und Beruf sowie der Pflege von Angehörigen gewinnen immer mehr an Gewicht.

Viele Betriebe der Branche achten zunehmend darauf, die Vorzüge der Unternehmen deutlicher herauszustellen und benennen diese konkret auf der Homepage (z. B. sicherer Arbeitsplatz, familienfreundliche Arbeitszeiteinteilung, Weiterbildungsmöglichkeiten, Jobticket etc.), wie zum Beispiel in Wiesbaden.





Tonnenstellen, Quelle: AWM Münster

In diesem Kontext legen immer mehr Betriebe der Branche ihr Augenmerk auch auf eine ganzheitliche Personalentwicklung. Wie beispielsweise der Umweltdienstleister Veolia, der, wie andere auch, großen Wert auf eine beständige Weiterbildung seiner Beschäftigten legt. Durch individuelle Programme, regelmäßige Feedback-Gespräche und standardisierte Personalentwicklungsprozesse werden die fachliche und persönliche Entwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterstützt. Neben Trainings und Weiterbildungen werden neue Impulse und Erfahrungen auch durch unternehmenseigene Einarbeitungsprogramme, Kurzpraktika in anderen Unternehmensbereichen oder Projektarbeiten gewonnen.

Auch das Thema Arbeitssicherheit stellt für viele Unternehmen im Sinne der Nachhaltigkeit ein wichtiges Augenmerk dar. Um bereits die Auszubildenden auf die neuen Herausforderungen im Beruf vorzubereiten, rief die Remondis-Unternehmenssicherheit erstmals die Sicherheitskampagne „Gemeinsam sicher!“ ins Leben. Im ersten Workshop unter dem Titel „digitale Sucht“ befassten sich die Teilnehmenden mit dem sensiblen Thema der exzessiven Handynutzung oder des Online-Gamings. Im zweiten Workshop zum Thema „Selbstorganisation“ ging es vor allem darum, die jobbedingte Belastung durch strukturelles Arbeiten möglichst fernzuhalten. Der dritte Workshop befasste sich mit dem Thema „Ergonomie“. [Quelle: Remondis Aktuell 3/2019]

### Was wir Ihnen bieten

Es ist charakteristisch für die ELW, dass immer wieder Angehörige unserer Beschäftigten ebenfalls bei uns beruflich einsteigen. Diese Art der Weiterempfehlung ist für uns ein großes Kompliment, denn sie bestätigt uns als einen der Top-Arbeitgeber Wiesbadens - aus guten Gründen:

-  **Einen sicheren Arbeitsplatz**  
Als Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Wiesbaden bieten wir Ihnen einen sicheren Arbeitsplatz in einem sozialen Umfeld.
-  **Familienfreundliche Arbeitseinteilung**  
Vereinbarkeit von Beruf und Familie ist uns bei den ELW sehr wichtig, daher bieten wir verschiedene Arbeitszeitmodelle an.
-  **Vielfältige Aufgaben**  
Das breite Tätigkeitspektrum der ELW bringt eine entsprechend umfangreiche Palette an Aufgaben mit sich. Das gibt Ihnen die Möglichkeit, berufliche Schwerpunkte nach persönlichen Vorlieben zu setzen.
-  **Weiterbildungsmöglichkeiten**  
Wir bieten zahlreiche Weiterbildungsmöglichkeiten. Denn der hohe Standard unserer Leistungen erfordert es, unsere Beschäftigten stets auf dem aktuellen Stand der Technik zu halten.
-  **Tarifliche Bezahlung**  
Als Eigenbetrieb der Landeshauptstadt Wiesbaden bieten wir Ihnen Gehalt und Leistungen nach dem Tarifvertrag für den Öffentlichen Dienst.
-  **Jobticket und andere Vorteile**  
Als Beschäftigte der ELW haben Sie Anspruch auf ein Jobticket sowie freien oder ermäßigten Eintritt in Wiesbadener Schwimmbäder oder Fitnessstudios.

Abb. 87, Quelle: <https://www.elw.de/jobs/stellenangebote>

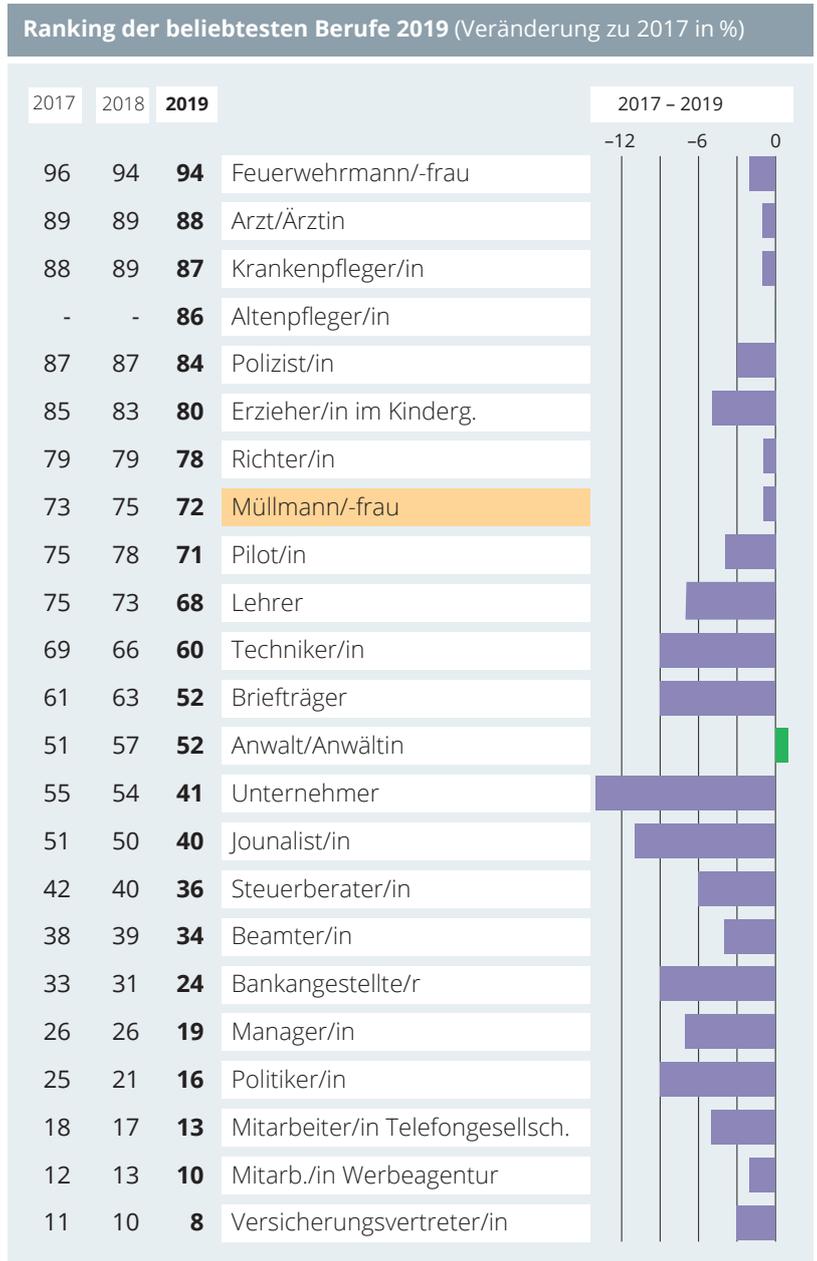


Abb. 88, Quelle: dbb beamtenbund und tarifunion

### Analyse der Beschäftigtenstruktur in der Kreislaufwirtschaft

Im Zeitraum zwischen den Jahren 2010 und 2016 hat sich die Gesamtzahl der Erwerbstätigen (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte [svB], geringfügig Beschäftigte [gfB] und Selbstständige [S]) um 1,3 % p. a. von 277.000 auf 310.000 erhöht. Mit rund 136.000 Erwerbstätigen arbeiten die meisten Beschäftigten im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“. Den größten Zuwachs an Erwerbstätigen verzeichnet aber das Marktsegment „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ mit 2,2 % p. a. Der Anteil der svB an den Erwerbstätigen der Kreislaufwirtschaft liegt bei insgesamt 89,4 % (+1,5 % p. a.), die gfB weisen einen Anteil von 7,3 % (-0,6 % p. a.) und Selbstständige einen Anteil von 3,3 % (-1,0 % p. a.) auf.

Die Kreislaufwirtschaft bietet derzeit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ohne beruflichen Ausbildungsabschluss mit einem Anteil von 13,43 % an den sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätigen höhere Chancen als im bundesweiten Durchschnitt von 12,3 %. Den höchsten Anteil hat hier das Marktsegment „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ mit rund 15 %. Bei den anerkannten Berufsabschlüssen liegt die Kreislaufwirtschaft mit rund 69 % ebenfalls über dem Bundesdurchschnitt von 61 %. Der Anteil der sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätigen mit akademischem Berufsabschluss liegt mit 9,5 % zwar noch deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 16,8 %, die jährliche Steigerungsrate von 5,4 % der Erwerbstätigen in diesem Berufsbild gibt aber deutliche Hinweise auf die zunehmende Technologisierung und Spezifizierung der Branche. Vor diesem Hintergrund erklärt sich auch der Rückgang bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ohne beruflichen Ausbildungsabschluss um 1,9 % p. a. seit 2010, hier insbesondere im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ (-2,7 %).

Die Betrachtung der Erwerbstätigen nach der Qualifikation der ausgeführten Tätigkeiten kommt zu einem ähnlichen Bild: Der Anteil der „Helfer“ an den sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft beträgt rund 21 % im Vergleich zu einem bundesweiten Anteil von fast 16 %. Der Anteil von „Fachkräften“ liegt mit 61 % leicht über dem Bundesdurchschnitt von 58 %, während der Anteil der „Spezialisten“ (10 %) und „Experten“ (8 %) unter den bundesweiten Werten von jeweils 13 % liegt. Der Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus weist eine Ingenieurquote von 17,1 % auf, 9,2 % davon sind Frauen (Ingenieurerhebung 2019). Der Altersdurchschnitt der Ingenieure in diesem Marktsegment ist vergleichsweise jung: 53 % der Ingenieure sind höchstens 45 Jahre alt. Die Ausbildungsquote (2018) im Maschinenbau liegt bei 6,1 %, 14,9 % der Auszubildenden sind Frauen.

### Entwicklung Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft (2010–2019)



Abb.89, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Vor dem Hintergrund des spezifischen und überwiegend auch körperlich belastenden Aufgabenspektrums weist die Kreislaufwirtschaft im Vergleich zum Bundesdurchschnitt der Erwerbstätigen deutliche Unterschiede auf: Der Anteil der Frauen an den sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätigen liegt mit 17,4 % erheblich niedriger als der bundesweite Anteil von 46 %, auch der Anteil von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Teilzeit ist mit 7,9 % gegenüber bundesweiten 29 % sehr gering. Der Anteil der Frauen an den sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft steigt mit 1,8 % p. a. kontinuierlich an und fast so stark wie die Gesamtentwicklung mit +2,1 % p. a. Im Marktsegment „Abfallsammlung und -transport“ liegt die Steigerung der Anzahl von Frauen mit 2,9 % p. a. sogar deutlich über der Gesamtentwicklung. Die Steigerungsrate für sozialversicherungspflichtig-beschäftigten Erwerbstätige in Teilzeit seit 2010 ist mit 5,9 % p. a. hoch und spiegelt die Flexibilität und Offenheit der Branche für moderne Arbeitszeitmodelle wider. Bedeutend ist auch die Integrationsleistung der Kreislaufwirtschaft: Der Anteil von Ausländern an den Erwerbstätigen steigt seit dem Bezugsjahr 2010 um 6,8 % p. a.

Die Analyse der Erwerbstätigen zeigt, dass die Kreislaufwirtschaft überdurchschnittlich viele Arbeitsplätze für gering qualifizierte Arbeitskräfte und für Arbeitskräfte mit anerkanntem Berufsabschluss bietet. Parallel zur Veränderung der Arbeitslandschaften in Deutschland und zu den zunehmenden Anforderungen an die Qualität der stofflichen und energetischen Verwertung sowie den damit verbundenen technologischen Vorleistungen findet auch eine starke Zunahme des Bedarfes an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit höher qualifiziertem bzw. akademischem Berufsabschluss statt. Vor diesem Hintergrund steigt in den letzten Jahren auch der Anteil an weiblichen Erwerbstätigen und der Teilzeitmodelle bei den Arbeitgebern der Kreislaufwirtschaft deutlich an.

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten und Bereichen (2010–2019)

Marktsegment Bereich	ohne berufl. Ausbildungsabschluss				mit anerkanntem Berufsabschluss				mit akademischem Berufsabschluss				Ausbildung unbekannt			
	2010	2019	Anteil (%)	p. a.	2010	2019	Anteil (%)	p. a.	2010	2019	Anteil (%)	p. a.	2010	2019	Anteil (%)	p. a.
<b>Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung</b>	<b>14.249</b>	<b>12.550</b>	<b>14,9</b>	<b>-1,4</b>	<b>38.257</b>	<b>59.074</b>	<b>69,9</b>	<b>4,9</b>	<b>3.034</b>	<b>5.449</b>	<b>6,4</b>	<b>6,7</b>	<b>12.681</b>	<b>7.435</b>	<b>8,8</b>	<b>-5,8</b>
Abfallsammlung und -transport	9.445	8.800	14,5	-0,8	25.626	42.175	69,6	5,7	1.934	3.713	6,1	7,5	9.835	5.929	9,8	-5,5
Straßenreinigung	4.803	3.751	15,7	-2,7	12.632	16.899	70,7	3,3	1.100	1.736	7,3	5,2	2.846	1.506	6,3	-6,8
<b>Abfallbehandlung und -verwertung</b>	<b>21.085</b>	<b>17.686</b>	<b>14,4</b>	<b>-1,9</b>	<b>62.468</b>	<b>85.419</b>	<b>69,4</b>	<b>3,5</b>	<b>5.717</b>	<b>8.785</b>	<b>7,1</b>	<b>4,9</b>	<b>20.411</b>	<b>11.164</b>	<b>9,1</b>	<b>-6,5</b>
Stoffliche Verwertung	14.925	12.730	13,9	-1,8	46.257	63.078	69,0	3,5	4.303	6.485	7,1	4,7	16.761	9.173	10,0	-6,5
Energetische Verwertung	3.481	2.791	15,7	-2,4	9.166	12.590	70,7	3,6	801	1.299	7,3	5,5	2.063	1.122	6,3	-6,5
Abfallbeseitigung	2.679	2.164	15,7	-2,3	7.045	9.751	70,7	3,7	614	1.002	7,3	5,6	1.587	869	6,3	-6,5
<b>Technik für die Abfallwirtschaft</b>	<b>6.456</b>	<b>5.024</b>	<b>9,3</b>	<b>-2,7</b>	<b>31.516</b>	<b>35.899</b>	<b>66,2</b>	<b>1,5</b>	<b>7.055</b>	<b>10.800</b>	<b>19,9</b>	<b>4,8</b>	<b>3.928</b>	<b>2.483</b>	<b>4,6</b>	<b>-5,0</b>
Fahrzeugtechnik	533	461	8,0	-1,6	3.679	3.678	63,7	0,0	860	1.310	22,7	4,8	380	322	5,6	-1,8
Sammel- und Transportbehälter	1.259	967	15,1	-2,9	3.449	4.434	69,2	2,8	325	599	9,4	7,0	589	404	6,3	-4,1
Anlagentechnik	4.371	3.301	8,7	-3,1	23.077	25.912	68,0	1,3	4.960	7.311	19,2	4,4	2.557	1.556	4,1	-5,4
Sonstiges (F&E, Untersuchungen, Abdeckungen)	292	295	7,5	0,1	1.312	1.875	47,5	4,1	910	1.580	40,0	6,3	403	201	5,1	-7,4
<b>Großhandel mit Altmaterialien</b>	<b>1.885</b>	<b>1.526</b>	<b>9,8</b>	<b>-2,3</b>	<b>10.271</b>	<b>11.703</b>	<b>74,8</b>	<b>1,5</b>	<b>666</b>	<b>1.332</b>	<b>8,5</b>	<b>8,0</b>	<b>2.357</b>	<b>1.084</b>	<b>6,9</b>	<b>-8,3</b>
<b>Kreislaufwirtschaft gesamt</b>	<b>43.675</b>	<b>36.786</b>	<b>13,3</b>	<b>-1,9</b>	<b>142.513</b>	<b>192.095</b>	<b>69,2</b>	<b>3,4</b>	<b>16.473</b>	<b>26.367</b>	<b>9,5</b>	<b>5,4</b>	<b>39.377</b>	<b>22.166</b>	<b>8,0</b>	<b>-6,2</b>

Abb.90, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft (in %)

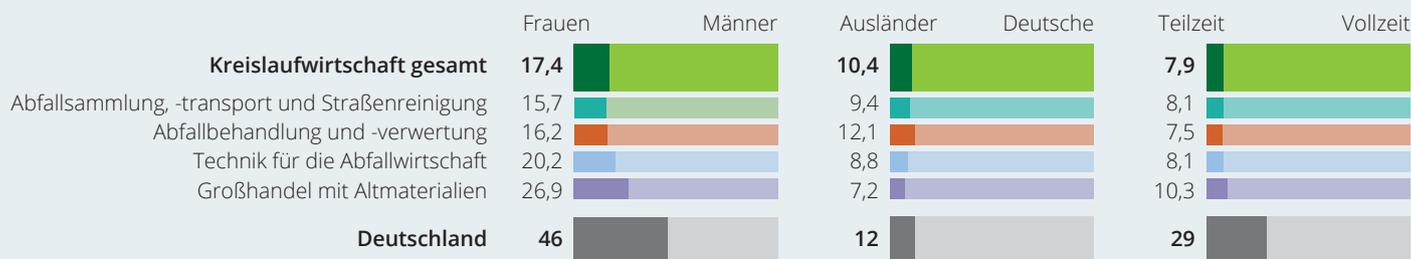


Abb.91, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit



# Zukunftsaufgaben der Kreislaufwirtschaft

## Ressourcen

Natürliche Ressourcen sind die Grundlage für die Herstellung von Produkten, für die Erzeugung von Energie und die Erbringung von Dienstleistungen. Viele natürliche Ressourcen stehen nur begrenzt zur Verfügung, deshalb ist ihr Schutz, auch für zukünftige Generationen, von besonderer Bedeutung. Die derzeitigen Rohstoffpreise spiegeln nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten und die Umweltbelastungen bei der Gewinnung wider, damit fehlen weitere, wichtige Anreize zur Schonung von Primärressourcen. Das gemeinsame Ziel muss darin bestehen, den Ressourcenverbrauch deutlich zu verringern und vom Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Dazu wird die zunehmende Kreislaufführung von Ressourcen einen wichtigen und nachhaltigen Beitrag leisten. Daher wird die Kreislaufwirtschaft in der im Dezember 2019 veröffentlichten Rohstoffstrategie der Bundesregierung neben dem Einsatz heimischer Primärrohstoffe und dem Import von Rohstoffen auch als „zunehmend wichtigere Säule einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft für eine stabile Versorgung der deutschen Wirtschaft“ eingeordnet.

## Circular Economy

Das Recycling von Abfällen ist einer der zentralen Bestandteile der Circular Economy, einem international verfolgten Ansatz, der darauf abzielt, über veränderte Konsum- und Gebrauchsgewohnheiten, eine nachhaltige Produktionsweise von Gütern und die Kreislaufführung von Ressourcen das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Wichtige Voraussetzung dafür ist das intelligente Design von Produkten, um die Reparatur- und spätere Recyclingfähigkeit zu gewährleisten. Das Recycling hat jedoch auch technische, ökologische und wirtschaftliche Grenzen, die es zu beachten gilt: Eine 100%ige Verwertung von getrennt erfassten Wertstoffen ist für viele Materialien weder möglich noch wirtschaftlich sinnvoll. Schadstoffe gilt es zudem auszuschleusen und zu verhindern, dass diese im Kreislauf mitgeführt werden. Ohne ein hochwertiges Recycling können die Ziele der Circular Economy nicht erreicht werden. Dafür muss sichergestellt werden, dass der steigenden Menge an Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt gegenübersteht.

## Klimaschutz

Nach der nationalen Treibhausgasinventur sind die Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft seit 1990 von 38 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq um 75 % auf nur noch knapp 10 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2018 gesunken. Wesentliche Ursache dafür war die Schließung von Deponien für die Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle im Jahr 2005. Darüber hinaus tragen viele weitere abfallwirtschaftliche Maßnahmen zum Klimaschutz bei: Weitere 50 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq werden jährlich allein durch das Recycling und den Einsatz von Sekundärrohstoffen vermieden. In Bezug auf den Klimaschutz ist jeder Sekundärrohstoff grundsätzlich einem Primärrohstoff überlegen, da er mit weniger Energieaufwand hergestellt wird. Durch die Steigerung der Energieeffizienz, die Substitution von Primärenergieträgern sowie die Nutzung von Sonne und Wind auf abfallwirtschaftlich geprägten Flächen werden neben der Auskopplung von Strom-, Fern- und Prozesswärme in den energetischen Abfallbehandlungsanlagen von der Kreislaufwirtschaft nicht nur wichtige Beiträge zur Energiewende geleistet, sondern auch zur weiteren Verringerung von Treibhausgasemissionen. Viele Investitionen in die technische und organisatorische Optimierung der Kreislaufwirtschaft führen gleichzeitig auch zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

# Begrenzte Ressourcen erfordern vorausschauendes Handeln.

Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch gehört zu den wichtigsten Zielen einer nachhaltigen Entwicklung. In diesem Jahr fiel der „Erdüberlastungstag“, also der Tag, an dem die Weltbevölkerung so viele Ressourcen beansprucht hat, wie die Ökosysteme erneuern können, auf den 22. August. Der Erfolg aller Strategien zur Schonung der Ressourcen wird schlussendlich einerseits von der Reduzierung des Primärressourcenverbrauches und andererseits von der Qualität der Erfassung, des Recyclings und der tatsächlichen Nachfrage nach Recyclingprodukten durch Unternehmen, Behörden und private Haushalte abhängig sein, und das bedeutet schon seit vielen Jahren: Global denken – lokal handeln.





Containerstandort im Hafen, Quelle: shutterstock

#### 4.1.1 Schonung der Ressourcen – Verantwortung für künftige Generationen

Wir leben in einer planetar begrenzten Welt der Ressourcenverfügbarkeit. Das Konzept der „planetaren Grenzen“ ist von Johan Rockström entwickelt worden, der dafür mit dem Deutschen Umweltpreis ausgezeichnet worden ist. Die Erde ist eine Kugel, so dass Inhalt, Fläche, Atmosphäre sowie Quellen und Senken von Ressourcen zwangsläufig begrenzt sind. Die Weltbevölkerung und das weltweite Bruttosozialprodukt wachsen unverändert, gleichermaßen wachsen auch der Gebrauch mineralischer, metallischer und organischer Ressourcen, der Verbrauch fossiler Energieträger und der Ausstoß von Treibhausgasen. Als resultierende Größe dieser Entwicklungen steigt seit vielen Jahren zwangsläufig auch die Erderwärmung.

Planetare Grenzen setzen dem Leben auf der Erde und seiner Entwicklung jedoch absolute und nicht verhandelbare Grenzen, die beim Klimawandel, der Biodiversität, der Landnutzung und den biogeochemischen Kreisläufen bereits überschritten wurden und nur in sehr langen Zeiträumen, wenn überhaupt, reversibel sind.

Natürliche Ressourcen sind die Grundlage für die Herstellung von Produkten und für die Erzeugung von Energie, welche ebenfalls für die Herstellung von

Produkten benötigt wird. Die Nutzung ist mit vielfältigen Umweltwirkungen verbunden. Natürliche Ressourcen stehen nur begrenzt zur Verfügung, deshalb ist ihr Schutz, auch für zukünftige Generationen, von existenzieller Bedeutung. Die Steigerung der Ressourceneffizienz reduziert die Umweltbelastungen, wird die Wettbewerbsfähigkeit innovativer Wirtschaftsbranchen stärken und damit auch neue und zukunftsfeste Arbeitsplätze schaffen.

Bislang kompensiert der sogenannte „Rebound-Effekt“ sehr viele der erzielten Effizienzfortschritte. In vielen Bereichen der Industriegesellschaft sind große Effizienzfortschritte zu verzeichnen gewesen. Viele dieser Fortschritte führen zu einem geringeren Energie- und Rohstoffverbrauch je Produkteinheit. Eine höhere Stückzahl führt in der Summe jedoch wieder zu Mehrverbrauch und damit zum Rebound-Effekt. Da die derzeitigen Rohstoffpreise (noch) nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten widerspiegeln, fehlt häufig der notwendige Anreiz zur Einsparung von Ressourcen.<sup>1</sup>

Es stellt sich also die Frage, wie viel materielles Wachstum es in einer materiell begrenzten Welt tatsächlich geben kann. Das gemeinsame Ziel globaler und lokaler Aktivitäten wird demnach darin bestehen müssen, den Ressourcenverbrauch nachhaltig vom Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Dazu kann und wird die Kreislaufwirtschaft einen wichtigen Beitrag leisten.

<sup>1</sup> Vgl. dazu: Faustich, M.: Wege zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft. In: Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Übergang in eine Green Economy: Systemische Hemmnisse und praktische Lösungsansätze. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 02/2017, ISSN 1865-0538, Dessau-Roßlau 2017, S. 103-114.

2 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_15\\_6203](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_15_6203)



3 [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_2&format=PDF)



4 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>



5 [https://ec.europa.eu/germany/news/20200310-neue-industriestrategie\\_de#:~:text=Die%20EU-Kommission%20hat%20heute%20%28Dienstag%29%20eine%20neue%20Strategie,der%20Motor%20f%C3%BCr%20Wachstum%20und%20Wohlstand%20in%20Europa.](https://ec.europa.eu/germany/news/20200310-neue-industriestrategie_de#:~:text=Die%20EU-Kommission%20hat%20heute%20%28Dienstag%29%20eine%20neue%20Strategie,der%20Motor%20f%C3%BCr%20Wachstum%20und%20Wohlstand%20in%20Europa.)



6 Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Widerstandsfähigkeit der EU bei kritischen Rohstoffen: Einen Pfad hin zu größerer Sicherheit und Nachhaltigkeit abstecken, Brüssel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=E>.



### 4.1.2 Europäische Initiativen und Aktivitäten zur Kreislaufführung von Rohstoffen

Im Rahmen des 2015 von der Kommission veröffentlichten Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft<sup>2</sup> wurde ein Schwerpunkt auf die Ressource Kunststoff und deren Folgen für die Umwelt gelegt. Mit der im Aktionsplan vorgesehenen Europäischen Kunststoffstrategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft<sup>3</sup> wurden erstmals alle Akteure und Probleme entlang der Kunststoffwertschöpfungskette adressiert. Eine zentrale Maßnahme stellt die „Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt“ (EU 2019/904) dar, auf die in Kapitel 5 näher eingegangen wird.

Mit dem im Dezember 2019 von der Europäischen Kommission veröffentlichten Green Deal<sup>4</sup> wurden verschiedene Initiativen und Maßnahmen zur Förderung des effizienten Umgangs mit Ressourcen vorgestellt, die durch einen Übergang zu einer kreislauforientierten Wirtschaft erreicht werden sollen. Von den im Rahmen des Green Deal von der Kommission vorgeschlagenen Maßnahmen und Strategien sind aus der Ressourcen-Perspektive die folgenden von zentraler Bedeutung:

- ▶ Die neue Industriestrategie<sup>5</sup>, die den sogenannten Aktionsplan kritische Rohstoffe<sup>6</sup> (September 2020) enthält. Dieser beinhaltet Maßnahmen zur Reduktion der Abhängigkeit von kritischen Primärrohstoffen durch kreislauforientierte Ressourcennutzung. Dafür soll das Potenzial des Ressourcenabbaus innerhalb Europas untersucht sowie Potenziale kritischer Sekundärrohstoffe aus Abfällen analysiert werden. Bis 2022 sollen dann konkrete Verwertungsprojekte abgeleitet werden.

- ▶ Der neue Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft<sup>7</sup> sieht im Zentrum einer nachhaltigen Produktpolitik, die Maßnahmen für ein nachhaltiges Design von ressourcenintensiven Produkten wie Elektronikgeräten, Textilien oder Batterien vorsieht. Neben der Verankerung von Nachhaltigkeitskriterien wie Langlebigkeit, Reparatur- oder Recyclingfähigkeit setzt die Strategie auch auf die Stärkung der Verbraucherrechte sowie auf das Kreislaufprinzip in Produktionsprozessen aller Sektoren. Die im Bereich Abfall geplanten Maßnahmen dienen u. a. dem Ziel, die Menge nicht-recycelter Siedlungsabfälle bis 2030 zu halbieren. Das europäische Abfallrecht soll ausgebaut, besser umgesetzt und u. a. auf Abfallvermeidung, Erhöhung der Rezyklatanteile und die Förderung von sicherem und sauberem Recycling hin überprüft werden.

### 4.1.3 Nationale Initiativen und Aktivitäten – das Ressourceneffizienzprogramm

Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) soll dazu beitragen, die Ziele der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und die Kreislaufwirtschaft auszubauen.<sup>8</sup> ProgRes wurde im Jahr 2012 von der Bundesregierung beschlossen. Im Jahr 2016 erfolgte die erstmalige Fortschreibung des Programmes mit ProgRes II und am 17. Juni 2020 wurde vom Bundeskabinett ProgRes III verabschiedet.

Das Ressourceneffizienzprogramm basiert auf vier Leitideen:

1. Ökologische Notwendigkeiten müssen mit ökonomischen Chancen, Innovationsorientierung und sozialer Verantwortung in Verbindung gebracht werden.



Schäden an Boden, Wasser und Luft, Quelle: unsplash

2. Die globale Verantwortung ist als zentrale Orientierung der nationalen Ressourcenpolitik anzusehen.
3. Die Abhängigkeit der Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland vom Primärrohstoffverbrauch ist schrittweise zu verringern, die Kreislaufwirtschaft ist weiterzuentwickeln und auszubauen.
4. Die nachhaltige Ressourcennutzung ist durch eine gesellschaftliche Orientierung an einem qualitativen Wachstum langfristig zu sichern.

