



Statusbericht 2018 der deutschen Kreislaufwirtschaft

Einblicke und Aussichten





Statusbericht
der deutschen
Kreislaufwirtschaft
Einblicke und Aussichten

2018

Kurzer Überblick.

Die Kreislaufwirtschaft gehört zu den innovativen Wirtschaftsbranchen Deutschlands. Kontinuierliche Wachstumsraten resultieren aus einer ständigen Verbesserung der komplexen und technologisch hochwertigen Verwertungs- und Entsorgungsinfrastruktur und einer in erster Linie regional entstehenden Wertschöpfung.

Mit ihrem breit gefächerten Produktions- und Dienstleistungsspektrum nimmt die Kreislaufwirtschaft eine Schlüsselrolle für die vor uns liegenden Zukunftsaufgaben ein. Der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz, zur Schonung der natürlichen Ressourcen und zur Umsetzung der Energiewende resultiert dabei im Wesentlichen aus der Substituierung von Primärrohstoffen, der stofflichen und energetischen Verwertung von Abfällen und Wertstoffen sowie dem Einsatz von Sekundärrohstoffen.

Möglich werden diese Leistungen durch hohe Investitionen in die Verbesserung der Standards, eine spezialisierte Arbeitsteilung sowie durch mehr als 270.000 qualifizierte und motivierte Beschäftigte auf allen Stufen der Wertschöpfung.

Über 10.000 kommunale und private Unternehmen der Kreislaufwirtschaft übernehmen täglich die Verantwortung für die umweltgerechte Entsorgung und Verwertung von Restabfällen sowie die Gewinnung von Wertstoffen aus privaten Haushalten, Industrien und Gewerbe. Die Unternehmen sorgen so für eine zunehmende Kreislaufführung wertvoller Rohstoffe und eine geringer werdende Abhängigkeit von Importen. Gleichzeitig übernehmen sie auch die sichere und umweltgerechte Beseitigung der gefährlichen Abfälle.

Der vorliegende „Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018“ informiert Politik und Wirtschaft, Medien und die interessierte Fachöffentlichkeit über derzeitige und künftige Aufgaben, Leistungen und Ziele der deutschen Kreislaufwirtschaft.

Für dieses Projekt haben sich neun Verbände zusammengeschlossen: BDE, bvse, BDSV, ITAD, PlasticsEurope, VDM, VDMA, VHI und VKU. Alle hier aufbereiteten und dargestellten Daten und Fakten ergeben somit ein umfassendes und abgestimmtes Bild der gesamten Branchentätigkeit.



Alle reden über Klimaschutz – die Abfall- und Recyclingtechnik hält dafür Lösungen bereit. Durch Recycling von Post-Consumer-Abfällen, die Verwertung von Produktionsabfällen oder die Nutzung von Deponiegas als Energiequelle leistet die Branche einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Und das weltweit!

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

Ohne Schrott kein Stahl – Schrott ist ein unverzichtbarer Sekundärrohstoff für die Produktion von hochinnovativen Stählen. Rund 600 Millionen Tonnen Stahlschrott wurden weltweit bei der Rohstahlerzeugung im Jahr 2017 eingesetzt. Kein anderer Sekundärrohstoff wird weltweit in vergleichbaren Mengen genutzt – Tendenz steigend.

Andreas Schwenter
Präsident des BDSV
Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling-
und Entsorgungsunternehmen e. V.



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

Die kommunale Abfallwirtschaft steht für Zuverlässigkeit und hohe technische wie ökologische Standards – unabhängig von Marktpreisen. Die Unternehmen entsorgen nicht nur, sie setzen die Abfallhierarchie konsequent um, schließen regionale Kreisläufe und sind erste Ansprechpartner für die Bürgerinnen und Bürger. Die Branche braucht diesen Stabilitätsanker, um die großen Aufgaben anzugehen, die vor ihr liegen.

Kunststoffe sorgen für einen nachhaltigen Einsatz von Ressourcen und ermöglichen Klimaschutz. Kunststoffprodukte sind auch am Ende ihres Lebenswegs zu schade zum Wegwerfen, denn Kunststoff lässt sich gut und vielfältig verwerten. Entsprechend ist Kunststoff auch beim Erreichen einer Kreislaufwirtschaft Teil der Lösung.

Dr. Rüdiger Baunemann
Hauptgeschäftsführer
PlasticsEurope Deutschland e. V.



Die Holzwerkstoffindustrie bildet die Abfallhierarchie idealtypisch ab: Durch den Einsatz geeigneter Recyclinghölzer in qualitätsgesicherten Produkten betreibt sie Ressourcenschonung und Klimaschutz. Die nicht stofflich verwertbaren Althölzer werden energetisch verwertet. So werden die Wertstoffpotenziale optimal ausgeschöpft.

Anemon Strohmeyer
Geschäftsführerin des VHI
Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie

Klimawandel, Energiewende und Rohstoffversorgung – die großen gesellschaftlichen Aufgaben gelingen nur, wenn wir die Rahmenbedingungen für mehr Kreislaufwirtschaft schaffen. Die Unternehmen der Branche – ganz überwiegend mittelständische Familienunternehmen – stehen seit Jahrzehnten für Innovationen und haben Deutschland zu einer der führenden Recyclingnationen gemacht. Die Branche ist so vielfältig wie die Anforderungen der Kreislaufwirtschaft. Sie braucht die richtigen Grundlagen, ambitionierte Gesetze, guten Vollzug und Kooperationen mit der rohstoffverarbeitenden Industrie.



Peter Kurth
Präsident des BDE
Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-,
Wasser- und Rohstoffwirtschaft



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

Der Mittelstand der Recycling- und Entsorgungsbranche organisiert gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern die Kreislaufwirtschaft. Vor Ort und in ganz Deutschland. Abfälle sind für uns kein Müll. In Abfällen stecken wichtige Wertstoffe, wie Altpapier, Schrotte, Altkunststoffe, Metalle oder Glas. Wir sammeln die Abfälle und bereiten sie zu wertvollen (Sekundär-)Rohstoffen so auf, dass sie für die gewerbliche und industrielle Produktion genutzt werden können. Ohne Raubbau an der Natur. Das hilft Klima und Umwelt. So machen wir Zukunft nachhaltig!

Das Recycling von Metallen ist die sicherste und ökologisch beste Form der Rohstoffsicherung in Europa. Die Aufarbeitung der vorhandenen Schrotte ist effizient und energiesparend. Durch eine gute Recyclingfähigkeit und unter Einsatz lediglich eines Bruchteils des für die Primärerzeugung benötigten Energiebedarfs verbessert sich die Energiebilanz dramatisch – Recycling liegt in der DNA der Metalle.



Ralf Schmitz
Hauptgeschäftsführer des VDM
Verband Deutscher Metallhändler e. V.



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

Die thermische Abfallbehandlung ist ein Grundpfeiler der deutschen und europäischen Entsorgungswirtschaft und integraler Bestandteil einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft durch die Kombination aus effizienter Energienutzung und stofflicher Verwertung der Verbrennungsrückstände. Darüber hinaus gewährleistet sie neben ihrer Funktion als Schadstoffsенke langfristige und bezahlbare Entsorgungssicherheit für Bürger und Unternehmen.

Inhalt:

1 Organisation, Leistungen und Struktur der Kreislaufwirtschaft 10

1.1	Organisation, Aufgaben, Zuständigkeiten	12
1.2	Abfallmengen im Überblick	14
1.3	Abfallbehandlung und -verwertung	18
1.4	Verwertungswege in der Kreislaufwirtschaft	26
1.5	Marktteilnehmer in der Kreislaufwirtschaft	48

2 Wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft 58

2.1	Marktspezifische Abgrenzung der Kreislaufwirtschaft	60
2.2	Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft	62
2.3	Außenwirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft	68
2.4	Ergebnisse nach Bundesländern	76

3 Kreislaufwirtschaft 4.0 80

3.1	Innovationen – Vorbereitung auf die Zukunft.....	82
3.2	Beispiele für aktuelle Innovationen in der Kreislaufwirtschaft	88
3.3	Die Kreislaufwirtschaft – ein attraktiver Arbeitgeber.....	96

4 Zukunftsaufgaben der Kreislaufwirtschaft 102

4.1	Schonung der natürlichen Ressourcen	104
4.2	Perspektiven des Recyclings – Circular Economy	108
4.3	Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende	112
4.4	Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft	116
4.5	Blick nach Europa	120

5 Rückblick – Ausblick 126

Glossar/Abkürzungen	130
Impresum/Adressen.....	134

1



Organisation, Leistungen und Struktur der Kreislaufwirtschaft.

LEISTUNG Jährlich werden in Deutschland rund 400 Millionen Tonnen Abfälle gesammelt, transportiert, sortiert, aufbereitet, stofflich oder energetisch verwertet und beseitigt. Auf jeden Bundesbürger entfällt somit die Summe von rund 4.800 Kilogramm Abfällen pro Jahr. Der größte Teil des Abfallaufkommens besteht aus Bau- und Abbruchabfällen oder entsteht bei der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen. Im Fokus der Kreislaufwirtschaft und des öffentlichen Interesses stehen aber in erster Linie die rund 58 Millionen Tonnen Abfälle, die insbesondere dem Bereich Industrie und Gewerbe entstammen, sowie die 52 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle, wovon rund 37 Millionen Tonnen in privaten Haushalten erzeugt und überwiegend in den bekannten grauen, gelben, braunen und blauen Tonnen und Containern gesammelt werden.

INFRASTRUKTUR Abfälle sind Rohstoffquellen. Zu den Aufgaben der Unternehmen der Kreislaufwirtschaft gehört es, in erster Linie die stofflichen Potenziale der Abfälle zu nutzen, indem sie die enthaltenen Wertstoffe wieder für die Herstellung neuer Produkte zur Verfügung stellen und damit die Kreisläufe schließen. Abfälle, die sich hingegen nicht mehr weiter verwerten lassen oder Schadstoffe beinhalten, ersetzen als Sekundärbrennstoffe wertvolle Primärenergieträger. Recycelte bzw. aufbereitete Abfälle aus dem Baubereich oder Rückstände aus thermischen Anlagen verringern zudem den erforderlichen Abbau von natürlichen Rohstoffen. Diese Aufgaben übernehmen in Deutschland insgesamt rund 15.800 Sortier-, Zerlege-, Demontage-, Schredder- und Aufbereitungsanlagen sowie mechanisch-biologische Behandlungsanlagen, thermische Behandlungslagen und Deponien.

VERANTWORTUNG Die Leistungen, die zur Entsorgung von rund 400 Millionen Tonnen Abfällen und zum Betrieb von rund 15.800 Anlagen notwendig sind, werden durch rund 10.800 Unternehmen der Kreislaufwirtschaft erbracht. Diese Unternehmen übernehmen täglich die Verantwortung für die umweltgerechte Entsorgung und Verwertung von Restabfällen sowie die Gewinnung von Wertstoffen aus privaten Haushalten, Industrie und Gewerbe. Die Unternehmen sorgen so für eine zunehmende Kreislaufführung wertvoller Rohstoffe und eine geringer werdende Abhängigkeit von Importen. Gleichzeitig übernehmen sie auch die sichere und umweltgerechte Entsorgung der gefährlichen Abfälle. Für die Sammlung, den Transport und die ordnungsgemäße Entsorgung von Restabfällen aus privaten Haushalten und dem Gewerbe sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zuständig. Bezogen auf die Sammlung und den Transport von Siedlungsabfällen sowie deren Behandlung in thermischen und mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen haben die kommunalen Unternehmen einen Marktanteil von rund 50 %. Bei den nachgelagerten Behandlungs- bzw. Wertschöpfungsstufen der Sortierung und des Recyclings von Abfällen liegen die Marktanteile der privaten und gemischtwirtschaftlichen Unternehmen (PPP) bei etwa 85 % bis 90 %. Die unterschiedlichen Marktanteile kommunaler und privater Unternehmen spiegeln in den einzelnen Wertschöpfungsstufen die jeweils geltenden Zuständigkeiten und Kompetenzen wider.

Öffentliche, unternehmerische und abfallrechtliche Aspekte.

Die unterschiedlichen Akteure der Kreislaufwirtschaft haben zur Erreichung ihrer gemeinsamen Ziele manche Herausforderung zu meistern. Im Rahmen der Daseinsvorsorge arbeiten öffentlich-rechtliche Unternehmen mit der privaten Entsorgungswirtschaft zusammen, um eine optimale Nutzung des Rohstoff- und Energiepotenzials von Abfällen zu gewährleisten. Die wichtigsten Ziele im Zusammenspiel der Akteure liegen in der umweltgerechten Entsorgung, der Schonung der Ressourcen, dem Klimaschutz und der Nachhaltigkeit.

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 immer konsequenter mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Verbindung gebracht.

Das zentrale Gesetz des Abfallrechtes in Deutschland ist das erstmals 1996 in Kraft getretene und 2012 letztmals grundlegend novellierte Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG). Mit der Novellierung wurde die EU-Abfallrahmenrichtlinie in nationales Recht umgesetzt. 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:

Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE)

Die örE haben im Rahmen der Daseinsvorsorge alle überlassungspflichtigen Abfälle gemäß lokaler Satzungen aus privaten Haushalten und Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen zu verwerten bzw. zu beseitigen. Dabei ist die fünfstufige Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu befolgen. Die damit verbundenen Aufgaben können sie selber

bzw. im Rahmen von interkommunalen Kooperationen (Zweckverbänden) erledigen oder die Pflichten auf Dritte (private Entsorgungswirtschaft) übertragen.

Industrielle und gewerbliche Abfälle zur Verwertung unterliegen nicht der Pflicht zur Überlassung an die örE und können unmittelbar von der privaten Entsorgungswirtschaft entsorgt werden.

Produzenten und Handel

Die Produzenten und der Handel sollen auf der Grundlage der erweiterten Produktverantwortung ihre Produkte so gestalten, dass die Entstehung von Abfällen vermindert, die Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit des Produktes bzw. einzelner Komponenten ermöglicht und die umweltverträgliche Entsorgung der Reststoffe sichergestellt wird. Die Verantwortung für die Rücknahme und Rückführung beispielsweise von Verpackungen wurde den dualen Systemen übertragen.

Abfallerzeuger und Abfallbesitzer

Für Restabfälle aus privaten Haushalten und Abfälle zur Beseitigung aus dem Gewerbe besteht im Rahmen der kommunalen Satzungen eine Pflicht zur Überlassung an die örE.

Sonstige industrielle und gewerbliche Abfallerzeuger und -besitzer 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.



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 Vollzugs.

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 Produktverantwortung.

Verbraucher

Überlassungspflicht: Restabfälle aus Haushalten, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle; Rückgabepflicht: für bestimmte Abfälle, z. B. Verpackungen, Elektroaltgeräte; etc. Getrennthaltungspflicht.

Entsorgungsunternehmen

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

Die Nutzung von Abfällen sichert die Wirtschaftsleistung.

Mehr als 400 Millionen Tonnen unterschiedlichster Abfälle und Wertstoffe werden von den Unternehmen der Kreislaufwirtschaft pro Jahr umweltgerecht behandelt, beseitigt oder als Sekundärrohstoffe in die industriellen Stoffkreisläufe zurückgeführt. Wichtige Voraussetzung dafür ist die Spezialisierung der einzelnen Unternehmen, um mit innovativen Techniken der Verknappung verschiedener Primärrohstoffe entgegenzuwirken.

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 ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. 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 und 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 summiert.

1.2.1 Abfallaufkommen aus privaten Haushalten sowie Industrie und Gewerbe

Im Jahr 2015 wurden insgesamt 399 Millionen Tonnen Abfälle aus dem Inland in Abfallbehandlungsanlagen entsorgt.¹ Hinzu kommen noch einmal 9 Millionen Tonnen an Importmengen (darunter 73 % notifizierungspflichtig), während weitere 15,7 Millionen Tonnen nicht notifizierungspflichtiger importierter Abfälle direkt einer Verwertung zugeführt wurden.² Der Anteil der gefährlichen Abfälle am behandelten Aufkommen betrug 23 Millionen Tonnen (6 %).

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.

Zusammensetzung der Abfälle

Die im Jahr 2015 in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle setzten sich aus den folgenden Hauptgruppen zusammen:

- ▶ 209 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle, wobei der Bodenaushub mit rund 58 % den größten Anteil ausmacht,
- ▶ 31 Millionen Tonnen aus der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen,
- ▶ 58 Millionen Tonnen übrige Abfälle, insbesondere aus Industrie und Gewerbe,
- ▶ 52 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle, darunter 37 Millionen Tonnen Abfälle aus Haushalten,
- ▶ 50 Millionen Tonnen Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (Sekundärabfälle) und
- ▶ nahezu 9 Millionen Tonnen aus Importen.

..... (1) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 – 2015.

..... (2) Umweltbundesamt, grenzüberschreitende Abfallstatistik 2015.



Bild 3, Quelle: Breer

Abfälle aus privaten Haushalten

Der Anteil der Abfälle aus privaten Haushalten betrug im Jahr 2015 insgesamt 37,2 Millionen Tonnen, das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 455 Kilogramm je Einwohner und Jahr. Das Abfallaufkommen aus privaten Haushalten umfasst

- ▶ 13,1 Millionen Tonnen an Hausmüll,
- ▶ 2,3 Millionen Tonnen an Sperrmüll,
- ▶ 9,7 Millionen Tonnen an getrennt erfassten Bio- und Grünabfällen und
- ▶ 12,1 Millionen Tonnen an getrennt erfassten Wertstoffen wie Papier, Pappe, Kartonagen, Glas, Leichtverpackungen, Altholz, Metalle sowie an sonstigen Wertstoffen.

Die Abfallintensität, der Indikator für die Entkopplung von Netto-Abfallaufkommen und Wirtschaftsleistung, betrug im Jahr 2015 noch 73% gegenüber dem Basisjahr 2000 (2000 = 100), wobei insbesondere in den Jahren 2000-2005 ein deutlicher Rückgang um 20% erreicht werden konnte.³

Entwicklung des Aufkommens an Haushaltsabfällen

(inklusive Elektroaltgeräte)

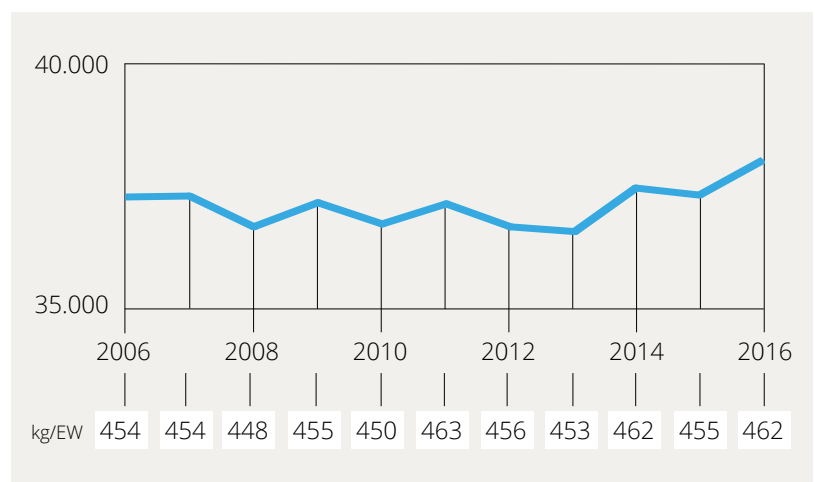


Abb. 1, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2015; eigene Darstellung

Input in Abfallbehandlungsanlagen und Entsorgungswege 2015

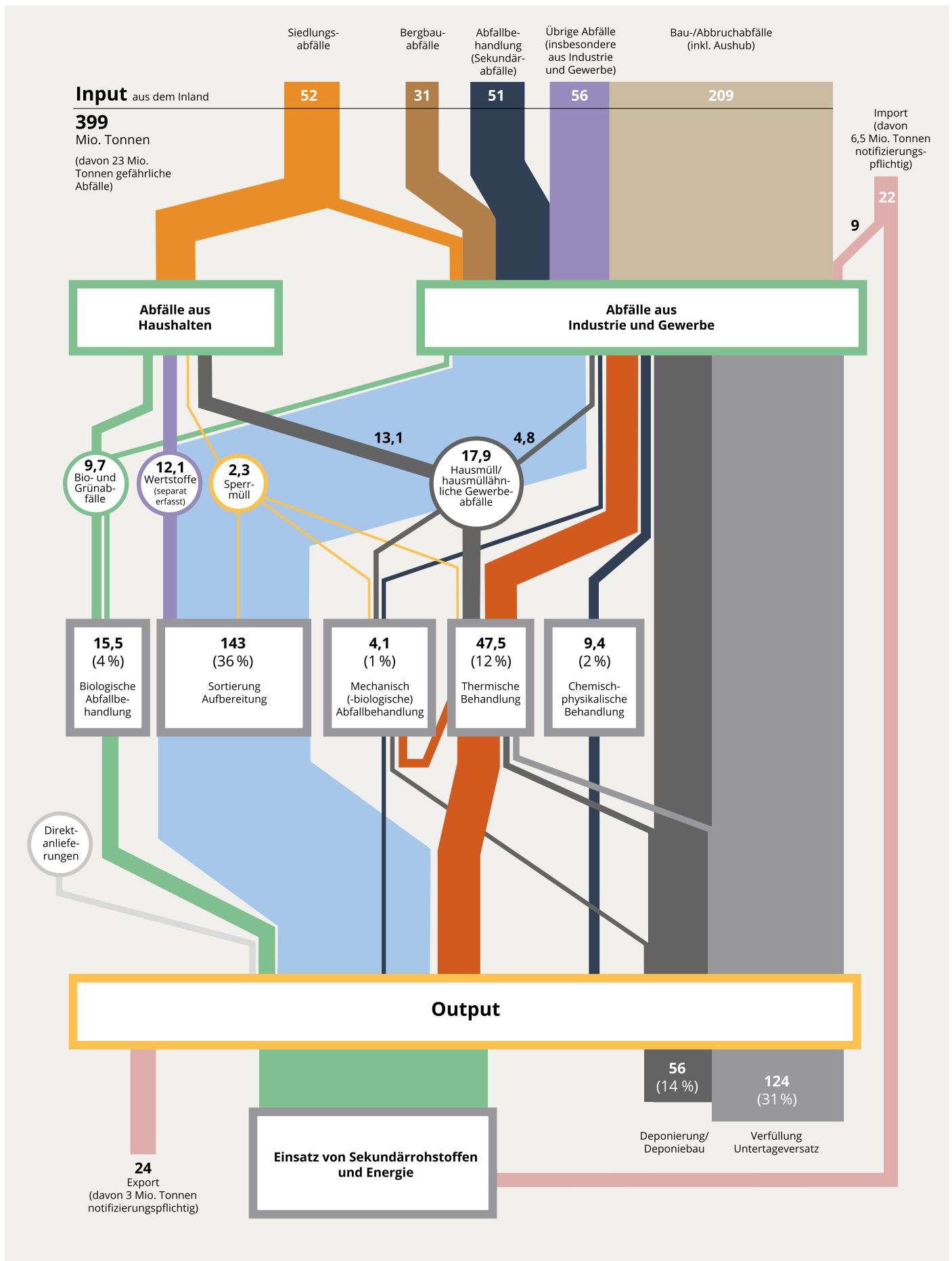


Abb. 2, Quelle: Prognos AG auf der Datengrundlage von DESTATIS

1.2.2 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 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 hat im Jahr 2015 rund 24 Millionen Tonnen Abfälle exportiert. Der Anteil der notifizierungspflichtigen Abfälle daran betrug 13 % (3,0 Millionen Tonnen). Insgesamt 82 % der Abfälle wurden in andere EU-Mitgliedstaaten geliefert. Den Exporten standen Importe in Höhe von 22 Millionen Tonnen mit einem Anteil von 29 % (6,5 Millionen Tonnen) an notifizierungspflichtigen Abfällen gegenüber. 86 % wurden aus anderen EU-Mitgliedstaaten importiert. Der Anteil gefährlicher Abfälle betrug nahezu 2,7 Millionen Tonnen (41 %) an den Importen bzw. 0,5 Millionen Tonnen (18 %) an den Exporten.⁴

Bei den **nicht notifizierungspflichtigen Exporten** dominierten mit 39 % (8,1 Millionen Tonnen) Abfälle

und Schrott aus Eisen und Stahl, gefolgt von Schlacken, Aschen und Walzzunder mit einem Anteil von 19 % (4,0 Millionen Tonnen) sowie Papierabfälle mit einem Anteil von 13 % (2,6 Millionen Tonnen). Insgesamt 30 % (4,6 Millionen Tonnen) der **nicht notifizierungspflichtigen Importe** machten Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl aus, weitere 25 % (4,0 Millionen Tonnen) entfallen auf Papierabfälle und noch einmal 15 % (2,3 Millionen Tonnen) auf Holzabfälle.