Die Bundesregierung hat mit ProgRes beschlossen, alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm unter Berücksichtigung aktueller umweltpolitischer Herausforderungen fortzuentwickeln. Im Rahmen von ProgRes III sind vier Neuerungen aufgenommen worden:

- ▶ Zur Erreichung der Klimaschutzziele wird der Beitrag der Ressourceneffizienz betont.
- ▶ Potenziale und Risiken der Digitalisierung für die Ressourceneffizienz werden betrachtet.
- ▶ Das Thema "Mobilität" wird unter Ressourceneffizienzaspekten betrachtet.
- ▶ Es erfolgt die Kennzeichnung prioritärer Maßnahmen.<sup>9</sup>

Neben u. a. der verantwortungsvollen Rohstoffversorgung, der ressourcenschonenden Produktgestaltung und ressourceneffizienten Produktion kommt der Kreislaufwirtschaft eine bedeutende Funktion innerhalb des Ressourceneffizienzprogrammes zu. Zu den Kernthemen für die Kreislaufwirtschaft gehören bei ProgRes III die folgenden:

- ▶ Abfallvermeidung
- ▶ Wiederverwendung und Vorbereitung zur Wiederverwendung
- ▶ Verwertung von Abfällen
- ▶ Nachhaltiges Management des anthropogenen Lagers.

Mit dem Bericht „Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm III 2020 – 2023 Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen“ liegt mittlerweile der zweite Fortschrittsbericht vor.<sup>10</sup>

#### 4.1.4 Nationale und internationale Kompetenzen für den Ressourcenschutz

Die Akteure und Unternehmen der Kreislaufwirtschaft werden die Schonung der natürlichen Ressourcen unterstützen und aktiv die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen dafür weiter verbessern. Zur Umsetzung der verschiedenen Ansätze und Strategien des Ressourcenschutzes bedarf es allerdings der Zusammenarbeit einer Vielzahl von weiteren Akteuren, auch über die Kreislaufwirtschaft hinaus. Zu den wichtigen nationalen und internationalen Kompetenzträgern und Multiplikatoren im Bereich des Ressourcenschutzes zählen unter anderem:

##### ▶ VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE)<sup>11</sup>

Das VDI ZRE ist das nationale Kompetenzzentrum zur Ressourceneffizienz und wird maßgeblich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert. Es entwickelt Instrumente und Arbeitsmittel, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen in allen industriellen Branchen beim Erkennen und Umsetzen ihrer Ressourceneffizienzpotenziale unterstützen. Dazu zählen Ressourcenchecks, Kostenrechner, Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen, Branchenstudien, Filme sowie VDI-Richtlinien.

##### ▶ Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU)<sup>12</sup>

Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU) berät das Umweltbundesamt mit konkreten Vorschlägen zur Weiterentwicklung der Ressourcenpolitik und dem Ziel, dem Ressourcenschutz in Deutschland und Europa mehr Gewicht zu verschaffen. Themenschwerpunkte von 2016 bis 2019 waren Digitalisierung, Nachhaltigkeitsziele, Kommunikationskonzepte zur Circular Economy und zu Konsum- und Produktionsmodellen sowie die Substitutionsquote. Im Jahr 2019 veröffentlichte das KRU dazu u. a. das Positionspapier „Substitutionsquote: Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft“.<sup>13</sup>

##### ▶ German RETech Partnership (RETech)<sup>14</sup>

RETech ist das Netzwerk deutscher Unternehmen und Institutionen der Entsorgungs- und Recyclingbranche für den Export von innovativen Technologien und den internationalen Know-how-Transfer. Die Vereinigung möchte den Marktanteil von Konzepten, Dienstleistungen und Technologien aus Deutschland und die Standards der Kreislaufwirtschaft international erhöhen und weiterentwickeln. RETech wirkt in Arbeitskreisen zu verschiedenen Regionen in aller Welt mit und veröffentlicht die Erkenntnisse als Länderprofile und auf Konferenzen.

7 [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF)



8 9 <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm/>



10 [www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Ressourceneffizienz/proggress\\_iii\\_programm\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/proggress_iii_programm_bf.pdf)



11 [www.ressource-deutschland.de](http://www.ressource-deutschland.de)



12 [www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru](http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru)



13 [www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru](http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru)



14 [www.retech-germany.net](http://www.retech-germany.net)



► **Circular Economy Coalition for Europe (CEC4Europe)<sup>15</sup>**

CEC4Europe ist ein europäisches Netzwerk von Wissenschaftlern aus den Bereichen Ressourcenmanagement und Kreislaufwirtschaft. Es arbeitet mit führenden Unternehmen zusammen, um Entscheidungsträgern und Öffentlichkeit faktenbasierte Informationen zur Verfügung zu stellen.

<sup>15</sup> [www.cec4europe.eu](http://www.cec4europe.eu)



<sup>16</sup> <https://vito.be/en/news/ecera-europe-an-circular-economy-research-alliance>



<sup>17</sup> <https://pacecircular.org/>



<sup>18</sup> [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/europe-an-raw-materials-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/europe-an-raw-materials-alliance_en)



► **ECERA – European Circular Economy Research Alliance**

Gegründet wurde ECERA im Januar 2018 von führenden europäischen Forschungs- und Technologieorganisationen mit Schlüsselkompetenz in der Circular Economy. Es ist ein freiwilliges Kooperationsnetzwerk mit dem Ziel, das bestehende Fachwissen im Bereich Circular Economy zu bündeln und eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen, die beim Aufbau einer europäischen Circular-Economy-Strategie unterstützt.<sup>16</sup>

► **PACE – Platform for Accelerating the Circular Economy**

Gegründet wurde PACE während des Jahrestreffens des Weltwirtschaftsforums 2018 und stellt eine weltweite Plattform für Unternehmen und Organisationen dar, die den Übergang hin zur Kreislaufwirtschaft beschleunigen wollen. Ziel ist das Testen von Best-Practice-Beispielen und deren schnelle Umsetzung. Es werden aktuell 18 Projekte aus den vier Schwerpunkten Elektronik & Investitionsgüter, Kunststoffe, Lebensmittel & Landwirtschaft sowie Textilien & Mode umgesetzt. Zudem arbeitet PACE an übergreifenden Geschäftsmodellen, Innovationen und regionalen Netzwerken.<sup>17</sup>

► **European Raw Materials Alliance<sup>18</sup>**

Die European Raw Materials Alliance wurde Ende September 2020 im Rahmen der neuen Industriestrategie gegründet. Sie adressiert industrielle Akteure entlang der Wertschöpfungskette - EU-Mitgliedstaaten, Regionen, Forschungsinstitute, Investoren, Nichtregierungsorganisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft. Die Allianz verfolgt das Ziel, den Zugang zu nachhaltigen Ressourcen zu sichern. Bis 2030 soll die Produktion von Rohstoffen sowie deren Zirkularität verbessert werden.

#### 4.1.5 Die Bedeutung „kritischer“ Rohstoffe

Als nachhaltige Industriegesellschaft setzen wir mittlerweile alle technisch einsetzbaren Elemente des Periodensystems bis hin zu den Seltenen Erden ein, so z. B. in elektronischen und optischen Geräten, Sensoren und Brennstoffzellen. Auch in modernen Hybrid-Kraftfahrzeugen sind mindestens acht Elemente aus der Gruppe der sogenannten Seltenen Erden, wie Neodym oder Cerium enthalten.

Der Bedarf steigt weltweit und das nicht nur in den Industrie-, sondern auch Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien. Die ohnehin angespannte Verfügbarkeit spitzt sich durch den protektionistischen Umgang mit den kritischen Rohstoffen noch zu, da oft nur wenige Länder entsprechende Vorkommen besitzen. Auf europäischer Ebene wurde mit der im November 2008 veröffentlichten „Rohstoffinitiative“ erstmals die Problematik der Rohstoffabhängigkeit in einen länderübergreifenden europäischen Kontext gestellt. Ein zentraler Punkt ist dabei die Senkung des Primärrohstoffverbrauches durch eine Erhöhung der Nutzungseffizienz von Ressourcen sowie der Rohstoffrecyclingquoten, um den Bedarf auch zukünftig decken zu können.

Der mögliche Beitrag der Kreislaufwirtschaft ist vielfach noch außerhalb der öffentlichen Wahrnehmung. Zukunftstechnologien führen nicht nur zu einem enormen Bedarf an z. T. kritischen Rohstoffen, die Produkte bilden – einmal am Ende des Produktlebenszyklus angekommen – auch ein wertvolles, aber bisher noch häufig ungenutztes Potenzial an Sekundärrohstoffen. Während die Recyclingraten bei einigen klassischen Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium weltweit bereits über 50 % liegen, besteht für sogenannte „High-Tech-Metalle“ und die „Seltenen Erden“ noch ein deutlicher Nachholbedarf. So beträgt der Recyclinganteil bei den wirtschaftsstrategischen Elementen wie Tantal, Indium und Neodym noch unter einem Prozent.

Damit die Kreislaufwirtschaft ihrer künftigen Rolle als „umfassender“ Rohstofflieferant gerecht werden kann, bedarf es weiterer innovativer Verfahren von Erfassungs- und Aufbereitungssystemen, die eine Rückgewinnung auch kleinster Mengen an kritischen Rohstoffen ermöglichen. Ein deutlich stärkeres Augenmerk ist im Rahmen des Ökodesigns nicht nur auf den sparsamen Einsatz und Verbrauch sowie die mögliche Substitution von wertvollen Rohstoffen zu legen, sondern auch auf die Recyclingfähigkeit der Produkte am Ende des Lebenszyklus.

Restverfügbarkeit und Versorgungslage kritischer Rohstoffe (Stand 2019)



Abb.92, Quelle: REMONDIS

Recyclingrate und Substituierbarkeit von kritischen Rohstoffen (Stand 2013)

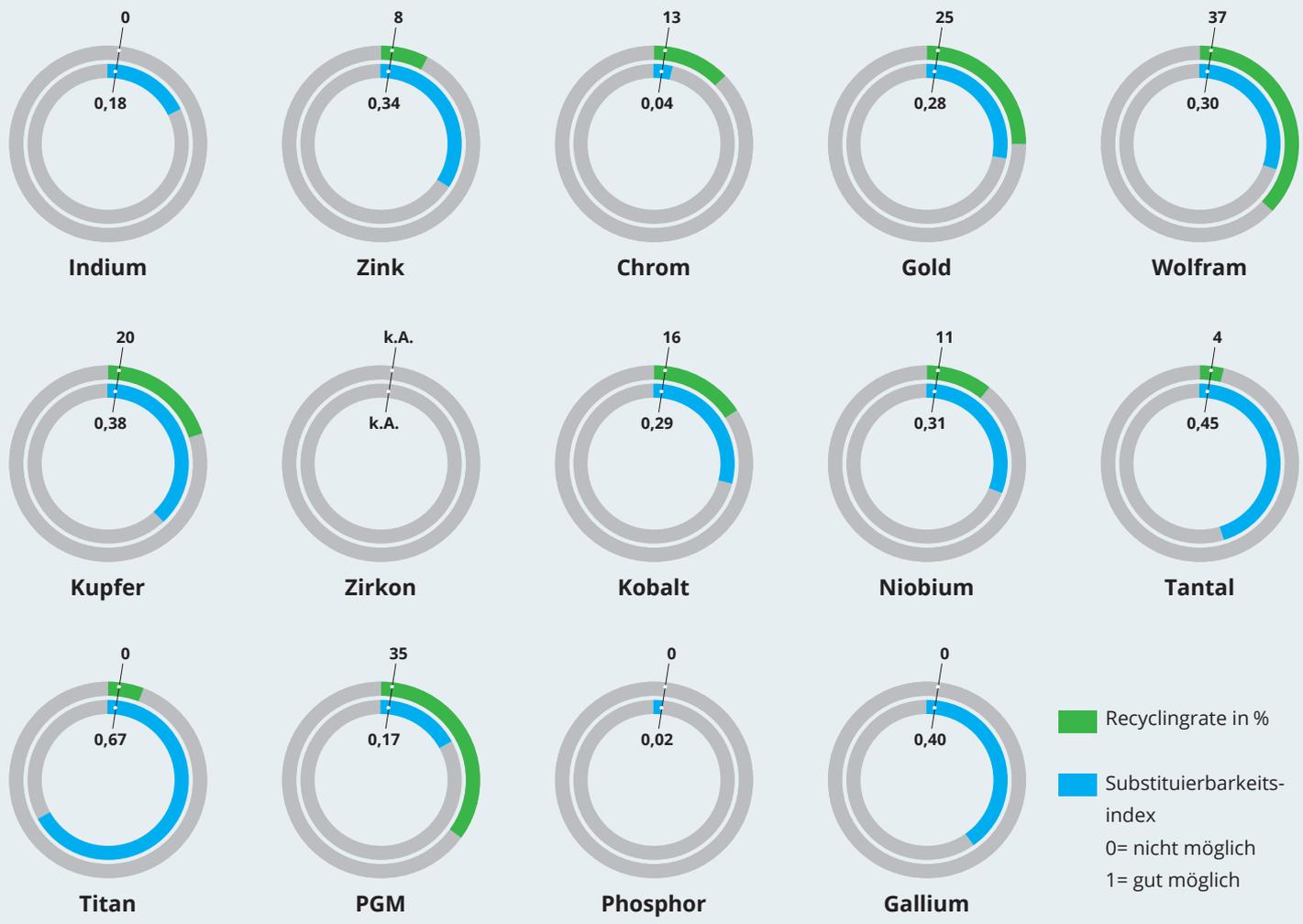


Abb.93, Quelle: REMONDIS

# Circular Economy: Vision einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft

Das Recycling von Abfällen ist ein zunehmend wichtiger Teil der Kreislaufwirtschaft. Die Zukunft der Kreislaufwirtschaft aber liegt in der Einbindung in eine weitaus umfassendere Vision der Ressourcenschonung, der Schließung von Produktkreisläufen und eines nachhaltigen Verbraucherverhaltens. Damit das Gesamtsystem optimiert werden kann, muss der Fokus auf die Produktkreisläufe gerichtet werden. Design for Recycling, Reparaturfähigkeit, Wiederverwendung, Leasing und Sharing Economy benötigen auch eine Veränderung der gesellschaftlichen Wertvorstellungen, so wie sie sich auch in den Zielvorstellungen der Circular Economy widerspiegeln.



### 4.2.1 Steigender Stellenwert des Recyclings

Das Recycling von Abfällen hat in Deutschland vor dem Hintergrund der abfallwirtschaftlichen Zielhierarchie aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der immer größer werdenden Nachfrage nach Sekundärrohstoffen auf den nationalen und internationalen Märkten bereits einen hohen Stellenwert erlangt. Dies zeigen auch die Analysen für das Exportvolumen verschiedener Ströme an Sekundärrohstoffen im Kapitel Außenwirtschaft. Die noch vorhandenen Potenziale für zusätzliches Recycling in Deutschland müssen in den nächsten Jahren weiter ausgeschöpft werden.

### 4.2.2 Abfallvermeidung und Recycling als Schwerpunkt neuer Produktionsweisen

Es sind eine Reihe von Studien und Veröffentlichungen erschienen, die sich mit den Inhalten und einer veränderten Wirtschaftsweise bzw. Güterproduktion sowie ihren Wirkungen auf die Ökonomie, die Ökologie, die Lebensräume und den Menschen beschäftigen. Im Hinblick auf die positiven Wirkungen der sogenannten „Circular Economy“ wird dabei häufig die Studie der Ellen MacArthur Foundation zu Grunde gelegt. Diese kommt zu dem folgenden Ergebnis: „Ein ökonomischer Wandel hin zum Wirtschaftsmodell der „Circular Economy“ würde Europa unter Ausnutzung neuer Technologien wirtschaftliche Vorteile in Höhe von etwa 1,8 Billionen Euro bis zum Jahr 2030 bescheren – rund 900 Milliarden Euro mehr als unter Beibehaltung des „linearen“ Entwicklungspfadens.“<sup>19</sup> In der EU wird davon ausgegangen, dass der am 11. Dezember 2019 beschlossene europäische „Green Deal“ neben einer Erhöhung des Bruttoinlandsproduktes bis 2030 zur Schaffung von ca. 700.000 neuen Arbeitsplätzen beitragen wird.<sup>20</sup>

#### Grundzüge der Circular Economy

Die Circular Economy orientiert sich an dem weitgehenden Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, keine Rohstoff-, Nährstoff- und Wertverluste zuzulassen. Ein vereinfachtes bzw. „idealtypisches“ Modell der Circular Economy in Bezug auf die Kreislaufwirtschaft besteht aus den folgenden Wertschöpfungsstufen:

Zu Beginn des Produkt- bzw. Rohstoffkreislaufes steht ein nachhaltiges Produktdesign (Design for Recycling). Das heißt: Produkte werden ganz oder überwiegend aus Sekundärrohstoffen hergestellt, enthalten keine Schadstoffe und können nach Gebrauch problemlos recycelt werden. So sind beispielsweise Verpackungen, die nur aus einem Material bestehen, besser zu recyceln als jene, die aus verschiedenen Komponenten bestehen.

- ▶ Die Herstellung von Produkten erfolgt abfallarm bzw. abfallfrei. Produktionsausschuss und Fehlproduktionen werden direkt wieder dem Recy-

cling bzw. der Grundstoffproduktion zugeführt. Neue Technologien kommen zum Einsatz, beispielsweise 3-D-Drucker. Über Rücknahmesysteme und Leasingkonzepte bleiben die Hersteller im Besitz ihrer Produkte bzw. der darin enthaltenen Rohstoffe.

- ▶ Produkte werden im Wesentlichen mit Sekundärrohstoffen hergestellt. Sie sind langlebig, reparaturfähig, modular und bestenfalls können Teile wiederverwendet werden. Ein namhafter Gerätehersteller ist aktuell dabei, in Spanien und Belgien ein Rücknahmesystem für Haushaltsgeräte aufzubauen, in dem ausgetauschte Geräte von den Händlern zurückgeholt und anschließend zentral auf ihre Reparaturfähigkeit geprüft werden. Die instandgesetzten Geräte werden anschließend in Sozialkaufhäusern verkauft.
- ▶ Konsumenten müssen umdenken. Das beginnt bei der Akzeptanz von Produkten aus Sekundärrohstoffen (cremeweiß statt reinweiß) und endet bei Verpackungen, die auf ihre Grundfunktionen reduziert und, wo möglich, im Mehrwegverfahren eingesetzt werden.
- ▶ Teilen und mieten statt besitzen. Menschen verzichten zugunsten gemeinschaftlicher Anschaffungen auf privates Eigentum. Ausleihsysteme für Baugeräte und Werkzeuge werden zunehmend beliebter. Gemietete oder geleaste Maschinen und Geräte halten länger, da die Vermieter ein großes Interesse an wenigen Reparaturen und einem geringen Wartungsaufwand haben. Mit der Sharing Economy entsteht eine völlig neue Wirtschaftsbranche mit einer Vielzahl von Arbeitsplätzen. Mithilfe des Internets wird so Mobilität organisiert, werden Waren getauscht, Lebensmittel vor dem Verfall gerettet oder für getragene Kleidung neue Besitzer gefunden.
- ▶ Am Ende des Lebenszyklus werden die Produkte einer Entsorgungsinfrastruktur zugeführt, die durch eine getrennte Erfassung mit anschließender Sortierung die Basis für ein hochwertiges Recycling der Materialien und damit einen funktionierenden Rohstoffkreislauf bildet. Die Kreislaufwirtschaft wird untrennbarer Bestandteil der Rohstoffwirtschaft.

Für ein Industrieland wie Deutschland ist die Gewinnung bzw. Sicherung der Ressourcen aus den nicht mehr benötigten Produkten wichtig und notwendig. Eine Vielzahl von Unternehmen hat diese Problematik erkannt und für sich den Einstieg in die zirkuläre Wirtschaft bereits beschlossen. Ein intelligentes Produktdesign unterstützt dabei nicht nur die Ressourceneffizienz, sondern ist auch Voraussetzung für eine hochwertige Verwertung der verwendeten Materialien.

<sup>19</sup> Ellen MacArthur Foundation/McKinsey Center for Business and Environment: „Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe“, 2015 ; Accenture: Wertschöpfung statt Verschwendung; Kienbaum Management Consultants GmbH/EPEA Internationale Umweltforschung GmbH: Potenzialanalyse einer zirkulären Wertschöpfung im Land Nordrhein-Westfalen; McKinsey & Company: Mapping the benefits of a circular economy.

<sup>20</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_20_420)



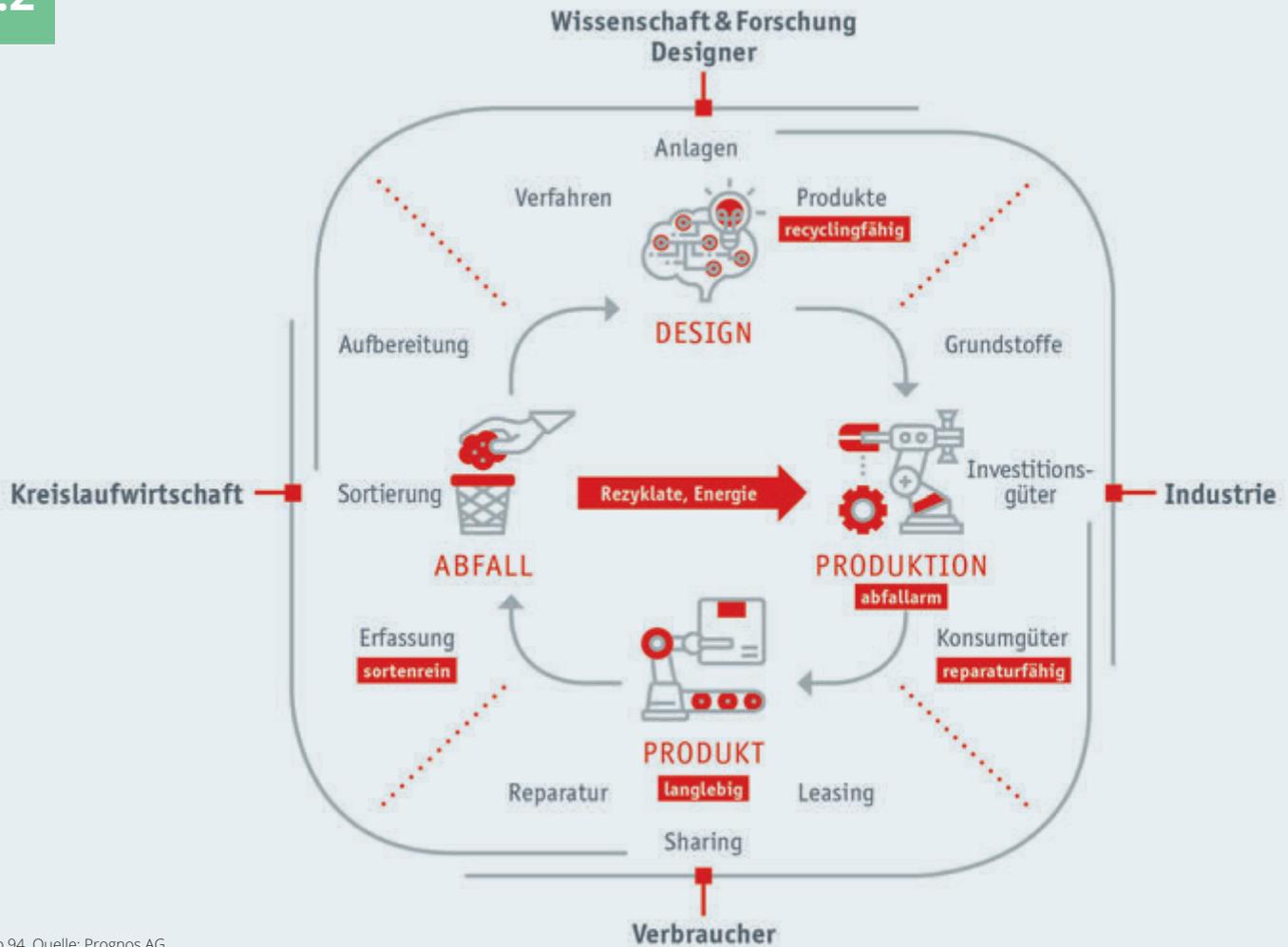


Abb.94, Quelle: Prognos AG

**Was versteht man unter „Circular Economy“** Der Begriff der Circular Economy, wie er von der EU-Kommission verwendet wird, ist nicht gleichzusetzen mit der häufig anzutreffenden Übersetzung „Kreislaufwirtschaft“. Nach deutschem Verständnis beinhaltet die Kreislaufwirtschaft zwar bereits wichtige Elemente einer zirkulären Wirtschaft, sie ist aber nur ein Teilbereich der Circular Economy. Die Übersetzung „Zirkuläre Wertschöpfung“ geht über die Kreislaufwirtschaft hinaus und hat zusätzlich auch

den Wert der Produkte und die Erhöhung der Wertschöpfung über den gesamten Produktions- und Recyclingzyklus im Fokus. Der häufiger verwendete Begriff der „Zirkulären Wirtschaft“ beinhaltet darüber hinaus auch die Veränderung der gesellschaftlichen Wertvorstellungen und des Konsumverhaltens. Diese wiederum sind für eine veränderte und vor allem verbesserte Nachfrage nach Produkten und Dienstleistungen der Circular Economy letztlich entscheidend.

### 4.2.3 Forschung, Initiativen und Aktivitäten zur Circular Economy auf Europäischer Ebene

#### Chancen für die Transformation alter Industriestandorte

Die Circular Economy beinhaltet ein großes Potenzial zur Reduzierung von Umweltschäden, zur Steigerung der Material- und Energieeffizienz und schafft neue Möglichkeiten sowohl für Unternehmen als auch Kommunen. Regionen und Städte spielen eine wesentliche Rolle, wenn es darum geht, zu einer wirksamen Rückgewinnung aller Materialien beizutragen, die lokal verarbeitet und konsumiert werden. Deutschland trägt mit seinen Unternehmen, die Produkte und Dienstleistungen für die Circular Economy erstellen, rund ein Fünftel zum Gesamtumsatz der Circular Economy in der EU bei. Eine Studie im Auf-

trag von ESPON, dem Think Tank der EU für territoriale Entwicklung<sup>21</sup> zur territorialen Relevanz von zirkulären Wirtschaftsaktivitäten in den Regionen der EU-Staaten hat jedoch auch gezeigt, dass die Circular Economy in ihrer Vielfalt für alle Regionen relevant ist, auch wenn sie in Abhängigkeit von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten sehr unterschiedlich realisiert wird.

Agglomerationsräume treiben das zirkuläre Wirtschaften voran. Strukturstarke Ballungsräume ermöglichen die Entwicklung und Verbreitung notwendiger Dienstleistungssysteme und die gemeinsame Nutzung entsprechender Ressourcen. Dies steht in einem engen Zusammenhang mit der Fähigkeit, Unternehmen anzuziehen, die innovative Technologien und zirkuläre Geschäftsmodelle entwickeln. So gelingt es aufgrund der Größenvorteile auch dort

<sup>21</sup> CIRCTER – Circular Economy and Territorial Consequences, <https://www.espon.eu/circular-economy>



relevante Mengen an Sekundärrohstoffen zurückzugewinnen, wo sich nur geringe Anteile in den Abfallströmen befinden. Aufgabe der Politik – und hier insbesondere der Kohäsionspolitik – sollte es jedoch sein, einer Vergrößerung der territorialen Disparitäten entgegenzuwirken.

Für ländliche Regionen liegt eine große Perspektive eindeutig in der zirkulären Bioökonomie. Sie verfügt über das Potenzial, die wirtschaftliche Entwicklung ländlicher Gebiete insbesondere im land- und forstwirtschaftlichen Sektor (z. B. Lebensmittelverarbeitung, biobasierte Industrien, Bioenergie) zu fördern. Industriegebiete bieten die Chance, mehrere Stufen der zirkulären Wertschöpfung auf einem vergleichsweise kleinen Raum zu vereinen, von der Herstellung der Produkte über die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen bis hin zum Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen und zurückgewonnener Energie (industrielle Symbiose). Insbesondere für traditionelle Industriestandorte, die sich derzeit im Niedergang befinden, ergeben sich dank der Verfügbarkeit von Industriegrundstücken, alten Fabriken und anderen Einrichtungen Chancen für eine erfolgreiche Revitalisierung.

### Die EU als Motor der Entwicklung

Die Europäische Kommission hat den Ansatz der Circular Economy in den letzten Jahren maßgeblich vorangetrieben. Mit der Veröffentlichung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft<sup>22</sup> und der im Kreislaufwirtschaftspaket enthaltenen Überarbeitung des Rahmens der Abfallgesetzgebung wurden bereits erste Maßnahmen umgesetzt. So enthält der Aktionsplan aus dem Jahr 2015 Maßnahmen für den kompletten Produktlebenszyklus: von Design, Materialbeschaffung, Herstellung und Verbrauch bis hin zur Entsorgung, Aufbereitung und zum Markt für Sekundärrohstoffe.<sup>23</sup>

Ein Kernelement besteht zudem in der Europäischen Kunststoffstrategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft<sup>24</sup>, unter der die „Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt“ (EU 2019/904) verabschiedet wurde. Mit der Überarbeitung der Abfallgesetzgebung wurde beispielsweise ein EU-weites Recyclingziel von 65 % für Siedlungsabfälle und 70 % für Verpackungsabfälle sowie weitere spezifische Ziele für verschiedene Verpackungsfractionen eingeführt, die im Juli 2018 in Kraft getreten sind. Zudem wurde eine neue, Output-basierte Berechnungsmethode für das Recycling von Siedlungsabfällen festgelegt. Die neuen Regelungen werden im Jahr 2020 in Deutschland in nationales Recht überführt.

Die seit Ende 2019 amtierende Kommission verstärkte ihre Ambitionen zur Umsetzung einer Circular Economy in Europa nochmals. Im Rahmen der Ankündigung des übergeordneten Green Deals

wurde mit dem neuen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft<sup>25</sup> 2020 ein weiteres Maßnahmenpaket angekündigt, dass auf ein nachhaltigeres Design von Produkten, eine Stärkung der Position von Verbrauchern in Bezug auf die Reparaturfähigkeit und Lebensdauer sowie die Stärkung des Kreislaufprinzips in Produktionsprozessen abzielt.

Die Maßnahmen sollen dabei an zentralen Wertschöpfungsketten ansetzen:

- ▶ Elektronik und IKT
- ▶ Batterien und Fahrzeuge
- ▶ Verpackungen
- ▶ Kunststoffe
- ▶ Textilien
- ▶ Bauwirtschaft und Gebäude
- ▶ Lebensmittel, Wasser und Nährstoffe.

Eine zentrale Maßnahme des neuen Aktionsplanes ist die angekündigte Initiative für nachhaltige Produkte. Mit dieser sollen Recyclingfähigkeit, verlängerte Nutzungsdauer, Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Produkten in die Ökodesign-Richtlinie aufgenommen werden. Der Fokus liegt dabei auf Produkten der im neuen Aktionsplan identifizierten Wertschöpfungsketten. Werden die im neuen Aktionsplan angekündigten Maßnahmen wie angestrebt umgesetzt, würde dies einen signifikanten Meilenstein in der Umstellung auf eine zirkuläre Wirtschaft bedeuten.

### Wie die Sharing Economy zum Ressourcenschutz beitragen kann

In Deutschland verfügen etwa 99 % aller Haushalte über eine eigene Waschmaschine, in der Schweiz hingegen sind es nur etwa 70 % aller Haushalte. Dies liegt in erster Linie daran, dass in vielen Mehrfamilienhäusern die Waschmaschinen von den Mietparteien gemeinschaftlich genutzt werden. Würden in Deutschland Waschmaschinen im gleichen Grad gemeinschaftlich genutzt wie in der Schweiz, gäbe es in Deutschland etwa 11,8 Millionen Waschmaschinen weniger – das wären 825.000 eingesparte Tonnen Stahl, Kupfer, Kunststoffe und andere Ressourcen.



Quelle: Adobe stock

<sup>22</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>



<sup>23</sup> Europäische Kommission: Zwischenbilanz zur Kreislaufwirtschaft und neue Vorschläge für 2017; <https://ec.europa.eu/germany/news/zwischenbilanz-zur-kreislaufwirtschaft-und-neue-vorschlae>



<sup>24</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_2&format=PDF)



<sup>25</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF)



#### 4.2.4 Notwendige Schritte zu einem besseren und effizienteren Recycling

Der erfolgreiche Weg zu einer perspektivisch funktionierenden Circular Economy kann nur über die Optimierung auf allen Stufen der Wertschöpfungskette, beginnend beim Produktdesign, über den Produktionsprozess und die Nutzung bis zum Recyclingprozess führen. Dies impliziert neben technischen, regulatorischen und organisatorischen Maßnahmen auch die Notwendigkeit, Verhaltensweisen zu ändern. Zudem ist ein effizienteres Recycling kein Selbstzweck. Im Sinne der Circular Economy muss sichergestellt werden, dass die Sekundärrohstoffe so hochwertig sind, dass sie schadlos in den Wirtschaftskreislauf eingeführt werden können.

Die aktuellen Diskussionen über notwendige Maßnahmen für ein besseres und effizienteres Recycling sind sehr komplex und umfassend. Die nachfolgenden Aspekte und Beispiele stellen daher eine begrenzte Auswahl dar:

##### ► Design for Recycling konsequent und umfassend berücksichtigen

Die entscheidende Voraussetzung für einen erfolgreichen Recyclingprozess ist die Recyclingfähigkeit der Produkte und Verpackungen selbst. Nur Rohstoffe aus Produkten, die sich wieder in ihre Komponenten und Materialien zerlegen lassen, können adäquat recycelt und wiedereingesetzt werden. Durch das „Design for Recycling“ können ressourcenschonende Produkte entwickelt werden, die sowohl ökologische wie auch ökonomische Vorteile bieten. Dafür muss die konkrete Zusammenarbeit von Designern,

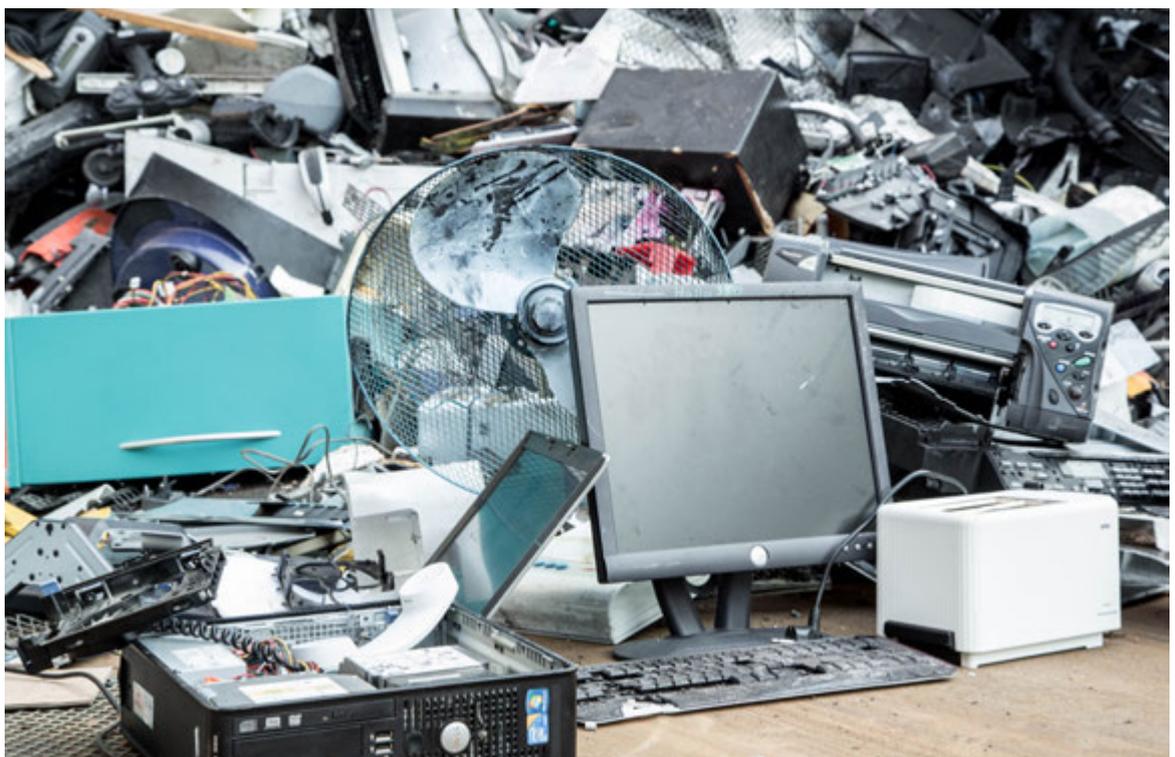
Produzenten und Unternehmen der Recyclingwirtschaft verbindlich und nachhaltig implementiert werden. Probleme in der Materialzusammensetzung, die gleich am Anfang des Produktkreislaufes vermieden werden können, müssen am Ende nicht mit großem Aufwand gelöst werden.

Im Verpackungsbereich zeigt beispielsweise der **Runde Tisch zum Eco Design von Kunststoffverpackungen**<sup>26</sup>, was getan werden muss, damit der eigentliche Recyclingprozess funktionieren kann und Materialkreisläufe letztendlich geschlossen werden können. Dabei geht es u. a. darum, Kunststoffverpackungen so zu designen und zu produzieren, dass sie möglichst aus Monomaterialien bestehen, von Verbraucherinnen und Verbrauchern als Kunststoffverpackung erkannt und in die entsprechenden Separaterfassungssysteme zurückgeführt werden können, sowie auch für die Sensorbasierten Technologien in den Sortieranlagen erkennbar sind.

##### ► Datentransparenz und -verfügbarkeit erhöhen

Im engen Zusammenhang mit dem Design for Recycling wird die Notwendigkeit der Informationsbereitstellung über verschiedene Kennzeichnungssysteme diskutiert. Hierzu gehört u. a. die Einführung eines so genannten „**Recyclinglabels**“, das Transparenz über die eingesetzten Recyclingstoffe und deren Anteil geben soll und so zur Veränderung des Konsumverhaltens der Verbraucherinnen und Verbraucher beitragen kann.

<sup>26</sup> <https://ecodesign-packaging.org/>



Elektronikschratt, Quelle: Kaatsch

Darüber hinaus wird intensiv daran gearbeitet, den Zugang zu relevanten Informationen für Sortier- und Recyclingprozesse zu ermöglichen, beispielsweise durch den Einsatz **digitaler Wasserzeichen** oder **chemischer Tracker** auf Verpackungen, die es Sortieranlagen ermöglichen sollen, Informationen zu Material und Nutzung der entsprechenden Verpackungen auszulesen.

Die digitale Methode des „Building Information Modeling (BIM)“ zur Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden ermöglicht eine detaillierte Dokumentation durch den Bauträger bereits beim Bau. Dies verbessert nicht nur das laufende Instandhaltungsmanagement und verlängert somit die Nutzungszeit von Gebäuden und Infrastruktur, sondern erleichtert auch das Recycling nach dem Abbruch. Dabei sollte es sowohl um die verwendeten Materialien, als auch um die Art des Einbaus im Hinblick auf die Rückgewinnung von Rohstoffen gehen. Ab 2020 ist die BIM-Planung in Deutschland bereits im Bereich der Verkehrsinfrastruktur vorgeschrieben.

#### ► Verbrauchernahe sortenreine Trennung und Erfassung fördern

Für ein qualitativ hochwertiges Recycling ist die sortenreine Trennung und Erfassung für die meisten Wertstoffe<sup>27</sup> an der Anfallstelle bei privaten Haushalten sowie in Industrie und Gewerbe unbedingte Voraussetzung. Stör- und Schadstoffe bleiben so außerhalb der Kreisläufe und können direkt an die Schadstoffsinken (z. B. thermische Verwertung) geliefert werden. So wird die Verschleppung von Schadstoffen verringert. Hierbei muss die getrennte Entsorgung und Sammlung **verbrauchernahe** ausgestaltet werden, damit diese mit einem immer schnelleren und flexibleren Alltag kompatibel ist. **Digitale Lösungen**, wie die App von Coca-Cola und Reclay in Österreich mit einem Belohnungssystem für die Rückgabe von PET-Flaschen<sup>28</sup> sowie eine **Stärkung der Herstellerverantwortung** sind zwei Möglichkeiten, um Produkte am Ende des Lebenszyklus möglichst umfassend und weniger beschädigt und verschmutzt dem Recycling zuzuführen.

#### ► Mit gleichen Maßstäben messen

Der Markt für Sekundärrohstoffe ist international und folgt den Regeln von Angebot und Nachfrage. Die national geltenden Umwelt- und Recyclingstandards müssen auch international eingefordert und nachgewiesen werden. Exporte von beispielsweise Elektro- und Elektronikaltgeräten bzw. Altfahrzeugen in Länder, welche die erforderlichen Standards nicht einhalten können, sind zu unterbinden. Nur so können negative Folgen für Mensch und Umwelt sowie ein damit einhergehender Verlust bzw. eine Minderwertigkeit von wertvollen Sekundärrohstoffen vermieden wer-

den. Zudem können diese Mengen nur dann in die Quotenberechnung einbezogen werden, wenn das Recycling den geltenden Maßstäben innerhalb Deutschlands entspricht.

#### ► Steigerung der Attraktivität von Sekundärrohstoffen für einen erfolgreichen Absatz

Sekundärrohstoffe bzw. Produkte mit Rezyklateinsatz konkurrieren immer mit der entsprechenden Primärware. Die Vorbehalte gegenüber Produkten mit Rezyklateilen sind immer noch hoch, „Neues“ wird dem „Alten“ vorgezogen. Alle Anstrengungen, das Recycling effizienter und qualitativ hochwertiger zu machen, bringen jedoch nicht die gewünschten Erfolge im Klima- und Ressourcenschutz, wenn die Sekundärrohstoffe nicht oder nur begrenzt wieder in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden. Hier gilt es in erster Linie **Unsicherheiten** über den Einsatz von Sekundärrohstoffen bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern **auszuräumen** und ihre Attraktivität zu erhöhen. Neben **Aufklärung und Beratung** gehört die Schaffung von **Rechtssicherheit** beim Einsatz von Sekundärrohstoffen dazu. Eine wichtige Rolle kommt auch **Quoten** als Zielmarken für die langfristige Förderung des Recyclings zu, auf die im nachfolgenden Abschnitt dieses Kapitels separat eingegangen wird.

#### ► Handlungsspielräume der öffentlichen Hand nutzen

Die öffentliche Hand kann zur Schaffung von Absatzmärkten für Recyclingprodukte einen wichtigen Beitrag leisten. Dies wurde bereits auf den Konferenzen der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro und für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg hervorgehoben. Die nachhaltige Beschaffung hat Eingang in die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen<sup>29</sup> gefunden und ist mit Mindestkriterien und Monitoringpflichten auch Bestandteil des Kreislaufwirtschafts-Aktionsplanes der EU-Kommission vom März 2020<sup>30</sup>.

In Deutschland ist die Vergabep Praxis der öffentlichen Hand im § 45 Kreislaufwirtschaftsgesetz verankert. In der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, die im Oktober 2020 den Bundesrat passiert hat, sollen recycelte Produkte gegenüber Neuanfertigungen nunmehr gesetzlich verankert den Vorrang in der öffentlichen Beschaffung bekommen. Weiterführende Regelungen finden sich in weiteren Vergabevorschriften<sup>31</sup>. Darüber hinaus gibt es weitere Vorschriften auf Länderebene sowie interne Vorschriften des Bundes zur nachhaltigen Beschaffung. Ziel ist es u. a., dass der öffentliche Bedarf nach Möglichkeit verstärkt über Recyclingprodukte gedeckt wird. In der Praxis wird das „Green Public Procurement“, das umweltfreundliche Beschaffungswesen, jedoch noch immer nicht zufriedenstellend umgesetzt. Nach-

<sup>27</sup> Eine Ausnahme bildet hier beispielsweise das Recycling von Metallen.

<sup>28</sup> <https://320grad.de/app-belohnt-fuer-richtige-entsorgung/>



<sup>29</sup> Sustainable Development Goal Nr. 12.7

<sup>30</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020D-C0021&from=DE>



<sup>31</sup> z. B. Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VgV), Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB), Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL), Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)

haltigkeitskriterien werden noch zu wenig als Mindestanforderung im Sinne eines Ausschlusskriteriums an Lieferungen und Leistungen formuliert, selbst die Möglichkeit der Einbindung von Nebenangeboten durch die öffentlichen Beschaffungsstellen, um umweltfreundliche Varianten in Vergabeverfahren einzubeziehen, wird noch zu wenig genutzt.<sup>32</sup> Einige Verbände der Kreislaufwirtschaft fordern daher u. a. die Einführung einer **Berichts- oder Nachweispflicht** für den Einsatz von Sekundärrohstoffen bei der öffentlichen Hand sowie eine Begründungspflicht bei Nichteinsetzen.<sup>33</sup>

#### 4.2.5 Quoten als Zielmarken für die langfristige Förderung des Recyclings

Ein wichtiges Element, um die Circular Economy weiter voranzutreiben und insbesondere auch den erreichten Fortschritt zu messen, sind Quoten einschließlich eines Monitoringsystems. In der Gesetzgebung sowohl auf europäischer als auch nationaler Ebene wurden diverse Recyclingquoten definiert, die den Anteil der tatsächlich aus dem Abfall recycelten, also stofflich wiederverwendeten Mengen im Verhältnis zum Gesamtaufkommen festlegen. Prominente Beispiele sind die Vorgaben für einzelne Verpackungsmaterialien oder den Anteil der stofflich verwerteten Siedlungsabfälle. Unterschiedliche Definitionen und Systemgrenzen erschweren den Vergleich bzw. führen zu einer Überschätzung der tatsächlichen Recyclingeffekte.

Die Komplexität der notwendigen Schritte zu einem besseren und effizienteren Recycling erfordert die Erarbeitung von Rohstoffstrategien auf Bundes- und Länderebene, die absehbar technologisch notwendige Entwicklungen, den Bedarf der Wirtschaft an Sekundärrohstoffen, die Leistungsfähigkeit der Recyclingwirtschaft aber auch die Akzeptanz der Verbraucher aufeinander abstimmen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz und die Effektivität des Recyclings energetische, technische, ökologische und wirtschaftliche Grenzen haben, die es zu beachten gilt. Eine 100%ige Wiedergewinnung der in den Abfällen enthaltenen Wertstoffe ist weder technisch möglich noch wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll. Für eine realistische Prognose der Mengen aus dem Recycling und die wirtschaftliche sowie technologische Ausrichtung des Gesamtsystems müssen die jeweiligen Grenzen berücksichtigt werden.<sup>34</sup>

Dies ist beispielsweise der Fall bei der Berechnung der sogenannten Recyclingquote für Siedlungsabfälle. Hierfür stehen den EU-Mitgliedsstaaten vier Hauptberechnungsmethoden zur Verfügung, die den Bilanzkreis definitorisch unterschiedlich zuschneiden und damit zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Einen relevanten Einfluss hat auch der eigentliche Messpunkt. Wurde bisher der Input in eine Sortier- und Aufbereitungsanlage und damit der Punkt der „Zuführung“ zu einem Aufbereitungsverfahren als Messpunkt für die Recyclingquote akzeptiert, wird dieser zukünftig auf einen Output-basierten Ansatz zur Ermittlung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle umgestellt. Neben der definitorischen Abgrenzung der Systemgrenzen und der Festlegung von geeigneten Messpunkten zählt die aktuelle Verfügbarkeit statistischer Datengrundlagen zu den großen Herausforderungen, um entsprechende Indikatoren auch nutzen zu können.

<sup>32</sup> Umweltbundesamt: Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, 2019

<sup>33</sup> [https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/06-Publikationen/04-Broschueren/1706\\_Forderungskatalog\\_A4\\_Kunststoffrecycling\\_screen.pdf](https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/06-Publikationen/04-Broschueren/1706_Forderungskatalog_A4_Kunststoffrecycling_screen.pdf)



<https://www.agvu.de/wp-content/uploads/2019/09/AGVU-Empfehlungen-zur-Erh%C3%B6hung-des-Rezyklateinsatz-Sept.-19.pdf>



<sup>34</sup> Vgl. hierzu u. a.: Prof. Dr. Rainer Bunge, UMTEC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Rapperswil: Wie viel Recycling wollen wir uns leisten? Vortrag auf den 15. Münsteraner Abfallwirtschaftstagen; Dr. Gernot Pehnel, BIFAS: „Duale Systeme im Spiegel volkswirtschaftlicher Bewertung“. Vortrag auf den 25. Kölner Abfalltagen, November 2016.



Sortieranlage, Quelle: REMONDIS

Der Indikator „Recyclingquote“ ist für den tatsächlichen Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen aufgrund der Systemgrenzen noch nicht ausreichend. Hier gehen die Diskussionen weiter.

Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt hat hierzu beispielsweise die Einführung einer sogenannten „Substitutionsquote“ vorgeschlagen.<sup>35</sup> Diese gibt das Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf den insgesamt genutzten Materialaufwand (Primärrohstoffe und Sekundärrohstoffe) an. In ihrem 2019 veröffentlichten Positionspapier präzisierte die Ressourcenkommission diesen vorgeschlagenen Indikator.



Kunststoff-Granulat, Quelle: Der Grüne Punkt

„Der Indikator Substitutionsquote sollte ...

*... die Material- bzw. Rohstoffmenge messen, die als Sekundärmaterial bzw. Sekundärrohstoff in die Produktion oder die Verarbeitung rückgeführt wird und dort Primärrohstoffe ersetzt.*

*... auf Ebene der einzelnen Materialien/Elemente ausgewiesen werden, kurzfristig auf nationaler Ebene, langfristig auf produkt(gruppen)spezifischer Ebene.*

*... die Qualität des Recyclings berücksichtigen, so dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Primärmaterial mit welcher Funktion ersetzt wird.“<sup>36</sup>*

Die Substitutionsquote berücksichtigt integrativ auch das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. In Bezug auf Produkte, Werkstoffe oder Elemente sowie die nationalen und internationalen Systemgrenzen sind auch hier noch weitere methodische Fragen zu beantworten. Die heutige Substitutionsquote wird für Deutschland auf durchschnittlich 15 % über alle Stoffströme z. B. von Aluminium, über mineralische Bau- und Abbruchabfälle bis Zink, geschätzt und ist zwangsläufig noch sehr niedrig, misst den Recyclingerfolg aber absolut und damit ehrlich und zukunftsorientiert.<sup>37</sup>

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch die Europäische Kommission mit dem im Rahmen des Aktionsplanes für die Kreislaufwirtschaft veröffentlichten Monitoringsystems welches die Fortschritte in Richtung Circular Economy auch quantitativ sichtbar machen soll. Das Monitoringsystem zur Circular Economy definiert die „Verwendungsrate von recyceltem Altmaterial“ (EOL-RIR) als einen Indikator. Dieser misst den in der Produktion eingesetzten Anteil an Sekundärrohstoffen. Allerdings sind typische Kreislaufmaterialien der Industrie, wie beispielsweise Schrotte, die innerhalb der Produktion anfallen und als „Neuschrott“ unmittelbar wieder in den Kreislauf geführt werden, hier nicht berücksichtigt.

Mit dem Indikator „Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe“ (CMU) soll demgegenüber der Anteil des zurückgewonnenen und wieder in die Wirtschaft eingesetzten Materials angezeigt werden. Eine höhere Nutzungsrate belegt somit, dass mehr Sekundärmaterialien Primärmaterialien ersetzen. Im Jahr 2017 betrug die CMU sowohl für Deutschland als auch für die EU geringe 11,7 %. Deutschland liegt also im Mittelfeld der EU-Mitgliedstaaten.<sup>38</sup>

Bei allen Diskussionen um Quoten und deren Berechnungsmethodik als Grundlage für eine belastbare Fortschrittskontrolle und Vergleichbarkeit dürfen weitere Erfolgsfaktoren nicht außer Acht gelassen werden. So ist sicherzustellen, dass für die steigende Menge an Wertstoffen und Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt geschaffen wird und dass die dafür notwendige Qualität der Wertstoffe und Rezyklate Vorrang vor der reinen Quantität der Ergebnisse hat. Das erfordert auch neue Investitionen in die Entwicklung von recyclingfähigen, langlebigen, schadstofffreien Produkten und hochwertigen Recyclingverfahren sowie den Ausbau des Recyclings in den Mitgliedstaaten.

Die Circular Economy ist keine Strategie des Verzichtes oder der Einschränkung, sondern liefert das gemeinsame Verständnis und die Orientierung für vielfältige Entwicklungen, die derzeit ohnehin stattfinden: Verbraucherinnen und Verbraucher, Designer, Industrie, Dienstleister, Handel, Entsorger, Start-ups und eine Vielzahl von weiteren Akteuren sind aktuell dabei, den Ansprüchen an eine nachhaltigere Lebensweise mit passenden Produkten und Dienstleistungen zu entsprechen. Angesichts der zunehmenden Sensibilisierung für die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen unserer Konsumgewohnheiten ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass es sich bei der Circular Economy letztlich um einen sich selbst verstärkenden Prozess mit einer eigenen positiven Dynamik handeln wird, die auch einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft ausüben wird.

<sup>35</sup> Position der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU), Substitutionsquote - Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft!, Juli 2019  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/190722\\_uba\\_kommp\\_substitutionsquote\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/190722_uba_kommp_substitutionsquote_bf.pdf)



<sup>36</sup> Ebenda

<sup>37</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru>



<sup>38</sup> Eurostat, Circular material use rate  
[https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei\\_srm030](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_srm030)



# Die Kreislaufwirtschaft als Teil der Energiewende.

Die Kreislaufwirtschaft trägt dazu bei, die Energieversorgung und die Energiewende in Deutschland zu unterstützen. Durch das Auslaufen der Kohleverstromung bis zum Jahr 2038 wird diese Aufgabe zunehmend wichtiger. Die Steigerung der Energieeffizienz von Entsorgungsanlagen, die Vergärung von Biomasse oder die Nutzung von Sonne und Wind auf Deponien sind neben der Auskopplung von Strom, Fern- und Prozesswärme in den Thermischen Abfallbehandlungsanlagen wichtige Beiträge der Kreislaufwirtschaft auf dem Weg zur Sektorkopplung und zur Erhaltung der Systemstabilität.



### 4.3.1 Energieerzeugung durch die thermische Abfallbehandlung

Die Energiewende stellt eine der größten gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen für die nächsten Jahrzehnte dar. Ziel der Energiewende ist es dauerhaft, eine zuverlässige, sozialverträgliche, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sicherzustellen. Das Energiekonzept der Bundesregierung sieht hierbei u. a. vor, dass der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 bei mindestens 50 % und bis 2050 bei mindestens 80 % liegen soll.<sup>39</sup>

Die Kreislaufwirtschaft leistet durch die energetische Nutzung von Abfällen einen bedeutenden Beitrag zur dezentralen Energieerzeugung und -versorgung in Form von Strom, Wärme und Prozessdampf und übernimmt so unter anderem auch die Versorgung von Industriestandorten. Die letzte umfassende Untersuchung über den Gesamtmarkt der thermischen Abfallbehandlung wurde 2018 im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt und bezieht sich auf das Basisjahr 2015.<sup>40</sup> Gegenstand der Untersuchung sind neben den Müllverbrennungsanlagen, den Ersatzbrennstoff (EBS)-Kraftwerken und den Zement-, Kohle- und Industriekraftwerken auch die Biomasseheizkraftwerke, die Vergärungsanlagen sowie die Klärschlammverbrennungs- und Sonderabfallverbrennungsanlagen.

In Summe gab es im Jahr 2015 rund 300 Anlagen, die rund 48 Millionen Tonnen an Abfällen thermisch verwertet haben<sup>41</sup> und so insgesamt 62 TWh Wärme und 25 TWh Strom<sup>42</sup> produziert haben.\* Dabei werden höchste Umweltstandards bei der Abgasreinigung und der Reduzierung von Luftschadstoffen nach z. B. den strengen Regelungen der 17. BImSchV – „Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen“ eingehalten. Neben den Thermischen Behandlungsanlagen (TAB), zu denen die Müllverbrennungsanlagen und die EBS-Kraftwerke zählen, liefern auch Altholzkraftwerke und Bioabfallvergärungsanlagen Strom und Wärme aus Abfällen. Die durch die Verwertung des Abfalles erzeugte Energie substituiert fossile Energieträger und trägt somit auch zur Verringerung von klimaschädlichen Treibhausgasemissionen bei.

Der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende nimmt stetig zu. Nur in den TAB wurden im Jahr 2015 rund 10 TWh Strom produziert und rund 20 TWh Wärme (Fernwärme und Prozessdampf) exportiert.<sup>43</sup> Die Energieerzeugung dieser Anlagen hat sich weiter erhöht. Im Jahr 2019 haben allein die Mitgliedsanlagen der ITAD, die 92 % der TAB-Kapazitäten repräsentieren, rund 10 TWh Strom produziert und 22 TWh Wärme und Prozessdampf erzeugt und externen Abnehmern zur Verfügung gestellt.<sup>44</sup>

<sup>39</sup> Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien, Motor der Energiewende, Berlin 2012

<sup>40</sup> Flamme / Quicker, Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Texte 51/2018, Juni 2018.

<sup>41</sup> Destatis, Fachserie 19, Reihe 1

<sup>42</sup> Flamme/Quicker, Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Texte 51/2018, Juni 2018.

<sup>43</sup> Energy Brainpool: Beitrag Thermischer Abfallbehandlungsanlagen zur Energiewende. Gutachten im Auftrag der ITAD, Berlin 2017.