Brennbare Abfälle (AWV 19 12 10) und Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (AWV 19 12 12) haben mit 1,5 Millionen Tonnen (23 %) den größten Anteil an den **notifizierungspflichtigen Importen**, gefolgt von Holz (AWV 19 12 06 und 19 12 07) mit 0,9 Millionen Tonnen (13 %). Demgegenüber wurden die **notifizierungspflichtigen Exporte** von Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (AWV 19 01 12) mit nahezu 0,7 Millionen Tonnen (22 %) dominiert.

Auch die grenzüberschreitende Verbringung von notifizierungspflichtigen Abfällen erfolgt mit 89 % bei Importen und 90 % bei Exporten mehrheitlich zwischen den EU-Mitgliedstaaten. Werden darüber hinaus noch die Schweiz und Norwegen berücksichtigt, sind dies 99 % der Importe und nahezu 100 % aller Exporte.

Mit einem Anteil von zusammen 57 % wurden notifizierungspflichtige Abfälle vorwiegend in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Baden-Württemberg behandelt bzw. umweltverträglich beseitigt. Aus diesen drei Bundesländern stammen auch 71 % der Exporte an notifizierungspflichtigen Abfällen.

(4) Umweltbundesamt, Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2015.

Top-10-Herkunftsländer (Importe) und Top-10-Empfängerländer (Exporte) in Tsd. Tonnen, 2015

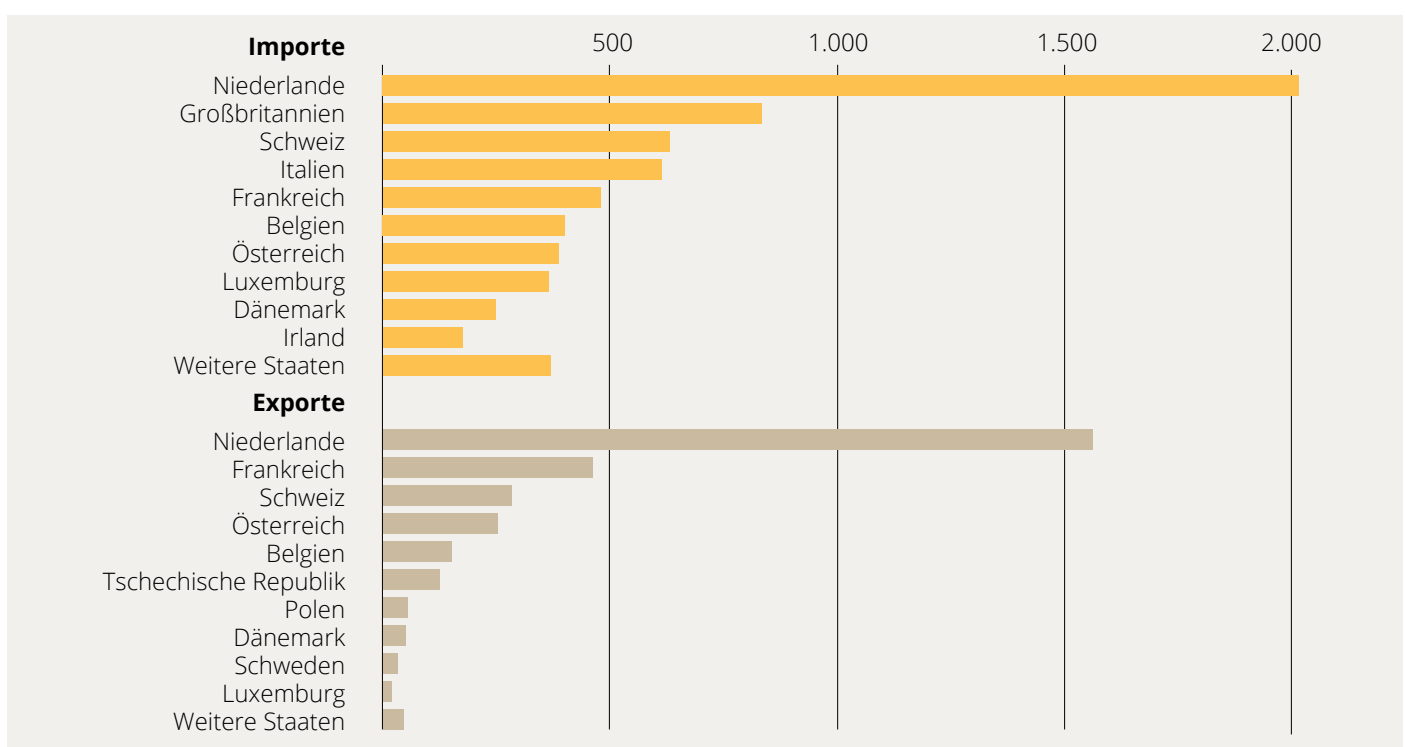


Abb. 3, Quelle: Umweltbundesamt: Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2015; eigene Darstellung

Moderne Technologien für effiziente Stoffströme.

Das gesamte Leistungsspektrum der Kreislaufwirtschaft ist auf die energetische und stoffliche Verwertung von unterschiedlichen Abfällen fokussiert. Die hochentwickelten Abfallbehandlungsanlagen nutzen das im Abfall vorhandene Potenzial an Sekundärrohstoffen und Energie, so dass ein wesentlicher Beitrag zur Ressourcenschonung geleistet und der Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase reduziert wird.

1.3.1 Anlagen und Mengen zur stofflichen Verwertung

„Recycling“ und „Recyclingquoten“ sind die derzeit wohl mit am häufigsten verwendeten Begriffe in der Kreislaufwirtschaft. Angesichts der aktuellen Diskussionen könnte der Eindruck entstehen, dass es sich dabei um ein modernes Phänomen handelt. Das Wiederverwenden bereits benutzter Rohstoffe, insbesondere von Metallen, Glas und Papier, gehörte jedoch bereits viele Jahrhunderte v. Chr. zum täglichen Leben, also lange bevor steigende Abfallmengen und fehlende Entsorgungswege gravierende Hygiene- und Umweltprobleme nach sich zogen.

Die historisch bereits bedeutende Rolle des Recyclings wird in Zukunft weiter zunehmen. Auch die Zielrichtung für die europäische Abfallwirtschaft ist konsequent auf die Entwicklung einer umfassenden Ressourcenwirtschaft ausgerichtet, wofür es allerdings einer hochwertigen technischen Infrastruktur bedarf.

1.3.1.1 Sortierung, Aufbereitung und Recycling

Deutschland verfügt über ein flächendeckendes Netz von Vorbehandlungs-, Sortier- und Aufbereitungsanlagen.

Im Jahr 2015 wurden laut Statistischem Bundesamt⁵

- ▶ 25,8 Millionen Tonnen Abfälle in 1.121 Sortieranlagen,
- ▶ 15,1 Millionen Tonnen Abfälle in 729 Schredderanlagen und Schrottscheren,

- ▶ mehr als 0,9 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte in 325 Zerlegeeinrichtungen und
- ▶ nahezu 0,5 Millionen Tonnen in 1.296 Demontagebetrieben für Altfahrzeuge


mit dem Ziel vorbehandelt, den entsprechenden Wertstoff als Rohstoff zurückzugewinnen beziehungsweise für die Wiederverwendung vorzubereiten.

Von den 1.121 Sortieranlagen Deutschlands befinden sich 31 % in Nordrhein-Westfalen und 18 % in Bayern. Mit deutlichem Abstand folgen Niedersachsen mit 7 % und Baden-Württemberg mit 6 %. Bezogen auf die Gesamtmenge der an Sortieranlagen angelieferten Abfälle wurden im Jahr 2015 ein Drittel in Nordrhein-Westfalen, 15 % in Bayern und 9 % in Baden-Württemberg sortiert.

Als bevölkerungsreichstes Bundesland verfügt Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 20 % auch über die meisten Demontagebetriebe für Altfahrzeuge, gefolgt von Bayern mit 14 % sowie Baden-Württemberg und Niedersachsen mit je 12 %.

In Bayern und Nordrhein-Westfalen stehen jeweils 21 % der Zerlegeeinrichtungen für Elektro- und Elektronikaltgeräte, mit deutlichem Abstand folgen Hessen (9 %) und Baden-Württemberg (8 %).

Dank moderner Sortiertechniken und Anlagen haben vollautomatische Sortieranlagen zur Verwertung von Gewerbeabfällen, Wertstoffen aus Haushalten, wie Papier, Pappe und Kunststoffen, in der Kreislaufwirtschaft Einzug gehalten. Durch diese Verfahren wird es möglich, auch nicht recyclingfähige und/oder schadstoffbelastete Stoffe aus dem Wertstoffkreis-

 (5) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 – 2015.

lauf auszuschleusen. Im Ergebnis führt dies zu qualitativ hochwertigeren Rezyklaten, für die ein verbesserter Zugang zu den Märkten für Sekundärrohstoffe zu erwarten ist. Auf Grund der langjährigen Erfahrungen nimmt der deutsche Maschinen- und Anlagenbau in Europa die Technologieführerschaft im Bereich der Sortier- und Recyclingverfahren ein.

1.3.1.2 Mechanische und mechanisch-biologische Behandlung

Die Geschichte der mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) in Deutschland reicht etwas mehr als 20 Jahre zurück, als insbesondere mit der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) von 1993 die Grundlagen für die heutige Abfallentsorgung gelegt wurden. Die wichtigste Bestimmung betraf das Deponierungsverbot für nicht vorbehandelte Abfälle ab dem 1. Juni 2005.

Im Jahr 2001 wurden mit der 30. BImSchV und der Ablagerungsverordnung die genehmigungsrechtlichen Grundlagen für die stoffstromspezifische Behandlung von Siedlungsabfällen in mechanisch-biologischen Vorbehandlungsanlagen gelegt und damit wurde der Bau eines Großteils der heute noch betriebenen Anlagen initiiert. Die Weiterentwicklung der Technologie führte zu verschiedenen Verfahrensvarianten, die unter anderem das Ziel der Gewinnung von heizwertreichen Ersatzbrennstoffen sowie der Aussortierung von Eisen- und Nichteisenmetallen, Holz und Kunststoffen verfolgten.

Bundesweit sind 52 mechanische und mechanisch-biologische Behandlungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von rund 5,2 Millionen Tonnen zur Vorbehandlung von gemischten Siedlungsabfällen in Betrieb. Mit nahezu 2,5 Millionen Tonnen befinden sich 45% der Kapazitäten in den neuen Bundesländern.

Im Jahr 2015 wurden insgesamt 4,1 Millionen Tonnen primäre Siedlungsabfälle in MBA vorbehandelt, aus denen anschließend 2,2 Millionen Tonnen (rund 55%) Brennstoffe und brennbare heizwertreiche Fraktionen erzeugt wurden. Diese werden in EBS-Kraftwerken zur Energiegewinnung eingesetzt und ersetzen auch in Zement- und Kohlekraftwerken fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas. Etwa 5% der behandelten Siedlungsabfälle werden stofflich verwertet.

Die zunehmenden Anforderungen an die Getrennterfassung von Wertstoffen, die Wiederverwendung, das Recycling und an die energetische Verwertung stellen die Betreiber von mechanischen und mechanisch-biologischen Anlagen sowohl im Hinblick auf die Menge als auch im Hinblick auf die Qualität der Abfälle vor neue Herausforderungen. Dies betrifft u. a. auch die weitergehende Reduzierung der biologisch stabilisierten Abfälle aus MBA, die deponiert werden müssen.

Standorte der Sortier- und Aufbereitungsanlagen in Deutschland

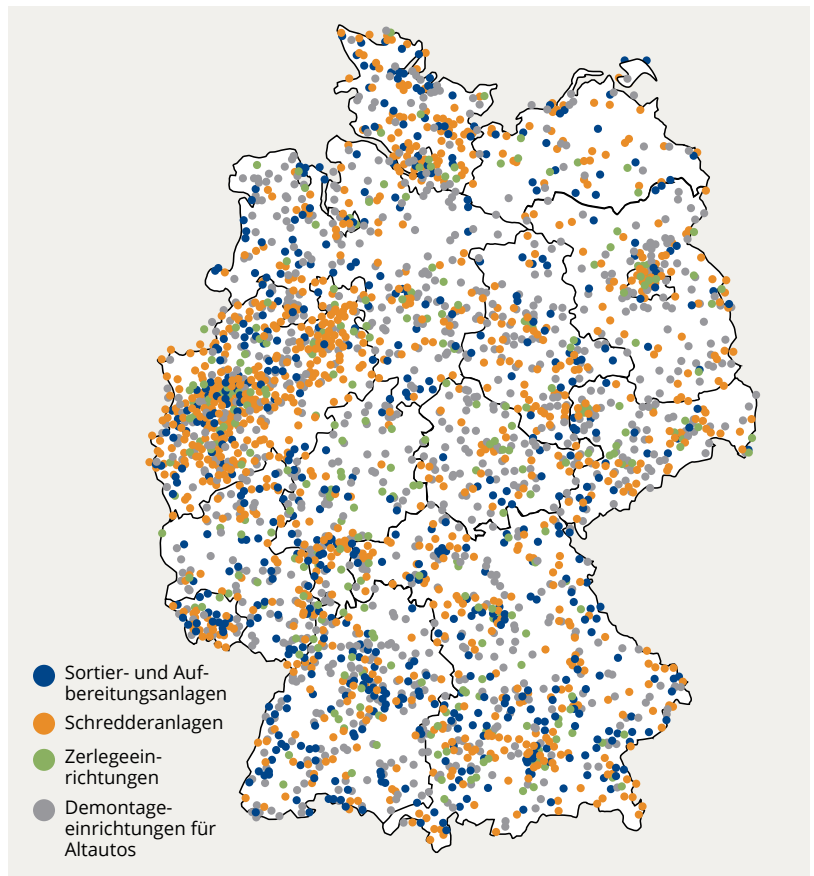


Abb. 4, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland

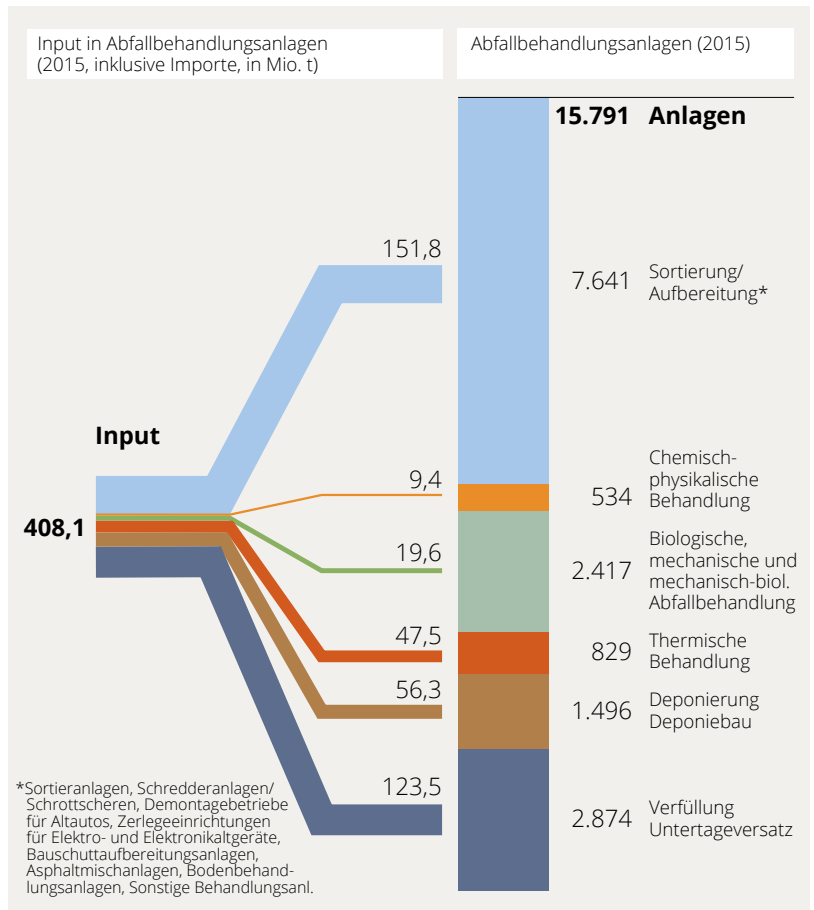


Abb. 5, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2015; eigene Darstellung

Standorte von mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Abfallanlagen in Deutschland, die gemischte Siedlungsabfälle aufnehmen

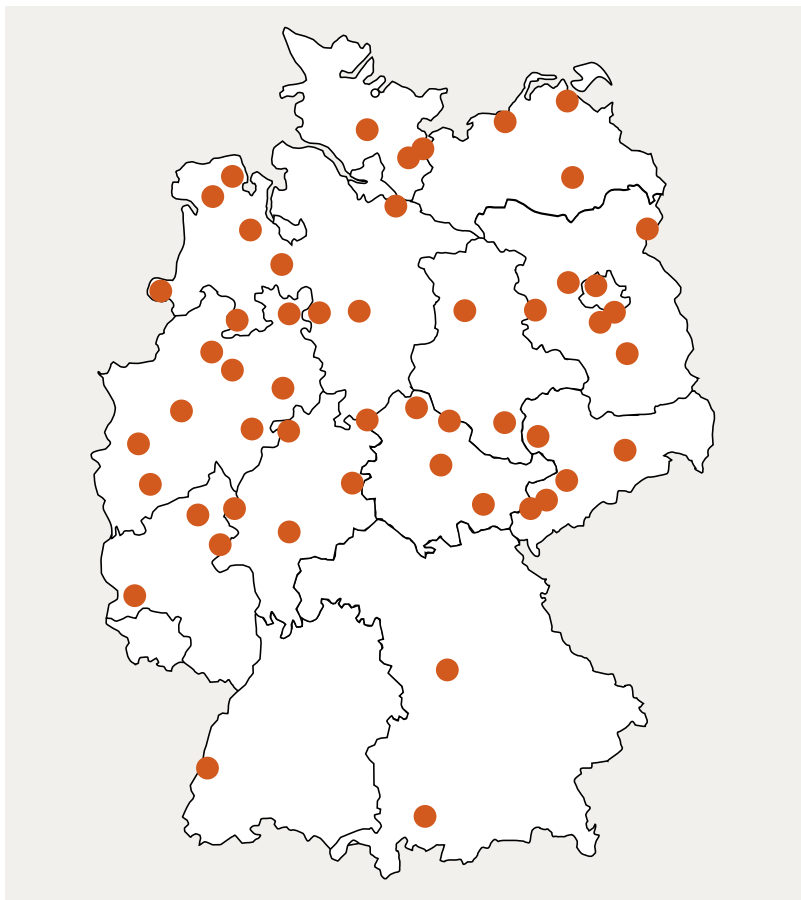


Abb. 6, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Biologische Abfallbehandlungsanlagen nach Art der Anlage (Anzahl und Input 2015)

	Anzahl	Input (in Mio. t)
Bioabfallkompostierungsanlagen	223	3,6
Grünabfallkompostierungsanlagen	645	3,8
Abfallbasierte Biogas- und Vergärungsanlagen (einschließlich kombinierter Kompostierungs- und Vergärungsanlagen)	1.392	6,5
Klärschlammkompostierungsanlagen	78	0,8
Sonstige biologische Behandlungsanlagen	24	0,9

Abb. 7, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2015; eigene Darstellung

(6) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 - 2015.

1.3.1.3 Sonstige Behandlungsanlage⁶

Das breite Spektrum der Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland wird ergänzt durch rund **2.360 biologische Behandlungsanlagen**, in denen organische Abfälle durch aerobe Verfahren in Komposte (und/oder durch anaerobe Verfahren (Vergärung) zu energetisch nutzbarem Biogas umgewandelt werden. Sie behandelten im Jahr 2015 in Summe 15,5 Millionen

Tonnen an Abfällen. Davon entfielen 63 % auf organische Siedlungsabfälle und 23 % auf Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft sowie Lebensmittelindustrie. Die verbleibenden 14 % verteilen sich auf sonstige Herkunftsbereiche. Bis 2005 wurden biologisch abbaubare Abfälle noch überwiegend deponiert. Die dabei entstehenden klimaschädlichen Methangase haben zu einer deutlichen Umweltbelastung beigetragen. Heute werden organische Abfälle zunehmend getrennt erfasst. Die Anfänge der getrennten Bioabfallerfassung reichen zurück in das Jahr 1985. Ein relevanter Anstieg konnte gegen Ende des 20. Jahrhunderts beobachtet werden. Inzwischen besteht seit 2015 gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie eine Verpflichtung zur Einführung einer separaten Bioabfallerfassung. Aus den im Jahr 2015 erzeugten organischen Abfällen wurden 4,2 Millionen Tonnen Kompost und 4,1 Millionen Tonnen Gärückstände erzeugt, die ihrerseits wieder primär in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Dabei gelten gesetzlich geregelte spezifische Anforderungen und strenge Grenzwerte für Schwermetalle und Fremdstoffe. Zukünftig gilt es, die in den nassen biogenen Abfällen enthaltene Energie ebenfalls über Vergärungsanlagen mit Biogasnutzung stärker einzusetzen.