<sup>44</sup> ITAD-Jahresbericht 2019, S. 54. [www.itad.de/service/downloads/itad-jahresbericht-2019-webformat.pdf](http://www.itad.de/service/downloads/itad-jahresbericht-2019-webformat.pdf)



\* 1 TWh entspricht 3,6 PJ

#### Energetische und stoffliche Verwertung von Abfällen (in 1.000 Tonnen)

	Abfallaufkommen insgesamt	Beseitigung		Verwertung		Quote (in %)	
		Sonstige	Thermisch	Energetisch	Stofflich	Verwertung	Beseitigung
<b>Siedlungsabfälle insgesamt</b>	<b>50.260</b>	<b>712</b>	<b>179</b>	<b>15.646</b>	<b>33.723</b>	<b>98</b>	<b>2</b>
Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (über öffentliche Müllabfuhr)	13.526	411	-	10.898	2.214	97	3
Sperrmüll	2.696	56	8	1.204	1.429	98	2
Bioabfälle (ohne Kantinenabfälle)	4.388	1	-	120	4.267	100	0
getrennt gesammelte Fraktionen (Glas, PPK, LVP etc.)	5.574	2	-	75	5.498	100	0
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (separat erfasst)	18.243	11	9	1.003	17.221	100	0
Sonstige Siedlungsabfälle (Straßenkehrrecht etc.)	2.475	2	-	1	2.471	100	0
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen	28.846	27.983	-	14	849	3	97
Bau- und Abbruchabfälle	228.120	26.902	91	1.351	199.776	88	12
Produktions- und Gewerbeabfälle	55.086	13.794	2.945	12.492	25.885	70	30
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	54.885	5.772	342	18.518	30.253	89	11
<b>Abfallaufkommen insgesamt</b>	<b>417.197</b>	<b>75.163</b>	<b>3.557</b>	<b>43.113</b>	<b>290.456</b>	<b>81</b>	<b>19</b>

## Energieerzeugung durch Anlagen/Stoffströme der Kreislaufwirtschaft

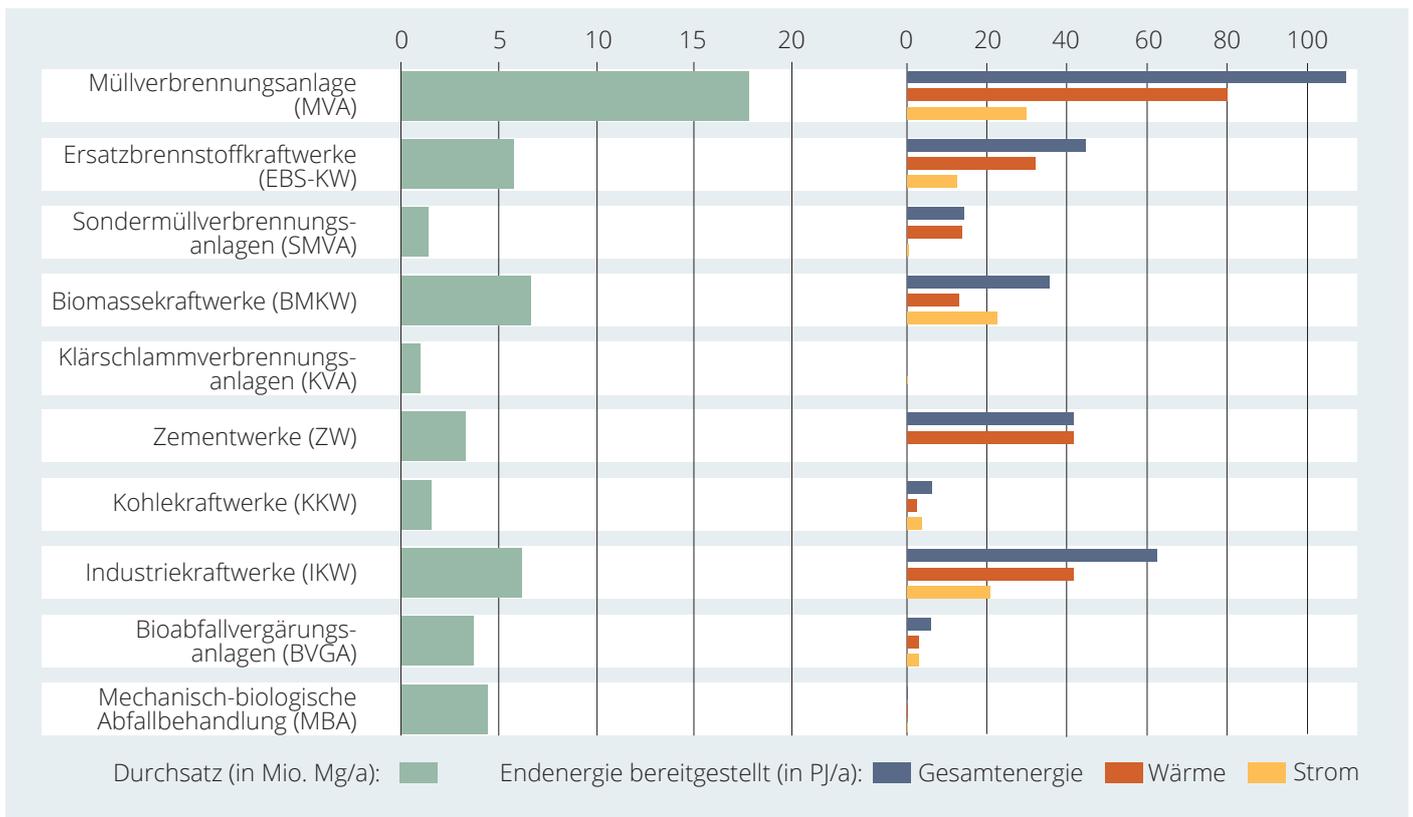


Abb. 96, Quelle: Quicker, Peter/Weber, Kathrin/Flamme, Sabine/Hanewinkel, Jörg: Energieerzeugung aus Abfällen in Deutschland – Stand und Perspektiven bis 2030. Vortrag auf der BGS-Mitgliederversammlung am 16. November 2017 in Münster.

<sup>45</sup> Quellen: u. a. BDE, bvse, BDSV, UBA, copperalliance

<sup>46</sup> vgl. Faulstich et al.: Was kann die Abfallwirtschaft zur Energiewende 2022 beitragen? In: Wiemer, K./Kern, M./Raussen, T.: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung VII, stofflich – energetisch, Witztenhausen 2012.

<sup>47</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#wuerme>



<sup>48</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien 2019 - Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat), Berlin 2020; [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-2019.pdf?\\_\\_blob=publication-file&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-2019.pdf?__blob=publication-file&v=8)

### 4.3.2 Energieeinsparung durch Substitution von Primärrohstoffen

Neben der direkten energetischen Nutzung resultiert auch aus der stofflichen Verwertung von Abfällen eine Einsparung fossiler Brennstoffe, die im Wesentlichen durch die Substitution der oft energieintensiven Gewinnung und Verarbeitung von Primärrohstoffen entsteht. So führt beispielsweise der Einsatz von 1 Tonne Recyclingmaterial bei der Erzeugung

- ▶ von Stahl zu 73 %,
- ▶ von Kupfer zu 85 %,
- ▶ von Aluminium zu 95 %,
- ▶ von Zink zu 95 % und
- ▶ von Glas zu bis zu 30 %

Energieeinsparung.<sup>45</sup>

Schätzungen gehen davon aus, dass durch das stoffliche Recycling insgesamt Einsparungen an Primärenergie von jährlich über 100 TWh erzielt werden,<sup>46</sup> was dem durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 32 Millionen Privathaushalten in Deutschland entspricht.

### 4.3.3 Energieerzeugung aus Biomasse

Einen wesentlichen Anteil an den erneuerbaren Energien liefert auch die Biomasse. Unter dem Begriff Biomasse werden verschiedene Arten biogenen Materials zusammengefasst: Neben fester (u. a. Altholz) und flüssiger (u. a. Pflanzenöl) Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas wird ebenfalls der biogene Anteil des Restabfalles erfasst.

Aufgrund der sehr vielfältigen Rohstoffarten, Zustandsformen und Behandlungsverfahren kann Biomasse in allen energierelevanten Sektoren eingesetzt werden. Dies beinhaltet sowohl die Erzeugung von Wärme und Strom als auch den Einsatz als Treibstoff im Verkehr.

Die Biomasse hatte im Jahr 2019 einen Anteil von ca. 84 % an der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien. Für die Wärmeerzeugung wurden dabei überwiegend feste Biomasse (vornehmlich Holz) mit 116 TWh und Biogas mit 13 TWh genutzt.<sup>47</sup> Der aus Biomasse erzeugte Bruttostrom hat seit 2009 deutlich zugenommen und lag 2019 bei 50,1 TWh. Dies entspricht einem Anteil an der gesamten Bruttostromerzeugung durch Erneuerbare Energien von 20,5 %.<sup>48</sup> Den größten Anteil an der Stromerzeugung haben dabei Biogas, feste Biomasse (z. B. thermische Verwertung von Altholz in Biomassekraftwerken) und der biogene Anteil von gemischten Abfällen. Im Ver-



Quelle: ITAD

### Systemrelevante Aufgaben der TAB im Kontext der Energiewende

Die so genannten „Systemdienstleistungen“ sind für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von Stromnetzen erforderlich und durch alle Beteiligten (Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreiber, Erzeugungsanlagen und Großabnehmer) zu erbringen. Diese müssen die Abweichungen (z. B. der Frequenz) im Netz kontinuierlich prognostizieren, überwachen sowie die erforderlichen Korrekturen mittels Systemdienstleistungen vornehmen.

Insbesondere Frequenz- und Spannungshaltung sowie der Versorgungswiederaufbau sind viele Jahrzehnte mit den konventionellen, also in der Regel fossil oder nuklear betriebenen, Kraftwerken realisiert worden. Der Ausbau der regenerativen Energien in Deutschland hat hier bereits zu tiefgreifenden Veränderungen geführt. Der Ausstieg aus der Atomenergie bis zum Jahr 2022 sowie der Kohleausstieg bis zum Jahr 2038 werden die Stromerzeugung und damit auch das Erbringen der Systemdienstleistungen fundamental verändern. Die Systemdienstleistungen müssen dann weitestgehend mit alternativen Ansätzen bereitgestellt werden.

Die TAB können und müssen somit verstärkt Systemdienstleistungen anbieten. Obwohl es sich um Anlagen mit vergleichsweise geringer Leistung handelt, werden sie aufgrund der dezentralen Verteilung in Deutschland an Bedeutung gewinnen, gerade durch das Abschalten der klassischen Kraftwerke mit zum Teil über 1.000 MW installierter Leistung. Die TAB verfügen über Turbinen und Generatoren, also rotierende Massen, mit deren Trägheit sich kurzfristige Leistungsungleichgewichte ausgleichen und die Frequenz stabilisieren lassen.

Ebenso können Abfallverbrennungsanlagen am Regelenergiemarkt teilnehmen. Über 30 Müllverbrennungsanlagen sind bereits für die Bereitstellung von Minutenreserve qualifiziert, mehrere Anlagen auch schon für die Bereitstellung von Sekundärre-

gelleistung. Auch die Teilnahme am Regelenergiemarkt wird an Bedeutung gewinnen. Die Strom erzeugenden TABs haben die Fähigkeit des Versorgungswiederaufbaus nach einem Blackout aus eigener Kraft, also die Schwarzstartfähigkeit, da die Abfallverbrennungsanlagen unabhängig von einer anderen Stromversorgung den Betrieb starten können.

Hinzu kommt, dass die Verbrennungsanlagen dezentral über Deutschland verteilt sind und damit bestens zur dezentral organisierten Energiewende passen. Zudem sind die Standorte etabliert und akzeptiert und verfügen über erfahrenes Personal, sodass diese Standorte auch für neue Anlagen im Rahmen der Energiewende, zum Beispiel für Anlagen zur Produktion von Wasserstoff oder Biogas sowie Speicheranlagen, attraktiv sind.

Es zeichnet sich jedoch ab, dass ab dem Jahr 2040, spätestens ab dem Jahr 2050, die Stromerzeugung im Wesentlichen auf Wind und Sonne umgestellt sein wird. Der regenerativ erzeugte Strom wird immer kostengünstiger. Zum einen könnten neu gebaute TAB, welche alte Anlagen ersetzen, auf Verstromung und Kraft-Wärme-Kopplung verzichten und ausschließlich Wärme produzieren. Das ist an Industriestandorten und in Großstädten attraktiv, wo über das ganze Jahr ein Mindestabsatz an Wärme garantiert ist. Der Wasser-Dampf-Kreislauf würde anders gestaltet und die Kosten würden sinken. Damit können diese Abfallverbrennungsanlagen aber auch nicht mehr die genannten Systemdienstleistungen erbringen. Zum anderen kann eine gesicherte klimafreundliche Stromerzeugung im volatilen Strommarkt an Bedeutung gewinnen. Somit werden die meisten Anlagen vermutlich bei der Strom- und Wärmeproduktion bleiben, da damit ein hohes Maß an Flexibilität gewährleistet ist und Strom als universeller Energieträger auch in Wärme (Power to Heat) und stoffliche Energieträger wie Wasserstoff (Power to Gas) umgewandelt werden kann.

<sup>49</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#wuerme>



<sup>50</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien 2019 - Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien - Statistik (AGEE-Stat), Berlin 2020; [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-2019.pdf?\\_\\_blob=publication-file&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-2019.pdf?__blob=publication-file&v=8)



<sup>51</sup> Deutscher Bundestag, Rolle der Abfallverbrennung für Kreislaufwirtschaft und Umweltschutz in Deutschland, Drucksache 19/8606, 17.04.2020 <https://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/19/186/1918606.pdf>



<sup>52</sup> Faulstich, Martin: Interdependenzen zwischen Abfallwirtschaft und Energiewende. 15. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, 2017.

kehr wird Biomasse hauptsächlich als Biokraftstoff im Bereich des Land-, Luft- und Schifffahrtsverkehrs eingesetzt. Der Absatz betrug im Jahr 2019 ca. 31,7 TWh und verteilte sich auf 22,5 TWh Biodiesel, 8,5 TWh Bioethanol und 0,7 TWh Biomethan.<sup>49</sup> Der Einsatz von Biomasse leistet einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz, dies zeigt sich auch in der Einsparung von 65,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq.<sup>50</sup>

#### 4.3.4 Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff

Neben der Erzeugung von Strom und Wärme können die Thermischen Behandlungsanlagen auch den sich abzeichnenden Weg zur Wasserstoff-Wirtschaft (H<sub>2</sub>) unterstützen. Fast alle Betreiber von TAB beschäftigen sich derzeit mit dem Thema Elektrolyse. Bei veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kann die Einspeisung von Wasserstoff in separate H<sub>2</sub>-Netze oder auch die direkte Nutzung von durch Wasserstoff betriebene Fahrzeuge interessant werden.

Durch den künftigen Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur ergeben sich für die thermische Verwertung von Abfällen unter anderem folgende Vorteile:

- ▶ H<sub>2</sub> aus den TAB ist treibhausgasneutral und somit klimafreundlich, da für die Erzeugung keine zusätzliche Energie benötigt wird, sondern zurückgewonnene Energie aus der Abwärme der Abfallverbrennung eingesetzt wird. Die Treibhausgasemissionen sind den Produkten aus fossilen Rohstoffen zuzuschreiben.<sup>51</sup>
- ▶ Auf den TAB-Standorten können nicht nur Elektrolyse, sondern auch H<sub>2</sub>-Tankstellen errichtet werden, beispielsweise für die Betankung von Müllfahrzeugen oder Bussen. Im Fall von Müllfahrzeugen fallen, wenn dies nach der Müllanlieferung betankt werden, keine zusätzlichen Wege zur Tankstelle an.
- ▶ H<sub>2</sub> kann auch in das Erdgasnetz oder, falls vorhanden, in ein separates H<sub>2</sub>-Netz eingespeist werden.

Wasserstoff kann ferner für die Weiterverarbeitung des künftig abzuscheidenden CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas genutzt werden, beispielsweise zur Produktion von Basisrohstoffen wie Methanol als Grundstoff für die Kunststoffherstellung.

Eine fortschreitende Energiewende sowie eindeutige europa- und weltweite Regelungen werden voraussichtlich Rahmenbedingungen setzen, die dazu führen, dass diese Optionen technisch machbar und vor allem wirtschaftlich sinnvoll sein werden. Auf Grund der langen Entwicklungszeiten von verfahrenstechnischen

Prozessen gilt es, diese Techniken zeitnah bis zur Marktreife zu entwickeln, damit sie in den nächsten Jahren erprobt und eingesetzt werden können.<sup>52</sup>

#### 4.3.5 Nutzung von Altstandorten für die Energieerzeugung

Neben den bisher vorgestellten „klassischen“ abfallwirtschaftlichen Maßnahmen zur Energieerzeugung suchen die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft nach weiteren Möglichkeiten, durch den Ausbau der erneuerbaren Energien einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. Dabei können Gebäude und Installationen mit Solar- oder Geothermieanlagen ausgestattet werden. Das gewonnene Deponiegas wird in BHKWs genutzt sowie die Flächen von stillgelegten Deponien als Standorte für PV- und Windkraftanlagen einer Nachnutzung unterzogen werden.

Ein Vorteil von Deponiestandorten ist dabei, dass sie in der Regel weit entfernt von Wohngebieten oder sonstiger Bebauung gelegen sind und dadurch das mögliche Konfliktpotenzial mit Anwohnerinnen und Anwohnern bezüglich Lärm und Schattenwurf relativ gering ist. Darüber hinaus stellen stillgelegte Deponien nach Errichtung der Oberflächenabdichtung auf Grund ihrer erhöhten Lage für Windkraftanlagen einen besonders günstigen und windexponierten Standort dar. Auf den Betriebs- und Produktionshallen von Fuhrparks und Anlagen besteht noch ein weiteres z. T. ungenutztes Flächenpotenzial für PV-Anlagen.

Die Energieerzeugung hat für die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Erlöse aus der Energieerzeugung wirken sich dämpfend auf die Kosten bzw. Gebühren für die Behandlung von Abfällen aus. Da für die Energieerzeugung keine Primärenergieträger benötigt werden, ergibt sich über die Gutschriften ein positiver Beitrag zum Klimaschutz. Insgesamt spart die Kreislaufwirtschaft durch die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen deutlich mehr Primärenergie ein, als für den Betrieb von Fahrzeugen, Anlagen oder die Unterhaltung von Gebäuden direkt aufgewendet wird.



Wasserstofftankstelle, Quelle: AWG Wuppertal



Ski-Piste auf der MVA Kopenhagen, Quelle: alamy stock



Energie aus Biogas, Quelle: Breer

# Der Klimaschutz braucht die Kreislaufwirtschaft.

Durch den Transformationsprozess von der Abfallbeseitigung zur Kreislaufwirtschaft hat die Branche in den letzten zwei Jahrzehnten bereits bedeutende Beiträge zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele geleistet. Sowohl die Anlagenhersteller als auch die Unternehmen verfolgen das ehrgeizige Ziel, durch den Einsatz neuer Technologien und Verfahren in allen Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft kontinuierlich für eine Reduzierung der Treibhausgase zu sorgen. Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft werden wir am Ende jeden einzelnen Beitrag zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq brauchen, auch aus der Kreislaufwirtschaft.



#### 4.4.1 Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz

In Deutschland sind im Jahr 2016 mit dem „Klimaschutzplan 2050“ die Klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung dargelegt worden, ergänzt durch Eckpunkte für das „Klimaschutzprogramm 2030“. Im Dezember 2019 ist das erste Bundes-Klimaschutzgesetz in Kraft getreten. Das Gesetz verfolgt u. a. das Ziel, bis zum Jahr 2050 die Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Das Klimaschutzgesetz beinhaltet als Themen die nationalen Klimaschutzziele und Jahresemissionen, die Klimaschutzplanung, den Expertenrat für Klimafragen sowie die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand. Für die Sektoren Energie, Verkehr, Industrie, Gebäude, Landwirtschaft sowie die Abfallwirtschaft werden für den Zeitraum bis 2030 zulässige Jahresemissionsmengen festgelegt. Die Mengen nach 2030 werden im Jahr 2025 durch Rechtsverordnung festgelegt. Besonders relevant ist der Steuerungsmechanismus. Das Umweltbundesamt wird jährlich die Emissionsdaten veröffentlichen, der eingesetzte Expertenrat wird diese prüfen und bei einer Überschreitung der Jahresemissionsmengen wird das zuständige Bundesministerium innerhalb von drei Monaten ein Sofortprogramm zur Nachsteuerung vorlegen. Für den Sektor „Abfallwirtschaft und Sonstiges“ wird im Gesetz für das Jahr 2030 eine Höchstgrenze von 5 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq festgelegt.

Über alle Sektoren soll bis zum Jahr 2030 eine Reduzierung der Emissionen an CO<sub>2</sub>eq um 55 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 erreicht werden, bis zum Jahr 2050 besteht, wie bereits erwähnt, das Ziel

einer weitgehenden Klimaneutralität. Für die Umsetzung der ambitionierten Ziele bedarf es einer vollständigen Reduktion der emittierten CO<sub>2</sub>eq in den Sektoren Strom, Wärme sowie Verkehr. Für nicht vermeidbare Emissionen – wie zum Beispiel aus der Landwirtschaft oder der Zementindustrie – müssen etwa 5 % der CO<sub>2</sub>eq von 1990 (= 63 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq) veranschlagt werden.

Zur Erreichung der Gesamtreduktion ist es also notwendig, noch weitere Potenziale zu erschließen, auch aus der Kreislaufwirtschaft. Die Einsparungen durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen und die Bereitstellung von Energie werden somit im Zeitverlauf eine immer größere Bedeutung für die Erreichung der Klimaziele erlangen. Die Kreislaufwirtschaft wird aller Voraussicht nach bis zum Jahr 2050 nicht nur klimaneutral sein, sondern darüber hinaus auch negative Beiträge an CO<sub>2</sub>eq zur Klimabilanz leisten können.

#### 4.4.2 Entwicklung der CO<sub>2</sub>eq in Deutschland

Gemäß den aktuellen Trendtabellen des Umweltbundesamtes (UBA) gingen die Treibhausgasemissionen bundesweit gegenüber 1990 (rund 1.250 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq) bis zum Jahr 2018 um knapp 393 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq auf rund 851 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq zurück (= -31 %).<sup>53</sup> Die Schätzungen des UBA für das Jahr 2019 belaufen sich auf rund 805 Millionen Tonnen, so dass sich aktuell ein Rückgang von 36 % ergibt. Der vergleichsweise starke Rückgang der Emissionen wird vom UBA mit der „erfolgreichen Reform des europäischen Emissionshandels, dem niedrigen Gaspreis, dem Ausbau von

<sup>53</sup> Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Dessau 2020



#### Entwicklung der CO<sub>2</sub>eq seit dem Jahr 1990 und künftige Emissionsminderungsziele der Bundesregierung



Abb: 97, Eigene Darstellung nach: BMU: Klimaschutz in Zahlen, Ausgabe 2020 | UBA: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 bis 2018, Berlin 2020

Wind- und Sonnenenergie sowie der Abschaltung erster Kohlekraftwerksblöcke<sup>54</sup> begründet. Um das Ziel von -40 % für das Jahr 2020 zu erreichen, müssen die Emissionen niedriger als 751 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq liegen.

#### 4.4.3 Entwicklung der Emissionen an CO<sub>2</sub>eq im Sektor 5 „Abfall und Sonstiges“

Einer der Quellsektoren im Rahmen der internationalen Treibhausgas-Inventarisierung nach der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) ist der Bereich „Abfall und Sonstiges“ (Sektor 5). In diesem Sektor werden im Wesentlichen die Emissionen aus Abfalldeponien, der mechanisch-biologischen Behandlung, der Kompostierung und der Abwasserbehandlung erfasst. Die Emissionen aus der Abfallverbrennung und -mitverbrennung werden im Sektor 1 „Energie“ erfasst. Der Sektor 5 „Abfall und Sonstiges“ hat seit 1990 die stärkste Verringerung der Treibhausgasemissionen unter allen Quellsektoren erreicht. Die Emissionen sanken von rund 38,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq im Jahr 1990 auf noch 9,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2018 (= -75 %).<sup>55</sup> Der Anteil an der gesamten Emissionsminderung in Deutschland beträgt für diesen Sektor rund 7,3 %. Nach dieser Betrachtung weist die heutige Kreislaufwirtschaft noch einen Anteil von etwa 1,1 % an den Gesamtemissionen Deutschlands<sup>56</sup> auf. Für das Jahr 2019 rechnet das UBA noch mit Emissionen des gesamten Sektors 5 von etwa 9 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq.<sup>57</sup>

Innerhalb des Sektors dominiert mit 77,9 % der Emissionen die Abfalldeponierung. Weitere Emissionsquellen sind mit 10,7 % die „Abwasserbehandlung“ und mit 11,4 % „Übrige Emissionen, unter anderem biologische Behandlung von festen Abfällen“.<sup>58</sup>

Die deutliche Reduzierung der Treibhausgase im Bereich des Sektors 5 „Abfall und Sonstiges“ ist fast ausschließlich auf das Verbot zur Ablagerung von unvorbehandelten Abfällen auf den Deponien<sup>59</sup> zurückzuführen, welches in der Folge die Freisetzung von Methan aus den Abfalldeponien deutlich reduziert hat. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, mit weiteren klimarelevanten Effekten ist durch die zurückgehende Ausgasung und Erfassung der Gase der Deponien zu rechnen. Die im Rahmen des Klimaschutzgesetzes erfolgte freiwillige Selbstverpflichtung der Deponiebetreiber zur zusätzlichen Reduzierung der Emissionen an CO<sub>2</sub>eq wird bis zum Jahr 2028 zu einer weiteren Reduzierung der Emissionen in Höhe von etwa 1,0 Millionen Tonnen führen. Vor diesem Hintergrund hat das BMU für den Sektor 5 „Abfall und Sonstiges“ bis zum Jahr 2030 ein Reduktionsziel von rund 4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq\* auf rund 5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq (= -46 %) formuliert.<sup>60</sup> Eine umfassende Analyse und Modellierung der künftigen Entwicklung der Emissionen an CO<sub>2</sub>eq im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) kommt zu dem Ergebnis, dass für im Sektor 5 erfassten Bereiche der Kreislaufwirtschaft bis zum Jahr 2050 noch mit einem weiteren Rückgang der Emissionen auf 2,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq zu rechnen ist.<sup>61</sup>

#### Entwicklung der Emissionen im CO<sub>2</sub>eq im Sektor 5 „Abfall und Sonstiges“ seit dem Jahr 1990 (Mio. t)

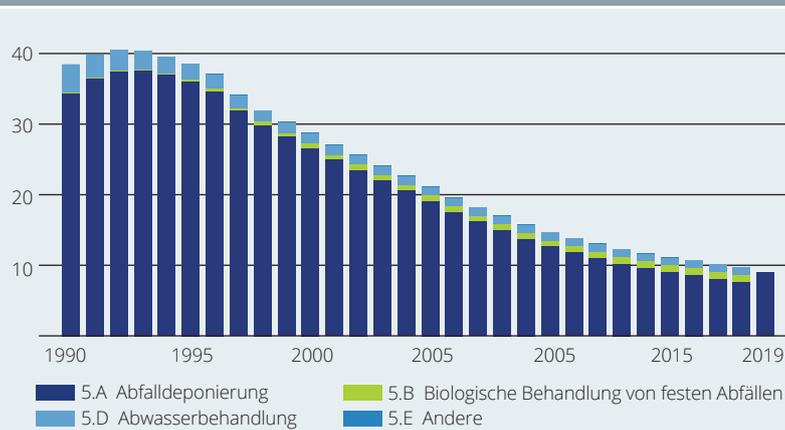


Abb. 98, Eigene Darstellung nach: Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Dessau 2020

#### Veränderung der Emissionen an CO<sub>2</sub>eq in der Abfallwirtschaft im Europäischen Vergleich 1990 – 2018

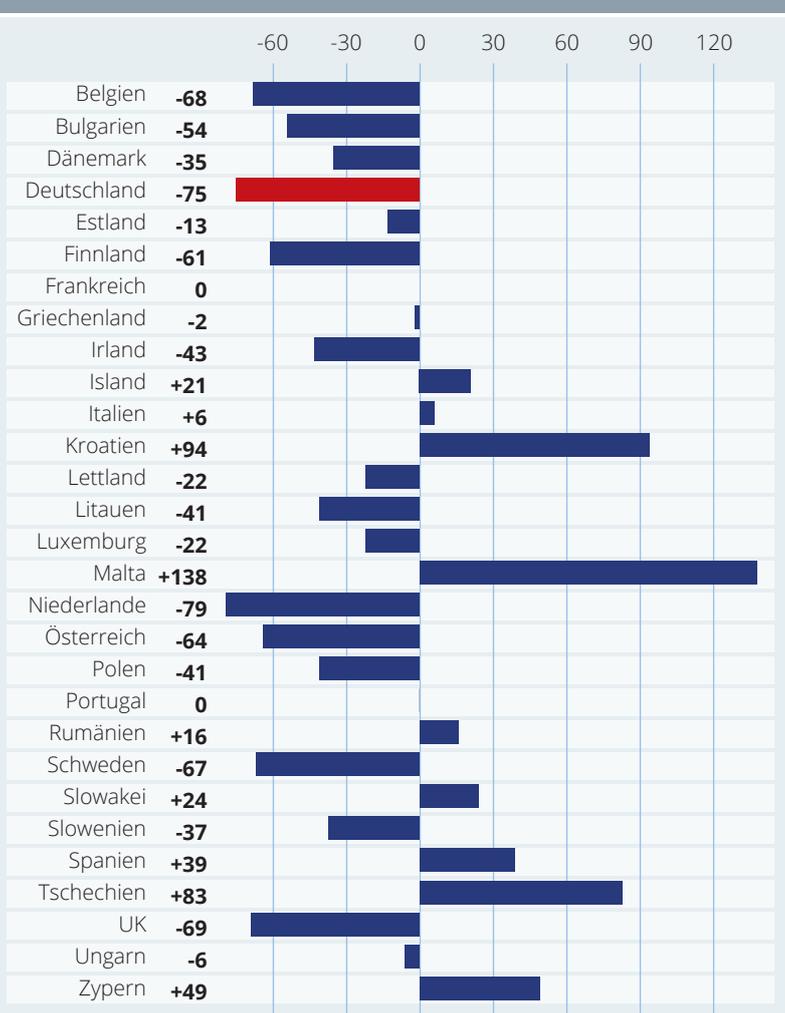


Abb. 99, Eigene Darstellung nach: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA): EEA gren hous gas date viewer; <https://www.eea.europa.eu/publications/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

\* Dieses Ziel resultiert zu 3 Millionen Tonnen aus der weiteren Ausgasung der Deponien und zu 1 Millionen Tonnen aus der zusätzlichen Erfassung von CO<sub>2</sub>eq über die freiwillige Selbstverpflichtung.

### 4.4.4 CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenziale auf allen Stufen der Wertschöpfung

Die Kreislaufwirtschaft besteht aus einer Vielzahl von Wertschöpfungsstufen, angefangen bei der Erfassung der Abfälle über die Sammlung und den Transport, die mechanische (mechanisch-biologische, mechanisch-physikalische) und chemisch-physikalische (Vor-) Behandlung bis hin zur stofflichen und energetischen Verwertung, der thermische Beseitigung und Deposition von nicht mehr verwertbaren Abfällen.

Bereits auf der Ebene der Erfassung der unterschiedlichen Abfall- bzw. Wertstofffraktionen führen optisch ansprechende und mit digitalen Füllstandsmessern ausgestattete Unterflurbehälter zu einer Zunahme der erfassten Wertstoffmengen und zu einer Optimierung der Sammelrouten, beide Effekte führen zu einer Energieeinsparung und damit zu einer Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Für den Transport von Abfällen gibt es derzeit in vielen kommunalen und privaten Unternehmen Pilotprojekte für den Einsatz von batterie- und neuerdings auch wasserstoffbetriebenen Müllfahrzeugen. Auch der Einsatz von Treibstoffen auf der Basis von Biomasse wird an vielen Orten bereits erprobt (siehe Kapitel 3) und steht stellvertretend für die intelligente und klimaschonende Nutzung von „vermeintlichen“ Abfällen.

Die stoffliche Verwertung der Abfälle trägt ebenfalls zur Reduzierung von Treibhausgasen bei. So dient der Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Industrie

sowohl dem Ressourcen- als auch dem Klimaschutz. Durch die Substitution von Primärrohstoffen, die häufig mit einer energieintensiven Gewinnung und Verarbeitung verbunden sind, lassen sich neben den Rohstoffen auch fossile Primärenergieträger und deren Emissionen einsparen.

Durch die energetische Verwertung der nicht hochwertig stofflich verwertbaren Abfälle lassen sich in hohem Maße Primärenergieträger ersetzen und damit ebenfalls Treibhausgase vermeiden. So erfolgt heute eine umfassende energetische Nutzung des Restabfalls in den thermischen Abfallbehandlungsanlagen. Zudem werden aus den in den TAB anfallenden Aschen Metalle zurückgewonnen, die nach einer Aufbereitung als Ersatzbaustoffe verwertet werden.

Aus Restabfällen, Sortierresten sowie Produktionsabfällen werden zusätzlich Ersatzbrennstoffe erzeugt und in Zement- und Kraftwerken eingesetzt. Altholz, das zu großen Teilen nicht für eine stoffliche Verwertung genutzt werden kann, wird in Biomassekraftwerken energetisch verwertet.

Das seit 2005 geltende Ablagerungsverbot für unvorbehandelte Siedlungsabfälle sowie die verstärkte getrennte Erfassung und Verwertung von Wertstoffen haben zu einem starken Rückgang der zu deponierenden Restabfälle geführt. Zusammen mit der Erfassung und der energetischen Nutzung des Deponiegases wurde damit eine kontinuierliche Reduzierung der Deponiegasemissionen erreicht.

54 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung-1990-bis-2018>



55 <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#treibhausgas-emissionen-nach-kategorien>



56 BMU: Klimaschutz in Zahlen, ebda.

57 BMU: Klimaschutz in Zahlen, ebda

58 BMU: Klimaschutz in Zahlen - Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2020, Seite 44

59 siehe hierzu: Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) vom 14. Mai 1993, mit der die Ablagerung unvorbehandelter Abfälle in Deutschland ab dem 1. Juni 2005 verboten wurde

60 BMU: Klimaschutz in Zahlen, ebda., S. 45

61 Boston Consulting Group (BCG) und Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Untersuchung im Auftrag des BDI, Berlin 2018. Ziel der Studie ist es, volkswirtschaftlich kosteneffiziente Wege zur Erreichung der deutschen Emissionsminderungsziele aufzuzeigen. Dabei sollen Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit und Industriestruktur grundsätzlich erhalten bleiben und deutschen Exporteuren zusätzliche Chancen am Weltmarkt eröffnet werden. Basis hierfür ist eine umfassende, technologieoffene Analyse technischer und wirtschaftlicher THG-Reduktionsmaßnahmen und -potenziale bis 2050.

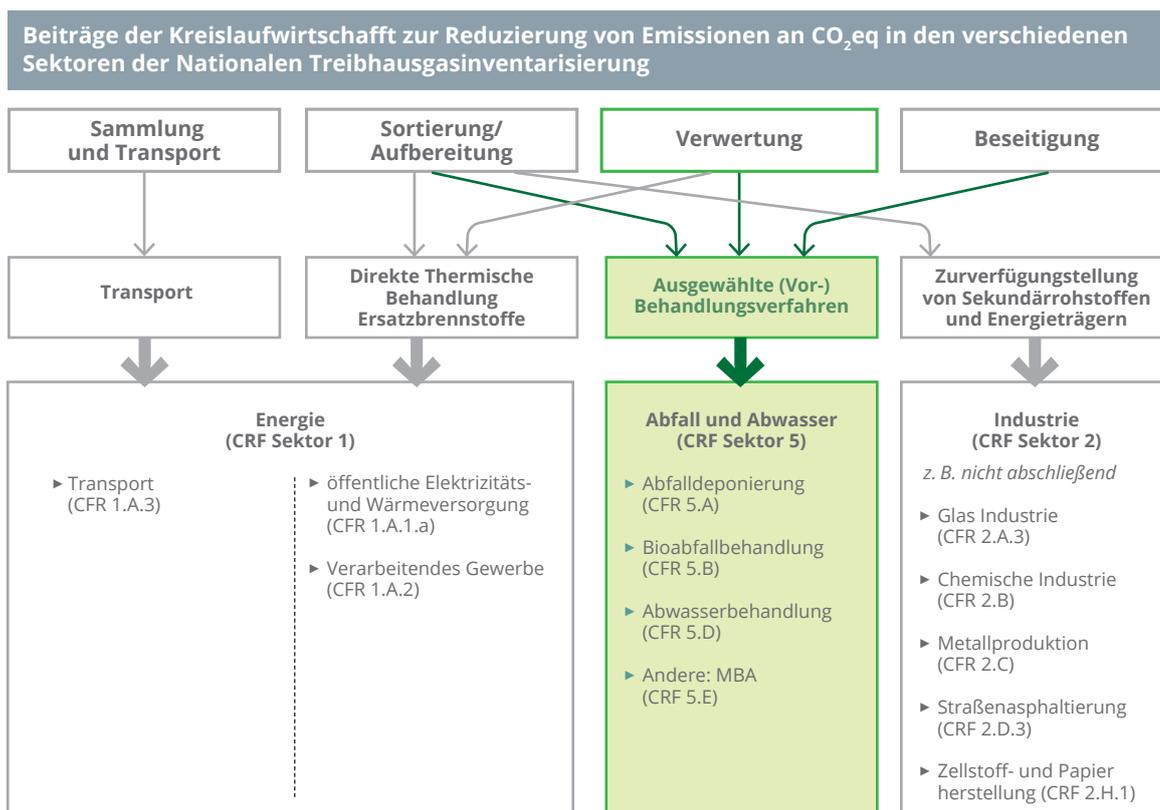


Abb. 100, Quelle: Prognos AG, eigene Darstellung



Das Lippewerk, Quelle: REMONDIS

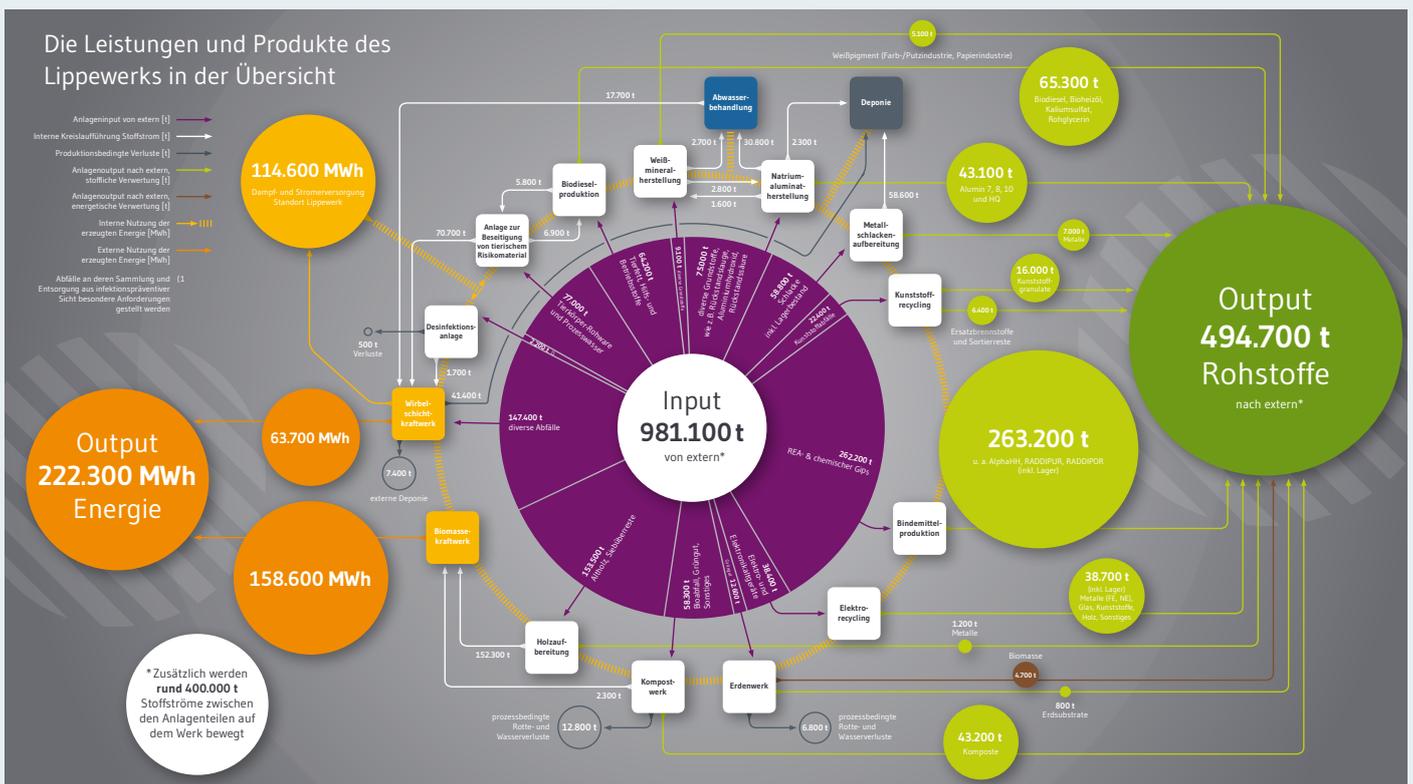
### Industrielles Recycling am Standort Lünen

Aus rund 1 Million Tonnen industriellen Abfällen und Haushaltsabfällen entstehen im Lippewerk Vorprodukte für die Industrie, Abfälle und Reststoffe werden in Kraftstoffe umgewandelt und Biomasse wird genutzt: Kunststoffe werden zu Granulaten und aus Schlacken werden Metalle gewonnen. So wird beispielsweise Natriumaluminat zur Abwasserreinigung und als Bindesowie Weißmittel gewonnen. Ein Teil des in der Aluminanlage erzeugten Natriumaluminats wird zur Herstellung von Weißpigmenten für die Putz- und Papierindustrie eingesetzt. Auch REA-Gips, der bei der Entschwefelung der Rauchgase von fossil befeuerten Kraftwerken entsteht, wird aufbereitet und zu Bindemitteln verfeinert. Eine weitere Anlage vor Ort sorgt dafür, dass Abfälle aus der Fleischherstellung, insbesondere aus Tierfetten, zu Biodiesel umgewandelt werden. Diese Anlage hat die größte einzelne Klimawirkung vor Ort und führt allein zu einer Vermeidung von 160.000 Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Jahr.

Nicht nur für die Industrie wird recycelt, sondern auch für die Landwirtschaft und private Haushalte. Das Kompost-/Erdenwerk bearbeitet über 70.000 Tonnen Bio- und Grüngut sowie Altholz und vermeidet damit 7.000 Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Jahr. Allerdings kann nicht das gesamte angelieferte Grüngut recycelt werden. Das restliche Material wird jedoch energetisch in Bio-

massekraftwerken genutzt und dient so als regenerativer Energieträger, der sonst mit fossilen Rohstoffen erzeugten Strom ersetzt – etwa 160.000 Megawattstunden pro Jahr. Insgesamt werden im Lippewerk jährlich Treibhausgasemissionen in Höhe von fast 470.000 Tonnen CO<sub>2</sub>eq vermieden. Diese Menge an Treibhausgasen entspricht einem jährlichen Ausstoß an CO<sub>2</sub>eq von ca. 50.000 Bürgerinnen und Bürgern bei einer „normalen“ Lebensführung.

Viele Investitionen in die Optimierung der Kreislaufwirtschaft führen gleichzeitig auch zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Emissionen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. In Bezug auf den Klimaschutz ist jeder Sekundärrohstoff grundsätzlich einem Primärrohstoff überlegen, da er mit weniger Energieaufwand hergestellt wird und in der Regel auch kürzere Transportwege hat. Hohe Beiträge zum Klimaschutz entstehen insbesondere dort, wo in intelligenten Prozessen Outputströme aus einer Anlage zu wichtigen Inputströmen anderer Anlagen werden. Zukünftig kann durch ein höheres Aufkommen an recycelten Mengen und eine energieeffizientere Behandlung des Abfallaufkommens der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz noch weiter gesteigert werden. Dieses Ziel wird auch durch gemeinsame Aktivitäten von Verbänden und Unternehmen der Kreislaufwirtschaft unterstützt.



Quelle: REMONDIS

### 4.4.5 Die „Kreislaufwirtschaft“ wird nicht als Ganzes bilanziert

Die Struktur der nationalen Treibhausgasinventarisierung beschreibt die Leistungen der Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz nur unvollständig. Die Kreislaufwirtschaft agiert sektorübergreifend, das heißt, sie organisiert und verantwortet u. a. über die Zurverfügungstellung von Sekundärrohstoffen auch die Verminderung der Emissionen von CO<sub>2</sub>eq in anderen Sektoren, beispielsweise in der Industrie<sup>62</sup>, der Landwirtschaft, im Verkehr oder der Energieerzeugung. Eine umfassende, das heißt querschnittsorientierte Bilanzierung der Beiträge der Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz liegt bislang nicht vor.

### 4.4.6 Beiträge der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz – Ansatz einer Bilanzierung

Die Kreislaufwirtschaft kann sowohl in ihrem unmittelbaren Verantwortungsbereich als auch sektorübergreifend noch erhebliche Klimaschutzpotenziale realisieren. Dazu ist die gesamte Wertschöpfungskette von der Sammlung über die Sortierung bis zur Verwertung zu berücksichtigen.

Durch den Einsatz der in der Abbildung 103 ausgewählten Sekundärrohstoffe werden derzeit bereits rund 50 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq eingespart. Hinzu kommen noch rund 30 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq aus der Beendigung der Deponierung von vorbehandelten Hausmüllabfällen sowie aktuell weitere rund 5,2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq aus der thermischen Behandlung.

Durch einen stärkeren Einsatz von Sekundärrohstoffen können künftig weitere rund 8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq vermieden werden, weitere rund 8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq erwartet das UBA aus dem Bereich der Behandlungsverfahren, insbesondere aus dem Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Deponien.<sup>63</sup>

In Summe ergeben sich allein aus diesen dargestellten Fraktionen und Verfahren rund 100 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq. Darüber hinaus können in der Kreislaufwirtschaft noch mehrere Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq zum Beispiel durch die Bilanzierung anderer Wertstofffraktionen (z. B. Bau- und Abbruchabfälle, Altreifen), eine tiefergehende Aufbereitung von Müllverbrennungsschlacken, die Erzeugung von Biodiesel oder den Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse realisiert werden.

### 4.4.7 Volkswirtschaftliche Kosten zur Erreichung der Klimaschutzziele

Das Ziel, Deutschland und Europa bis zum Jahr 2050 weitgehend klimaneutral zu machen, stellt unsere Gesellschaft und unsere Wirtschaft vor große Herausforderungen. Nicht nur in vielen Wirtschafts-

Infrastrukturbereichen (wie in der Energieversorgung und im Verkehrsbereich) sind grundlegende Transformationsprozesse erforderlich, sondern auch innerhalb der Gesellschaft in Bezug auf das bestehende Konsum-, Verbrauchs- und Nutzungsverhalten. Transformationsprozesse in dieser Größenordnung sind für den Staat, die Wirtschaft und die Bürgerinnen und Bürger naturgemäß mit hohen Kosten verbunden. In diesem Zusammenhang sollte eigentlich erwartet werden, dass durch die Entscheidungsträger auf nationaler und internationaler Ebene zunächst analysiert wird, mit welchen Maßnahmen zu welchen Kosten der höchste Beitrag zur Zielerreichung geleistet werden kann. Anzustreben ist eine möglichst große und rasche Vermeidung bei möglichst geringen spezifischen Vermeidungskosten. Schritt für Schritt sind dann die Maßnahmen mit geringerer Auswirkung und höheren Vermeidungskosten vorzunehmen.

Eine solche Betrachtung wurde im Rahmen der Studie „Klimapfade für Deutschland“ im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) im Jahr 2018 durchgeführt.<sup>64</sup> Die Darstellung der Ergebnisse<sup>65</sup> in Abbildung 102 zeigt, dass etwa 80 Prozent der erforderlichen Maßnahmen in den Bereichen Energie, Industrie, Landwirtschaft und Gebäude positive direkte Vermeidungskosten haben – die emissionsminimierenden Maßnahmen kosten also mehr, als sie einsparen. Die teuersten erforderlichen Maßnahmen haben Vermeidungskosten von etwa 100 bis 135 Euro pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>eq. Umgekehrt gibt es auch Maßnahmen mit negativen Vermeidungskosten, das bedeutet, die Kosten für die Emissionsminderung liegen niedriger als die erzielten Einsparungen.

<sup>62</sup> Beispiel: Durch die Produktion von 12,6 Millionen Tonnen Rohstahl auf Basis von Stahlschrott (Elektrostahlroute) spart die Stahlrecyclingwirtschaft rund 17 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq pro Jahr. Quelle: BDSV: Zukunft Stahlschrott-Ergebnisse der Fraunhofer UMSICHT-Studie zur Zukunft des Stahlschrotts. Düsseldorf 2016, S. 10

<sup>63</sup> Prognos AG

<sup>64</sup> Boston Consulting Group / Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Untersuchung im Auftrag des BDI, Berlin 2018

<sup>65</sup> ebenda, Maßnahmen zur Erreichung des 80 %-Klimapfades, S. 80

CO<sub>2</sub>-relevante Wertschöpfungsstufen in der Kreislaufwirtschaft

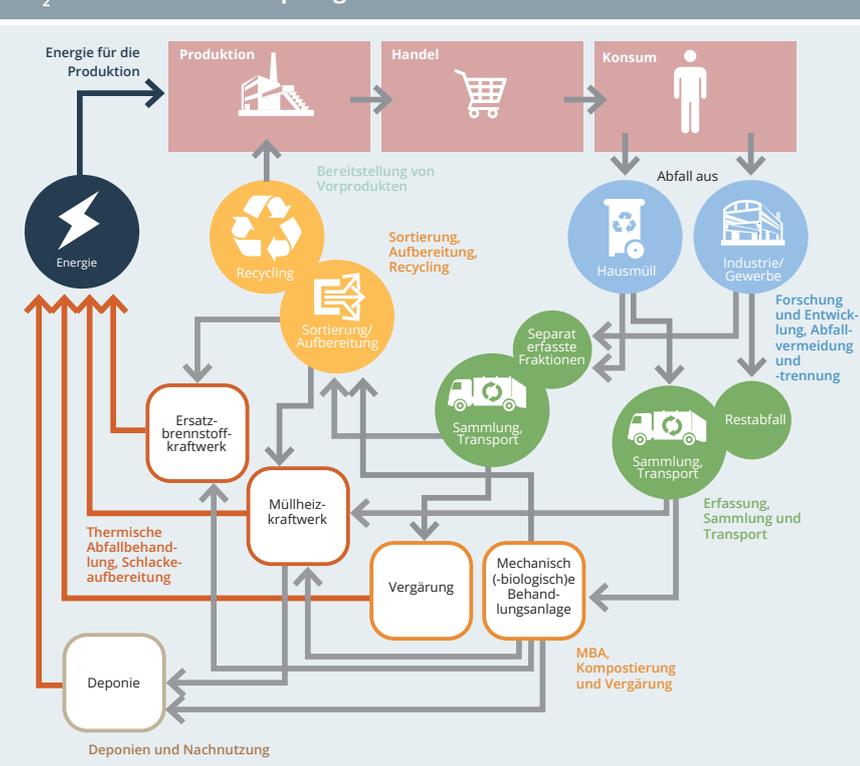


Abb. 101, Quelle: Prognos AG

66 Prognos / Ifeu / INFU: Resource savings and CO<sub>2</sub> reduction potential in waste management in Europe and the possible contribution to the CO<sub>2</sub> reduction target in 2020; Studie im Auftrag eines Verbundes Europäischer Abfallverbände (BDSV, BRB, BRBS, BVSE, CEWEP, ERFO, ETRMA, FIR, MRF, tecpol, VA), Oktober 2008.

Die zusätzliche Berechnung von beispielhaften Maßnahmen zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq in unterschiedlichen Bereichen der Kreislaufwirtschaft (die nicht Gegenstand der Studie im Auftrag des BDI waren) zeigt, dass die Maßnahmen zur Intensivierung des Recyclings nur geringfügig von der Kostenneutralität abweichen. Der Einfluss der Wertstoffpreise auf den Betrieb der Anlagen ist zum Teil erheblich und könnte bei sehr starken Schwankungen gegebenenfalls auch zu einer Veränderung der Vorzeichen führen. Grundsätzlich wird aber deutlich, dass die Kosten für die Minderung von CO<sub>2</sub>eq in der Kreislaufwirtschaft in der Regel niedriger liegen als die erzielten Einsparungen. Wichtig ist zudem, dass Maßnahmen in der Kreislaufwirtschaft sehr schnell umsetzbar sind.

Damit zählt die Kreislaufwirtschaft zu den Infrastrukturbereichen, in denen mit einem begrenzten Mitteleinsatz die größten Effekte zur Vermeidung an CO<sub>2</sub>eq erzielt werden können. Vor diesem Hintergrund sollte die Kreislaufwirtschaft wesentlich stärker als bisher in den Transformationsprozessen zur Erreichung der Klimaschutzziele berücksichtigt werden.

Für die Mitgliedsstaaten der EU wurde letztmalig im Jahr 2008 untersucht, welche Effekte durch eine Optimierung der Kreislaufwirtschaft für die Vermeidung an CO<sub>2</sub>eq zu erzielen gewesen wären.<sup>66</sup> Die Studie hat aufgezeigt, dass im Referenzjahr 2004 allein durch das Recycling sowie die stoffliche und energetische Verwertung der im Rahmen der Studie analysierten Stoffströme (ohne Haushaltsabfälle) insgesamt rund 206 Millionen Tonnen an CO<sub>2</sub>eq hätten eingespart werden können. Die Beseitigung der Restabfälle aus Haushalten hingegen verursachte im Jahr 2004 noch eine Belastung von 114 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq, die hauptsächlich durch die Methanemissionen bei der Deponierung der Abfälle verursacht wurden.

Die Ergebnisse der Studie haben somit gezeigt, dass mit einer konsequenten Kreislaufwirtschaftspolitik in Europa mehr als 10 % der europäischen Reduktionsziele bis zum Jahr 2030 allein durch den Transformationsprozess hin zu einer strukturierten Kreislaufwirtschaft hätten erreicht werden können, wie ihn die bundesdeutsche Abfallwirtschaft zu diesem Zeitpunkt bereits weitgehend durchlaufen hatte. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass im Bereich der Abfallwirtschaft der Schlüssel für eine nachhaltige Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq in der zeitnahen europaweiten Beendigung der Deponierung unvorbehandelter Siedlungsabfälle kombiniert mit dem Ausbau des Recyclings und der energetischen Verwertung, liegt bzw. liegen wird.

Aus Sicht der deutschen Kreislaufwirtschaft ist es nach wie vor nur schwer nachzuvollziehen, dass für die EU bei der Umsetzung des „Green Deals“ dieses vergleichsweise einfach zu realisierende Vermeidungspotenzial durch die Schließung der Deponien nicht stärker im Fokus der Handlungsprioritäten liegt.

Die Kreislaufwirtschaft verfügt über vielfältige Möglichkeiten, in den unterschiedlichen Emissionssektoren zu einer Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq beizutragen. Diese Möglichkeiten bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der stofflichen und energetischen Verwertung von Abfällen haben nicht nur positive Effekte für den Klimaschutz, sondern gleichzeitig auch für die Schonung der natürlichen Ressourcen und für die Unterstützung der Energiewende. Die Verbände der Kreislaufwirtschaft werden auch weiterhin durch eine Verbesserung der Kreislaufführung von Rohstoffen nachweislich dafür Sorge tragen, dass die Kreislaufwirtschaft ihren Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaziele leisten wird.

**Kosten von ausgewählten Maßnahmen zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq in unterschiedlichen Sektoren (€/t CO<sub>2</sub>eq)**

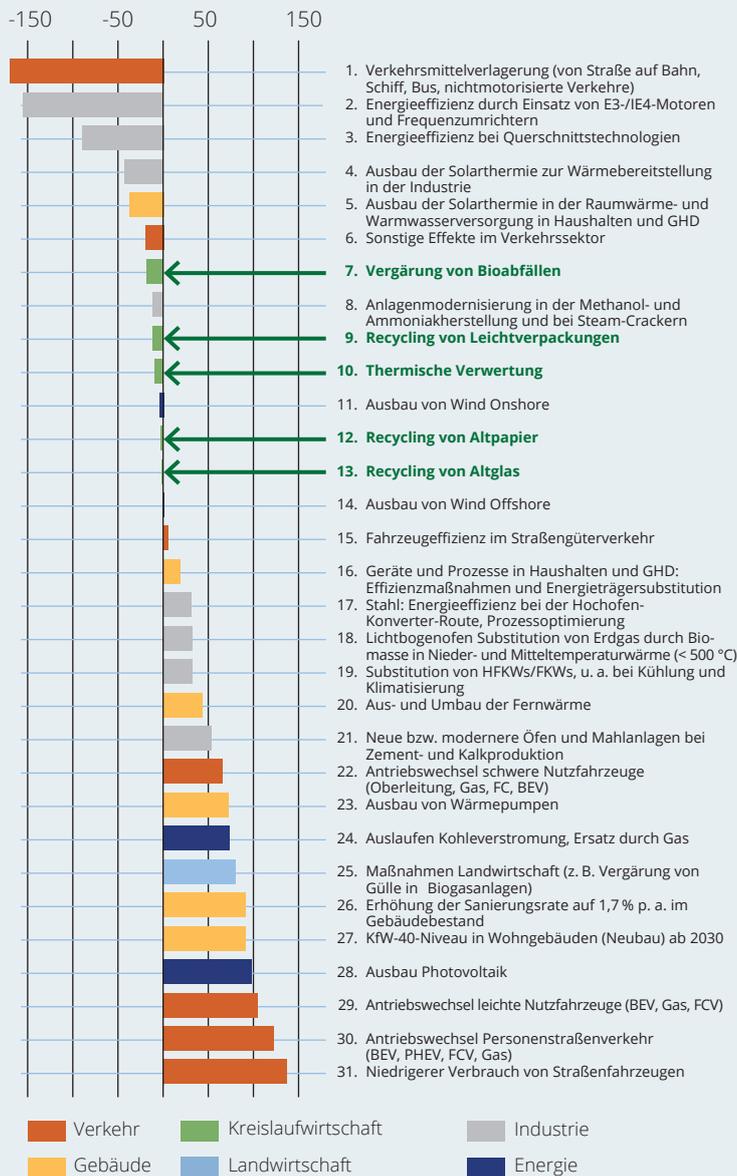


Abb. 102, Quelle: Eigene Darstellung nach: Boston Consulting Group / Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Untersuchung im Auftrag des BDI, Berlin 2018. Zusätzliche Berechnungen für die Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft: Prognos AG.

### Klimapotentiale ausgewählter Wertstofffraktionen

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen der Untersuchung „Bestandsaufnahme und Ableitung von CO<sub>2</sub>-Kennwerten zur Potenzialberechnung ausgewählter Wertstofffraktionen“ für den Verein „Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.“ erstellt. Das Ziel der Untersuchung bestand in der Darstellung der für ausgewählten Fraktionen bereits geleisteten CO<sub>2</sub>-Einsparungen sowie in der Darstellung der zusätzlichen Potenziale an CO<sub>2</sub>-Einsparungen, welche durch zusätzliche Maßnahmen zur weiteren Verbesserung der Erfassung und Verwertung von Sekundärrohstoffen noch erschlossen werden können.

Die Basis für die Untersuchung bildet eine breite Recherche nationaler und internationaler Kennwerte zur CO<sub>2</sub>-Einsparung für die betrachteten Fraktionen:

In 67 unterschiedlichen Quellen wurden insgesamt 343 CO<sub>2</sub>-Kennwerte identifiziert, von denen 123 als relevant eingestuft wurden. Für die Bildung qualifizierter Mittelwerte bzw. zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch den Einsatz einer Tonne Sekundärrohstoffe wurden schlussendlich noch 42 Kennwerte herangezogen.

Die Recyclingpotenziale der einzelnen Wertstofffraktionen liegen noch deutlich höher als in der Untersuchung dargestellt, da z. B. die Kreislaufmaterialien (= innerbetriebliche Kreislaufführung von Produktionsabfällen, insbesondere von Metallen) bei der Potenzialabschätzung nicht berücksichtigt werden konnten. Zudem müssen für eine abschließende Darstellung der Potenziale der Kreislaufwirtschaft auch noch weitere Fraktionen, wie beispielweise die Bau- und Abbruchabfälle im Hinblick auf ihre Klimarelevanz analysiert und einbezogen werden

**CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch Recycling bei ausgewählten Wertstofffraktionen (2016)**



Abb. 103, Quelle: Prognos AG

## Unterschiede in den Strukturen, Gemeinsamkeiten bei den Zielen.

Der europäische Aktionsplan für die Circular Economy stellt die Notwendigkeit des Überganges zu einer auf Lebenszyklen basierenden „Kreislauf“-Wirtschaft in den Mittelpunkt des Handelns. Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Kreislaufwirtschaft starten die europäischen Mitgliedsstaaten von unterschiedlichen Ausgangssituationen. Einige Staaten stehen noch immer vor der großen Herausforderung, die weitgehende Deponierung unvorbehandelter Siedlungs- und Industrieabfälle zu beenden, während dies in anderen Ländern bereits weitgehend bzw. vollständig erfolgt ist. Zu diesen Ländern zählt auch Deutschland, welches schon seit vielen Jahren eine technologische Vorreiterrolle in Europa einnimmt und somit über wichtiges Know-how für die Erreichung der europäischen Ziele zum Ressourcen- und Klimaschutz verfügt.