Rund **2.580 stationäre und mobile Bauschutt- aufbereitungsanlagen** haben im gleichen Jahr 66,7 Millionen Tonnen primäre Bau- und Abbruchabfälle einschließlich Straßenaufbruch und kohlenteehaltiger Bitumengemische aufbereitet. Ergänzt wird das Anlagenspektrum für primäre Bau- und Abbruchabfälle um **535 Anlagen zur Aufbereitung und Verwertung von Ausbausphal**t (Asphaltmischanlagen). Auch dieser Anlagentyp wird sowohl stationär als auch mobil betrieben. In **111 Bodenbehandlungsanlagen** wurden 3,7 Millionen Tonnen verunreinigter Boden mittels thermischer, biologischer oder mechanischer Verfahren aufbereitet.

In **945 sonstigen Behandlungsanlagen** wurden 26,3 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.

Für die Behandlung von chemischen Abfällen steht ein breit gefächertes Spektrum von **534 chemisch-physikalischen 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.

Für die Behandlung der 27,9 Millionen Tonnen **bergbaulicher Abfälle** standen **18 Anlagen** zur Verfügung.

Bergbaufremde Abfälle in einer Größenordnung von 95,6 Millionen Tonnen wurden in **2.856 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 Weiterverarbeiten von Bodenschätzen anfallen.

1.3.2 Anlagen und Mengen zur energetischen Verwertung

Die thermische Abfallbehandlung hat sich zu einer der tragenden Säulen der Kreislaufwirtschaft entwickelt. In der Regel unterscheidet man bei der thermischen Abfallbehandlung zwischen der Mono- und der Mitverbrennung. Zu den Monoverbrennungsanlagen gehören die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB), zu denen die ITAD die „klassischen“ Müllverbrennungsanlagen (MVA), die Müllheizkraftwerke (MHKW) und die Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-KW) zählt. In den Mitverbrennungsanlagen (im Wesentlichen Kohlekraftwerke und Zementwerke) werden überwiegend aufbereitete heizwertreiche Abfallstoffe eingesetzt.

Das Altholz wird in speziellen Biomasse[heiz]kraftwerken eingesetzt. Um die thermische Behandlung von gefährlichen Abfällen kümmern sich vorrangig die Sonderabfallverbrennungsanlagen, für Klärschlämme stehen spezifische Klärschlammverbrennungsanlagen zur Verfügung.

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

1.3.2.1 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 auf ein positives Echo und führte nur wenige Jahre später, im Jahr 1894, zum Bau der ersten Müllverbrennungsanlage Deutschlands in Hamburg.

Der Hauptzweck der frühen Anlagen bestand primär in der Abfallbeseitigung, insbesondere zur Hygienisierung und Volumenreduzierung. Der Aspekt der Energiegewinnung rückte erst mit der Erdölkrise in den 80er Jahren stärker in den Mittelpunkt. Heute gewährleistet die thermische Abfallbehandlung unter Einhaltung höchster Umweltstandards die sicherere Entsorgung von nicht mehr verwertbaren Abfällen.

Standorte von MVA und EBS-Kraftwerken in Deutschland

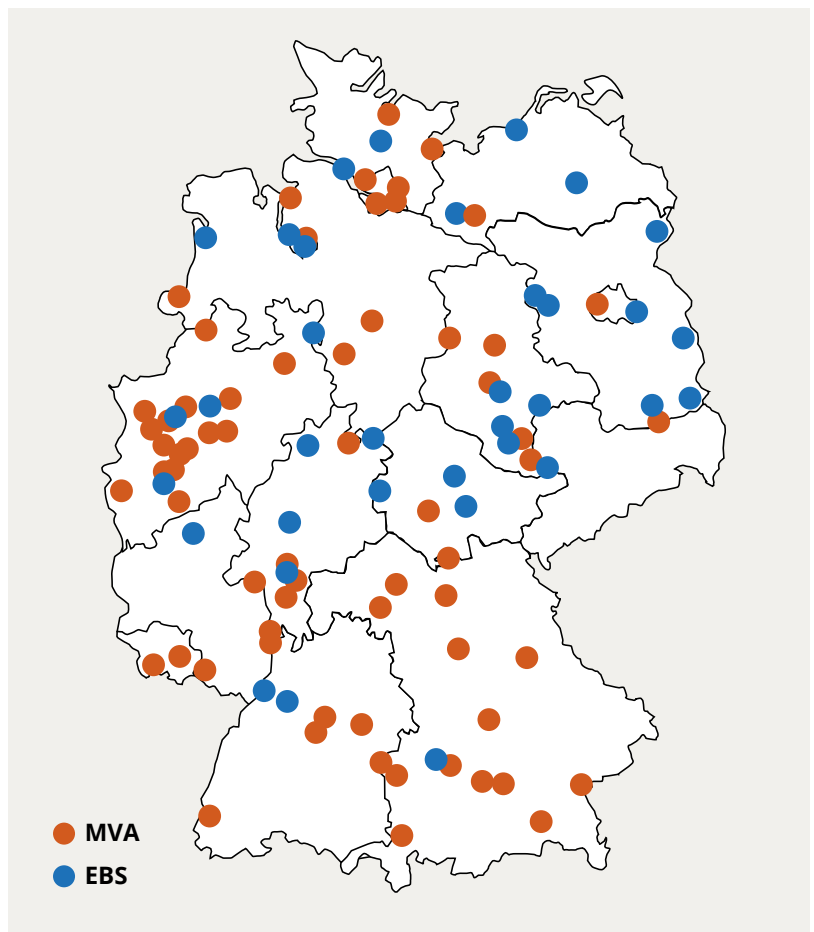


Abb. 8, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Anzahl MVA/EBS nach Bundesländern

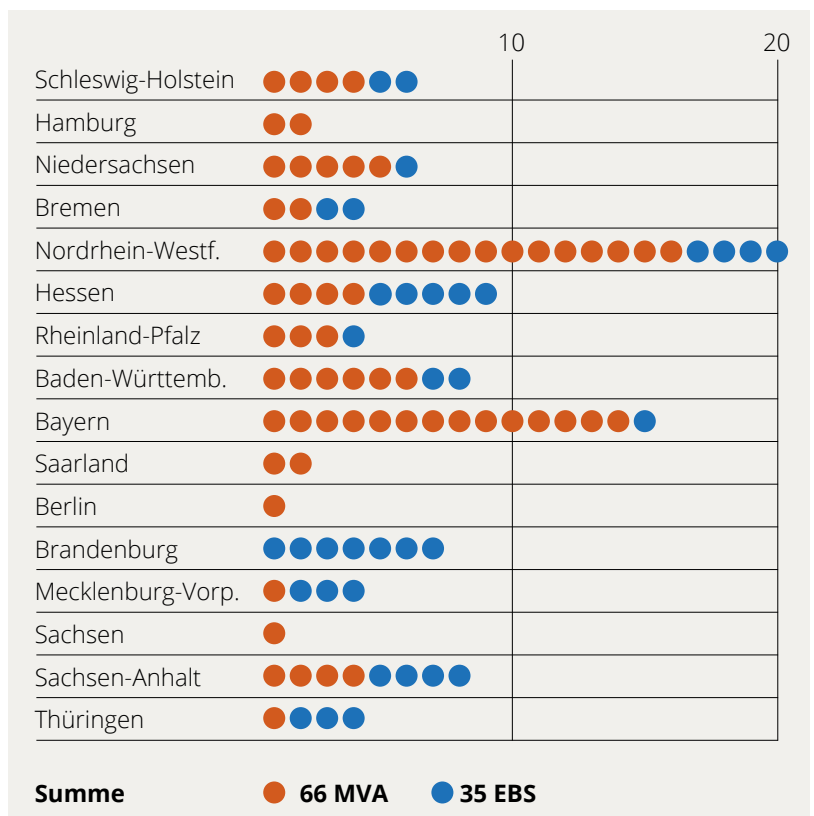


Abb. 9, Quelle: Prognos AG, eigene Recherchen

1.3 Abfallbehandlung und -verwertung

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.

Heute verfügt Deutschland über ein dichtes Netz von insgesamt rund 100 TAB, davon 66 Abfallverbrennungsanlagen (MVA), die über eine Gesamtkapazität von 20,5 Millionen Tonnen pro Jahr verfügen. Die höchste Konzentration ist dabei in Nordrhein-Westfalen mit 16 Anlagen und einer Kapazität von 6,6 Millionen Tonnen anzutreffen, gefolgt von den Bundesländern Bayern (14 Anlagen) und Baden-Württemberg (5 Anlagen) mit zusammen 4,9 Millionen Tonnen. Neuere Anlagen stehen vorrangig in den neuen Bundesländern. Weiterhin zählen zu den TAB insgesamt 35 EBS-KW mit einer Verbrennungskapazität von nahezu 5,7 Millionen Tonnen pro Jahr. Mit der Nutzung der durch die aufbereiteten Brennstoffe eingebrachten Energie leisten die EBS-Kraftwerke in erster Linie einen Beitrag zur Versorgung eigener oder benachbarter Produktionsstandorte mit Strom, Wärme und Prozessdampf.

→ (7) Verein Deutscher Zementwerke e. V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie im Jahr 2015 und 2016.

→ (8) UBA, 2017: Umweltbundesamt – Energieerzeugung aus Abfällen – Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Entwurf des Sachverständigenrats für BMUB von Flamme, Hanewinkel, Quicker, Weber, Oktober 2017.

→ (9) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 – 2015.

Mit dem in der EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2008 definierten Energieeffizienzkriterium, dem sogenannten R1-Faktor, wurden in Deutschland fast alle TAB als Verwertungsanlagen anerkannt.

Die thermische Abfallbehandlung in MVA und EBS-Kraftwerken ist mit einem Durchsatz von etwa 25 Millionen Tonnen Abfällen eine bedeutende Säule der Kreislaufwirtschaft. Die effiziente Auskoppelung von Strom, Prozess- und Fernwärme sowie die Rückgewinnung von Metallen aus den Verbrennungsrückständen bekommen zunehmend mehr Bedeutung und liefern wichtige Beiträge zum Klima- und Ressourcenschutz. Aktuelle Entwicklungen in der Abfallwirtschaft, wie zum Beispiel die zunehmenden Anforderungen an die Qualität der Sekundärrohstoffe, lassen die Bedeutung der TAB für die Kreislaufwirtschaft weiter steigen. Erst durch die Entfrachtung von Schad- und Störstoffen lässt sich hochwertiges Recycling in Deutschland sicherstellen.

1.3.2.2 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 Primärenergieträger 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 energetische Nutzung von Ersatzbrennstoffen und brennbaren Abfällen gewinnt vor dem Hintergrund von Ressourcenmanagement und Klimaschutz eine immer größere Bedeutung.

Die Substitution fossiler Energieträger und die damit einhergehende Verringerung klimaschädlicher Treibhausgasemissionen ist für die Zementindustrie von großer Bedeutung. Aktuell verfügen 34 Zementwerke in Deutschland über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen. Im Jahr 2015 wurden nahezu 3,2 Millionen Tonnen an Abfällen energetisch verwertet. Damit konnte der thermische Energiebedarf dieser Branche bereits zu 65 % durch alternative Brennstoffe gedeckt werden.⁷

Mitverbrennungsanlagen (Zement- und Kohlekraftwerke)

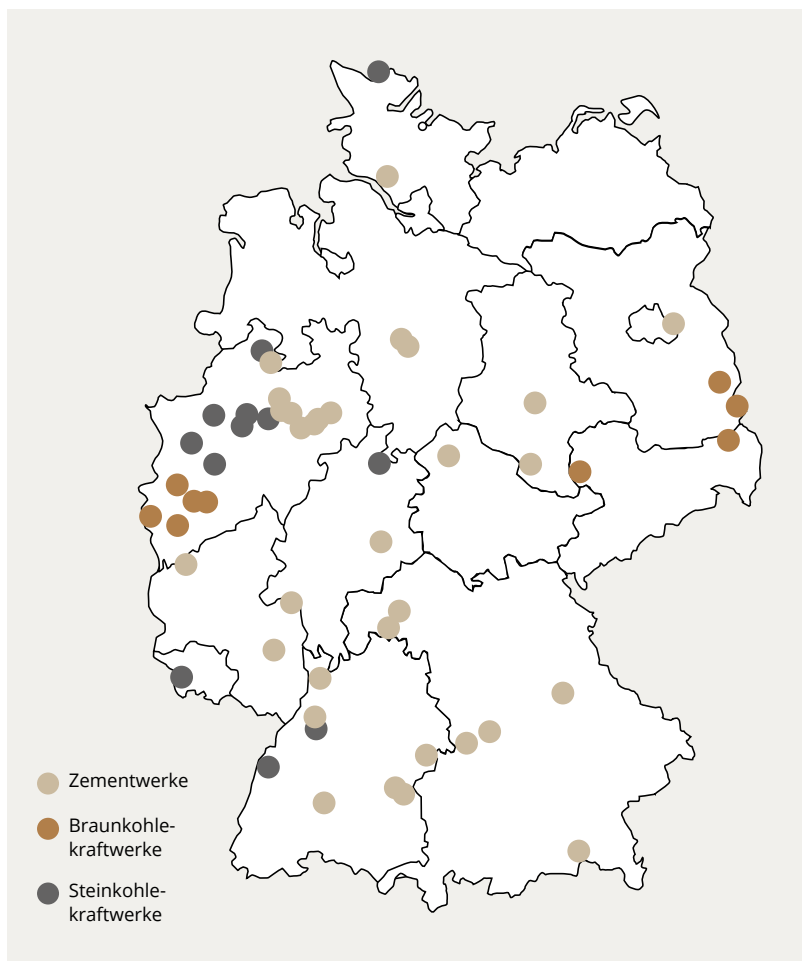


Abb. 10, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Mitverbrennung in Kohlekraftwerken

Abfälle werden auch in Kohlekraftwerken mitverbrannt. Auf der Grundlage einer aktuellen Analyse des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2017,⁸ ergänzt um Eigenrecherchen von Prognos, wurden 25 Kohlekraftwerke identifiziert, die 2016 in Betrieb waren und über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen verfügen, darunter 10 Braunkohlekraftwerke und 15 Steinkohlekraftwerke. Von diesen haben gemäß Sachverständigengutachten und Eigenrecherchen nur 16 auch tatsächlich Abfälle in einer Größenordnung von rund 1,5 Millionen Tonnen mitverbrannt. Die Bandbreite der eingesetzten Abfallarten reicht von Sekundärbrennstoffen (8 Kohlekraftwerke) über Papier- und Faserschlämme, Klärschlamm, Kunststoffe und Folien, Spuckstoffe, Tiermehl, gefährliche Abfälle bis hin zu organischen Flüssigkeiten. Mit der Energiewende werden die Kohlekraftwerke schrittweise stillgelegt werden. Die dadurch freiwerdenden, bislang mitverbrannten Abfallmengen müssen auf andere Verbrennungsanlagen übergehen.

1.3.2.3 Sonderabfallverbrennung

Der Bau von Sonderabfallverbrennungsanlagen begann in den 50er Jahren und ist eng an das Anliegen geknüpft, eine Behandlungsoption für hochbelastete, gefährliche Abfälle zu entwickeln, indem organische Schadstoffe sicher zerstört und anorganische Schadstoffe durch Bindung in der Schlacke bzw. den Filterstäuben sicher dem Stoffkreislauf entzogen werden. Gleichzeitig wird die freigesetzte Energie genutzt.

Derzeit werden in Deutschland 32 Sonderabfallverbrennungsanlagen betrieben, die sich primär an Standorten der bzw. in Standortnähe zur chemischen und petrochemischen Industrie befinden. Die Anlagen werden daher mehrheitlich auch von den Unternehmen der chemischen Industrie wie zum Beispiel BASF, Basell oder AlzChem betrieben.

Bei den eingesetzten Anlagentypen handelt es sich in der Regel um Drehrohrofenanlagen, in denen flüssige, feste und zum Teil auch gasförmige Abfälle inertisiert werden, die von sonstigen Brennkammertypen für flüssige und gasförmige Abfälle zu unterscheiden sind.

Die Gesamtkapazität von rund 1,6 Millionen Tonnen wurde im Jahr 2015 mit fast 1,3 Millionen Tonnen nur anteilig genutzt. Davon entfielen 15% auf Importe aus Ländern, die selber über keine (wie zum Beispiel die Niederlande) bzw. über keine ausreichenden Behandlungskapazitäten verfügen.⁹

Einsatz alternativer Brennstoffe in Zementwerken 2016

(in Tsd. Tonnen)

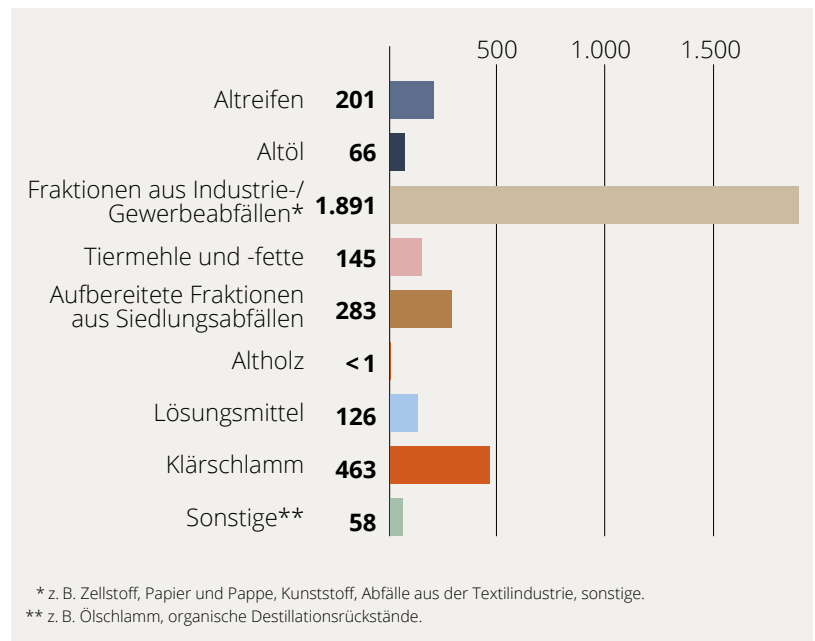


Abb. 11, Quelle: Verein Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ), Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2016

Standorte von Sonderabfallverbrennungsanlagen in Deutschland

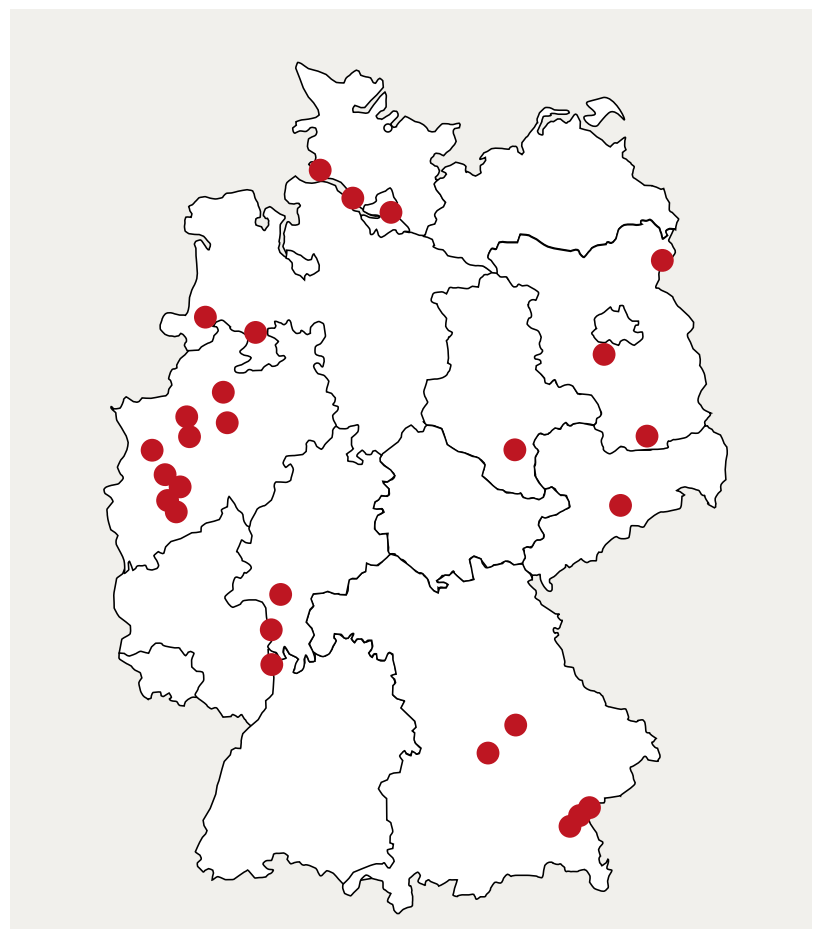


Abb. 12, Quelle: Eigene Recherchen der Prognos AG; Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

1.3.3 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 TAB 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.

Ein Meilenstein in der Geschichte der deutschen Abfallwirtschaft ist das seit Juni 2005 bestehende 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 unbelastete Böden
- ▶ DK I für Bauschutt, Böden und Schlacken (mineralische Abfälle)
- ▶ DK II für mineralische Gewerbeabfälle
- ▶ DK III für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
- ▶ DK IV für Sonderabfälle (Untertageablagerung)

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. Seither ist die Zahl der in Deutschland betriebenen Deponien stetig zurückgegangen. Im Jahr 2000 waren noch 1.970 Deponien in Betrieb, 2015 waren es noch 1.110. Diese verteilten sich zu 71 % (787 Deponien) auf die Deponiekategorie DK 0, 12 % (138) auf DK I und 14 % (154) auf DK II. 27 Deponien (2 %) gehörten zur Deponiekategorie DK III und 4 (< 1 %) zur Deponiekategorie DK IV.¹⁰

Die Gesamtablagerungsmenge betrug im Jahr 2015 insgesamt 44,5 Millionen Tonnen. Davon wurden mehr als drei Viertel auf Deponien der Klasse DK 0 (42 %) und DK I (36 %) abgelagert. Der mengenmäßig größte Anteil entfiel dabei auf mineralische Bau- und Abbruchabfälle (53 %, 23,3 Millionen Tonnen), darunter insbesondere Boden und Steine (16,3 Millionen Tonnen), sowie Abfälle aus thermischen Prozessen (26 %, 11,5 Millionen Tonnen), darunter insbesondere Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (4,9 Millionen Tonnen). Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen trugen mit 13 % (5,7 Millionen Tonnen) zur abgelagerten Menge bei.

Abfälle werden auf Deponien auch für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt, so zum Beispiel für die Errichtung von Abdichtungs- sowie Drainage- und Rekultivierungsschichten. Im Jahr 2015 wurden 1,8 Millionen Tonnen an Abfällen für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt. Zum Einsatz kamen primär mineralische Bau- und Abbruchabfälle (63 %, 7,4 Millionen Tonnen) und Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen (27 %, 3,2 Millionen Tonnen).

Nach vorsichtigen Schätzungen reichen die Deponiekapazitäten in Deutschland je nach Deponiekategorie noch für rund 10 bis 20 Jahre, wobei sich die Situation in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich darstellt. Der weitere Bedarf wird auch davon abhängen, inwieweit es u. a. gelingt, die Einsatzmöglichkeiten für Ersatzbaustoffe deutlich zu erweitern.


 (10) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 – 2015.



Bild 4, Quelle: AVG Köln mbH

Anzahl der Deponien und abgelagerte Menge nach Bundesländern

Bundesland	Anzahl	Abgelagerte Menge 2015 (in Tsd. Tonnen)
Baden-Württemberg	327	5.449,7
Bayern	399	6.315,4
Berlin	-	-
Brandenburg	17	4.133,9
Bremen	8	347,3
Hamburg	2	284,8
Hessen	33	1.373,4
Mecklenburg-Vorpommern	8	763,8
Niedersachsen	59	4.117,3
Nordrhein-Westfalen	135	16.575,6
Rheinland-Pfalz	41	814,1
Saarland	30	1.422,9
Sachsen	6	790,2
Sachsen-Anhalt	9	523,7
Schleswig-Holstein	18	1.194,4
Thüringen	18	342,5
Deponien gesamt	1.110	44.449,1

Abb. 13, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2015; eigene Darstellung

Kreislaufführung durch Spezialisierung und Arbeitsteilung.

Die getrennte Erfassung, Sortierung und Verwertung der unterschiedlichen Wertstofffraktionen ist eine komplexe Aufgabe, die hohe Anforderungen an die jeweilige Logistik, Technik und Aufbereitung stellt. Die hochwertigen Materialien werden von Recyclingunternehmen erfasst und über zum Teil komplexe Prozesse in wiederverwertbare Rohstoffe umgewandelt, die anschließend über neu produzierte Produkte wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden.

1.4.1 Leichtverpackungen

Leichtverpackungen (LVP), die überwiegend aus Kunststoffen, Metallen 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 Teebeutel. 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 Verpackungsverordnung verankerten Produktverantwortung der Hersteller und Inverkehrbringer. Die Organisation der Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verpackungen erfolgt allerdings nicht durch die Hersteller und Inverkehrbringer, sondern durch die etwa zehn im Markt aktiven dualen Systeme, die wiederum in Konkurrenz zueinander stehen. Finanziert wird ihre Tätigkeit über material- und verpackungsspezifische Lizenzgebühren der Hersteller und Inverkehrbringer. Im Jahr 2015 wurden rund 2,5 Millionen Tonnen an gemischten Verpackungen (Leichtstofffraktionen, LVP) gesammelt,¹¹ was rund 31 Kilogramm pro Einwohner entspricht. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland damit auf einem der vorderen Plätze in Europa, dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das hohe Aufkommen einerseits auf die hochwertige flächendeckende Erfassung der Materialien und andererseits auf das hohe Wohl-

stands- bzw. Konsumniveau in Deutschland zurückzuführen ist.

Die Durchführung der Sammlung erfolgt durch von den dualen Systemen beauftragte Entsorgungsunternehmen und wird in enger Abstimmung mit den Kommunen durchgeführt. Deutschland ist dafür in rund 400 Erfassungsgebiete aufgeteilt. Gesammelt werden Leichtverpackungen überwiegend in gelben Säcken und gelben Tonnen im Holsystem, in Bayern im Rahmen des Bringsystems auch durch Wertstoffinseln.

Leichtverpackungen bestehen meist aus hochwertigen 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 Sortierprozesses ist die Separierung in eine der bis zu 15 sortenreinen Materialien- und Stoffgruppen. Diese Leistung ist eine Grundvoraussetzung für ein hochwertiges Recycling.

Bundesweit sind 59 Sortieranlagen für Leichtverpackungen unter Vertrag. Ein bestimmter Teil der Leichtverpackungsabfälle kann nach weiterer Aufbereitung wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden. So werden aus alten Pfand(PET)-Flaschen neue Flaschen oder auch Fleecepullover hergestellt. Aus zurückgewonnenen Granulaten (überwiegend PE/PP)


 (11) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 – 2015.



Bild 5, Quelle: Lobbe

Marktanteile der Betreiber von dualen Systemen (2. Quartal 2017)

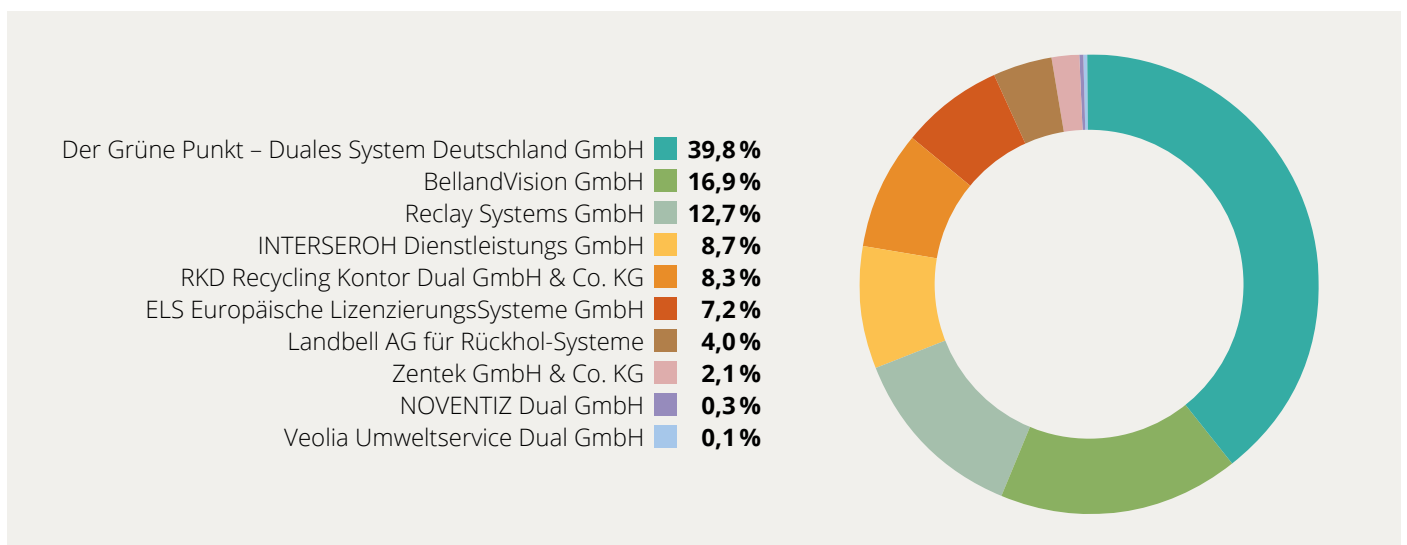


Abb. 14, Quelle: bvse

werden mittlerweile nicht mehr nur die berühmten Parkbänke und Rasensteine, sondern auch Dinge des täglichen Lebens wie Textmarker oder Flaschen für Reinigungsmittel hergestellt und über den gelben Sack wieder in den Kreislauf geführt.

Mit dem neuen Verpackungsgesetz (VerpackG) werden ab 2019 die Quoten für die stoffliche Verwertung von Leichtverpackungen von 36% auf 63% angehoben. 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 in den Vordergrund der Gesetzgebung rücken. Das schließt auch Aspekte der Recyclingfähigkeit von Produkten, die Einführung einer Wiedereinsatzquote von Rezyklaten und die aktive Mitarbeit der Verbraucher bei der getrennten Erfassung ein.



Bild 6, Quelle: Thinkstock

1.4.2 Glas

Mehrwegflaschen aus Glas können bis zu 50-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 mindestens 60% aus Recyclingglas, bei Grünglas liegt der Anteil sogar bei bis zu 90%.¹² Zusätzlich spart der Einsatz von Altglas im Rahmen der Glasherstellung Energie und Primärressourcen, wodurch unter anderem klimaschädliche Emissionen verringert werden.

Im Jahr 2015 wurden in Deutschland allein aus privaten Haushalten 1,88 Millionen Tonnen Behälterglas separat erfasst. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Wert von rund 23 Kilogramm. Dieser ist seit dem Jahr 2006 mit damals 24 Kilogramm je Einwohner 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 ein-

Verwertung von Glas aus gebrauchten Verpackungen

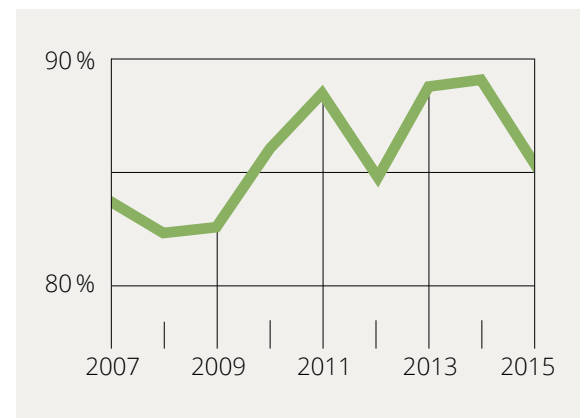


Abb. 15, Quelle: Gesellschaft für Glasrecycling und Abfallvermeidung mbH

geführt. 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.

Werden zusätzlich noch die Glasverpackungen aus Industrie und Gewerbe berücksichtigt, betrug der Gesamtverbrauch im Jahr 2015 insgesamt 2,69 Millionen Tonnen. Im Vergleich zum Beginn der 90er Jahre zeigt sich nahezu eine Halbierung des erfassten Behälterglasaufkommens. Auch wenn nach wie vor

(12) www.glasaktuell.de.



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. Durch den Einsatz von Mehrwegsystemen hat sich der Nutzungszyklus von Behälterglas erheblich verlängert, durch die Substitution von Glas durch PET hat sich die eingesetzte Menge ebenfalls verringert.

Die Sammlung, Sortierung und Verwertung von gebrauchten Glasverpackungen wird durch die dualen Systeme organisiert. Gemäß EU-Verpackungsrichtlinie müssen mindestens 60 % der Glasverpackungen wieder recycelt werden. Der deutsche Gesetzgeber hat die Quote mit 75 % deutlich höher gesetzt. Diese Vorgaben wurden im Jahr 2015 um mehr als 10 % übertroffen.

Ein flächendeckendes Sammelsystem besteht auch für sogenannte Flachglasabfälle aus Bau- und Abbruchtätigkeiten, aus dem Altagorecycling und aus Produktionsabfällen. Dabei wird zwischen verschiedenen Sammelgruppen unterschieden. Flachglas wird teilweise wieder zur Herstellung von Gussglas, Dämmwolle oder Glasbausteinen genutzt. Deutliche Recyclingpotenziale bestehen noch beim Recycling von Flachglasabfällen aus dem Baubereich. Das Recycling zu neuem Flachglas ist derzeit noch von untergeordneter Bedeutung.

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

1.4.3 Papier, Pappe, Kartonagen

Die Geschichte des Papierrecyclings datiert zurück in das Jahr 2000 v. Chr., als noch Reispapier wiederverwendet wurde. Richtig 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 2015 rund 15,22 Millionen Tonnen an Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) über Altpapiercontainer, Tonnen, Bündelsammlung oder Recyclinghöfe im Bring- und Holsystem erfasst. Die Erfassung ist seit 2010 (15,45 Millionen Tonnen) auf einem stabil hohen Niveau. Damit konnten rund drei Viertel des Papier-, Karton- und Pappaufkommens wieder weitgehend sortenrein zurückgeführt werden. Der Anteil aus Haushalten betrug in 2015 insgesamt 5,72 Millionen Tonnen bzw. durchschnittlich 70 Kilogramm je Einwohner. Das spezifische Aufkommen aus Haushalten ist seit 2010 um 2 Kilogramm je Einwohner zurückgegangen. Unter der Berücksichtigung, dass rund 21 % der Produktion als Hygienepapiere in den Markt gelangen und nicht recyclingfähig sind, zählt Deutschland mit einer Rücklaufquote von 75 % zu den Vorreitern in Europa (durchschnittliche Rücklaufquote: 71,5 %). Bisher noch nicht vollständig genutzte Potenziale bestehen insbesondere noch bei der Erfassung höherwertiger Büropapiere.



Bild 7, Quelle: Thinkstock

Altpapiereinsatzquote 2015 (insgesamt 72 %)

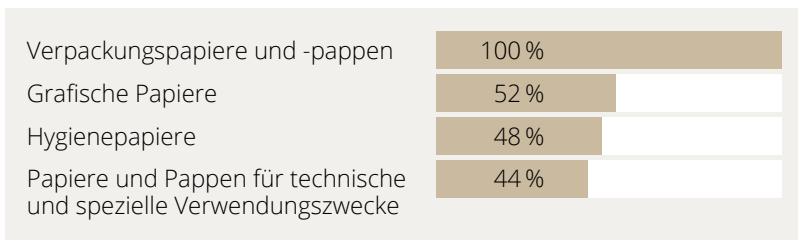


Abb. 16, Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken, Papier-Kompass 2017

(13) VDP, Leistungsbericht Papier, 2016.

Eine nicht unbedeutende Rolle übernehmen bei der Erfassung neben den öffentlichen und gewerblichen Sammlern traditionell auch karitative Einrichtungen.

Moderne Sortier- und Aufbereitungsanlagen stellen die erforderliche Qualität für die Papierfabriken sicher, denn das Recycling von Altpapier lässt sich, anders als bei Glas oder Stahl, nicht beliebig oft wiederholen. Auf Grund der sich bei jedem Recyclingprozess verkürzenden Papierfaser ist eine Wiederverwendung nur bis zu sieben Mal möglich, anschließend erfolgt dann eine hochwertige thermische Nutzung.

Mit seinen modernen Papierproduktionsstandorten zählt Deutschland auch weltweit zu den bedeutendsten Abnahmemärkten für Altpapier. Im Jahr 2015 wurden insgesamt 16,72 Millionen Tonnen Altpapier in der Papierindustrie wiedereingesetzt.¹³ Davon entfielen 4,01 Millionen Tonnen auf Importe, primär aus den Niederlanden (1,04 Millionen Tonnen), Frankreich (0,51 Millionen Tonnen) und Dänemark (0,42 Millionen Tonnen). Die Exporte an Altpapier beliefen sich demgegenüber nur auf 2,66 Millionen Tonnen. Abnehmer waren hier ebenfalls die Niederlande (0,97 Millionen Tonnen), Frankreich (0,44 Millionen Tonnen), Österreich und (derzeit noch) China mit jeweils rund 0,33 Millionen Tonnen.

Die Möglichkeiten des Altpapiereinsatzes sind derzeit bei den bestehenden Anlagen und dem Produktionsspektrum weitestgehend ausgereizt. Mit der Digitalisierung und dem sich ändernden Konsumverhalten steht die Recyclingwirtschaft vor neuen Herausforderungen, um die erforderlichen Altpapierqualitäten und -mengen sicherstellen zu können, da der Bedarf an Kartonagen insbesondere durch den zunehmenden Versandhandel weiter ansteigt.



Bild 8, Quelle: REMONDIS

1.4.4 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.¹⁴

Deutschland weiter Vorreiter beim Kunststoffrecycling

Auch nach ihrem Gebrauch haben Kunststoffprodukte nicht ausgedient. Die stoffliche und energetische Verwertung von Kunststoffabfällen ist in Deutschland auf einem sehr hohen technologischen Niveau organisiert und wird zu einem immer wichtigeren Wirtschaftsfaktor. In Deutschland wurden im Jahr 2015 rund 18,5 Millionen Tonnen Kunststoff erzeugt. Im gleichen Jahr wurden 12,1 Millionen Tonnen in Deutschland zu Kunststoffprodukten verarbeitet. Die Kunststoffabfallmenge betrug 2015 inklusive Produktions- und Verarbeitungsabfällen 5,9 Millionen Tonnen. Davon wurden mehr als 99 Prozent verwertet: 45 Prozent werkstofflich, ein Prozent rohstofflich und 53 Prozent energetisch.¹⁵ Die Steigerung des Anteils der werkstofflichen Verwertung wird angestrebt. Aus der Menge an getrennt erfassten Kunststoffabfällen von 5,9 Millionen Tonnen resultiert ein spezifisches Aufkommen von 73 Kilogramm pro Einwohner, wobei 59% der Kunststoffabfälle von privaten und 41% von gewerblichen Endverbrauchern erzeugt wurden.¹⁶

Die Recyclingmengen beziehen sich dabei auf in Deutschland angefallene Kunststoffabfälle, die in Deutschland oder in anderen Ländern verwertet wurden. Deutschland hat, wie die Zahlen klar belegen, eine der höchsten Quoten bei der stofflichen Verwertung in Europa. Allerdings gelten die Exporte nach China statistisch als „vollständig recycelt“, so dass das seit Ende 2017 bestehende Importverbot den Verwertungsmarkt innerhalb Deutschlands vor große Herausforderungen stellt. In den letzten Jahren wurden immerhin rund 0,8 Millionen Tonnen unterschiedlicher Kunststofffraktionen nach China und Hongkong exportiert.

Voraussetzung: möglichst sortenreine Erfassung und beste verfügbare Technologien

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



Bild 9, Quelle: bvse



Bild 10, Quelle: bvse

(14) Denkstatt: Die Auswirkungen von Kunststoffen auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in Europa, zusammenfassender Bericht, Juni 2010.

(15) Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland, 2015.

(16) Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland, 2015.

sich die Eignung für ein werkstoffliches Recycling. Nach der Sammlung werden Altkunststoffe zunächst von Fremdmaterialien entfrachtet. Die Sortierung und Aufbereitung der Kunststoffe erfolgt bereits weitestgehend vollautomatisch. Kombinierte Sensorensysteme ermöglichen die Infrarot-Erkennung und können über Kameras Größen und Farben unterscheiden, zur Anwendung kommen dabei die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) und bei dunklen Kunststoffen das Hyperspectral Imaging. Dadurch kann die Effizienz der Kunststoffsortierung weiter verbessert werden.

Immer breitere Einsatzmöglichkeiten für die Rezyklate

Die verschiedenen Anfallorte, die Sauberkeit und die Sortenreinheitsgrade bestimmen maßgeblich die Möglichkeiten des Recyclings. Annähernd 79 Prozent des stofflichen Recyclings gebrauchter Produkte basiert in Deutschland auf der Verwertung von Verpackungen. Mit jeweils ca. sieben Prozent folgen Bauprodukte, zum Beispiel Fensterprofile und Rohre sowie mit annähernd sechs Prozent 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.¹⁷ Seit der ersten Datenerhebung 1994 hat sich die Verwertung von 1,4 Millionen Tonnen auf 5,9 Millionen Tonnen mehr als vervierfacht.

Energie- bzw. Ökobilanzuntersuchungen belegen, dass das werkstoffliche Recycling von Kunststoffabfällen anderen Verwertungswegen immer dann überlegen ist, wenn dabei Materialqualitäten erzeugt werden können, die Neuware 1 : 1 ersetzen. Gerade im Verpackungs- und Baubereich sorgen auch freiwillige Maßnahmen der Industrie mit dafür, sortenreine Abfallströme zu generieren und diese einer

werkstofflichen Verwertung zuzuführen, so etwa die Fenster-Recycling-Initiative Rewindo oder das Rücknahmekonzept 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 CO₂-Emissionen. Darüber hinaus arbeitet die Branche kontinuierlich daran, nachhaltige Rohstoffe in den Produktionsprozess zu integrieren. Jüngstes Beispiel ist eine Anlage in Deutschland, bei der Kohlendioxid in die Herstellung von Kunststoff für Matratzen fließt.

Das neue Verpackungsgesetz in Deutschland legt für Kunststoffverpackungen ab dem Jahr 2022 eine Recyclingquote von mindestens 63 Prozent fest. Die aktuellen Vorgaben liegen noch bei 36 Prozent. Als Anreiz für ein recyclingfähiges Produktdesign soll die Höhe der Lizenzentgelte der dualen Systeme zukünftig auch ökologische Aspekte der in Verkehr gebrachten Verpackungen berücksichtigen. Eine Studie von Prognos und GVM aus dem Jahr 2016 zeigt auf, wie Öko-Design und eine verbesserte Sortiertechnik zu mehr Recycling von Kunststoffverpackungen beitragen

Kunststoffaufkommen nach Herkunftsbereichen

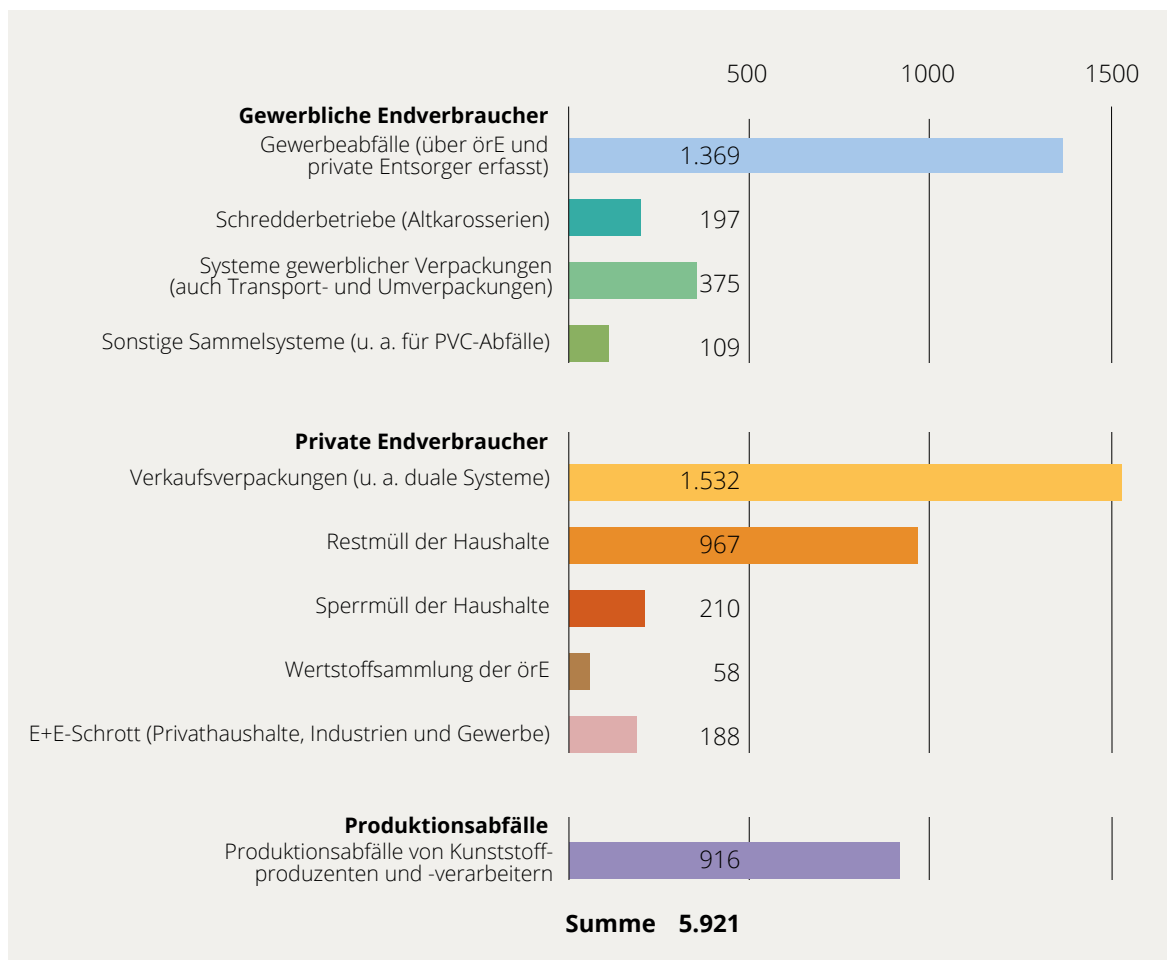


Abb. 17, Quelle: Consultic-Studie

(17) Consultic: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015.