OPAD, OTPADЪЦИ, SPILD, RAISKAMINE, JÄTTEET, DÉCHETS, ΑΠΟΒΛΗΤΑ, ΔΡΑΜΗΑΪΛ, ΣÓUN, RIFIUTI, MALBARATAMENT, GUBLJENJE, ATKRITUMI, ATLIKOS, OFFALL, OTPAD, VERSPILLING, AVFALL, ODPADKI, DESPERDÍCIO, DESEURI, ОТХОДЫ, AVFALL, ГУБЪЕЊЕ, MRHAŤ, ODPADKI, SZEMÉTLŐS, DESPERDICIOS, ODPADKY, WASTE, **ABFALL**, SBWRIEL, GUBIMO, OPAD, OTPADЪЦИ, SPILD, RAISKAMINE, JÄTTEET, DÉCHETS, ΑΠΟΒΛΗΤΑ, ΔΡΑΜΗΑΪΛ, ΣÓUN, RIFIUTO, MALBARATAMENT, GUBLJENJE, ATKRITUMI, ATLIKOS, OFFALL, OTPAD, VERSPILLING, AVFALL, ODPADKI, DESPERDÍCIO, DESEURI, ОТХОДЫ, AVFALL, ГУБЪЕЊЕ, MRHAŤ, ODPADKI, SZEMÉTLŐS, DESPERDICIOS, ODPADKY, WASTE, SBWRIEL, GUBIMO, ABFALL

### 4.5.1 Aktuelle abfallpolitische Zielsetzungen der EU

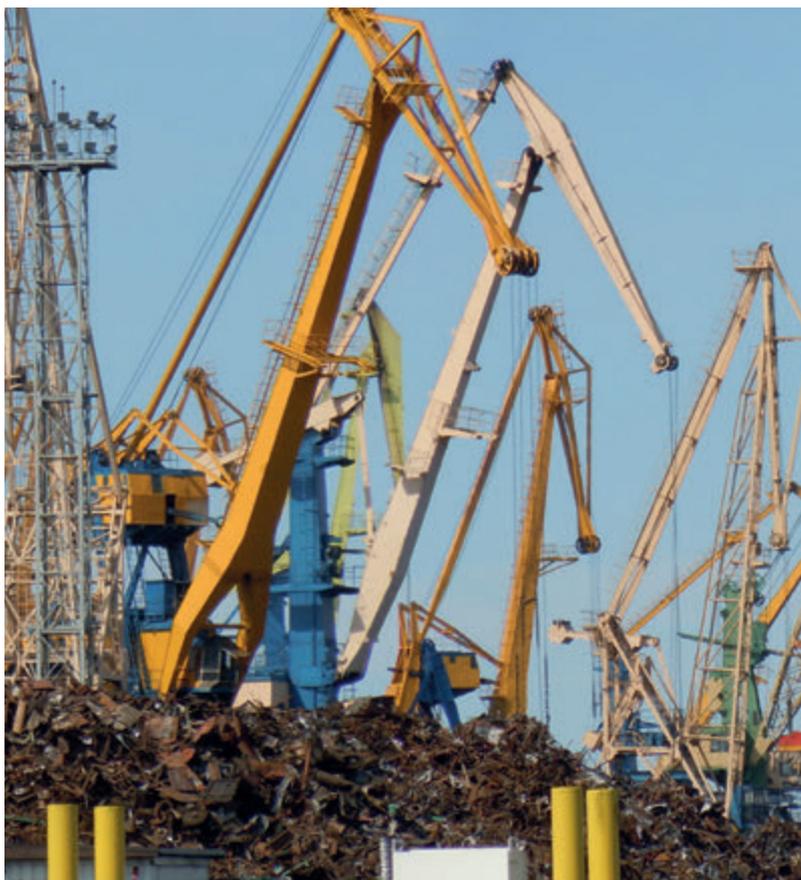
Die EU-Abfallpolitik kann auf eine lange Tradition zurückblicken. Dabei lag der Schwerpunkt in den Anfangsjahren eher auf einer Abfallbewirtschaftung zur Reduzierung der Umweltbelastungen. Während die Industrie bereits seit längerem das Nutzungspotenzial von Abfällen erkannt hat, begann die Politik auf der EU-Ebene zu Beginn dieses Jahrhunderts die positive Seite des Abfalls als wichtiger Rohstoff- und Energielieferant stärker in den Mittelpunkt ihrer Abfallpolitik zu stellen. Derzeit verbrauchen wir in Europa pro Jahr und Einwohner insgesamt 16 Tonnen an Rohstoffen. Von diesen werden 6 Tonnen wieder zu Abfällen.<sup>67</sup>

Die Transformation der europäischen Abfallwirtschaft in den Schlüsselbereich des europäischen Ressourcenschutzes ist daher ein wichtiges Ziel der Europäischen Kommission, des Rates und auch des EU-Parlamentes. Dabei besteht das Ziel darin, die Abfallpolitik stärker mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Einklang zu bringen.

Das erste Paket zur Kreislaufwirtschaft wurde von der Kommission im Dezember 2015 verabschiedet. Dieses Paket enthielt neben Vorschlägen zur Änderung ausgewählter Rechtsakte wie der Abfallrahmenrichtlinie, der Deponierichtlinie, der Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle sowie der Richtlinien über Altfahrzeuge, über (Alt-)Batterien und (Alt-)Akkumulatoren sowie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte auch einen umfassenden Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft.

Zentrale Punkte im Bereich der Abfallwirtschaft betreffen die Festlegung von verbindlichen Quoten und Zielvorgaben mit dem Ziel, die Abfallhierarchie konsequenter umzusetzen, so unter anderem die Einführung einer Recyclingquote von 55 % für Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2025, die schrittweise auf 60 % bis zum Jahr 2030 bzw. auf 65 % bis zum Jahr 2035 erhöht werden soll. Mitgliedsstaaten, die im Jahr 2013 eine Recyclingrate von unter 20 % bzw. eine Deponierungsrate von über 60 % aufgewiesen haben, können Übergangsfristen von bis zu fünf Jahren und Abweichungen von bis zu 5 % für die Recyclingziele in Anspruch nehmen. Um den Fortschritt beim Recycling in Europa vergleichbarer zu machen, wurden die Methoden zur Berechnung der Recyclingquoten angeglichen, gleichwohl das Problem der Datenverfügbarkeit weiterhin besteht.

Auch für Verpackungen wurde die Recyclingquote angehoben, von 65 % bis zum Jahr 2025 auf 70 % bis zum Jahr 2030. Übergangsfristen sind auch hier möglich, aber das Recycling von Glas und Papier darf eine Quote von 60 % nicht unterschreiten. Kunststoffverpackungen sind bis zum Jahr 2025 zu 50 % und bis zum Jahr 2030 zu 55 % zu recyceln.



Hafenlogistik, Quelle: fotolia

Ein weiteres zentrales Anliegen des Europäischen Abfallrechtes ist die Begrenzung der Deponierung von Siedlungsabfällen auf 10 % des Aufkommens bis zum Jahr 2035, wobei Mitgliedstaaten, die 2013 mehr als 60 % deponierten, die Möglichkeit erhalten, Übergangsfristen von fünf Jahren zu erhalten. Das bedeutet, dass einige Länder noch bis zum Jahr 2040 ihre Siedlungsabfälle zumindest anteilig deponieren können. Die Verzögerung des Einstieges in die Recyclingwirtschaft wird von vielen Verbänden der Kreislaufwirtschaft in Deutschland und Europa kritisch bewertet. Ferner wurde das Deponierungsverbot für getrennt gesammelte Abfälle erlassen sowie die verpflichtende Separaterfassung für Bioabfälle ab dem Jahr 2024 und für gefährliche Haushaltsabfälle, Textilien und Altöle ab dem Jahr 2025 festgeschrieben. Gestärkt werden soll damit u. a. das Prinzip der erweiterten Herstellerverantwortung.

Im Jahr 2018 wurde mit dem zweiten Paket für die Kreislaufwirtschaft ein weiteres wichtiges Maßnahmenpaket<sup>68</sup> ergänzt. Dieses Paket beinhaltet unter anderem die EU-Strategie für Kunststoffe, eine Mitteilung über die Optionen zur Regelung der Schnittstelle zwischen Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht, den Bericht über kritische Rohstoffe und einen Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft.<sup>69</sup>

Die Förderung einer effizienteren Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und kreislaforientierten Wirtschaft ist Bestandteil des am 11. Dezember 2019 vorgestellten europäischen

<sup>67</sup> <https://ec.europa.eu/environment/waste/>



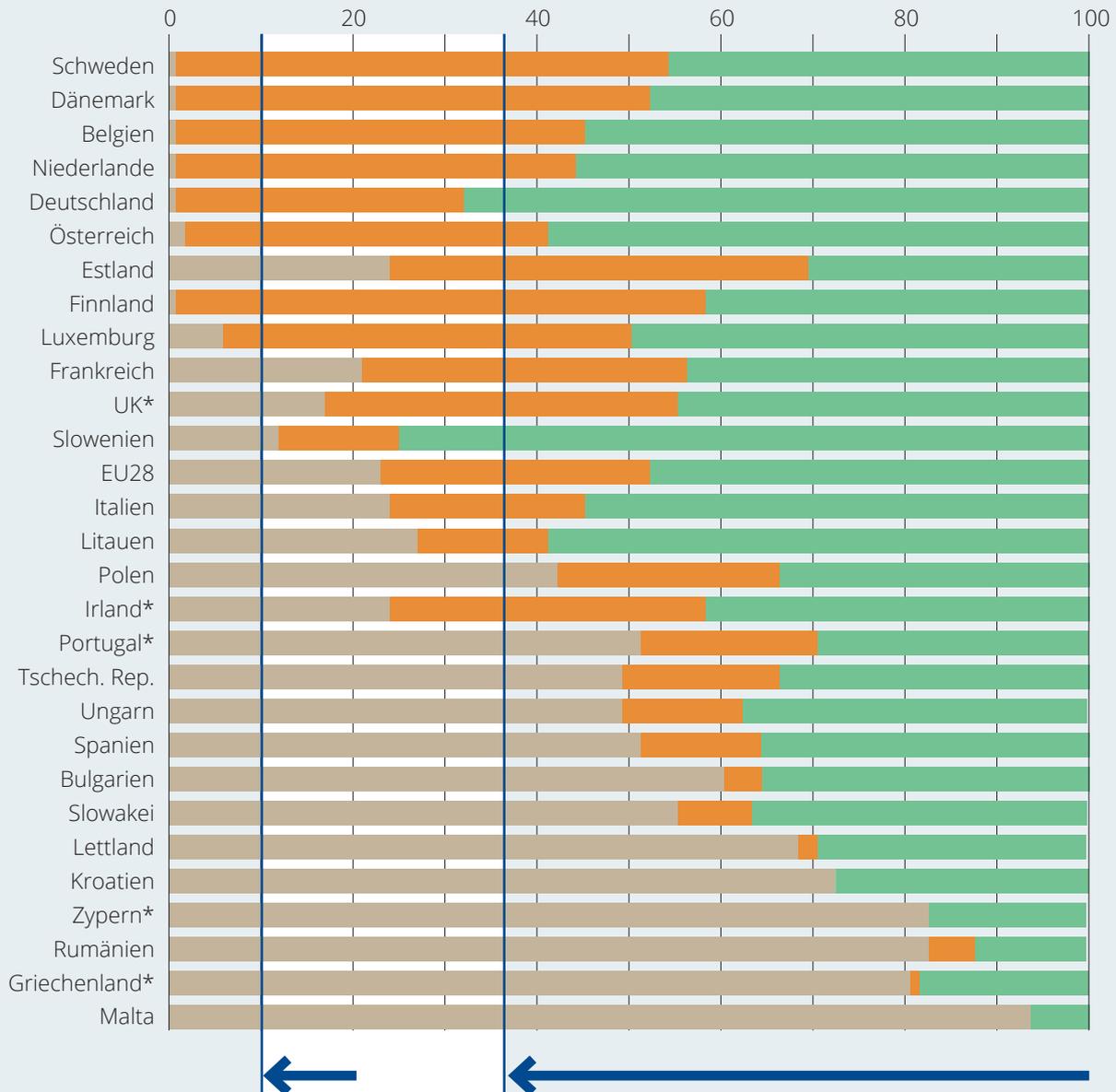
<sup>68</sup> EU Circular Economy Action Plan, [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm)



<sup>69</sup> COM (2018) 029, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:29:FIN>



## Anteil der Entsorgungswege am Siedlungsabfallaufkommen 2016



EU-Ziel bis 2040 (Deponie)

EU-Ziel bis 2035 (Recycling)

Daten für: \*2017

Deponierung

Thermik

Stoffliche Verwertung

Abb. 104, Quelle: Datengrundlage Eurostat – Daten zum Abfallaufkommen [env\_wasgen]

Green Deal. Der damit verbundene Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) vom März 2020 setzt auf eine Änderung der Produktions- und Verbrauchsmuster. Die Kommission setzt dabei unter anderem auf konkrete Maßnahmen in Bereichen, die einen sehr hohen Ressourcenverbrauch bzw. ein sehr hohes Kreislaufpotenzial haben. So sollen unter anderem

- ▶ die Lebensdauer von Produkten verlängert (z. B. bei Elektro- und Elektronikgeräten),
- ▶ der Verpackungsverbrauch auf das notwendige Maß reduziert,

- ▶ die Wiederverwendung von Textilien gestärkt,
- ▶ der Anteil der Einwegprodukte insbesondere aus Kunststoffen deutlich reduziert,
- ▶ verbindliche Anforderungen an den Rezyklatanteil von Kunststoffen erlassen und das Kreislaufprinzip auch in der Baubranche stärker verankert werden.

## 4.5.2 Stand der Kreislaufwirtschaft in den anderen EU-Staaten

### 36-mal um die Erde

In den bisher 28 EU-Mitgliedsstaaten wurden im Jahr 2018 insgesamt 2,6 Milliarden Tonnen Abfälle erzeugt. Bezogen auf die Bevölkerung waren das im Mittel 5.100 Kilogramm pro Einwohner. Das sind 100 Kilogramm mehr als zwei Jahre zuvor. Ausgehend von einer durchschnittlichen Zuladung von 12 Tonnen könnten die aneinandergereihten Müllfahrzeuge die Erde rund 36-mal umrunden. Der Anteil der gefährlichen Abfälle lag bei 4 % bzw. 210 Kilogramm pro Einwohner. Im Jahr 2016 lag dieser Wert noch bei 197 Kilogramm pro Einwohner.<sup>70</sup>

Das Aufkommen variiert deutlich zwischen den Mitgliedsstaaten und spiegelt unter anderem das Wohlstandsgefälle, aber auch die spezifische Industriestruktur der jeweiligen Länder wider. So gehören beispielsweise Finnland, Schweden, Estland und Bulgarien zu den Mitgliedsstaaten mit dem mit Abstand höchsten Pro-Kopf-Abfallaufkommen, was auf einen sehr hohen Anteil von Abfällen aus dem Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden zurückzuführen ist. Estland weist zudem auch einen hohen Anteil von Abfällen aus der Energiegewinnung auf.

### Haupterzeuger sind das Baugewerbe und der Bergbau

Rund 972 Millionen Tonnen (37,4 % des Gesamtaufkommens) entfielen im Jahr 2018 auf den Baubereich und rund 623 Millionen Tonnen (24,0 %) auf den Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden. Dabei handelt es sich zu einem sehr großen Teil um mineralische Abfälle. Vom verarbeitenden Gewerbe wurden rund 258 Millionen Tonnen (9,9 %) an Abfällen erzeugt. Bei der Erfassung und Behandlung von Abfällen fielen rund 242 Millionen Tonnen (9,3 %) an. Die privaten Haushalte trugen im Jahr 2018 mit rund 216 Millionen Tonnen (8,3 %) zum Gesamtabfallauf-



Recyclingskulptur, Belgien, Quelle: Adobe Stock

kommen der Mitgliedsstaaten bei. Die verbleibenden 288 Millionen Tonnen (8,3 %) entfielen auf die verbleibenden Wirtschaftszweige (Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgung, Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie den Dienstleistungsbereich).

Mit mehr als 1.800 Millionen Tonnen (70,3 %) weisen die mineralischen und verfestigten Abfälle den höchsten Anteil am Gesamtabfallaufkommen auf. Erst mit einem deutlichen Abstand folgen die gemischten Abfälle (309 Millionen Tonnen) – zu denen auch die kommunalen Restabfälle gehören – sowie wiederverwertbare Abfälle (266 Millionen Tonnen). Hierbei dominieren Eisen- und Stahlabfälle sowie Holz- und Papierabfälle. Der tatsächliche Anteil der wiederverwertbaren Abfälle<sup>71</sup> ist jedoch um einiges höher. Da die Abfallstatistiken mehrheitlich nur die Mengen, die an Abfallbehandlungsanlagen geliefert werden, erfassen, fehlen Angaben zu Kreislaufmaterialien oder Direktanlieferungen beispielsweise an Stahlwerke und Papierfabriken.

<sup>70</sup> Eurostat – Daten zum Abfallaufkommen [env\_wasgen]

<sup>71</sup> Eurostat-Gruppe 06 und 07 ohne 077

<sup>72</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_20_420)



*Um bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen, unsere natürliche Umwelt zu erhalten und unsere wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, bedarf es einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft. Unsere Wirtschaft ist heute noch überwiegend linear gestaltet und nur 12 % der Sekundärstoffe und -ressourcen gelangen wieder in die Wirtschaft zurück. Viele Produkte gehen zu schnell kaputt, können nicht ohne Weiteres wiederverwendet, repariert oder recycelt werden oder sind nur für den einmaligen Gebrauch bestimmt. Sowohl für Unternehmen als auch für Verbraucher kann ein enormes Potenzial entfaltet werden. Mit dem heutigen Plan leiten wir Maßnahmen ein, um die Art und Weise, wie Produkte hergestellt werden, zu verändern und die Verbraucher in die Lage zu versetzen, nachhaltige Entscheidungen zu ihrem eigenen Nutzen und zum Nutzen der Umwelt zu treffen.*





# Jede Sekunde

wird weltweit eine LKW-Ladung Textilien verbrannt oder deponiert  
→ Förderung von Ökodesign, Wiederverwendung und Recycling

Quelle: unsplash



# 175 kg

Verpackungsabfälle hat jeder EU-Bürger 2017 ungefähr erzeugt  
→ Förderung von Mehrwegverpackungen (z. B. für Obst und Gemüse)

Quelle: unsplash

## Beispiele aus dem Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft



# 2x

so groß wie heute könnte der Verbrauch von Kunststoffen in den nächsten 20 Jahren sein.  
→ Einwegkunststoffprodukte sollen - wo möglich - durch Mehrwegprodukte ersetzt werden

Quelle: unsplash

# 66%

aller europäischen Verbraucher würden ihre Elektrogeräte gerne länger benutzen.  
→ Förderung eines Produktdesigns, welches die Reparaturfähigkeit erhöht

Quelle: unsplash



Von Hundertwasser gestaltet: MVA Spittelau in Wien, Quelle: Adobe Stock

### Deponieanteil weiterhin hoch

Die Statistiken zu den innerhalb der EU-Mitgliedsstaaten behandelten Abfällen liefern auch in Bezug auf die Entsorgungswege nur ein unvollständiges Bild, da nicht alle Behandlungsverfahren\* in die Berichtspflicht aufgenommen wurden. Zudem werden in den Import- und Exportstatistiken, die im Rahmen eines gemeinsamen Fragebogens über das Basler Übereinkommen erfasst werden, nur die notifizierungspflichtigen Abfälle erfasst. Daten zu nicht notifizierungspflichtigen Abfällen lassen sich in gewissem Umfang über die Außenhandelsstatistiken ermitteln.

Ein Blick auf die 2,36 Milliarden Tonnen in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle (ohne Kreislaufmaterialien im Jahr 2018) zeigt, dass europaweit immer noch 44,2 % (1.045 Millionen Tonnen) der Abfälle deponiert wurden. Im Jahr 2004 lag dieser Anteil prozentual noch bei 52,8 %. Im Jahr 2018 wurden weitere 9,8 % des Abfallaufkommens z. B. in Gruben, Brüchen und Tagebauen verfüllt. Der Recyclinganteil des Abfallaufkommens lag im Jahr 2018 bei 39,2 %. Weitere 6,7 % der Mengen wurden thermisch behandelt, davon überwiegend in Anlagen mit Energierückgewinnung.<sup>73</sup> Die Detailzahlen zeigen, dass die einzelnen Mitgliedsstaaten auf dem Weg zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft bisher unterschiedlich weit vorangeschritten sind. Das zeigt sich insbesondere bei der Entsorgung der Siedlungsabfälle.

### Recyclingpotenziale bei der Entsorgung von Siedlungsabfällen

In den 28 EU-Mitgliedstaaten wurden im Jahr 2018 insgesamt rund 250 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle in privaten Haushalten und gewerblichen Anfallstellen erzeugt. Der einwohnerspezifische Mittelwert lag bei 489 Kilogramm je Einwohner, wobei die Bandbreite innerhalb der Mitgliedsstaaten zwischen 272 kg in Rumänien und 814 kg in Dänemark stark variiert.<sup>74</sup> Ursächlich hierfür sind nicht allein das Wohlstandsgefälle in der EU und das damit verbundene Konsumverhalten der Bevölkerung, sondern zum einen die unterschiedlichen Definitionen von „Siedlungsabfällen“ und zum anderen auch der Anschlussgrad der Bevölkerung an eine ordnungsgemäße Abfallentsorgung, der Grundlage für die statistische Erfassungsmöglichkeit ist.

Die Verteilung nach Hauptbehandlungsverfahren zeigt, dass im Durchschnitt aller EU-Mitgliedsstaaten rund 30 % aller Siedlungsabfälle recycelt\*\*, rund 17 % kompostiert bzw. vergoren und rund 28 % thermisch verwertet werden. Dennoch verbleibt ein Anteil von rund 23 %, der immer noch auf Deponien abgelagert wird. Auf den ersten Blick sind in den vergangenen Jahren bereits deutliche Erfolge bei der Abkehr von der Deponierung erzielt worden: Im Jahr 2000 wurden noch rund 57 % der Siedlungsabfälle deponiert, 2005 waren es rund 52 %, weitere fünf Jahre später lag der Anteil deponierter Siedlungsabfälle bereits bei rund 38 % und im Jahr 2015 „nur“ noch bei rund 27 %.

<sup>73</sup> Eurostat – Daten zur Behandlung der Abfälle [env\_wastrt]

<sup>74</sup> Eurostat – Daten zu Siedlungsabfällen [env\_wasmun]

\* Gemäß „Handbuch zur Abfallstatistik“ sind die als vorbereitende Maßnahmen definierten Verfahren D8, D9, D13, D14, D15, R12 und R13 von der Berichtspflicht ausgenommen. Ebenfalls nicht enthalten ist das Beseitigungsverfahren D11 ‚Verbrennung auf See‘, da diese Behandlung nach internationalen Übereinkünften verboten ist.  
Quelle: Handbuch zur Abfallstatistik - Handbuch zur Datenerhebung über Abfallaufkommen und -behandlung - Ausgabe 2013  
Link: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5926085/KS-RA-13-015-DE.PDF/b06b52ef-06d9-412c-aeb0-0e0b9a139>

\*\* Input-basierte Berechnung



Sammlung in Italien, Quelle: Breer

75 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>



Der erzielte Rückgang verteilt sich jedoch nicht gleichmäßig über alle EU-Mitgliedsstaaten. Während beispielsweise Litauen, Estland oder Slowenien ihren Anteil deponierter Siedlungsabfälle im Jahr 2000 von 100 %, 98 % bzw. 93 % bis zum Jahr 2018 auf 27 %, 23 % bzw. 12 % reduziert haben, beträgt der Anteil der deponierten Mengen in anderen Ländern wie Zypern, Griechenland und Malta immer noch über 80 %. Insgesamt haben zehn Mitgliedsstaaten noch einen Anteil an deponierten Siedlungsabfällen von mehr als 50 %. Vor großen Herausforderungen stehen dabei insbesondere Bulgarien, Griechenland, Lettland, Malta und Rumänien. Sie müssen die Geschwindigkeit bei der Veränderung der Verwertung von Siedlungsabfällen deutlich erhöhen, um trotz der möglichen Fristverlängerung bis zum Jahr 2040 das 10 % Ziel erreichen zu können. Das Ziel des EU-Kreislaufwirtschaftspaketes, den Anteil deponierter Siedlungsabfälle bis 2035 auf unter 10 % zu reduzieren, haben acht Mitgliedsstaaten bereits erreicht. Hierzu zählen neben den skandinavischen Ländern Dänemark, Schweden und Finnland auch die Beneluxstaaten Niederlande, Belgien und Luxemburg sowie Deutschland und Österreich.

Bei konsequenter Umsetzung der Deponierungsziele des EU-Kreislaufwirtschaftspaketes ließen sich, bezogen auf die Summe der im Jahr 2018 behandelten Siedlungsabfälle, mindestens 40 Millionen Tonnen zu deponierender Abfälle vermeiden. Das erfordert den zügigen Aufbau weiterer Behandlungskapazitäten, vorzugsweise in Sortier- und Aufbereitungsanlagen sowie in biologische und thermische Behandlungsanlagen. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen wirtschaftlichen Situation der Länder ist davon auszugehen, dass nicht alle Länder den notwendigen Investitionsbedarf aufbringen können. Um den gemeinsamen europäischen Zielen näherzukommen, sind gemeinsame Anstrengungen aller EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen einer europäischen Arbeitsteilung notwendig, da sich der Klima- und Ressourcenschutz nicht auf nationale Grenzen beschränken lässt. Wertstoffhaltige Abfälle können auch

zukünftig in anderen Mitgliedsstaaten zu Sekundärrohstoffen aufbereitet werden, die sich dann auch um die umweltverträgliche Beseitigung und Verwertung der Reststoffe aus der Aufbereitung kümmern müssen. Zumindest so lange, bis in allen Ländern mit einem hohen Deponieanteil eine nachhaltige Recycling-Infrastruktur aufgebaut worden ist.

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft in Deutschland verfügen neben den technischen Kompetenzen auch über die notwendigen organisatorischen Erfahrungen, um andere Mitgliedsstaaten beim Aufbau der Infrastruktur, dem Betrieb von Anlagen und dem Management von Stoffströmen unterstützen zu können.

### Beitrag der Abfallwirtschaft zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen in Europa

Die Leistungen der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz werden über die bestehende Struktur der nationalen Treibhausgasinventarisierung nur unvollständig beschrieben (vergleiche dazu Kapitel 4.4). Der Sektor 5 „Abfall“ umfasst lediglich die Beiträge ausgewählter (Vor-)Behandlungsverfahren, wie der Abfalldeponierung (5.A), der Bioabfallbehandlung (5.B), der Verbrennung ohne Energierückgewinnung (5.C), der Abwasserbehandlung (5.D) sowie anderer Verfahren, wie der MBA (5.E). Die über die Abfallwirtschaft der Industrie wieder zur Verfügung gestellten Sekundärrohstoffe bzw. Energien sind anderen Sektoren zugeordnet.

Wird allein der Sektor 5 „Abfallwirtschaft“ betrachtet, so betrug der Anteil der Emissionen der 28 EU-Mitgliedsstaaten im Jahr 1990 mit 241 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq einen Anteil von 4,2 % an den Gesamtemissionen. Dieser Anteil ist 2018 auf 138 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>eq zurückgegangen, was einem Anteil an den Gesamtemissionen von 3,1 % entspricht.<sup>75</sup> Absolut entspricht dies einem Rückgang um 43 %, der zu großen Teilen auch auf den bisher erreichten Rückgang der deponierten Abfallmengen und dem resultierenden Rückgang an Methan-Emissionen zurückzuführen ist. Allerdings weisen die Entwicklungen zwischen den Mitgliedstaaten deutliche Unterschiede auf. Während die Niederlande und Deutschland einen Rückgang der Treibhausgasemissionen seit 1990 von mehr als 77 % verzeichneten, haben sich die Emissionen in Kroatien und Malta mehr als verdoppelt. Dies lässt sich teilweise aus der Entwicklung der Abfallwirtschaft mit einem höheren Anschlussgrad an die öffentliche Abfallentsorgung sowie den verbesserten statistischen Datengrundlagen erklären. Dennoch bleiben aus der Analyse der Statistiken Fragen offen, die (noch) nicht abschließend geklärt werden können. Die Daten der Treibhausgasinventarisierung für den Abfallbereich sollten daher momentan nur orientierend bewertet werden.