Bild 11, Quelle: bvse

können.¹⁸ Mit einer größeren Menge an Rezyklaten muss allerdings auch die Entwicklung der Absatzmärkte einhergehen, hier sind sowohl die Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie als auch der Gesetzgeber gefragt.

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 27 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle an. Davon werden aktuell bereits etwa 73 Prozent verwertet. Die Kunststoffverwertung stellt sich jedoch in den einzelnen Ländern Europas sehr unterschiedlich dar, die Verwertungsraten reichen dabei von ca. 20 Prozent in Malta bis zu 100 Prozent in der Schweiz.¹⁹

Im Januar 2018 legte die EU erstmals eine „**Strategie für Kunststoffe in einer Kreislaufwirtschaft**“²⁰ 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. Darüber hinaus braucht auch der Markt neue Impulse und gegebenenfalls auch wirtschaftliche Anreize, damit in der Produktion vermehrt Kunststoffrezyklate eingesetzt werden können.

(18) Prognos/GVM, Studie über recyclinggerechte Kunststoffverpackungen, 2016. ↩

(19) Plastics – the Facts 2017; PlasticsEurope, 2018. ↩

(20) European Commission, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy (16.01.2018); <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf> ↩



1.4.5 Fe-Metalle

Bereits die Ägypter und Assyrer, aber auch die chinesischen Hochkulturen nutzten nicht nur die natürlichen Metallvorkommen, sondern begannen die einmal erzeugten Metalle auch zu recyceln. Ein gutes Beispiel hierfür ist der 227 v. Chr. bei einem Erdbeben zerstörte Koloss von Rhodos, der 654 n. Chr. von den Arabern zerlegt und eingeschmolzen wurde.

Als Basis-Rohstoffe für eine hochtechnologisierte Industriegesellschaft sind das Eisen und die daraus hergestellten Stahlerzeugnisse von wachsendem Stellenwert für die wirtschaftliche Entwicklung. Die vollständige Importabhängigkeit von Eisenerz aus Ländern wie Brasilien und Schweden 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 jedoch nicht nur wirtschaftlich lukrativ, sondern auch umweltfreundlich. Metallschrotte sind beliebig oft und ohne nennenswerte Qualitätsverluste wieder einsetzbar. Die derzeit bekannten und bereits knappen Erzvorkommen werden geschont, der Energieaufwand für den Abbau und die Aufbereitung wird gespart und die damit gleichzeitig verbundenen CO₂-Emissionen werden vermieden. Darüber hinaus schafft das Recycling von Eisen und Stahl auch Arbeitsplätze in erheblichem Umfang.²¹



Bild 12, Quelle: Breer

Schrottanfall und -sammlung

Die Rohstahlproduktion in Deutschland lag im Durchschnitt der letzten zehn Jahre etwa bei 45 Millionen Tonnen pro Jahr, ein stärkerer Rückgang war nur im Jahr 2009 als Folge der Weltwirtschaftskrise mit 32,7 Millionen Tonnen zu verzeichnen. Der durchschnittliche Einsatz von Stahlschrott lag in diesem Zeitraum bei etwa 20 Millionen Tonnen, was wiederum einer Einsatzquote von durchschnittlich 45 % entspricht.²² Damit liegt Deutschland beim Stahlschrotteinsatz im internationalen Mittelfeld: Spitzenreiter ist Italien mit einer Einsatzquote von 85 %, das Schlusslicht bildet China mit einer Quote von 11 %.²³ 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.

Im Jahr 2016 wurden in Deutschland rund 18,0 Millionen Tonnen Schrott in der Rohstahlproduktion eingesetzt. Das entspricht einer Einsatzquote von rund 43 %. Eisen- und Stahlschrott kann vollständig wiederverwendet werden. Unterschieden wird dabei zwischen Eigen-, Neu- und Altschrotten.

- ▶ **Eigenschrotte** sind in der Regel Kreislaufmaterialien, die in den Stahlwerken anfallen und dort unmittelbar wieder eingeschmolzen und in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.
- ▶ Produktionsabfälle in der Industrie, die beispielsweise beim Zuschnitt und Stanzen anfallen, werden nach der Aufbereitung als **Neuschrott** wieder eingeschmolzen. Der Neuschrott hat einen Anteil von ca. 40 %²⁴ 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. Der Anteil des Altschrotts liegt bei ca. 60 % des Aufkommens.

In den letzten acht 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 etwa 3,5 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 %)²⁵ begrenzt sind und die Stahlschrottmengen durch Länder nachgefragt werden, die überwiegend das Elektrostahlverfahren einsetzen.²⁶

Aufbereitung

Die Sammlung und Aufbereitung des Stahlschrotts erfolgt durch eine Vielzahl von mittelständisch geprägten Betrieben, die über die erforderlichen Schrott-Recyclinganlagen 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 Brennen chargierfähig gemacht und kann als Sekundärrohstoff direkt in Stahlwerken

➔ (21) Dazu ausführlich: Fraunhofer Umsicht: Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott). Studie im Auftrag der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V. (BDSV), Oberhausen, November 2016.

➔ (22) Stahlschrottbilanzen des bvse und des BDSV.

➔ (23) Statista, Bureau of International Recycling 2015.

➔ (24) „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.

➔ (25) BDSV, ebenda.

➔ (26) DICE Consult: Metallschrottbranche: Mehr Wettbewerb auf dem Weg zur Recyclingwirtschaft. Studie im Auftrag des bvse. Düsseldorf 2016, S. 19.



Bild 13, Quelle: BDSV

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 21 in Deutschland aktiven integrierten Hütten- und Stahlwerken eingeschmolzen, gegossen und gewalzt. Daneben wird Stahlschrott auch in Gießereien eingeschmolzen und bildet die Grundlage für neue Produkte und Erzeugnisse.

Hoher Effizienzgrad in der Kreislaufführung

Um den weltweit 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 erforderlichen Qualitäten sicherstellen zu können, wird die Branche einige Herausforderungen zu meistern haben. Hierzu zählen unter anderem die Verbesserung der Sammlung und Aufbereitung, insbesondere die sortenreine Trennung zur Sicherstellung einer hochwertigen Verwertung, die Aussortierung von Schad- und Begleitstoffen aus Recyclingprozessen und die Einhaltung der Qualitätsanforderungen der schrotteinsetzenden Industrien.²⁷

Stahlproduktion und Schrottverbrauch in Deutschland

(in Millionen Tonnen)

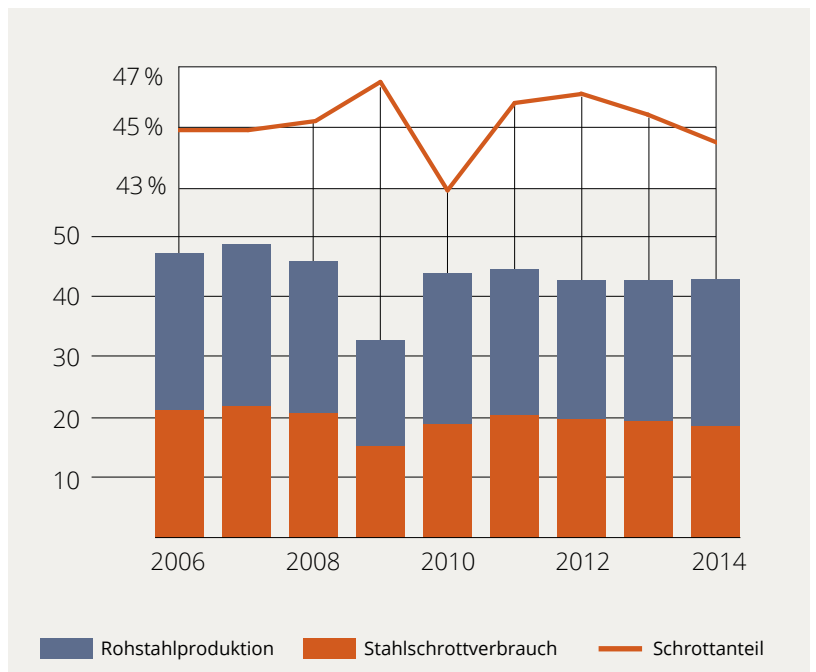


Abb. 18, Quelle: DICE Consult: Metallschrottbranche: Mehr Wettbewerb auf dem Weg zur Recyclingwirtschaft. Studie im Auftrag des bvse. Düsseldorf 2016, S. 16.

(27) Fraunhofer Umsicht, ebenda, S. 22.

1.4.6 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 „Nichteisenmetalle“, 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

(28) Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle): Die Statistik der Nichteisen-Metallindustrie 2015/2016, S. 3.

(29) BGR, Deutschland – Rohstoffsituation 2015, 2016.

(30) <http://www.aluinfo.de/kreislaufwirtschaft.html>



Aluminium

Aluminium kommt selten in seiner Reinform vor, da es ein sehr weiches Metall ist, sondern **meist** in Aluminiumlegierungen. Die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten macht Aluminium zu einem einzigartigen Industrierohstoff, der insbesondere im Baubereich, Transport- und Verkehrsbereich sowie bei Verpackungsmaterialien zum Einsatz kommt. Die Aluminiumlegierungen sind die größte Herausforderung für die Recyclingwirtschaft, denn einmal verschmolzen lassen sich die Legierungen nicht wieder trennen. Weltweit befinden sich noch 75 % des jemals geförderten Aluminiums im Umlauf.

In der deutschen Raffinade- und Rohaluminiumproduktion wurden im Jahr 2015 insgesamt 53 % Sekundäraluminium (nahezu 600.000 Tonnen) eingesetzt, im Jahr 2016 waren es bereits 57 %.²⁹ Die Recyclingquoten liegen bei Aluminiumabfällen aus dem Baubereich bei über 95 %, aus dem Verkehrsbereich bei mehr als 90 % und auch Aluminiumverpackungen werden bereits zu rund 90 % recycelt.³⁰

Hauptverwendungsbereiche für Aluminium 2015

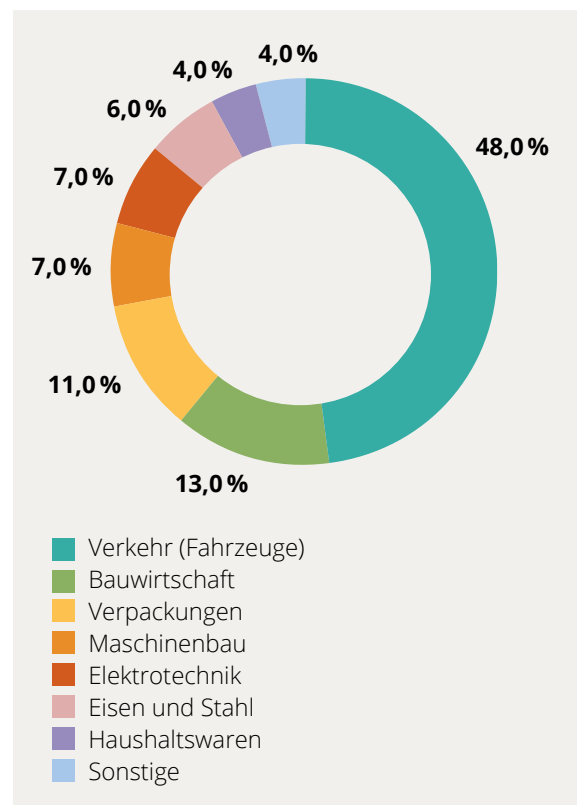


Abb. 19, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle)

Im Jahr 2015 wurden nahezu 1,45 Millionen Tonnen Aluminiumschrotte importiert, darunter 90 % aus der EU. Diesem steht ein Anteil von 1,09 Millionen Tonnen exportierter Aluminiumschrotte gegenüber.³¹

Durch den Einsatz einer Tonne recycelten Aluminiums werden rund 11 Tonnen CO₂ eingespart, gegenüber dem Primärprozess entspricht das einer Einsparung



Bild 14, Quelle: Aurubis AG

für Metallerze und -konzentrate (Primärrohstoffe) liegt nahezu bei 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 2015 rund 2,5 Millionen Tonnen NE-Metalle produziert, der Anteil an recycelten Metallen lag mit rund 1,2 Millionen Tonnen bei ca. 48%.²⁸

Vor diesem Hintergrund kommt dem Handel mit Metallen eine wichtige Bedeutung zu, der in Deutschland seit jeher auf die Weltmärkte ausgerichtet ist: Aluminium aus Australien, Kupfer aus Chile, Blei und Zink aus Nordamerika, Zinn aus Brasilien oder Titan aus Südamerika, um nur einige Beispiele zu nennen.

(31) COMEXT: Importe/Exporte von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Warengruppen; Gesamtverband der Aluminiumindustrie; Umweltbundesamt.

von 85%. Die Herstellung einer Tonne Aluminium aus Sekundärstoffen benötigt nur rund 5% der Energiemenge, die zur Erzeugung des Metalls aus Bauxit benötigt wird. Gleichzeitig leistet das Recycling von Aluminium einen wertvollen Beitrag zum Umweltschutz, denn bei der Gewinnung von Aluminiumerzen fallen auch problematische Reststoffe wie Rotschlamm an, der fachgerecht über viele Jahre gelagert werden muss.

Kupfer

Kupfer ist eines der ältesten Metalle, das zudem über eine lange Recyclingtradition verfügt. Heute befinden sich noch fast vier Fünftel des jemals gefördert Kupfers im Umlauf. Kupferprodukte haben auf Grund der guten Wärme- und elektrischen Leitfähigkeit in nahezu allen Bereichen unseres Lebens Einzug gehalten. Die Haupteinsatzbereiche sind zu 58% Elektrotechnik/Energie; 26% Bauwesen, 10% Maschinenbau, 5% Transportwesen, 1% Sonstiges.³²

Etwa 35% des weltweit produzierten Kupfers stammen aus dem Recycling von Kupferschrott, in Europa rund 40%. In Deutschland wurden im Jahr 2015 rund 678.000 Tonnen Kupfer produziert, der Anteil des Einsatzes von Kupferschrott belief sich dabei mit rund 278.000 Tonnen auf rund 41%.³³

Aus dem Recycling von einer Tonne Kupfer resultiert eine CO₂-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.

Kritische Metalle

Für moderne Technologien sind beispielsweise die Metalle der Platin-Gruppe, Magnesium, Niobium oder Seltene Erden unverzichtbar, ihre Vorkommen jedoch bereits so begrenzt, dass sie von der Europäischen Union bereits auf die Liste der sogenannten kritischen Rohstoffe gesetzt wurden. Sie finden Einsatz in elektrischen und optischen Geräten, in metallurgischen Legierungen, katalytischen Prozessen oder in Sensoren und Magneten. In modernen Hybrid-Kraftfahrzeugen sind beispielsweise mindestens acht Elemente aus der Gruppe der Seltenen Erden enthalten, zum Beispiel Neodym in Scheinwerfern, Yttrium in Sensoren-Komponenten, Lanthan in Katalysatoren. Ein Recyclingsystem ist notwendig, steckt aber noch in der Entwicklungsphase. So werden beispielsweise in Deutschland in den Jahren bis 2030 rund 100 Tonnen Neodym-Magnete entsorgt werden müssen.³⁴

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 nicht notifizierungspflichtiger Abfälle und Schrotte

Abfälle und Schrott aus						
Warengruppe	Importe	Anteil EU		Exporte	Anteil EU	
Kupfer	603.779	465.037	77 %	517.707	318.490	62 %
Nickel	10.516	8.801	84 %	10.866	8.595	79 %
Aluminium	790.139	714.548	90 %	1.064.274	957.396	90 %
Blei	15.456	11.939	77 %	8.845	7.028	79 %
Zink	17.123	16.187	95 %	45.865	25.367	55 %
Zinn	278	208	75 %	924	924	100 %
Wolfram	3.260	1.958	60 %	3.954	3.174	80 %

Abb. 20, Quelle: COMEXT: Importe/Exporte von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Warengruppen

Entlastung und strategische Anreizsysteme zu unterstützen. So wäre es sinnvoll, das 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 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 aufgesprüht, 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.³⁵

(32) https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/DERA_Rohstoffinformationen/rohstoffinformationen-16.pdf?__blob=publicationFile&v=7



(33) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Deutschland – Rohstoffsituation 2015, S. 44; COMEXT: Importe/Exporte von nicht notifizierungspflichtigen Abfällen nach Warengruppen.

Recyclinganteil in der NE-Metallindustrie in Deutschland in den Jahren 2009–2016 (in %)

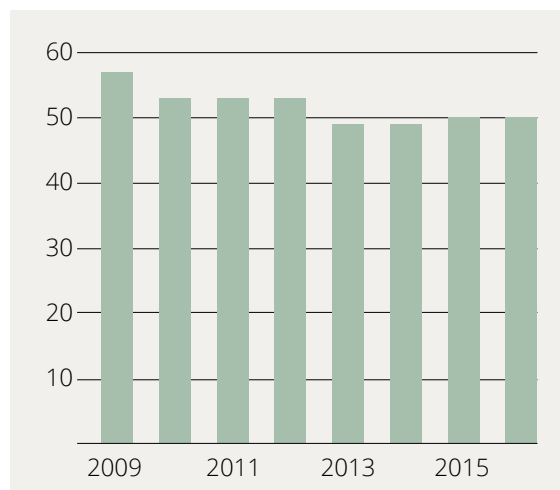


Abb. 21, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Metalle (WVMetalle): Die Statistik der Nichteisen-Metallindustrie 2015/2016

(34) Öko-Institut e. V., Untersuchung zu Seltenen Erden: Permanentmagnete im industriellen Einsatz in Baden-Württemberg, 2014.

(35) Vergleiche hierzu: <http://www.vdm.berlin/themen.php?i=19#>





Bild 15, Quelle: Thinkstock

1.4.7 Textilien

(36) https://www.bvse.de/images/fachverbaende/Textilrecycling/forsa_bvse_Textilrecycling.pdf



(37) Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien, Studie im Auftrag des bvse, 2012.

(38) Ebenda.

(39) https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/sp2016_web.pdf



Nach einer repräsentativen Umfrage³⁶ aus dem Jahr 2012 nutzen 86 % der Bevölkerung die Altkleidersammlung. Mehrheitlich werden in Altkleidercontainern mit rund 88 % noch verwertbare Altkleider und Textilien sowie Schuhe gesammelt. Die verbleibenden 12 % werden über Straßensammlungen und sonstige Wege, wie zum Beispiel Sozialkaufhäuser, erfasst.³⁷ Die Sammlung der Textilien und Schuhe erfolgt sowohl durch kommunale als auch private und gemeinnützige Akteure.

Die Inlandsverfügbarkeit von Bekleidungs- und Haus-textilien sowie Schuhen für das Jahr 2013 wird auf rund 1,35 Millionen Tonnen geschätzt.³⁸ Eine nach-

Erfassungssysteme

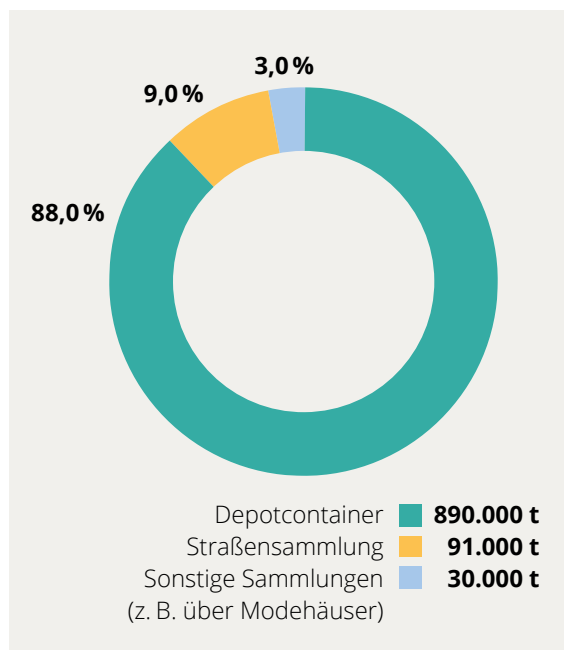


Abb. 22, Quelle: bvse

Verwertungspotenzials von Bekleidungs- und Haustextilien

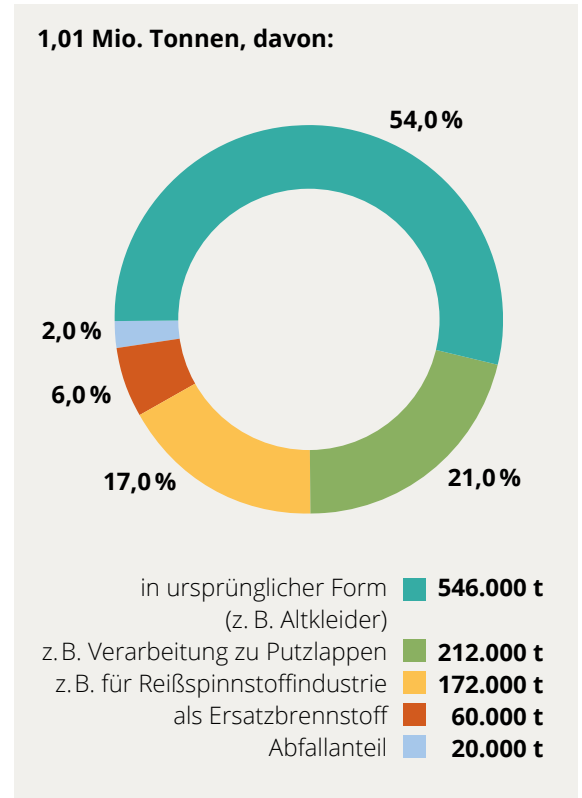


Abb. 23, Quelle: bvse

haltige Nutzung von Textilien beginnt bereits mit der Herstellung der Rohstoffe und nachfolgend mit einer hochwertigen Erfassung und Sortierung der Materialien. Im Jahr 2013 wurden etwa 1,01 Millionen Tonnen an Textilien gesammelt, was einer Kreislaufquote von 75 % entspricht.

Nach der Sammlung werden die Alttexilien nach Art und Qualität sortiert. Trotz moderner Technologien ist die Sortierung überwiegend nur händisch möglich. Die Qualifizierung und das Know-how der 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.

Im Jahr 2013 war dies mit rund 546.000 Tonnen bei mehr als der Hälfte der Textilien der Fall. Weitere 394.000 Tonnen 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. Da die gesammelte Menge an Alttexilien den Bedarf in Deutschland übersteigt, wird ein Großteil der Menge exportiert: Rund 44% wurden in andere europäische Länder verbracht, 28% nach Afrika und 10% nach Indien und Pakistan.³⁹



Bild 16, Quelle: REMONDIS

Die Gebrauchttexilbranche ist mit zunehmenden Herausforderungen konfrontiert. Die schnelllebige „Fast Fashion“-Mode hat schlechter werdende Qualität der Bekleidung zur Folge. Der Absatz der Recyclingware gestaltet sich mittlerweile schwierig, da sie nur durch Zuzahlungen oder gegen Erstattung der Transportkosten absetzbar ist. Mit neuen Forschungs- und Entwicklungsprojekten sollen derzeit neue Märkte und neue Anwendungsfelder für die Textilrecyclingindustrie erschlossen werden, wie beispielsweise das Aufbereiten von Altkleidern zu neuen Produkten.

Mit der Verlagerung bestehender Handelsstrukturen stellen sich für die hiesige Branche viele Zukunftsfragen. Anfang 2016 hat beispielsweise die Ostafrikanische Gemeinschaft erklärt, den Import von gebrauchter Kleidung ab 2019 zu unterbinden. Darüber hinaus belasten weitere Probleme wie Zollerhöhungen, Währungsschwankungen, Devisenknappheit, volatile Bankgebühren und sinkende Rohstoffpreise den Handel und damit auch die wirtschaftliche Situation der mittelständisch geprägten Unternehmen. Existentielle Folgen dieser Entwicklungen sind aber auch in den Empfängerländern zu spüren. Darüber hinaus hat die Branche, ähnlich wie beispielsweise bei der Erfassung von Almetallen auch, mit nicht genehmigten Sammlungen zu kämpfen. Im Interesse eines hochwertigen und den Standards entsprechenden Textilrecyclings ist an dieser Stelle ein konsequentes Handeln erforderlich.

1.4.8 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 werthaltigen Abfall – diese Fraktionen werden in der Praxis als **Altholz** bezeichnet. Der Umgang mit Altholz ist in der Altholzverordnung (AltholzV) aus dem Jahr 2002 geregelt.

Das jährliche Gesamtpotential des Altholzaufkommens kann für Deutschland auf rund 7.7 Millionen Tonnen geschätzt werden (dies beinhaltet einen Export von etwa 1,4 Millionen Tonnen und einen Import – insbesondere von recyclingfähigen Mengen, von etwa 2,6 Millionen Tonnen).⁴⁰ 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 Potenzial an Altholz im Sperrmüll aus privaten Haushalten wird

(40) Döring, P.; Cords, M.; Mantau, U.: Altholz im Entsorgungsmarkt. Aufkommen und Verwertung 2016. Hamburg, Teilbericht, März 2018.



1.4 Verwertungswege in der Kreislaufwirtschaft

von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern teilweise separat erfasst.

Das Altholz wird je nach seiner Herkunft und damit Belastung 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 können die fünfstufige Abfallhierarchie idealtypisch abbilden.

Eine qualitativ hochwertige Erfassung, Sortierung und entsprechende Aufbereitung sind daher die Voraussetzung, um eine hochwertige Verwertung zu gewährleisten – je nach Qualität der Sortimente in Form der stofflichen Verwertung durch die Holzwerkstoffindustrie oder die energetische Verwertung durch Biomasse[heiz]kraftwerke. Dafür steht ein flächendeckendes Netz an primär mittelständisch geprägten Sortier- und Aufbereitungsanlagen zur Verfügung.

Im Bereich der stofflichen Verwertung ist die Spanplattenindustrie der Hauptabnehmer für das recycelte Altholz. Heute werden in Deutschland bereits 25,7% des Altholzes in Form von Hackschnitzeln in der Produktion von Spanplatten stofflich verwertet.⁴¹ Der Anteil der stofflich verwerteten Altholzmenge ist in den vergangenen Jahren leicht gestiegen.

Als regenerativer und CO₂-neutraler Energieträger wird Altholz insbesondere in größeren Biomasse[heiz]kraftwerken mit einer elektrischen Leistung von mehr als 5 MW_{el} zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Dies sind in Deutschland Anlagen mit einer Gesamtkapazität von rund

6,6 Millionen Tonnen pro Jahr. Darüber hinaus wird Altholz anteilig auch bei der Mitverbrennung von Ersatz- und Sekundärbrennstoffen eingesetzt. Die Nachfrage nach Altholz zur Energieerzeugung steigt, daher 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 ab 2020 ergibt sich eine zusätzliche Chance für die ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft.

1.4.9 Elektro-/Elektronikgeräte und Batterien

Elektro- und Elektronikaltgeräte

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 elektro-altgeräte register“ (stiftung ear) ist die „Gemeinsame Stelle der Hersteller“ im Sinne des ElektroG. Sie registriert die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten und koordiniert die Bereitstellung von Behältnissen für Übergabestellen

→ (41) Ebenda.

Klassifizierung der Altholzqualitäten

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

Sammelmenge und -quote für Elektro-/Elektronikgeräte 2015

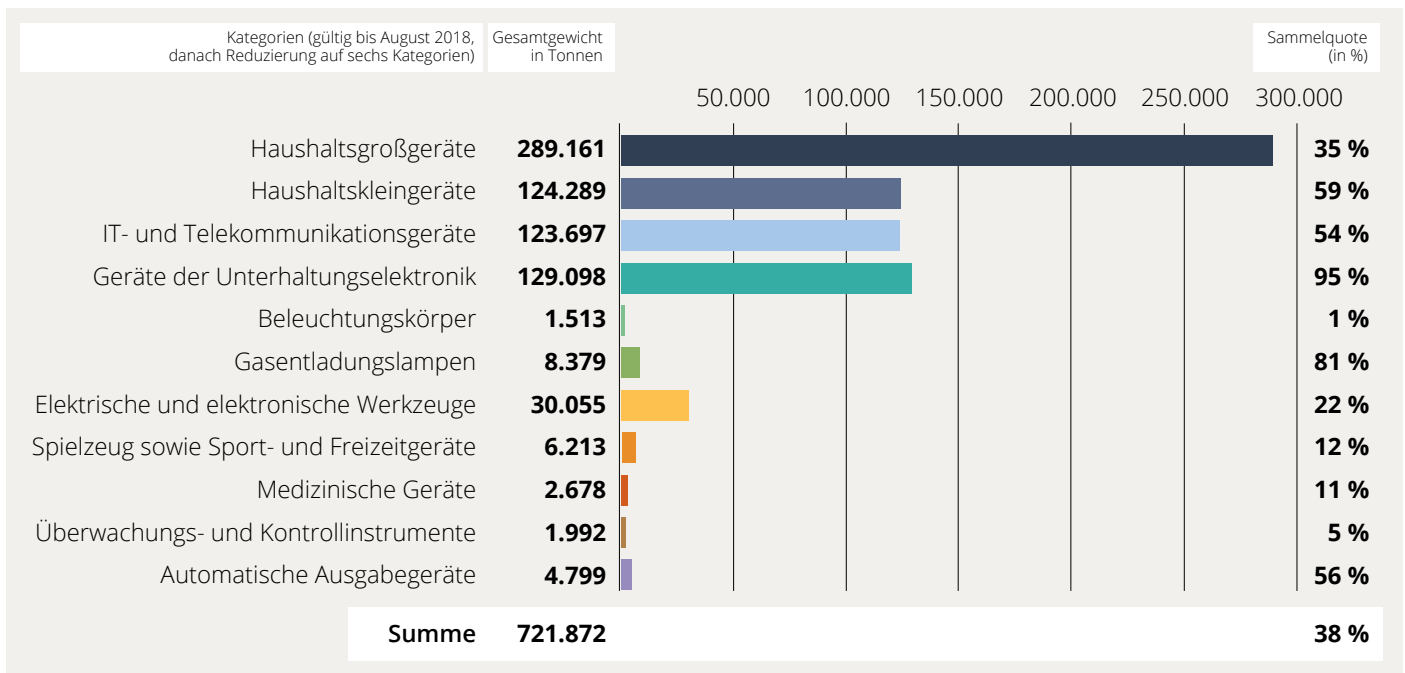


Abb. 25, Quelle: http://m.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/elektronikgeraete_daten_2015_bf.pdf

und die Abholung der Altgeräte bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern.

Im Jahr 2015 wurden rund 722.000 Tonnen Elektroaltgeräte erfasst, die mit 86 % mehrheitlich aus privaten Haushalten stammten. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 7,6 Kilogramm. Die Sammelquote der erfassten Altgeräte lag im Jahr 2015 im Vergleich zur in Verkehr gebrachten Menge bei 38,5 %, wobei es zwischen den Produktkategorien deutliche Unterschiede gibt.

Die mit der neuen europäischen WEEE-Richtlinie ab 2016 geltende Sammelquote von 45 % (bezogen auf die in den drei Vorjahren in Verkehr gebrachte Menge) wird damit noch knapp verfehlt. Um die dann ab 2019 geltende ambitionierte Sammelquote von 65 % zu erreichen, 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 stärker einzubeziehen, neue Nutzungskonzepte, wie Leasing und Sharing, aber auch einfachere Rückgabemöglichkeiten zu schaffen. Ein weiterer Grund für die geringen offiziellen Erfassungsquoten wird in dem illegalen Export der gemischt gesammelten Geräte gesehen.

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. Diese Ziele werden von Deutschland für alle bisherigen zehn und für die ab dem Jahr 2016 geltenden sechs Produktgruppen in Summe eingehalten.

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 Batterien. 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-Altbatterien (Batterien aus Haushalten) sowie Fahrzeug- und Industrie-Altbatterien.

Da Altbatterien giftige Schwermetalle wie Quecksilber, Kadmium und Blei enthalten können, müssen sie getrennt erfasst werden. 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 2015 wurden

232.000 Tonnen an Altbatterien einem Recyclingverfahren zugeführt.⁴² Das entspricht einer Recyclingquote von 76 %. Die Mindestforderung der EU von 50 % wurde damit deutlich übererfüllt. Aber auch wenn die Batterien nicht getrennt erfasst, sondern über den Restabfall entsorgt und in den TAB verbrannt werden, können durch die Aufbereitung der Schlacken die Metalle zurückgewonnen werden.

1.4.10 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 – ist verantwortlich für die zentrale Sammlung der Daten zu und aus den Demontage- und Schredderanlagen sowie den sonstigen Anlagen zur weiteren Behandlung von Altfahrzeugen.

Von den bundesweit vorhandenen rund 1.300 Demontage- und Schredderanlagen wurden im Jahr 2015 insgesamt rund 473.400 Altfahrzeuge⁴³ behandelt. Mit einer Gesamt-Verwertungsquote von 96 % im Jahr 2015 wurden die Vorgaben der EU rechnerisch erfüllt. Die EU-Vorgaben sehen ab 2015 eine Quote von mindestens 95 % des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts bei der Wiederverwendung und **Verwertung** bei allen Altfahrzeugen pro Jahr vor, während die Quote für Wiederverwendung und **Recycling** bei 85 % liegt.

Durchschnittliche Zusammensetzung eines PKW aus dem Jahr 2015

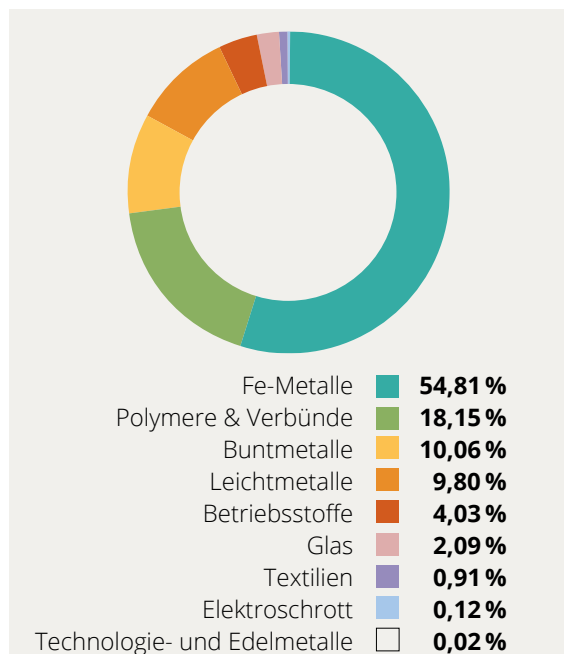


Abb. 26, Quelle: Faulstich, M./Prognos AG: Perspektiven des Altautorecyclings. Untersuchung im Auftrag der Scholz Recycling GmbH und der TSR Recycling GmbH & Co. KG, laufend

Allerdings weist die Datenlage deutliche Lücken auf. Rund 2 Millionen Gebrauchtfahrzeuge werden jährlich exportiert, davon rund 0,35 Millionen in Nicht-EU-Staaten,⁴⁴ der tatsächliche Verwendungszweck ist in den meisten Fällen jedoch nicht bekannt. Für weitere rund 0,35 Millionen Altfahrzeuge ist der Verbleib statistisch nicht nachweisbar. Ein zentrales Problem stellt hierbei die definitorische Abgrenzung von Altfahrzeugen dar, die auf dem allgemeinen Abfallbegriff des Entledigungswillens beruht und so Spielräume zwischen Gebrauchtfahrzeugen und Altfahrzeugen lässt.

Schätzungsweise 74 % des Gewichts eines Altfahrzeugs besteht aus Metallen, insbesondere Eisen und Stahl, aber auch Kupfer, Blei, Zink sowie weiteren NE-Metallen. Diese werden sortiert und als Sekundärrohstoffe dem Kreislauf wieder zugeführt. Die verbleibenden rund 26 % sind sogenannte Schredderabfälle, die ihrerseits nochmals aufbereitet werden. Sie bestehen mehrheitlich aus Schrotten, einer Schredder**schwer**fraktion, zu der unter anderem Aluminium, Kupfer oder Edelmetalle gehören, sowie einer Schredder**leicht**fraktion, die aus den restlichen Materialien wie beispielsweise Kunststoffen oder Gummi, aber auch schadstoffhaltigen Gemischen besteht.

Die Schredderleichtfraktion wurde bis zum Jahr 2004 noch überwiegend deponiert. Seitdem ist der Anteil der Verwertung bis zum Jahr 2014 kontinuierlich auf 95 % gestiegen und ist im Jahr 2015 wieder auf einen Anteil von 83 % zurückgegangen. Der Anteil der stofflich verwerteten Schredderleichtfraktion lag bei 50 %.

Mit den Anforderungen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes wachsen die Anteile an Aluminium und Kunststoffen im Fahrzeugbau, um das Fahrzeuggewicht zu reduzieren. Diese Materialien stellen die Demontage- und Schredderanlagen aber vor neue Herausforderungen. Die zunehmende Materialvielfalt, auch an Verbundstoffen, erhöht den Aufwand für die Trennung der Materialien am Ende des Lebenszyklus, auf die sich insbesondere die Schredderanlagen einstellen müssen. Moderne Fahrzeuge enthalten einen größeren Anteil an elektrischen (Motoren und Batterien) und elektronischen Komponenten. Zu den Hochleistungswertstoffen gehören u.a. carbonfaserverstärkte Kunststoffe (CFK), die trotz des momentan noch geringen Anteils von im Durchschnitt 0,08 Kilogramm pro Fahrzeug die Recycler vor große Herausforderungen in der Verwertung und Entsorgung stellen.

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.⁴⁵ Damit die Recyclingwirtschaft ihrer Rolle als Rohstofflieferant gerecht werden kann, bedarf es innovativer Recyclingverfahren, um künftig eine Rückgewinnung gerade auch kleinster Mengen an kritischen Rohstoffen sicherstellen zu können.

(42) Umweltbundesamt.

(43) BMUB/UBA, Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2015.

(44) 0,23 Millionen sind statistisch nachweisbar, weitere 0,12 wurden hinzugeschätzt (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt).

(45) (c) Molycorp Inc. 2010 – nach British Geological Survey, rare Earth Elements, June 2010.



Bild 17, Quelle: REMONDIS

1.4.11 Mineralische Abfälle

Mineralische Abfälle sind mit mehr als 250 Millionen Tonnen (2015) der größte Abfallstrom in Deutschland.⁴⁶ Dieser Abfallstrom unterteilt sich in nicht gefährliche und gefährliche Bau- und Abbruchabfälle (208 Millionen Tonnen) sowie die sogenannten industriellen Nebenprodukte (48 Millionen Tonnen), zu denen insbesondere Flugaschen aus Kohlekraftwerken und Eisenhüttenschlacken zählen.

Mineralische Bau- und Abbruchabfälle

Mit rund 208 Millionen Tonnen haben die nicht gefährlichen und gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle den bedeutendsten Anteil an den mineralischen Abfällen. Hierzu zählen mit nahezu 120 Millionen Tonnen der Bodenaushub (Boden und Steine, einschließlich Baggergut und Gleisschotter), gefolgt von Bauschutt mit 55 Millionen Tonnen, Straßenaufbruch mit 16 Millionen Tonnen sowie mineralische Baustellenabfälle mit 16 Millionen Tonnen.⁴⁷

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 können hochwertige Recyclingbaustoffe hergestellt werden. Im Jahr 2014 hatten diese einen Umfang von rund 67,6 Millionen Tonnen, die ihrerseits bei der Asphalt- und Betonherstellung sowie im Straßenbau eingesetzt oder im Erdbau verwendet wurden. Das entspricht einem Recyclinganteil von

derzeit nur 33%. 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 Duisburg, BGRB Berlin) oder auf Länderebene (zum Beispiel BRBayern München, QRB Ostfildern) organisierte Verbände tätig.

Insgesamt 48 % der im Jahr 2014 erzeugten 202 Millionen Tonnen an mineralischen Abfällen wurden für die Verfüllung übertägiger Abgrabungen bei Rekultivierungsmaßnahmen, für den Einsatz in technischen Bauwerken (zum Beispiel Erdwälle, Dämme) bzw. im Deponiebau genutzt.⁴⁸

Mineralische industrielle Nebenprodukte

Bei den industriellen Nebenprodukten dominieren die Produkte aus der Braunkohlefeuerung mit insgesamt rund 16 Millionen Tonnen, darunter 9 Millionen Tonnen Braunkohleflugaschen und 5 Millionen Tonnen REA-Gips, der als wertvoller Sekundärrohstoff in der Industrie Verwendung findet. 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 sein, steht in der Verbreitung in Deutschland mit derzeit nur einer Anlage aber noch am Anfang. Gipskartonplatten wurden etwa seit den 70er Jahren in zunehmendem Umfang eingesetzt. Unter Berücksichtigung der mittleren Lebensdauer

(46) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 (2015), FEHS Institut für Baustoffforschung e. V.

(47) Kreislaufwirtschaftsträger Bau e. V. (KWB): Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2014, 10. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014.

(48) Ebenda, aktuellere Zahlen für 2015 liegen nicht vor.

ergibt sich ein zunehmendes Potenzial an Gipskartonabfällen von, je nach Szenario, zwischen 280.000 und 800.000 Tonnen bis zum Jahr 2030.⁴⁹

Rund 7 Millionen Tonnen Hochofenschlacke und 6 Millionen Tonnen Stahlwerksschlacken fallen in Deutschland pro Jahr an. Mit einer Vielzahl innovativer Techniken werden sie als Baustoffe für die Industrie, den Straßen- und Brückenbau aufbereitet oder beim Bau von Schleusen und Uferbefestigungen eingesetzt. Schlackeprodukte verringern den ansonsten notwendigen Abbau von Natursteinen. Allein im Verkehrswegebau konnten so mehr als 600 Millionen Tonnen Natursteine substituiert werden. Hochofenschlacken finden zu fast drei Vierteln als Hüttensand Verwendung bei der Zementherstellung. Dadurch können erhebliche Mengen an CO₂-Emissionen vermieden werden.⁵⁰

Vor dem Hintergrund knapper werdender Primärressourcen gilt es, die Qualität der Recyclingbaustoffe zu verbessern und sicherzustellen, weitere Einsatzmöglichkeiten für hochwertige Recyclingbaustoffe zu erschließen und die Rahmenbedingungen für den Absatz und insbesondere die Akzeptanz von Recyclingbaustoffen zu verbessern. Dies entlastet auch die nur noch begrenzt zur Verfügung stehenden Deponiekapazitäten.

1.4.12 Klärschlamm

Der Klärschlamm besteht aus organischen und mineralischen Stoffen, die bei der Reinigung von Abwässern durch Sedimentation gewonnen werden. Hierbei wird zwischen kommunalen und industriellen Klärschlämmen unterschieden. Klärschlamm 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.

Kommunale Klärschlämme

Um die Reinigung kommunaler Abwässer kümmern sich in Deutschland rund 9.300 öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen. Diese werden in Abhängigkeit von der Anzahl der angeschlossenen Einwohner in verschiedene Größenklassen unterteilt.

Bundesweit sind im Jahr 2016 knapp 1,8 Millionen Tonnen TM⁵¹ an kommunalen Klärschlämmen angefallen. Das aufkommenstärkste Bundesland ist Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 22% (383 Tausend Tonnen TM), gefolgt von Bayern mit 16% (290 Tausend Tonnen TM) und Hessen mit 9% (156 Tausend Tonnen TM).

Die Entwicklung der vergangenen zehn Jahre zeigt eine rückläufige Tendenz. Seit dem Jahr 2006 hat sich das Aufkommen an TM um 13% bzw. rund 2,0 Millionen Tonnen TM⁵² verringert. Dieser Rückgang ist besonders in Sachsen und Niedersachsen mit einem Rückgang von -29% sowie in Nordrhein-Westfalen mit -22% prägnant, während beispielsweise Berlin einen deutlichen Zuwachs von +31% aufweist.

Die kommunalen Klärschlämme wurden im Jahr 2016 mit 1,14 Millionen Tonnen TM (64%) überwiegend thermisch behandelt, davon etwa 40% in den 20 speziell auf die Verbrennung von Klärschlamm ausgelegten Verbrennungsanlagen. Rund 616 Tausend Tonnen TM wurden überwiegend in Braunkohlekraftwerken mitverbrannt, für knapp 67 Tausend Tonnen ist keine Unterscheidung in Mono- oder Mitverbrennung möglich. Die verbleibenden 624 Tausend Tonnen TM (35%) wurden in der Landwirtschaft oder bei landbaulichen Maßnahmen eingesetzt.

Primäres Ziel der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung (2017) ist die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm bzw. aus den Aschen von Monoverbrennungsanlagen. 80% der Phosphatvorkommen befinden sich in Marokko, der Westsahara, China, Südafrika und Jordanien. Europa

Aufteilung der mineralischen Abfälle (in Mio. Tonnen)

Aufteilung der mineralischen Abfälle	Summe	Davon ...				
		Recyclingbaustoffe	Sonstige Verwertung	Energetische Verwertung	Verfüllung übertägiger Abgrabungen/Deponiebau	Beseitigung auf Deponien
Bodenaushub	118,5	12,1	-	-	89,5	16,9
Baustellenabfälle	15,2	0,2	14,5	-	-	0,5
Bauschutt	54,6	42,5	-	-	8,7	3,4
Straßenaufbruch	13,6	12,8	-	-	0,5	0,3

Abb. 27, Quelle: Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V. (KWB): Mineralische Bauabfälle - Monitoring 2014, 10. Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2014

(49) UBA-Texte 33/2017 – Ökobilanzielle Betrachtung des Recyclings von Gipskartonplatten.

(50) FEhS – Institut für Baustoffforschung e. V.

(51) Mengenangaben als Trockenmasse, d. h. ohne Wasseranteil.

(52) Statistisches Bundesamt, Wasserwirtschaft: Klärschlamm-entsorgung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung 2006–2016.

(53) Destatis, Ergebnisbericht Abwasserbehandlung – Klärschlamm 2013/2014.

importiert derzeit 90 % seines Bedarfs. Von der EU wurde Phosphor daher auf die Liste der kritischen Rohstoffe gesetzt und auch im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess) als ressourcenschutzrelevanter Stoffstrom klassifiziert.

Von der Neuverordnung betroffen sind insbesondere Klärschlämme aus Kläranlagen mit mehr als 50.000 angeschlossenen Einwohnern ab 2029 (Größenklasse 4b) bzw. ab 2032 (Größenklasse 5), für die die bodenbezogene Verwertung in der Landwirtschaft verboten wird. 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 werden zu einem weiteren Ausbau der Monoverbrennungskapazitäten führen. Die ersten Anlagen sind bereits im Bau, weitere in Planung.

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 2.960⁵³ industriellen Kläranlagen zur Verfügung, darunter 451 Anlagen mit ausschließlich mechanischer Behandlung, 1.971 Anlagen mit chemischer und/oder chemisch-physikalischer Behandlung sowie 800 Anlagen mit biologischer Behandlung (mit bzw. ohne zusätzliche(n) Verfahrensstufe(n)).

Im Jahr 2013 entstanden im gewerblichen bzw. industriellen Bereich insgesamt rund 1,6 Millionen Tonnen TM Klärschlamm. Nach einem zwischenzeitlichen Anstieg sind die Klärschlammengen gegenüber 2007 um rund 5 % gesunken. Haupterzeuger ist das verarbeitende Gewerbe mit einem Anteil von rund 68 %, darunter insbesondere die Branchen Papierherstellung (26 %), Herstellung von chemischen Erzeugnissen (23 %), Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (21 %) sowie die Metallerzeugung und -bearbeitung (16 %).

Der Anteil der thermisch behandelten industriellen Klärschlämme belief sich in diesem Segment auf 36 % (0,57 Millionen Tonnen TM), 22 % (0,35 Millionen Tonnen TM) wurden stofflich verwertet (z. B. als Baustoff, in der Vererdung oder in der Vergärung), weitere 9 % (0,14 Millionen Tonnen TM) wurden deponiert bzw. im Deponiebau eingesetzt. Etwa 10 % (0,15 Millionen Tonnen TM) des Klärschlammauftkommens wurden als gefährlicher Abfall entsorgt oder in anderen Behandlungsanlagen behandelt.

Standorte von Kläranlagen der Größenklasse 4b bis 5

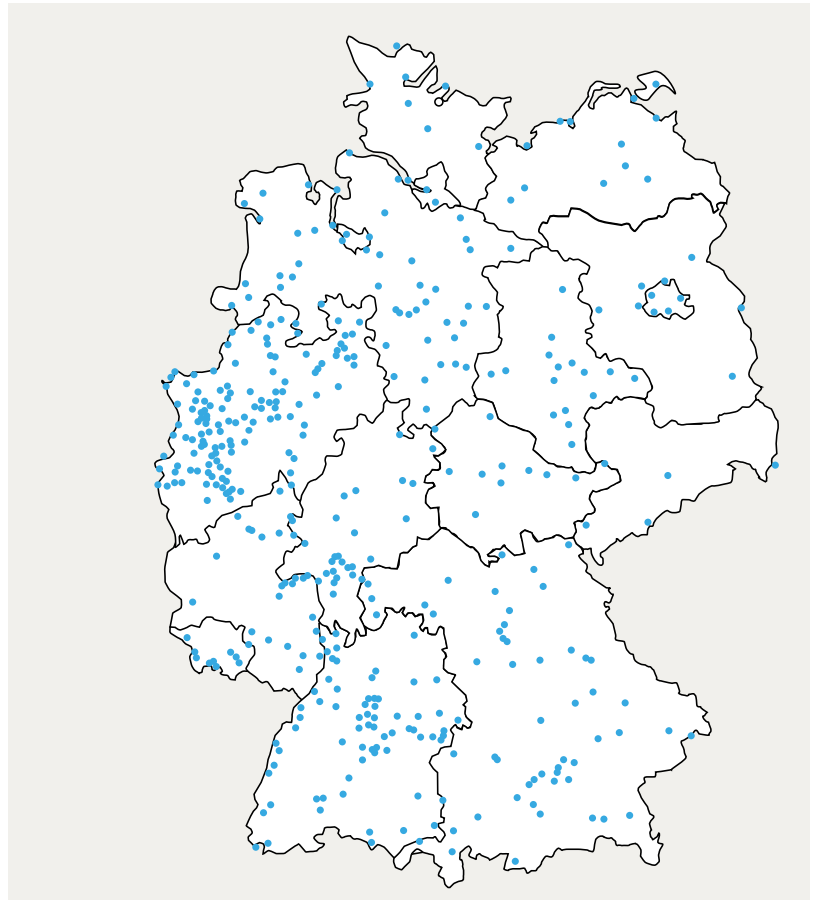


Abb. 28, Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

Kommunale Abwasseranlagen 2013

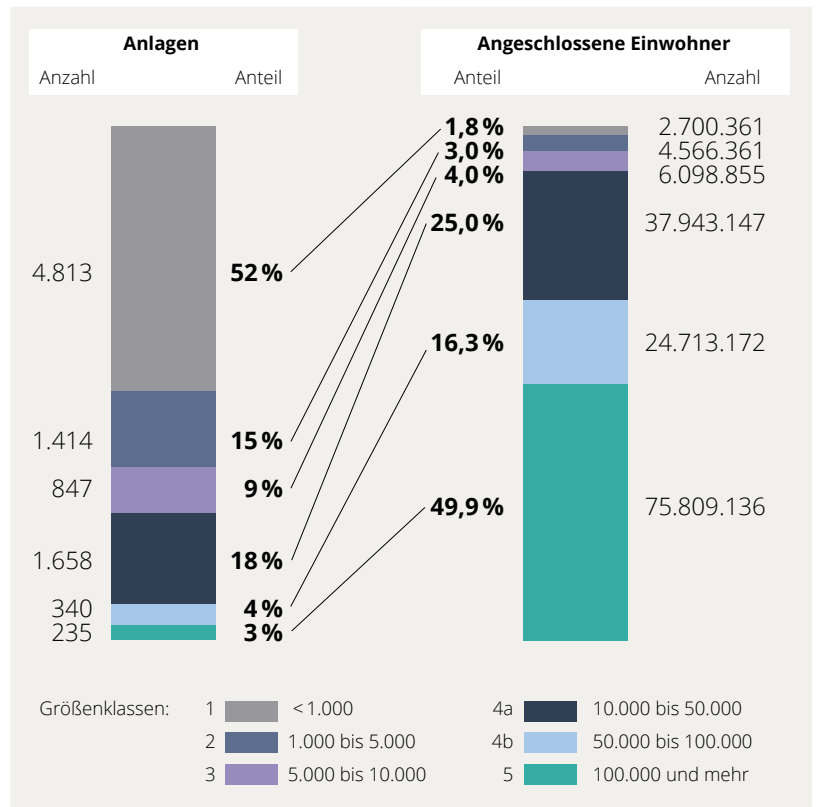


Abb. 29, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 2.1.3

1.4.13 Gefährliche Abfälle

Im Jahr 2016 ist die novellierte Abfallverzeichnisverordnung in Deutschland in Kraft getreten. Von den 842 Abfallschlüsseln sind 408 als gefährlich eingestuft worden. Gefährliche Abfälle entstehen u. a. bei industriellen Produktionsprozessen, aber auch in privaten Haushalten (zum Beispiel Farbdosen mit Resten). Darüber hinaus sind beispielsweise auch noch Altbestände an Pestiziden/Herbiziden zu entsorgen. Die Komplexität und Toxizität der Abfälle stellt besondere Anforderungen an die Entsorgung und die dafür geeigneten Anlagen.

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.

(54) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1



Bild 18, Quelle: REMONDIS

Die statistischen Daten zum Umgang mit gefährlichen Abfällen werden im Rahmen des Nachweisverfahrens über Begleitscheine erfasst, ausgenommen hiervon sind Abfälle aus privaten Haushalten, innerbetriebliche Abfälle sowie Im- und Exporte. Letztere werden separat erfasst. Bundesweit wurden im Jahr 2015 nahezu 22.500 Erzeuger gefährlicher Abfälle registriert, darunter rund 16.800 Primärerzeuger.

Im Jahr 2015 wurden insgesamt 25,7 Millionen Tonnen gefährlicher Abfälle in Abfallbehandlungsanlagen behandelt.⁵⁴ Davon wurden 22,3 Millionen Tonnen im Inland erzeugt, darunter rund 23% in Nordrhein-Westfalen und jeweils zwischen 11% und 12% in Bayern, Baden-Württemberg und Niedersachsen.

Bei Primärerzeugern über Begleitscheine erfasste Mengen an Altöl (ohne Importe) nach Sammelkategorie 2015 (in Tsd. Tonnen)

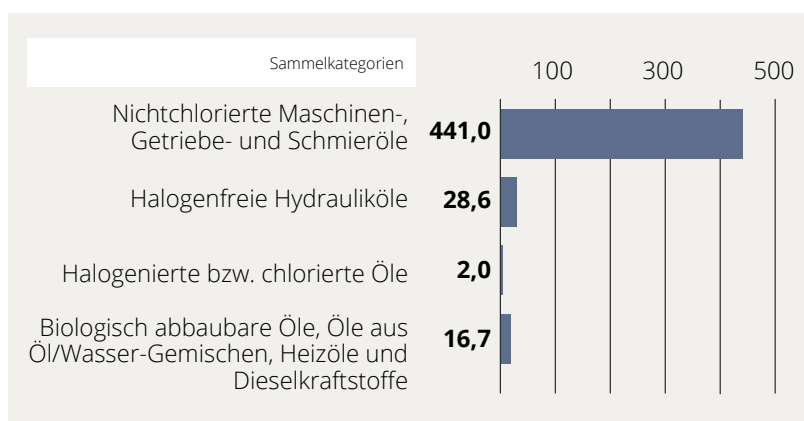


Abb. 30, Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 Reihe 1 - 2015; eigene Darstellung



Bild 19, Quelle: Thinkstock

Altöl Im Jahr 2015 wurden 488 Tausend Tonnen Altöl über Begleitscheine von Primärerzeugern erfasst. In Behandlungsanlagen wurden 547 Tausend Tonnen Altöle behandelt, darunter 145 Tausend Tonnen aus dem Ausland. Je nach Eignung für die Aufbereitung werden Altöle gemäß Altölverordnung in vier Sammelkategorien eingeteilt. Altöle der Sammelkategorie 1 können beispielsweise wieder zu Motoren-, Hydraulik- oder Getriebeölen aufbereitet werden.

Altöle, die auf Grund ihres Schadstoffgehaltes nicht für die stoffliche Aufbereitung geeignet sind, werden in Feuerungsanlagen thermisch verwertet und ersetzen dort Primärbrennstoffe. Dieser Anteil betrug im Jahr 2015 insgesamt 5%.



Bild 20, Quelle: Lobbe

Zu den mengenbedeutsamsten Abfallarten zählen Bau- und Abbruchabfälle (Kapitel 17 des Europäischen Abfallartenkatalogs) mit 8,6 Millionen Tonnen, gefolgt von Ölabbfällen und Abfällen aus flüssigen Brennstoffen (Kapitel 13) sowie Abfällen aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen (Kapitel 12) mit je rund 3,8 Millionen Tonnen.

Rund 2,6 Millionen Tonnen der in Deutschland behandelten gefährlichen Abfälle entfielen auf Importe, 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 2015 insgesamt 0,54 Millionen Tonnen. Hauptempfängerländer waren auch hier die Nachbarstaaten Niederlande, Belgien und Frankreich.

Die in Deutschland zur Verfügung stehenden Behandlungsmöglichkeiten sind vielschichtig und reichen von thermischen bis hin zu werk- und rohstofflichen Verwertungsverfahren. Insgesamt haben rund 3.100 Verwertungs- und Beseitigungsanlagen im Jahr 2015 gefährliche Abfälle behandelt. Primäre Aufgaben sind die Zerstörung organischer Schadstoffe und die Aufkonzentrierung bzw. Neutralisation von anorganischen Schadstoffen, dabei sollten möglichst die potenziellen Wertstoffe zurückgewonnen werden. So wurden im Jahr 2015 beispielsweise 4,6 Millionen Tonnen (18 %) gefährlicher Abfälle in chemisch-physikalischen Anlagen behandelt, weitere jeweils 4,4 Millionen Tonnen (je 17 %) thermisch entsorgt bzw. deponiert.

Kooperationen aus unterschiedlichen Kompetenzen.

Die Sammlung und Behandlung von Restabfällen aus privaten Haushalten erfolgt in Deutschland zu nahezu gleichen Teilen durch kommunale und private Unternehmen. Bei den nachgelagerten Märkten der Sortierung und des Recyclings sowie der Entsorgung von Industrie und Gewerbe sind hingegen fast ausschließlich private Entsorgungsunternehmen tätig.

1.5.1 Strukturmerkmale der Marktteilnehmer

Über alle Wertschöpfungsstufen bzw. Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft sind rund 10.800 kommunale und private Unternehmen, Eigenbetriebe, Anstalten öffentlichen Rechts etc. mit rund 290.000 Beschäftigten tätig. Etwa 3.540 Unternehmen bilden das Marktsegment „Abfallverwertung und -beseitigung“, gefolgt vom Segment „Großhandel mit Altmaterialien“ mit rund 3.500 Unternehmen und vom Segment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ mit rund 2.460 Unternehmen. Die Anzahl der Unternehmen, die ausschließlich oder teilweise Maschinen, Anlagen und Ausrüstung für die Kreislaufwirtschaft herstellen, liegt bei rund 1.310. Die Anzahl der im Markt tätigen Unternehmen hat sich zwischen den Jahren 2010 und 2015 um 4,6% von rund 11.300 auf rund 10.800 verringert.

Während im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ die Anzahl der Unternehmen leicht gestiegen ist, 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 p. a.

Im Jahr 2015 wurden im Wirtschaftszweig (WZ) 38 „Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen sowie Rückgewinnung von Wertstoffen“ rund 5.750 steuerpflichtige, also privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen aufgeführt.⁵⁵ Zählt man zu dieser Summe die Unternehmen aus den vor- und nachgelagerten Marktsegmenten „Technik für die



Bild 21, Quelle: Breer

Abfallwirtschaft“ und „Großhandel von Altmaterialien“, ergibt sich eine Summe von privatwirtschaftlichen Unternehmen in einer Größenordnung von 10.550. Zu diesen Unternehmen ist noch ein öffentlicher Teil der sogenannten 560 „öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU)“⁵⁶ hinzuzurechnen. 310 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.⁵⁷ Diese Unternehmen waren zu etwa 70% im WZ 38.1 „Sammlung von Abfällen“ und zu etwa 30% im WZ 38.2 „Abfallbe-

→ (55) DESTATIS: Steuerpflichtige Unternehmen und deren Lieferungen und Leistungen 2015 nach Wirtschaftszweigen (GKZ 2008) und Ländern.

→ (56) Öffentliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen verfügen über ein eigenes, kaufmännisches oder karnales 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>



→ (57) DESTATIS: Jahresabschlüsse der kaufmännisch buchenden öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) 2015.

handlung und -beseitigung“ tätig. Im WZ 38.3 „Rückgewinnung“ war keines der öffentlich-rechtlich organisierten Unternehmen tätig.

Die in der Kreislaufwirtschaft tätigen Unternehmen unterscheiden sich in ihren Merkmalen je nach Marktsegment erheblich. Der höchste durchschnittliche **Umsatz** wird mit rund 9,25 Millionen Euro von den Unternehmen im Marktsegment „Abfallverwertung und Beseitigung“ erzielt, gefolgt von Unternehmen im Segment „Technik für die Abfallwirtschaft“ (rund 8,65 Millionen Euro) und „Sammlung und Transport“ (rund 7,80 Millionen Euro). Der geringste Umsatz je Unternehmen wird im Segment „Großhandel mit Abfällen“ mit 3,53 Millionen Euro erzielt, aus der geringen Anzahl von durchschnittlich nur sechs Erwerbstätigen pro Unternehmen folgt bei den Umsätzen je Mitarbeiter ein Spitzenwert von rund 570.000 Euro pro Mitarbeiter. Die Umsätze je Erwerbstätigem liegen in den anderen drei Marktsegmenten mit Werten von rund 205.000 Euro („Technik für die Abfallwirtschaft“), rund 230.000 Euro („Abfallsammlung und -transport“) und rund 250.000 Euro (Abfallverwertung und -beseitigung“) hingegen in vergleichbaren Größenordnungen, 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 17 Millionen Euro und die öffentlich-rechtlich organisierten FEU mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 24 Millionen Euro⁵⁸ 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 in den jeweiligen Entsorgungsgebieten aber wesentlich höher ist.

Entwicklung und Anzahl von Unternehmen der Kreislaufwirtschaft nach Bereichen (2010–2015)

	2010	2015	Entwicklung in %
Technik für die Kreislaufwirtschaft	1.290	1.310	▲ 1,6
Sammlung, Transport und Straßenreinigung	2.560	2.460	▼ -3,9
Abfallverwertung und -beseitigung	3.780	3.540	▼ -6,3
Großhandel mit Altmaterialien	3.700	3.500	▼ -5,4
Gesamt	11.330	10.810	▼ -4,6

Abb. 31, Quelle: DESTATIS; eigene Berechnungen

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

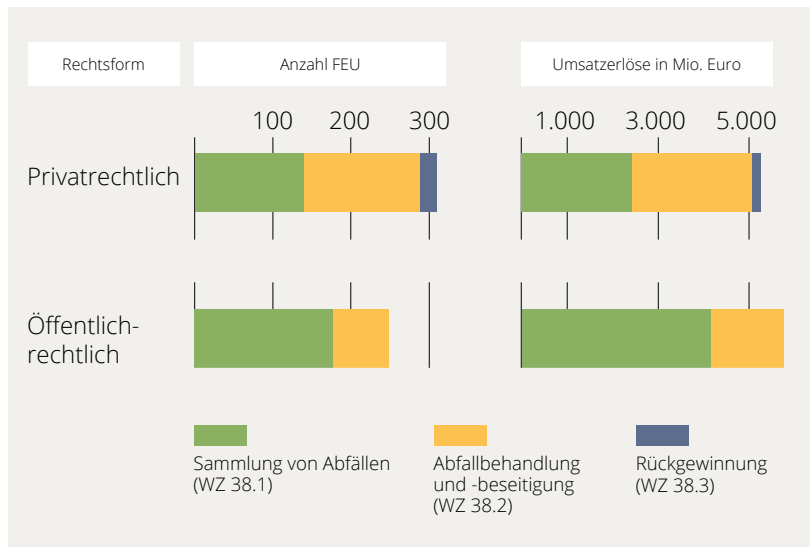


Abb. 32, Quelle: Statistisches Bundesamt: Jahresabschlüsse öffentlicher Fonds, Einrichtungen und Unternehmen 2014



Bild 22, Quelle: Breer

(58) Hierin enthalten sind allerdings auch sehr große AöR wie Berlin und Hamburg.

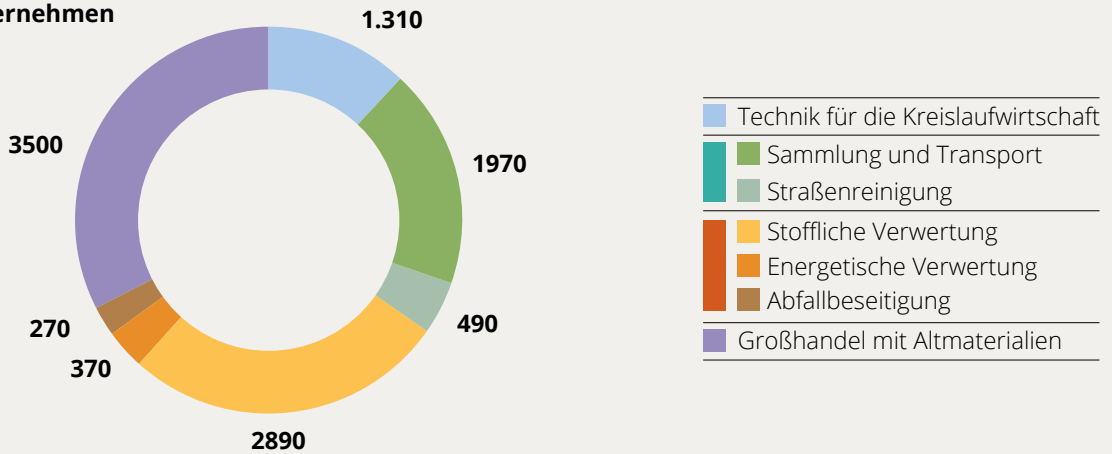
Die **Bruttowertschöpfung** (BWS)⁵⁹, die in den verschiedenen Marktsegmenten erzielt wird, liegt mit rund 205.000 Euro je Erwerbstätigem im Bereich „Technik für die Abfallwirtschaft“ erwartungsgemäß deutlich höher als in den anderen Segmenten. Mit rund 98.000 Euro bzw. 94.000 Euro BWS je Erwerbstätigem liegen die Ergebnisse in den beiden „operativen“ Marktsegmenten „Sammlung und Transport“

sowie „Abfallverwertung und -beseitigung“ in einer ähnlichen Größenordnung. Der reine Handel mit den Materialien aus den Recyclingverfahren führt sowohl bei der Bruttowertschöpfung je Unternehmen (rund 230.000 Euro) als auch bei der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem (rund 40.000 Euro) zu nur geringen Werten.