Siedlungsabfallaufkommen 2018 (in kg je Einwohner)

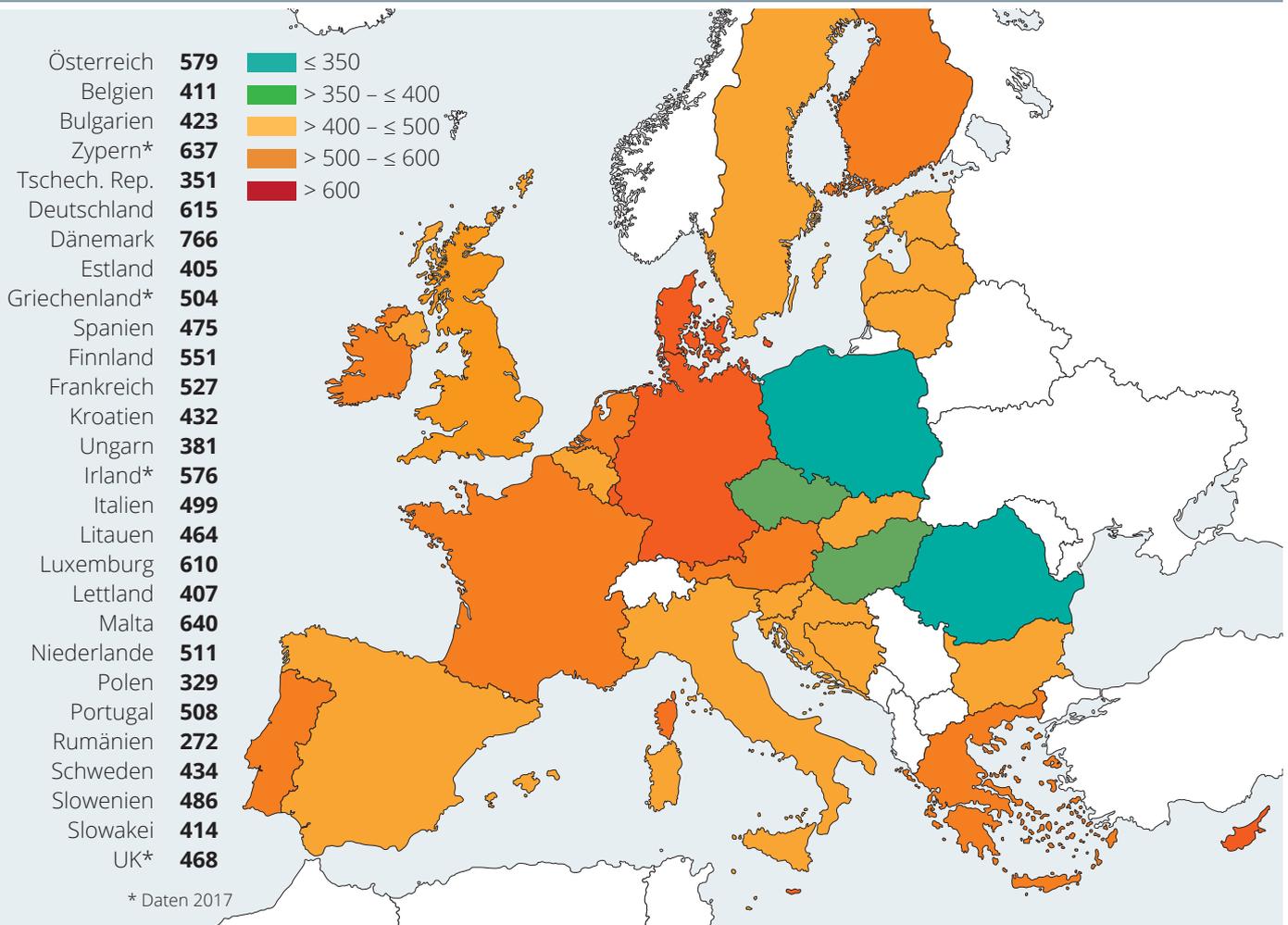


Abb. 105, Quelle: Eurostat, Aufkommen und Behandlung von Siedlungsabfällen [env\_wasmun]



Sammelfahrzeuge in Europa, Quelle: iStock, Adobe Stock, alamy



5

# Kreislaufwirtschaft – Aufgaben, Ziele und Perspektiven.

Die moderne Kreislaufwirtschaft ist heute ein wichtiger Bestandteil unterschiedlicher gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Entwicklungen: zunehmende Kreislaufführung von Wertstoffen zur Sicherung der nationalen Rohstoffversorgung mit den Zielen einer zirkulären Wirtschaft, Schonung der natürlichen Ressourcen und des Klimas, Unterstützung der Energiewende, kontinuierliche Innovationen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus, sichere Arbeitsplätze für unterschiedliche Qualifikationen, Internationalisierung und Export von Know-how und Produkten – allein diese Leistungen unterscheiden die moderne Kreislaufwirtschaft wesentlich von der reinen Abfallbeseitigung der Vergangenheit.

In drei Jahrzehnten hat die Kreislaufwirtschaft viel erreicht, viele Weichen sind richtig gestellt worden: Das Abfallgesetz von 1986, die Verpackungsverordnung von 1990, die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) von 1993, das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1996, um nur die wichtigsten zu nennen. Vor uns stehen jetzt weitere Herausforderungen, unter anderem die Umsetzung und Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung oder die Phosphorrückgewinnung durch die Monoverbrennung von Klärschlämmen. Veränderungen in der Entwicklung der Kreislaufwirtschaft werden nicht nur durch den Gesetzgeber initiiert, sondern auch durch die Art, wie unsere Gesellschaft lebt, wohnt, arbeitet, konsumiert und ihr Verhältnis zur Nutzung von Produkten definiert. Auch hieraus ergeben sich immer wieder neue Anforderungen an die Verfahren und die Organisation der Kreislaufwirtschaft.

### Die Kreislaufwirtschaft braucht die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger

Um ein hochwertiges Recycling zu ermöglichen, ist neben vielen anderen Faktoren vor allem eine sortenreine Erfassung der Wertstoffe an der Anfallstelle, sei es in den Haushalten oder in der Industrie und dem Gewerbe, unbedingte Voraussetzung, nicht zuletzt auch damit Stör- und Schadstoffe außerhalb der Kreisläufe bleiben. Dazu bedarf es zum einen immer wieder einer Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung darüber, warum Abfalltrennung wichtig ist und wie man es richtig macht, und zum anderen müssen die passenden Infrastrukturen weiterentwickelt und zur Verfügung gestellt werden.

Die Mülltrennung gehört zu den wichtigsten Beiträgen, die private Haushalte in Deutschland nach eigener Einschätzung für den Umweltschutz leisten. Insofern genießt auch das Recycling der Abfälle einen hohen Stellenwert, zumindest, was die Produkte angeht. Weniger Akzeptanz hingegen besteht in der Bevölkerung für die Infrastruktur, die für das Funktionieren der Wertschöpfungsstufen notwendig ist. Seien es Sortier- und Aufbereitungsanlagen, Thermische Abfallbehandlungsanlagen oder auch Deponien. Ohne Nachrüstung, Erweiterung und Neuplanung von Anlagen sind die wachsenden Aufgaben, die auf die Kreislaufwirtschaft zukommen, nicht zu erreichen. Daher ist es wichtig, dass die Bürgerinnen und Bürger, aber auch die Politik und die Behörden, den Anliegen der Kreislaufwirtschaft unvoreingenommen gegenüberstehen.

### Personal, Arbeitsplätze und Systemrelevanz

Die Kreislaufwirtschaft ist mit rund 310.000 Beschäftigten in Deutschland einer der wichtigsten Arbeitgeber im Bereich der Umweltwirtschaft, mit einem weiterhin wachsenden Bedarf an Fachkräften. Die Arbeitsplätze sind systemrelevant, sicher und werden durch die zunehmende Technologisierung und Digitalisierung der Branche immer vielseitiger. Gleichwohl kann die Kreislaufwirtschaft auch weiterhin die Beschäftigung für Menschen ohne Berufsausbildung anbieten, für die es in anderen Branchen kaum noch Chancen gibt. Sowohl die Unternehmen als auch die Verbände der Kreislaufwirtschaft bieten den Beschäftigten zudem umfangreiche Möglichkei-

ten zur Weiterbildung. Die Strukturen entwickeln sich dynamisch: Zu den „klassischen“ Unternehmen der Kreislaufwirtschaft kommen im Vergleich zu anderen technisch orientierten Branchen überdurchschnittlich viele Start-ups hinzu, die einen hohen Bezug zur Digitalisierung aufweisen.

Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland hat während der Corona-Pandemie die Entsorgungssicherheit flächendeckend aufrechterhalten und damit eindrucksvoll die Systemrelevanz der Branche für die Aufrechterhaltung von Wirtschaft und Gesellschaft unter Beweis gestellt. Sowohl das gesamte Krisenmanagement, die angepasste Öffentlichkeitsarbeit, die umfassenden Sicherheitsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, als auch die organisatorischen Maßnahmen und das Engagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den operativen Bereichen haben sich bisher als sehr erfolgreich und wichtig erwiesen.

### Was zahlen die Bürgerinnen und Bürger für ihre Entsorgung?

Der Betrieb und der Ausbau der Infrastruktur für die Bürgerinnen und Bürger und das Gewerbe haben naturgemäß einen Preis. Der Leistungsumfang der Kreislaufwirtschaft ist durch hohe Standards für die Behandlung der Abfälle und die angestrebte Kreislaufführung der Rohstoffe und Energie sehr umfangreich: Müllabfuhr mit hohem Servicegrad, getrennte Sammlung von Wertstoffen und Abfallprodukten zur Wiederverwendung, Herstellung von Rezyklaten und Kompostierung, Restmüll- und Sperrmüllentsorgung über Sortier-, Behandlungs- und Verbrennungsanlagen, sowie Biogasproduktion in Vergärungsanlagen, jeweils mit Energierückgewinnung, Entsorgung von Schadstoffkleinmengen, Abfallberatung und vieles mehr.

Die großen Kostenstellen für die Abfallgebühren setzen sich anteilig in etwa wie folgt zusammen:

- ▶ Kosten für die Sammlung und den Transport: ca. 30 %
- ▶ Kosten für die Abfallbehandlung und -verwertung: ca. 60 %
- ▶ Kosten für die Organisation und die Verwaltung: ca. 10 %

In Anbetracht des hohen Aufwandes und insbesondere im Vergleich zu den sonstigen „klassischen“ Ausgaben liegen die durchschnittlichen Kosten der privaten Haushalte für die Abfallentsorgung mit etwa 12 bis 20 € je Haushalt und Monat deutlich unter der Größenordnung, die gemeinhin vermutet wird.

Die kommunalen Abfallgebühren decken in erster Linie die Kosten für die Sammlung, den Transport und die umweltgerechte Entsorgung insbesondere der Restabfälle, des Sperrmülls sowie der Verwertung von Bioabfällen und Papier. Die Kosten für die Verwertung von Verpackungsabfällen (gelber Sack bzw. Behälter) hingegen werden über Lizenzentgelte gedeckt, die vom Hersteller für jede einzelne Verpackung an die Dualen Systeme zu entrichten sind und die die Verbraucher bereits beim Kauf des Produktes/der Verpackung bezahlen. Über die Lizenzentgelte für die Verpackungen entfallen auf jeden Haushalt noch einmal durchschnittlich rund 2,50 € pro Monat.

Die Wirtschaftlichkeit und die Qualität speziell des Recyclings hingegen sind entscheidend von der Marktfähigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit der Vorprodukte abhängig. Preisschwankungen auf dem Markt für Primärprodukte (Erdöl, Kupfer etc.) führen zu einer starken Volatilität der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Verwertung von Abfällen und den Einsatz von Sekundärrohstoffen.

### Die Circular Economy gibt die Entwicklung vor

Die Strategie der Circular Economy orientiert sich an dem vollständigen Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, nach Möglichkeit minimale Rohstoff-, Nährstoff- und Wertverluste zuzulassen. Ziel ist es, über die nachhaltige Produktionsweise von Gütern und die Kreislaufführung von Ressourcen das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Die Zukunft der Kreislaufwirtschaft liegt in der Einbindung in die mit der Circular Economy verbundene, weitaus umfassendere Vision der Ressourcenschonung, der Schließung von Produktkreisläufen und eines nachhaltigen Verbraucherverhaltens.

Damit das Wertschöpfungssystem nachhaltig optimiert werden kann, muss der Fokus der Politik, der Unternehmen und der Branche primär auf die Schließung der Produktkreisläufe gerichtet werden. Design for Recycling, Reparaturfähigkeit, Wiederverwendung, Leasing und Sharing benötigen auch eine Veränderung der gesellschaftlichen Wertvorstellungen, so wie sie sich auch in den Zielvorstellungen der Circular Economy widerspiegeln.

Ohne ein tiefgehendes und hochwertigeres Recycling können die Ziele der Circular Economy nicht erreicht werden. Dafür muss allerdings sichergestellt werden, dass der steigenden Menge an Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt gegenübersteht.



formuliert. Auch die Möglichkeit der Einbindung von Nebenangeboten durch die öffentlichen Beschaffungsstellen, wird noch zu wenig genutzt, um umweltfreundliche Varianten in die Vergabeverfahren einzu-beziehen. Einige Verbände der Kreislaufwirtschaft fordern daher u. a. die Einführung einer Berichts- oder Nachweispflicht für die öffentliche Hand für den Einsatz von Produkten, die Sekundärrohstoffe enthalten sowie eine Begründungspflicht im Falle der Nichtbeschaffung.

### Den technologischen Vorsprung halten und ausbauen

Der Anteil der weltweit vergebenen Patente für Technologien in der Kreislaufwirtschaft steigt ausgerechnet in den Hauptexportländern für deutsche Produkte und Sekundärrohstoffe. Dies muss zu nationalen Anstrengungen im Bereich der Forschung und Entwicklung führen. Verschiedene Firmen und Initiativen fördern und prämiieren bereits Start-ups im Bereich der Kreislaufwirtschaft, notwendig aber sind auf Dauer eine Stärkung der Hochschullandschaft, eine enge Zusammenarbeit zwischen Anlagenbetreibern, -planern und -herstellern sowie gezielte Forschungsprogramme für die Zukunftsbereiche der Kreislaufwirtschaft, wie beispielsweise die automatische Sortierung, emissionsfreie Antriebe oder Technologien für Power-to-X. Auch die weiteren Anstrengungen zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>eq werden in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen dazu beitragen, technologisches Neuland zu betreten. Die Verbände der Kreislaufwirtschaft können an dieser Stelle wichtige Impulse geben und die Entwicklungen begleiten.

### Einstellung der Deponierung von unvorbehandelten Siedlungsabfällen in Europa notwendig

Je höher die Anteile des Recyclings in der europäischen Abfallwirtschaft wachsen, desto höher werden die Beiträge der Kreislaufwirtschaft auch für die Energieversorgung, die Energiewende und den Klimaschutz sein. Die wichtigste klimarelevante Maßnahme wird für viele europäische Staaten aber zunächst darin bestehen, die Deponierung von unvorbehandelten Siedlungsabfällen zu beenden und die Deponien nach dem Stand der Technik zu ertüchtigen, inklusive der energetischen Nutzung der Deponiegase. Die Verlängerung der europäischen Laufzeiten von Deponien für unvorbehandelte Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2040 sollte vor diesem Hintergrund in der abfallwirtschaftlichen Diskussion noch einmal auf den Prüfstand gestellt werden.

### Europäische Arbeitsteilung weiterentwickeln

Unter den zehn Top-Handelspartnern Deutschlands für Abfälle, Wertstoffe und Produkte der Kreislaufwirtschaft sind jeweils zwischen sechs und neun europäische Staaten zu finden. Die nationalen und internationalen Handelsverflechtungen haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Viele Volkswirtschaften können ihren Rohstoffbedarf für ihre Exportgüter nur noch durch den anteiligen Import von Sekundärrohstoffen decken.

Für Europa muss es jetzt darum gehen, die bereits bestehenden und hochwertigen Anlagen zur stofflichen und energetischen Verwertung grenzüberschreitend so lange zu nutzen, bis in allen Staaten nach und nach funktionierende und hochwertige Infrastrukturen geschaffen worden sind.

Angesichts der derzeit noch deponierten Abfallmengen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass auch eine konsequente Nutzung der derzeit vorhandenen Anlagenkapazitäten nicht zu einer vollständigen Verwertung der Abfälle führen könnte. Dies unterstreicht im Hinblick auf die europaweit zu tätigen Investitionen die Wichtigkeit und Dringlichkeit einer gemeinsamen und abgestimmten europäischen Kreislaufwirtschaftsstrategie.

### Notwendig für die Unternehmen: Planungs- und Investitionssicherheit

Klare Rahmenbedingungen und Umsetzungszeiträume, wie beispielsweise durch das Verbot der Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle auf Deponien, haben in der Vergangenheit zu wichtigen Innovationen und zu einem grundlegenden Wandel der Strukturen für die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen geführt. Eindeutige Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene werden auch künftig für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft notwendig sein.

Die Verbände und Unternehmen der Kreislaufwirtschaft werden die anstehenden Veränderungsprozesse mitgestalten und organisieren. Der Umfang und die Qualität der stofflichen und energetischen Verwertung von Abfällen werden allerdings eng mit der Erwartung an eine gesicherte Auslastung und dem daraus resultierenden wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen verbunden sein. Vor diesem Hintergrund ist die nationale und europäische Abfallpolitik gefordert, nicht nur auf der Ziel- und Quotenebene zu agieren, sondern nachfolgend auch die Instrumente zur Regulierung von Angebot und Nachfrage der Sekundärrohstoffmärkte im Auge zu behalten.



## Perspektiven für die Kreislaufwirtschaft

Vor etwa 30 Jahren haben sich die Leistungen der Abfallwirtschaft im Wesentlichen noch auf das Sammeln, Transportieren und Deponieren von Abfällen konzentriert. Heute ist die Kreislaufwirtschaft ein System unterschiedlicher und aufeinander abgestimmter Anlagen, Technologien und Dienstleistungen auf einer Vielzahl von Wertschöpfungsstufen.

Die Grundvorstellung oder auch die „Vision“ einer „Kreislaufwirtschaft“ geht auf Klaus Töpfer zurück, welcher von 1987 bis 1994 Bundesumweltminister war. Vor dem Hintergrund der damals immer knapper werdenden Deponiekapazitäten wurden die Grundlagen für die Einführung von Rücknahme-Systemen für verschiedene Stoffströme geschaffen, um den Grundgedanken der Produzenten-Verantwortung, das heißt, der Verantwortung für die hergestellten Produkte auch nach ihrer Nutzung, umzusetzen. Damit wurde das Ziel verfolgt, dass diejenigen Hersteller, die eine Kreislaufführung ihrer Produkte sicherstellen, eine wirtschaftliche Entlastung erfahren sollten, die wiederum zur Verbesserung ihrer Marktchancen dienen sollte.

Die Produktverantwortung sollte im untergesetzlichen Regelwerk zum „Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen“ aus dem Jahr 1986 im Rahmen verschiedener Verordnungen umgesetzt werden. Neben der so genannten „Verpackungsverordnung“ aus dem Jahr 1991, die zur Volumenreduzierung der auf den Deponien abgelagerten Siedlungsabfälle beitragen sollte, war unter anderem auch an eine Möbelverordnung, eine Altpapierverordnung, eine Alt-Autoverordnung und andere stoffstromspezifische Verordnungen gedacht. Dies alles mit dem Ziel, möglichst viele Materialien zurück in den Kreislauf zu bringen.

Diese (umwelt-)politischen Initiativen haben dazu geführt, dass Deutschland in dieser Zeit auch Weltmarktführer für Patente im Bereich der Umwelttechnologien war. In der Folge wurde ein Großteil dieser untergesetzlichen Regelwerke erst einmal nicht weiter verfolgt, mit der Begründung, dass die anderen Mitgliedsstaaten Europas sich diesen Standards der Abfallwirtschaft zunächst angleichen sollten, bevor unserer Wirtschaft durch weitere Regelwerke zusätzliche Wettbewerbsnachteile entstehen würden. Damit wurde die dynamische Entwicklung der Abfallwirtschaft zunächst einmal verlangsamt, ohne dass es seitdem wieder ähnlich starke Impulse für eine Weiterentwicklung gegeben hätte.

Als Folge dieser Entscheidungen kann heute festgestellt werden, dass das damalige abfallwirtschaftliche „Entwicklungsland“ China im Bereich der Patente für Umwelttechnologien, speziell aber im Bereich der „Technik für die Abfallwirtschaft“, längst an Deutschland vorbeigezogen ist mit der Folge, dass Deutschland dauerhaft Gefahr läuft, die weltweite Technologieführerschaft in diesem Sektor zu verlieren. Zudem muss festgestellt werden, dass sich seit dieser Zeit auch die gesetzgeberischen Initiativen und die Impulse für Innovationen in der Kreislaufwirtschaft zunehmend nach Brüssel verlagert haben.

Im Ergebnis ist es in Deutschland schon seit einigen Jahren versäumt worden, konsequent an einer eigenen „Philosophie“ zur Weiterentwicklung der Strukturen einer umfassenderen Kreislaufwirtschaft weiterzuarbeiten. Die Kreislaufwirtschaft beginnt eben nicht an der Stelle, wo wir technisch heute immer noch gerne ansetzen: Trennungswillige Bürgerinnen und Bürger und Betriebe stellen Abfälle und Wertstoffe bereit, die anschließend so aufbereitet werden, dass sie in einem Produktionsprozess Primärware ersetzen und so die Ressourcen und das Klima schonen.

Dass wir bei der Schließung der Stoffkreisläufe in vielen Bereichen nicht wesentlich weitergekommen sind, ist daran zu erkennen, dass der Anteil der in der deutschen Industrie eingesetzten Sekundärrohstoffe seit etwa 30 Jahren stagniert. Daher ist es spätestens jetzt an der Zeit, mit der gezielten Substitution von Neuware bzw. mit der Konkretisierung von Überlegungen zum „Minimal Content“, also einem verpflichtenden Rezyklatanteil in bestimmten Produkten, zu beginnen und somit Vorgaben für den tatsächlichen Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion zu starten. Diese Anteile sollten in den nächsten Jahren schrittweise erhöht werden, damit sich die notwendigen Technologien entwickeln können und parallel dazu auch der Beitrag zum Klimaschutz steigen kann.

Für das Ziel eines klimaneutralen Deutschlands und eines klimaneutralen Europas werden an vielen Stellen tiefgreifende Veränderungen notwendig sein, die auch die Strukturen und die Arbeitstiefe der Kreislaufwirtschaft betreffen werden. Eine „echte“ Kreislaufwirtschaft wird in Deutschland beim Produktdesign beginnen müssen. Dieser eine Schritt nach vorne in der Wertschöpfung wird künftig entscheidend dafür sein, welche Standards wir in Deutschland für die Recyclingfähigkeit von Produkten definieren werden: Produkte so herzustellen, dass sie am Ende ihres Lebenszyklus zu Rohstofflieferanten bester Qualitäten werden. Eine konsequente Umsetzung dieser Strategie wird nicht nur zu einem Innovationsschub bei den nationalen Herstellern von Produkten führen, sondern auch die Messlatte für die Importe internationaler Produzenten sein.

Den gesetzgeberischen Anreizen für Innovationen folgen in der Regel auch Investitionen der Branche in die notwendigen Infrastrukturen, sofern sich diese vor dem Hintergrund der regulatorischen Rahmenbedingungen auch betriebswirtschaftlich darstellen lassen. Das heißt, dass die gesetzgeberischen Initiativen so eindeutig formuliert sein müssen, dass sich daraus auch Investitionssicherheit sowohl für die kommunalen als auch für die privaten Unternehmen der Kreislaufwirtschaft ableiten lässt. Ohne die Formulierung und Festlegung eindeutiger Ziele und Vorgaben werden die Infrastrukturdefizite für die tatsächliche Kreislaufführung von Rohstoffen in absehbarer Zeit nicht behoben werden können. Wenn die politischen Ziele und die notwendigen Infrastrukturen sich nicht in die gleiche Richtung entwickeln werden, wird es für die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft im Wesentlichen bei den bekannten Absichtserklärungen bleiben.

Das Recyclinglabel sollte zum Maßstab für die Konsumenten werden und dazu führen, dass auf der Zeitachse nicht nur die Marktführerschaft bei der Herstellung umweltschonender Produkte erreicht wird, sondern gleichzeitig auch die Technologieführerschaft beim Recycling dieser Produkte wiedererlangt wird. Das gemeinsame und kurzfristige Ziel der Kreislaufwirtschaftspolitik in den verschiedenen Ressorts der Bundesregierung muss also darin liegen, die Hersteller dazu zu befähigen, dass sie das „Design for Recycling“ unter bestmöglichem Einsatz von Sekundärrohstoffen realisieren können. So kann die Chance gewahrt werden, an diesen neu und international entstehenden Märkten erfolgreich teilhaben zu können.

Ein Zögern birgt hier eindeutig die Gefahr, gegenüber den ausländischen, insbesondere asiatischen Patentnehmern weiter ins Hintertreffen zu geraten.

Ein hochwertigeres Recycling und die Zielvorstellung von weitgehend geschlossenen Wertstoffkreisläufen wird nur dann umzusetzen sein, wenn auch gesicherte Schadstoffsinken in Form von Thermischen Abfallbehandlungsanlagen vorhanden sind. Ein intensiveres Recycling von Haushalts- und Gewerbeabfällen führt auch zu mehr Entsorgungssicherheit für Abfallfraktionen, für die künftig nur noch die energetische Verwertung in Frage kommen wird. Vor diesem Hintergrund sind Anstrengungen für ein nachhaltigeres Recycling sinnvoll und notwendig, um mittel- bis langfristig freie Kapazitäten für die zusätzlich thermisch zu behandelnden Abfälle aus Umweltschutzmaßnahmen, veränderten Gefährdungseinstufungen durch das Chemikalienrecht, notwendigen Schadstoffentfrachtungen aus den unterschiedlichen Recyclingverfahren und auch aus der Hygienisierung von Siedlungsabfällen zu schaffen.

Der Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020 zeigt im Detail auf, wo die Branche heute steht und an welchen Stellen noch fachlicher und politischer Handlungsbedarf zur Schließung der Stoffkreisläufe besteht. Angesichts der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Kreislaufwirtschaft muss der Dialog mit der Politik, der Wirtschaft und den Bürgerinnen und Bürgern weiter ausgebaut werden, um jetzt die entscheidenden Weichen zu stellen.

Vor diesem Hintergrund unterstreicht die Zusammenarbeit von insgesamt 14 Verbänden der Kreislaufwirtschaft und der IFAT zur gemeinsamen Herausgabe des „Statusberichtes der deutschen Kreislaufwirtschaft“ zum einen die Einstellung, die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft als gemeinschaftliches Projekt zu verstehen, und zum anderen den gemeinsamen Willen der Branche, die anstehenden Entscheidungen für die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft zusammen mit den Stakeholdern abzustimmen und umzusetzen.

# Glossar

## Abfallhierarchie

Eine durch § 6 KrWG festgelegte fünfstufige Rangordnung zum Umgang mit Abfällen, nach der „diejenige Maßnahme Vorrang haben [soll], die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen (...) am besten gewährleistet.“ Die Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen dabei in folgender Rangfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

## Abfallintensität

Indikator für die Entkopplung von Netto-Abfallaufkommen und Wirtschaftsleistung\*

## Abraum

Gestein ohne oder mit sehr geringem Wertgehalt (taubes Gestein), das gefördert werden muss, um die Rohstoffe einer Lagerstätte abbauen zu können.\*\*

## Additive

sind Zusatzmittel oder Wirkstoffe, die in Kraft-, Brenn- und Schmierstoffen erwünschte Eigenschaften verstärken, unerwünschte Eigenschaften unterdrücken oder neue Wirkungen ausüben.\*\*\*

## Agglomerationsräume

ist vergleichbar mit Ballungsgebiet, Metropol- oder Verdichtungsraum.\*

## Altholzkategorien

Kategorisierung von Althölzern mit folgender Aufteilung:

- **Altholzkategorie AI:** Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit fremden Stoffen verunreinigt wurde;
- **Altholzkategorie AII:** Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Holz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel;
- **Altholzkategorie AIII:** Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel;
- **Altholzkategorie AIV:** Mit Holzschutzmittel behandeltes Holz.

## Altschrott

Schrott, der sich aus nicht mehr genutzten Verbrauchsgütern (Konsumgüterschrott) und Industriegütern zusammen setzt.\*

## Andienungspflicht

Gesetzliche Vorschrift (bestimmte) Abfälle an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger abzuführen (Vgl. § 17 KrWG).

## anthropogen

Vom Menschen verursachte Veränderungen werden als anthropogen bezeichnet. Hierzu zählen im Umweltbereich

- Grundwasserabsenkungen
- Flussbegradigungen
- Klimawandel
- alle Kunststoffe
- usw.\*\*\*

## Aschen und Schlacken

Rückstände aus einem Verbrennungsprozess, wie der Müllverbrennung. Aschen und Schlacken können sich zur weiteren Verwertung eignen, da aus ihnen – abhängig von dem eingesetzten Abfall – verschiedene verbleibende Wertstoffe gewonnen werden können.\*\*\*\*

## Biodiversität

ist die biologische Vielfalt.\*\*\*

## Biogeochemie

befasst sich mit den chemischen, biologischen und physikalischen Prozessen, welche dem Aufbau und den Funktionen von Ökosystemen oder auch Landschaften zu Grunde liegen.\*\*\*\*\*

## Biomasse

Sammelbegriff für unter anderem feste und flüssige Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas sowie den biogenen Anteil des Restabfalls.\*

## chemisch-physikalische Behandlungsanlage

Anlage zur Behandlung der gefährlichen Inhaltsstoffe von überwiegend flüssigen gefährlichen Abfällen. Dabei werden die gefährlichen Inhaltsstoffe durch chemisch-physikalische Reaktionen zur Stoffumwandlung (z. B. Neutralisation, Oxidation, Reduktion) zerstört und in ungefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt. Eine anschließende umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung dieser Abfälle wird damit erst ermöglicht.\*\*\*\*

## Deponieklassen

Kategorisierung für Deponien mit folgender Aufteilung:

- **DK 0** für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffstoffgehalt (z. B. unbelastete Böden)
- **DK I** für mäßig belastete (nicht gefährliche) Abfälle (z. B. Bauschutt, Böden und Schlacken (mineralische Abfälle))
- **DK II** für belastete, jedoch nicht gefährliche Abfälle
- **DK III** für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
- **DK IV** für Sonderabfälle (Untertageablagerung)\*

## Design-for-sustainability

ist die Gestaltung von u. a. Produkten, dass diese den Grundsätzen der ökologische Nachhaltigkeit entsprechen.\*

## Duales System

System der flächendeckenden, haushaltsnahen Sammlung und Entsorgung von gebrauchten Verpackungen. Es wurde in Reaktion auf die Einführung der Verpackungsverordnung von 1991 eingeführt, mit der deutsche Hersteller erstmals in die Pflicht genommen wurden, Verpackungen nach dem Gebrauch zurückzunehmen und bei deren Entsorgung mitzuwirken. 1993 wurde das Duale System Deutschland, „der Grüne Punkt“ eingeführt. Seit 2003 entstanden mit der Landbell AG, der ISD Interseroh AG, der Zentek GmbH, der Reclay Systems GmbH, RKD Recycling Kontor Dual GmbH & Co.KG, der BellandVision GmbH, der Veolia Umweltservice Dual GmbH, der ELS Europäische Lizenzierungssysteme GmbH und Noventiz Dual GmbH neue Akteure.\*\*\*\*\*

## Eigenschrotte

Kreislaufmaterialien, die in den Stahlwerken anfallen und dort unmittelbar wieder eingeschmolzen und in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.\*

## energetische Verwertung

Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff z. B. in Zementwerken, Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen.\*\*\*

## envigo Modell

Modell der Prognos AG, das die volkswirtschaftliche Bedeutung und die Potenziale der Querschnittsbranche Umweltwirtschaft abbildet.\*

## Ersatzbrennstoffe

Mittel- beziehungsweise hochkalorische, aufbereitete Abfallstoffe, die durch Verbrennung Regelbrennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas bei der Produktion von Energie als Strom, Prozessdampf und/oder Fernwärme ersetzen können.\*\*\*\*

## European-Plastics-Pact

ist eine öffentlich-private Koalition, die aus einem europäischen Netzwerk von Unternehmen, Staaten und anderen Organisationen besteht. Ziele sind die Vermeidung von Einwegkunststoffprodukten und -verpackungen sowie die Förderung der Zusammenarbeit, Innovationen und Harmonisierung auf europäischer Ebene, um eine europäische Kunststoff-Recyclingwirtschaft zu erreichen.