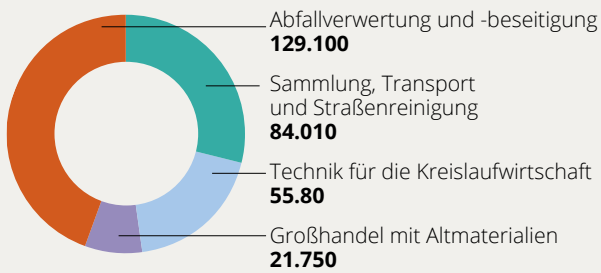
(59) Die Bruttowertschöpfung bezeichnet den Gesamtwert der im Produktions- bzw. Leistungsprozess erzeugten Waren und Dienstleistungen abzüglich des Wertes der Vorleistungen.

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

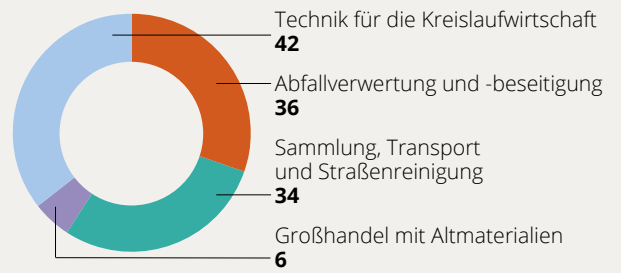
Anzahl Unternehmen



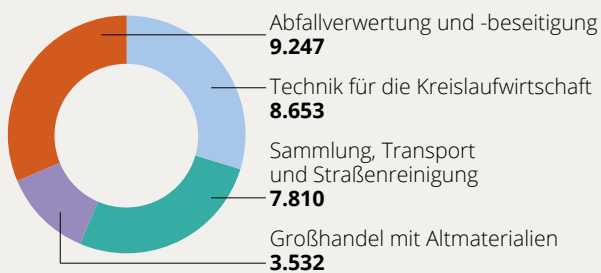
Erwerbstätige



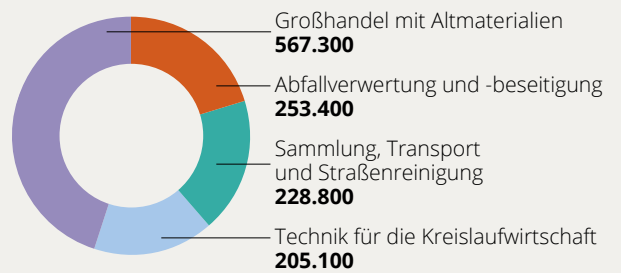
Erwerbstätige je Unternehmen



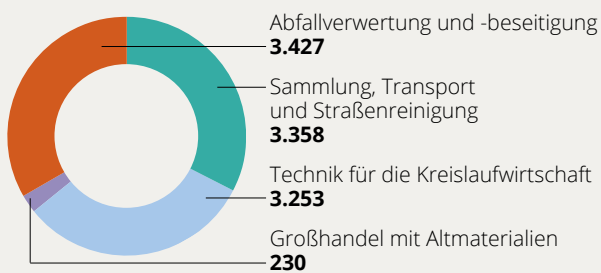
Umsatz pro Unternehmen (in 1.000 €)



Umsatz pro Erwerbstätigem (in €)



Bruttowertschöpfung pro Unternehmen (in 1.000 €)



Bruttowertschöpfung pro Erwerbstätigem (in €)

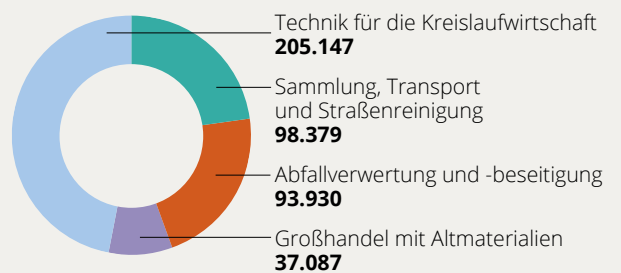


Abb. 33, Quelle: Unternehmen, Umsätze und Erwerbstätige: DESTATIS; Bruttowertschöpfung: Berechnungen Prognos; eigene Darstellung

1.5.2 Arbeitsteilung in der Kreislaufwirtschaft – Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen

1.5.2.1 Sammlung und Transport

Die kommunale Zuständigkeit für die Entsorgung von Restabfällen aus privaten Haushalten und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen leitet sich in Deutschland aus der kommunalen Daseinsvorsorge bzw. den Gemeindeordnungen 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 von Zweckverbänden im Rahmen der interkommunalen Zusammenarbeit übernommen 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.

Die Sammlung kommunaler Restabfälle erfolgt wieder zunehmend in der Verantwortung von kommunalen Unternehmen, nachdem mit dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes im Jahr 1996 ein zunehmender Trend zur Liberalisierung und Privatisierung der Abfallentsorgung zu verzeichnen war. Im Jahr 2003 betrug der Anteil von kommunalen Entsorgungsunternehmen im Markt für Sammlung und Transport von Restabfällen und Sperrmüll – bezogen auf die angeschlossenen Einwohner – rund 35 %. Seit dieser Zeit hat sich der Marktanteil kontinuierlich um insgesamt 46 % vergrößert und lag im Jahr 2016 bereits bei rund 51 %. PPP-Gesellschaften weisen einen Marktanteil von rund 7 % auf.

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 Bevölkerungsdichten, 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 Ent-

sorgungsunternehmen 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 agierende 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 weitervergeben werden (können). Daraus folgt, dass die tatsächliche wirtschaftliche Bedeutung kleiner und mittlerer Entsorgungsunternehmen größer ist, als die Ergebnisse der Ausschreibungen vermuten lassen.

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.

1.5.2.2 Sortier- und Aufbereitungsanlagen

Die Marktstruktur im Bereich der **Sortier-, Schredder- und Aufbereitungsanlagen** ist überwiegend privatwirtschaftlich geprägt. Die rund 3.500 Anlagen in diesem Marktsegment⁶⁰ können auf der Grundlage von umfangreichen Analysen zu etwa 85 % bis 90 % den privaten Entsorgungsunternehmen zugeordnet werden. Neben großen überregional tätigen Entsorgern sind hier insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen aktiv. Letztere sind überwiegend regional tätig und haben sich in der Regel auf eine oder nur wenige Abfallfraktionen spezialisiert. Viele der kleinen Unternehmen sind familiengeführt und arbeiten mit weniger als 20 Mitarbeitern.

Strukturell bestehen Unterschiede zwischen den jeweiligen Teilmärkten bei den Schredder-, Sortier- und Aufbereitungsanlagen. 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.

(60) Siehe Kapitel 1.3.1.1. 

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. Zugenommen hat auch der administrative Aufwand. Ferner stehen viele der kleinen und mittelständischen Unternehmen in den nächsten Jahren vor dem Generationenwechsel. Insbesondere im Bereich der Sortier- und Aufbereitungsanlagen ist in den vergangenen Jahren eine zunehmende Marktkonzentration zu beobachten gewesen.

1.5.2.3 Mechanische bzw. mechanisch-biologische Behandlungsanlagen

Im Bereich der **mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen**, die gemischte Siedlungsabfälle vorbehandeln, werden 49% der Kapazitäten (2,56 Millionen Tonnen/a) von rein kommunal geführten Unternehmen betrieben. Der Betrieb von weiteren 25% (1,31 Millionen Tonnen/a) liegt in den Händen privater Unternehmen.

Bei 26% der Kapazitäten (1,37 Millionen Tonnen/a) übernehmen kommunale und private Unternehmen im Rahmen von gemeinsamen PPP-Gesellschaften die Verantwortung für den Betrieb der jeweiligen Anlagen. Die Mehrheitsanteile liegen bei etwas mehr als drei Viertel der von PPP-Gesellschaften betriebenen Anlagenkapazitäten bei kommunalen Gesellschaftern. Auf Seiten der privaten Gesellschafter engagieren sich insbesondere Entsorgungsunternehmen, wie Nehlsen, Remondis oder Suez.

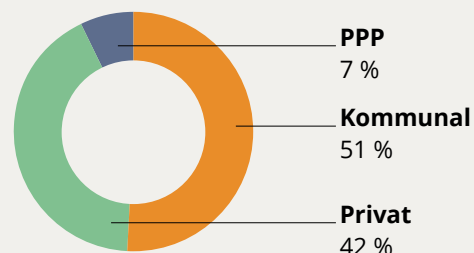
Bei der regionalen Betrachtung der einzelnen Bundesländer ergibt sich ein sehr differenziertes Bild. Kommunale betriebene Anlagen dominieren insbesondere in den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern (je 100%), Niedersachsen (90%) und Brandenburg (77%). Die Anlagenkapazitäten in



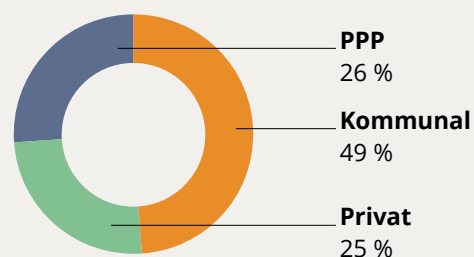
Bild 23, Quelle: AVG Köln mbH

Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen nach Bereichen

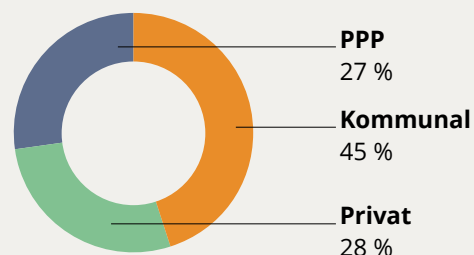
Sammlung und Transport



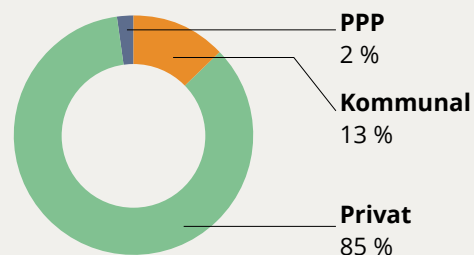
Mechanische bzw. mechanisch-biologische Behandlungsanlagen



Müllverbrennungsanlagen



Ersatzbrennstoff-Kraftwerke



Sonderabfallverbrennungsanlagen

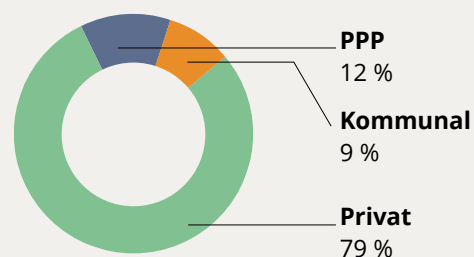


Abb. 34, Quelle: Marktbeobachtung Prognos AG



Bild 24, Quelle: Breer

Sachsen-Anhalt und Hessen werden hingegen mit einem Anteil von 73 % bzw. 70 % von rein privaten Anlagenbetreibern geführt. In Berlin und Sachsen werden die mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen mehrheitlich im Rahmen von PPP-Gesellschaften betrieben.

1.5.2.4 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Das Marktsegment der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB) besteht aus dem „klassischen“ Teilmarkt der **Müllverbrennungsanlagen** (MVA) und dem vergleichsweise „jungen“ Teilmarkt der **Ersatzbrennstoff-Kraftwerke** (EBS-KW). Der Betrieb der MVA erfolgt insbesondere in der Verantwortung von kommunalen und privaten Entsorgungsunternehmen sowie von Energieversorgungsunternehmen. Die MVA werden zu 45 % (9,2 Millionen Tonnen/a) von kommunalen Betreibern, zu 28 % (5,8 Millionen Tonnen/a) von rein privaten Unternehmen und zu 27 % (5,5 Millionen Tonnen/a) von PPP-Gesellschaften geführt. Bei zwei Dritteln der von PPP-Gesellschaften betriebenen Kapazitäten haben die jeweiligen kommunalen Gesellschafter eine Mehrheit, beim verbleibenden Drittel haben private Unternehmen einen Anteil von mehr als 50 %.

Rund 38 % (3,5 Millionen Tonnen/a) der kommunal betriebenen Abfallverbrennungskapazitäten befinden sich in Nordrhein-Westfalen, weitere 30 % (2,8 Millionen Tonnen/a) in Bayern. In diesen beiden Bundesländern wurden bereits in den sechziger Jahren von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern sowie von RWE 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 privat betriebenen MVA-Kapazitäten befinden sich mit jeweils rund 24 % (1,38 Millionen Tonnen/a) in den Bundesländern Niedersachsen und Baden-Württemberg, gefolgt von Sachsen-Anhalt mit 19 % (1,14 Millionen Tonnen/a). MVA-Kapazitäten, die durch PPP-Gesellschaften betrieben werden, befinden sich mit 43 % vorwiegend in Nordrhein-Westfalen (2,37 Millionen Tonnen/a), mit einigem Abstand folgen Hessen mit 18 % (0,99 Millionen Tonnen/a) und Sachsen-Anhalt mit 12 % (0,66 Millionen Tonnen/a).



Bild 25, Quelle: AMK

Ersatzbrennstoff-Kraftwerke haben in erster Linie die Funktion, 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 5,7 Millionen Tonnen/a zu 85% (4,8 Millionen Tonnen) von privaten Unternehmen betrieben werden. Kapazitäten in Höhe von rund 0,8 Millionen Tonnen/a (=13%) befinden sich in kommunaler Hand, überwiegend in Nordwestdeutschland. Nur 2% (0,1 Millionen Tonnen) der EBS-Kraftwerks-Kapazitäten werden im Rahmen von PPP-Gesellschaften betrieben, bei denen die kommunalen Gesellschafter insgesamt die Mehrheitsanteile halten.

1.5.2.5 Sonderabfallverbrennungsanlagen

Bei den **Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV)** dominieren ebenfalls rein privatwirtschaftlich betriebene Anlagen mit einem Anteil an den verfügbaren Kapazitäten von 79% (1,27 Millionen Tonnen). Der Anteil rein kommunal betriebener Kapazitäten liegt bei nur 9% (0,1 Millionen Tonnen), 12% der Kapazitäten (0,2 Millionen Tonnen) werden im Rahmen von PPP-Gesellschaften betrieben.

Die privaten Sonderabfallverbrennungsanlagen befinden sich überwiegend im Besitz von Unternehmen der chemischen Industrie.

1.5.3 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 20 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 „Entsorgungsfachbetriebeverordnung“ (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 Beispiel auf Geschäftspapier oder auf Abfallsammelfahrzeugen 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 etwa 300 Betriebe als Entsorgungsfachbetrieb zertifiziert. Zuverlässigkeit und Kompetenz der Betriebe werden jährlich durch unabhängige Sachverständige geprüft.

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 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.

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 durch Umweltmanagementsysteme, 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
- ▶ Vertragsmanagement.

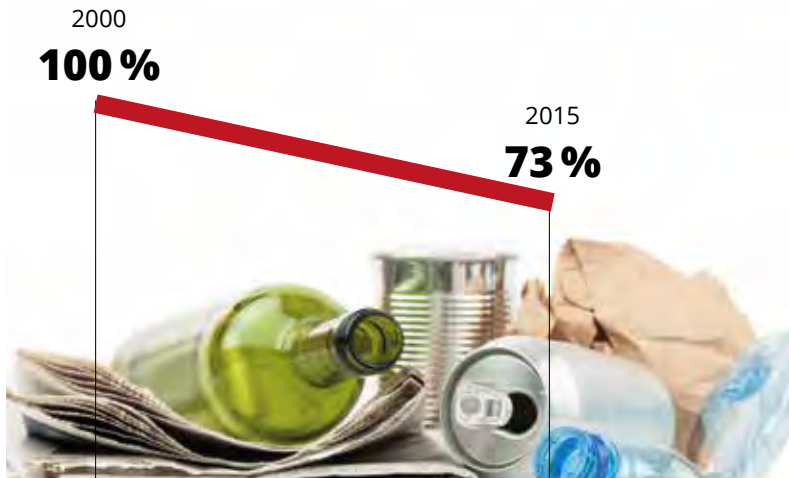
Die integrierten Managementsysteme sind auf die jeweilige Organisation zugeschnitten und haben als gemeinsame Zielsetzung, die Vielzahl an Regelwerken zu berücksichtigen und die Umsetzung im Unternehmen zu sichern.

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).

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.

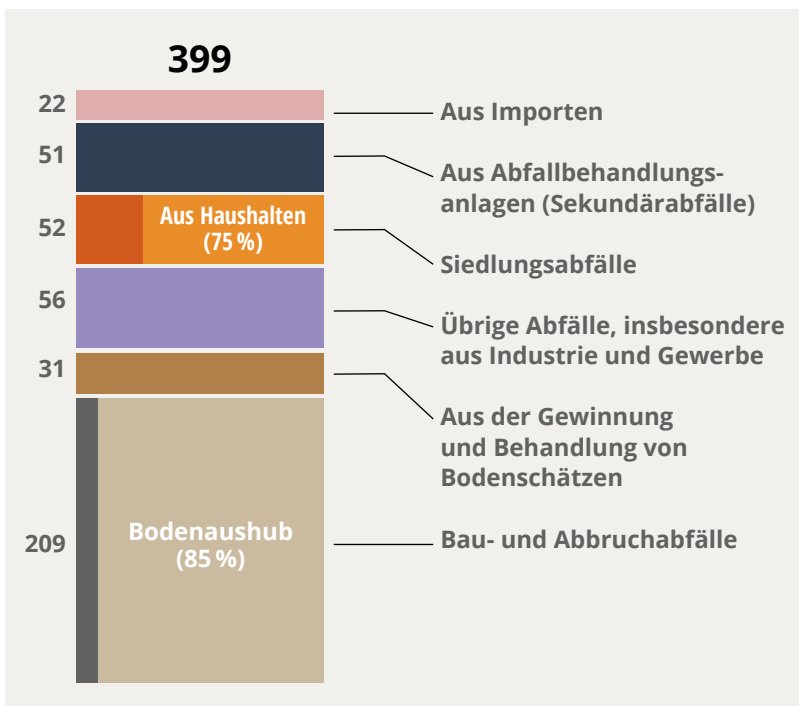
Gut zu wissen:

Abfallintensität*




*Indikator für die Entkopplung von Netto-Abfallaufkommen und Wirtschaftsleistung

Abfallvolumen



Abfallbehandlungsanlagen

15.791  **Anlagen**

Deponien

Anzahl der Deponien

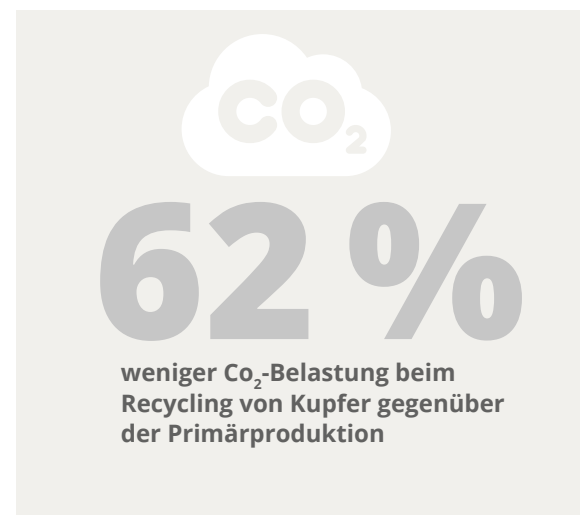
1970:



2015:

1.100

Kupferrecycling



Batterien



76 %

Recyclingquote von Batterien

1894

erste Abfallverbrennungsanlage
in Hamburg

Gesamtmenge pro Kopf

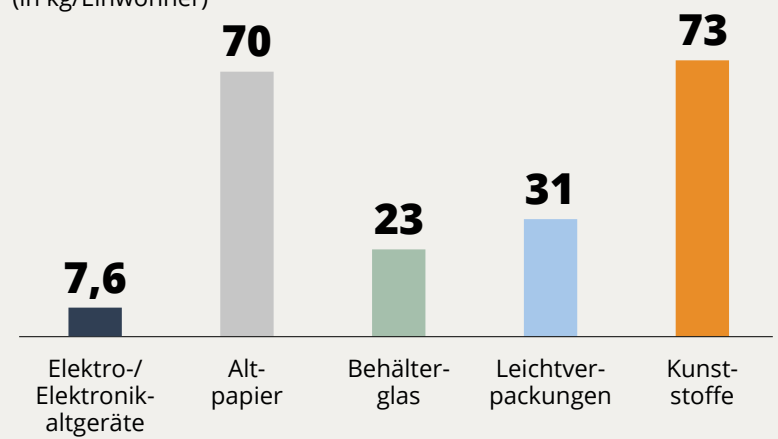
(pro Jahr)



4.800 kg

Pro-Kopf-Aufkommen ausgewählter Wertstofffraktionen

(in kg/Einwohner)



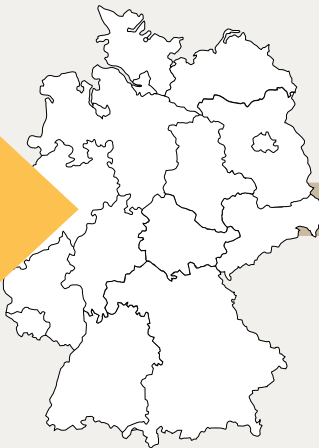
Im- und Export

(in Mio. Tonnen)

22

Davon 6,5 Mio. Tonnen
notifizierungspflichtig

Importe



Exporte

24

Davon 3 Mio. Tonnen
notifizierungspflichtig

Recyclinganteil bei der Produktion von Grünglas

90 %



Recyclinganteil bei der Produktion von Weißglas

60 %



Durchschnittliche Anzahl der Wiederbefüllungen bei