Mehr Informationen: <https://europeanplasticspact.org/>

## Green Deal

ist der Fahrplan für eine nachhaltige EU-Wirtschaft. Mehr Informationen: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_de](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de)

## Green Public Procurement

= grüne Beschaffung, ist definiert als die Beschaffung von Produkten oder Dienstleistungen unter Berücksichtigung von Umweltaspekten.\*

## inerte Materialien

wenig oder kaum reaktionsfreudige Materialien.\*\*\*

## Innovationsquote

Verhältnis von Innovationen zur Anzahl von Produkten.\*

## Kaskadennutzung

Form der Nutzung von Rohstoffen oder daraus hergestellten Produkten, in der eine stoffliche Nutzung so lange und so häufig wie möglich durchgeführt wird und erst am Ende des Produktlebenszyklus eine energetische Verwendung stattfindet. Dabei werden sogenannte Nutzungskaskaden durchlaufen, die von höheren Wertschöpfungsniveaus in tiefere Niveaus fließen. Hierdurch wird die Rohstoffproduktivität gesteigert.\*\*

## Klärschlamm

Reststoff, bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen entsteht. Klärschlamm kann entwässert, getrocknet oder in anderweitig behandelter Form vorliegen. Rohschlamm ist Klärschlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen unbehandelt entnommen wird. Aus Klärschlämmen können wichtige Rohstoffe wie beispielsweise Phosphor zurückgewonnen werden. Er kann außerdem einer thermischen Verwertung zugeführt werden. \*\*\*\*

## Kontaminanten

unerwünschte Stoffe, die zu einer Verunreinigung von Stoffen oder Stoffgemischen führen.\*

## Konzept der planetaren Grenzen

trifft Aussagen zur Stabilität des Ökosystem der Erde und den Lebensgrundlagen der Menschen. Mehr Informationen: <https://www.bmu.de/themen/europa-internationales-nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltige-entwicklung/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen/>

## Leichtstofffraktionen

gemischte Verpackungen\*

## Leichtverpackungen

Verpackungen, die sich überwiegend aus Kunststoffen, Metallen, und Getränkekartons zusammensetzen.\*

## Littering

achtlose Entsorgung von Abfällen im öffentlichen Raum. Es erfolgt keine Nutzung der dafür vorgesehenen Abfallbehälter.\*

## Lokalisierungsquotient

setzt den Anteil eines Marktsegmentes an den Erwerbstätigen eines Bundeslandes ins Verhältnis zum entsprechenden Wert in der Bundesrepublik. Ein Lokalisierungsquotient größer 1 drückt eine überdurchschnittliche Ausprägung aus, d. h., es liegt eine Spezialisierung in diesem Marktsegment vor.\*

## Mahlgut

wird durch Mahlen von Kunststoff gewonnen. Das Mahlgut hat unterschiedliche und unregelmäßige Teilchengrößen von 2 mm bis 5 mm und kann Staubanteile enthalten.\*\*\*\*\*

## mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA)

Verfahren, mit dem Restabfälle in unterschiedliche Fraktionen aufgeteilt und somit für die weitere Verwertung aufbereitet werden. Bei der klassischen MBA werden zunächst Metalle und heizwertreiche Bestandteile zur energetischen Verwertung getrennt. Die zurückbleibende Deponiefraktion wird nach einer biologischen Behandlung auf Deponien abgelagert. Beim Stabilisierverfahren dagegen werden die Restabfälle zunächst getrocknet und für eine weitere Aufbereitung vorbereitet. Durch die Trocknung lassen sich verwertbare Fraktionen, wie Ersatzbrennstoffe, Eisen und Nicht-Eisen-Metalle besser selektieren, sodass keine oder nur geringe Mengen mineralischer Abfälle auf Deponien entsorgt werden. \*\*\*\*

## Mitverbrennung

Thermische Verwertung, von überwiegend aufbereiteten, heizwertreichen Abfallstoffen, in beispielsweise Kohlekraft- und Zementwerken.\*

## Monoverbrennung

Verwertung in Thermischen Abfallbehandlungsanlagen, wie Müllverbrennungsanlagen, Müllheizkraftwerken und Ersatzbrennstoffkraftwerken.\*

## Müllverbrennungsschlacken

sind Rückstände aus den Müllverbrennungsanlagen und bestehen aus Metallen, Mineralstoffen und unverbrannten Anteilen.\*

## Neuschrott

Produktionsabfälle in der Industrie, die beispielsweise beim Zuschnitt und Stanzen anfallen, und nach der Aufbereitung als Neuschrott wieder eingeschmolzen werden.\*

## notifizierungspflichtige Abfälle

Abfälle, für die im Falle der grenzüberschreitenden Verbringung eine Notifizierungspflicht besteht. Diese basiert auf der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen. Dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen insbesondere

- alle Abfälle, die beseitigt werden sollen,
- in Anhang IV der Verordnung aufgeführte Abfälle (dies sind insbesondere gefährliche Abfälle) und nicht gelistete Abfälle, die verwertet werden sollen.

Eine Verbringung von Abfällen muss mittels Notifizierungsformular und Begleitformular sowie weiterer erforderlicher Unterlagen bei der am Versandort zuständigen Behörde beantragt werden. Eine Verbringung ist nur zulässig, sofern die zuständigen Behörden am Versand- und Bestimmungsort sowie ggf. in Transitstaaten zugestimmt haben. \*\*\*\*\*

## Öko-Audit

ist ein Verfahren, bei dem ein Betrieb freiwillig sein Umweltverhalten überprüft, verbessert und offenlegt. Kernpunkt ist der Aufbau eines Umweltinformationssystems (Umweltmanagement), das auf eine kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes abzielt. \*\*\*

## Papier- und Faserschlämme

Nebenprodukte der Produktion von Papier und Kartonagen. Faserschlämme können durch thermische Behandlung energetisch oder als Zusatz beispielsweise in der Produktion von Ziegeln stofflich genutzt werden. (Quelle: [www.enargus.de](http://www.enargus.de): Abfall aus der Papierproduktion.)

## Primärabfälle

Nicht aufbereiteter Abfall. Abfall in dem Status, in dem er sich zum Zeitpunkt seines Entstehens befindet. (Quelle: z. B. Deutsche Bundestag, 2016, Drucksache 18/10026, Gesetzesentwurf der Bundesregierung, Entwurf eines zweiten Gesetzes zur Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/100/1810026.pdf>)

## Primärressourcen

sind Primärrohstoffe, die unbearbeitet sind.\*

## Primärrohstoffeinsatz

(englisch „Raw Material Input“ / RMI): Ein Stoffstromindikator: Entspricht dem „Direct Material Input“ (DMI), bei dem die Massen der eingehenden Materialien allerdings in Rohstoffäquivalenten ausgedrückt werden, d.h. unter Einbezug der indirekten Stoffströme. Gebräuchliche Einheit ist „Tonnen pro Jahr“. In der wirtschaftsraumbezogenen Stoffstromrechnung berechnet sich der RMI aus der Gesamtmasse der im Inland gewonnenen Primärrohstoffe und der – in Rohstoffäquivalente umgerechneten – importierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren.\*\*

## Pyrolyse

ist die Bezeichnung für die thermische Spaltung chemischer Verbindungen, wobei unter Sauerstoffausschluss durch hohe Temperaturen ein Bindungsbruch innerhalb von großen Molekülen erzwungen wird. \*\*\*\*\*

## R1 Faktor/Kriterium

Mithilfe einer speziellen Berechnungsmethode wird der spezifische R 1-Faktor/Kriterium einer Anlage ermittelt. Anlagen mit dem Faktor R 1 stellen ein Verwertungsverfahren dar, dessen Hauptverwendung als Brennstoff oder als anderes Mittel der Energieerzeugung gemäß Anlage 2 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes erfolgt.

## Rebound-Effekt

Effekt, der beschreibt, dass aufgrund von Effizienzsteigerungen erreichte Einsparungen nicht zu einem in gleichem Maße geringeren Ressourceneinsatz führen, da es durch diese Einsparungen zu vermehrter Nutzung kommt. Es kann unter anderem zwischen direktem (Ausweitung der Nutzung in derselben Anwendung) und indirektem (Ausweitung der Nutzung in anderen Anwendungen) Rebound-Effekt differenziert werden. Dieser Effekt wird in seiner extremen Ausprägung (höherer Ressourceneinsatz durch Effizienzsteigerung) auch als Jevons-Paradox bezeichnet.\*\*

## Reduktionsmittel

ist im weitesten Sinne ein Stoff, der Elektronen abgibt und somit andere Stoffe reduzieren kann und dabei selbst oxidiert wird.\*\*\*\*\*

## Regranulat

wird aus Mahlgut über einen Schmelzprozess als Granulat gewonnen. Regranulat hat eine gleichmäßige Korngröße und keinen Staubanteil und ist problemlos verarbeitbar.\*\*\*\*\*

## Rezyklat

Produkt eines Recyclingprozesses.

## Rohstoffäquivalente

Maß für direkte und indirekte Stoffströme ohne versteckte Stoffströme. Bei der Berechnung wird die Masse aller über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg eingesetzten Rohstoffe einbezogen. Berücksichtigt werden dabei nur die verwerteten Rohstoffe, nicht aber die nicht verwerteten Entnahmen.\*\*

## Rotschlamm

Problematischer Reststoff der Gewinnung von Aluminiumerzen, der fachgerecht über viele Jahre gelagert werden muss.\*

## Sekundärabfälle

Abfälle, die bereits mit dem Ziel einer bestimmten weiteren Verwendung aufbereitet wurden.

## Sekundärrohstoff

Durch Recycling wiedergewonnener Rohstoff.\*\*\*

## Senke

Endpunkt von Stoffströmen. Im Kontext natürlicher Ressourcen wird unter Senken die Aufnahmefunktion der Natur, z. B. für Schadstoffe, verstanden.\*\*

## Sharing Economy

heißt wörtlich übersetzt „Wirtschaft des Teilens“ und bezeichnet die gemeinschaftliche Nutzung von Gütern durch Teilen, Tauschen, Leihen, Mieten oder Schenken sowie die Vermittlung von Dienstleistungen. Mehr Informationen: <https://www.bundestag.de/resource/blob/377486/21fc4300787540e3881dbc65797b2cde/sharing-economy-data.pdf>

## Shredderleichtfraktion

Shredderabfälle aus beispielsweise Kunststoffen, Gummi oder schadstoffhaltigen Gemischen, die nach der Abfallzerkleinerung überbleiben.\*

## Shredderschwerfraktion

Shredderabfälle aus beispielsweise Aluminium, Kupfer oder Edelmetallen, die nach der Abfallzerkleinerung überbleiben.\*

## Single-use-plastic-Richtlinie

Die im Juli 2019 beschlossene europäische Richtlinie zu Einwegplastikprodukten gibt in der EU einen neuen Rechtsrahmen für Kunststoffprodukte vor. Durch die Richtlinie und deren Vorgaben soll der Abfall durch Einwegprodukte aus Plastik eingedämmt und durch ressourcenschonende, umweltfreundliche Alternativen ersetzt werden.

Mehr Informationen: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj>"

## Smart Factory

= intelligente Fabrik. Sie steht im Mittelpunkt der Hightech-Strategie Deutschlands.\*

## social plastic

Sammlung von Kunststoffabfällen durch die örtliche Bevölkerung und anschl. Verkauf der gesammelten Abfälle gegen Geld, Waren oder Dienstleistungen. Die so eingesammelten Kunststoffabfälle werden recycelt und an Großunternehmen als Rezyklat verkauft (Bsp. <https://plasticbank.com/social-plastic/>)

## Spuckstoffe

Reststoffe, wie Metalle und Kunststoffe aus beispielsweise Büroklammern und Kunststoffhüllen, die in der Papierproduktion aus Altpapier nicht verwendet werden. (Quelle: PTS fibre based solutions: Reststoffe der Papierindustrie 2014: Ungenutzte Biomasse?, [http://www.recydepotech.at/media/153\\_Dornack\\_-\\_Reststoffe\\_der\\_Papierindustrie.pdf](http://www.recydepotech.at/media/153_Dornack_-_Reststoffe_der_Papierindustrie.pdf).)

## Stoffkreislauf

Bezeichnung für die kreislaufförmige Stoffbewegung in Ökosystemen, die den Stoffhaushalt ausmachen und aus Auf- und Abbauprozessen bestehen. (Quelle: [www.spektrum.de](http://www.spektrum.de), Lexikon der Geowissenschaften, <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/stoffkreislauf/15738>)

# Abkürzungsverzeichnis

## stoffliche Verwertung

Direkte Verwertung verschiedener, separierter Abfallfraktionen in der Produktion neuer Produkte.\*

## Stoffstrom

Gerichtete Bewegung von Stoffen und Stoffgemischen. Es gibt natürliche Stoffströme wie den Nährstoffkreislauf in Ökosystemen und vom Menschen induzierte oder veränderte Stoffströme wie Rohstoffströme und Abfallströme.\*\*

## Substitutionsquote

Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf die ursprünglich im Produkt eingesetzten Primärrohstoffe.\*

## thermische Abfallbehandlung

Abfallbehandlung durch Verbrennung (Müllverbrennung), Vergasung oder Pyrolyse.\*\*\*

## Treibhausgas-Inventar

Ist eine jährlich erstellte Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen nach international einheitlichen Vorgaben der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.

## Unterflursystem

Sammelsysteme, bei denen großvolumige Behälter teilweise oder ganz in den Untergrund eingelassen sind, sodass nur die Einwurfsäule oberirdisch sichtbar ist.\*

## Überlassungspflicht

Verpflichtung nach § 17 KrWG von „Erzeugern oder Besitzern von Abfällen aus privaten Haushaltungen (...), diese Abfälle den nach Landesrecht zur Entsorgung verpflichteten juristischen Personen (öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger) zu überlassen, soweit sie zu einer Verwertung auf den von ihnen im Rahmen ihrer privaten Lebensführung genutzten Grundstücken nicht in der Lage sind oder diese nicht beabsichtigen.“

## werkstoffliches Recycling

Verwertung von Kunststoffabfällen, bei der die chemische Struktur sortenreiner Abfälle zu einem neuen Produkt erhalten bleibt. Somit wird ein Sekundärrohstoff für neue Kunststoffprodukte gewonnen. (Quelle: <https://www.aurora-kunststoffe.de/index.php/de/faq-haeufig-gestellte-fragen/90-werkstoffliches-recycling>)

## Zero-Waste-Strategie

Ist eine Strategie, bei der Rohstoffe nicht vergeudet und weitestgehend kein Abfall produziert werden soll.\*

<b>AltfahrzeugV</b>	___	Altfahrzeugverordnung
<b>AöR</b>	___	Anstalten öffentlichen Rechts
<b>BattG</b>	___	Batteriegelgesetz
<b>BDI</b>	___	Bundesverband der deutschen Industrie e.V.
<b>BGRB</b>	___	Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V.
<b>BHKW</b>	___	Blockheizkraftwerke
<b>BIM</b>	___	Building Information Modeling
<b>BlmSchV</b>	___	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
<b>BMBF</b>	___	Bundesministeriums für Bildung und Forschung
<b>BRB</b>	___	Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V.
<b>BSR</b>	___	Berliner Stadtreinigung
<b>BWS</b>	___	Bruttowertschöpfung
<b>CCU</b>	___	Carbon Capture and utilization
<b>CE</b>	___	Circular Economy
<b>CEC4Europe</b>	___	Circular Economy Coalition for Europe
<b>CMU</b>	___	Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe
<b>CO<sub>2</sub></b>	___	Kohlendioxid
<b>CO<sub>2</sub>eq</b>	___	Kohlendioxid-Äquivalent
<b>C-PlaNeT</b>	___	Circular Plastics Network For Train
<b>CSR</b>	___	Corporate Social Responsibility
<b>DIN ISO 9001</b>	___	Qualitätsmanagementnorm DIN EN ISO 9001
<b>DIN ISO 14001</b>	___	Umweltmanagementsystemnorm DIN EN ISO 14001
<b>DNK</b>	___	Deutscher Nachhaltigkeitskodex
<b>DSD</b>	___	Duales System Deutschland - Der Grüne Punkt
<b>EBS</b>	___	Ersatzbrennstoff
<b>EBS-Kraftwerk</b>	___	Ersatzbrennstoff-(Heiz-)Kraftwerk
<b>ECERA</b>	___	European Circular Economy Research Alliance
<b>EfbV</b>	___	Entsorgungsfachbetriebsverordnung
<b>ElektroG</b>	___	Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten
<b>EMAS</b>	___	Eco-Management and Audit Scheme
<b>EOL-RIR</b>	___	Beitrag der recycelten Materialien zur Rohstoffnachfrage, Recycling-Rate am Ende des Lebens
<b>ESN</b>	___	Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Stahl- und NE-Metall-Recycling Wirtschaft e.V.

\* Prognos AG

\*\* Glossar zum Ressourcenschutz des Umweltbundesamtes 2012

\*\*\* <https://www.umweltdatenbank.de/cms/>

\*\*\*\* [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

\*\*\*\*\* [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

\*\*\*\*\* [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)

\*\*\*\*\* [www.chemie.de](http://www.chemie.de)

<b>ESPON</b>	_____ Europäische Forschungsnetzwerk für Raumentwicklung und territorialen Zusammenhalt	<b>RABA</b>	_____ Restabfallbehandlungsanlagen
<b>F&amp;E</b>	_____ Forschung & Entwicklung	<b>SAV</b>	_____ Sonderabfallverbrennung
<b>Fe-Metalle</b>	_____ Eisenmetalle	<b>SRU</b>	_____ Sachverständigenrat für Umweltfragen
<b>FEU</b>	_____ Feuerungsanlagen	<b>TAB</b>	_____ Thermische Abfallbehandlungsanlagen
<b>FONA</b>	_____ Forschung für nachhaltige Entwicklung	<b>TASi</b>	_____ Technische Anleitung Siedlungsabfall
<b>GESA</b>	_____ Gemeinsame Stelle für Altfahrzeuge der Bundesländer	<b>TM</b>	_____ Trockenmasse
<b>GewAbfV</b>	_____ Gewerbeabfallverordnung	<b>TUHH</b>	_____ Technische Universität Hamburg-Harburg
<b>GPML</b>	_____ Global Partnership on Marine Litter	<b>TWh</b>	_____ Terawattstunde
<b>HUHR GmbH</b>	_____ Hamburg-Umwelt-Recycling-technologie GmbH	<b>UBA</b>	_____ Umweltbundesamt
<b>IKT</b>	_____ Informations- und Kommunikationstechnik	<b>UICN</b>	_____ International Union for Conservation of Nature
<b>IUCN</b>	_____ International Union for Conservation of Nature	<b>VDI ZRE</b>	_____ nationales Zentrum Ressourceneffizienz
<b>kg</b>	_____ Kilogramm	<b>VerpackG</b>	_____ Verpackungsgesetz
<b>kg/(E*a)</b>	_____ Kilogramm pro Einwohner Jahr	<b>VerpackV</b>	_____ Verpackungsverordnung
<b>KRU</b>	_____ Ressourcenkommission am Umweltbundesamt	<b>WEEE-Richtlinie</b>	_____ Richtlinie 2012/19/EU des europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte
<b>KrWG</b>	_____ Kreislaufwirtschaftsgesetz		
<b>KURT</b>	_____ Kunststoffrecyclingtechnologien		
<b>KWK</b>	_____ Kraft-Wärme-Kopplung		
<b>LIBS</b>	_____ Laser-Induced-Breakdown-Spectroscopy		
<b>LVP</b>	_____ Leichtverpackungen		
<b>MBA</b>	_____ mechanisch-biologische Abfallbehandlung		
<b>MGB</b>	_____ Müllgroßbehälter		
<b>MHKW</b>	_____ Müllheizkraftwerk		
<b>MVA</b>	_____ Müllverbrennungsanlag		
<b>MWh</b>	_____ Megawattstunde		
<b>NE-Metalle</b>	_____ Nichteisen-Metalle		
<b>OECD</b>	_____ Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)		
<b>örE</b>	_____ Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger		
<b>oxo</b>	_____ Abbaubare Kunststoffe		
<b>PACE</b>	_____ Platform for Accelerating the Circular Economy		
<b>PET Flaschen</b>	_____ Flaschen aus Polyethylen-terephthalat		
<b>POP-Verordnung</b>	_____ Verordnung über persistente organische Schadstoffe		
<b>PPK</b>	_____ Papier, Pappe, Karton		
<b>PPP</b>	_____ Public Private Partnership		
<b>ProgRess</b>	_____ Deutsches Ressourceneffizienzprogramm		



---

# Herausgeber

<b>ASA</b>  <b>Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.</b> Westring 10 59320 Ennigerloh Tel.: +49 2524 9307180 info@asa-ev.de www.asa-ev.de	<b>DGAW</b>  <b>Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.</b> Nieritzweg 23 14165 Berlin Tel.: +49 30 84591477 info@dgaw.de www.dgaw.de	<b>PlasticsEurope Deutschland e. V.</b>  Mainzer Landstraße 55 60329 Frankfurt am Main Tel.: +49 69 2556-1303 info.de@plasticseurope.org www.plasticseurope.org
<b>BDE</b>  <b>Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser und Rohstoffwirtschaft e. V.</b> Behrenstraße 29 10117 Berlin Tel.: +49 30 5900335-0 info@bde.de www.bde.de	<b>InWesD</b>  <b>Interessengemeinschaft Deutsche Deponiebetreiber e.V.</b> Geestemünder Str. 23 50735 Köln Tel.: +49 221 7170151 info@inwesd.de inwesd.de	<b>VDM</b>  <b>Verband Deutscher Metallhändler e. V.</b> Hedemannstraße 13 10969 Berlin Tel.: +49 30 2593738-0 vdm@vdm.berlin www.vdm.berlin
<b>BDSAV</b>  <b>Bundesverband deutscher Sonderabfallverbrennungsanlagen e.V.</b> Speicker Str. 2, 41061 Mönchengladbach Tel.: +49 511 76088461 www.bdsav.de	<b>ITAD</b>  <b>Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V.</b> Peter-Müller-Straße 16 a 40468 Düsseldorf Tel.: +49 211 9367609-0 info@itad.de www.itad.de	<b>VDMA</b>  <b>Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.</b> Lyoner Straße 18 60528 Frankfurt am Main Tel.: +49 69 6603-0 info@vdma.org www.vdma.org
<b>BDSV</b>  <b>Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V.</b> Berliner Allee 57 40212 Düsseldorf Tel.: +49 211 828953-0 zentrale@bdsv.de www.bdsv.org	<b>KdK</b>  <b>Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e.V.</b> Max-Planck-Straße 9 58638 Iserlohn Tel.: +49 2371 9657325 info@klima-kreislaufwirtschaft.de www.klima-kreislaufwirtschaft.de	<b>VHI</b>  <b>Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V.</b> Schumannstraße 9 10117 Berlin Tel.: +49 30 28091250 vhimail@vhi.de www.vhi.de
<b>bvse</b>  <b>Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.</b> Fränkische Straße 2 53229 Bonn Tel.: +49 228 98849-0 info@bvse.de www.bvse.de	<b>IFAT</b>  <b>Messe München GmbH Messegelände</b> 81823 München Tel.: +49 89 94920720 newsline@messe-muenchen.de www.ifat.de	<b>VKU</b>  <b>Verband kommunaler Unternehmen e. V.</b> Invalidenstraße 91 10115 Berlin Tel.: +49 30 58580-0 info@vku.de www.vku.de

---

# Impressum

## Bearbeitung

### Prognos AG

Werdener Straße 4  
40227 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 91316-110  
info@prognos.com  
www.prognos.com

Dr. Bärbel Birnstengel  
Marieke Eckhardt  
Lukas Haberland  
Dr. Jochen Hoffmeister  
Dr. Georg Klose  
Jannis Lambert  
Myrna Sandhövel  
Nadja Schütz  
Richard Simpson  
Angelina Thevessen  
Johann Weiss

### INFA GmbH

Beckumer Straße 36  
59229 Ahlen  
Tel.: +49 2382 964-500  
info@infa.de  
www.infa.de

Matthias Adloff  
Dr. Gabriele Becker  
Prof. Dr. Klaus Gellenbeck  
Rüdiger Reuter

## Wissenschaftliche Beratung

### Prof. Dr. Martin Faulstich

Technische Universität Dortmund  
Fakultät Raumplanung  
Lehrstuhl für Ressourcen- und  
Energiesysteme  
August-Schmidt-Straße 10  
44227 Dortmund  
Tel.: +49 231 755-2250  
martin.faulstich@tu-dortmund.de  
www.res.raumplanung.tu-dortmund.de

## Layout, Satz und Bildauswahl

### TafelmitKollegen

Bilker Straße 27  
40213 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 27122-98  
service@tafelmitkollegen.de  
www.tafelmitkollegen.de

### GoodGhost

Bilker Straße 27  
40213 Düsseldorf  
Tel.: +49 211 86225-110  
gregor.ortmeyer@go-goodghost.com  
www.go-goodghost.com

### Breer visuelle Kommunikation

Friedrichstr. 81  
45525 Hattingen  
Tel.: +49 172 2808618  
ralfbreer@t-online.de

## Druck

### LUC GmbH

Ludgeristraße 13  
59379 Selm

Copyright 2020



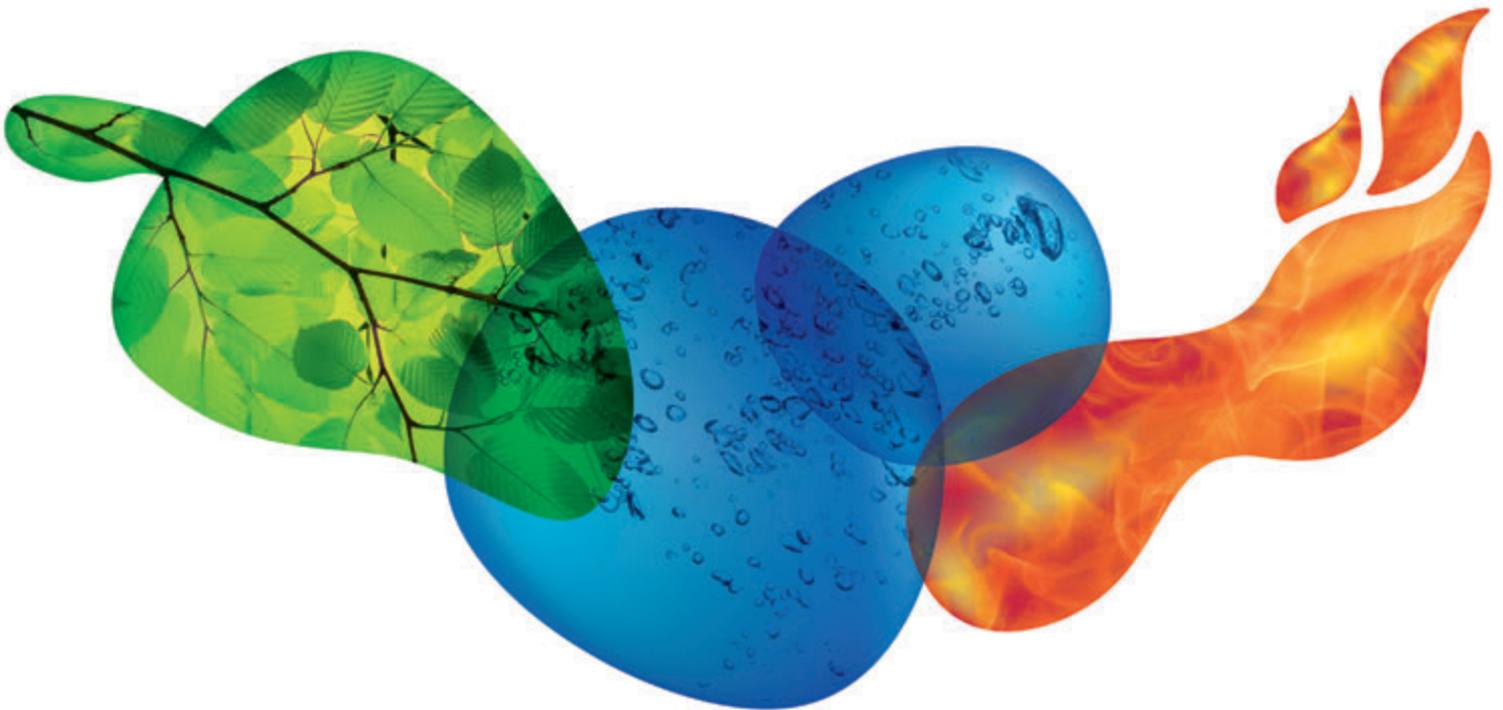
Messe München

Connecting Global Competence

# Umwelttechnologien für die Zukunft.

30. Mai–3. Juni 2022 • Messe München

Lösungen für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft.



Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-,  
Abfall- und Rohstoffwirtschaft

**IFAT**

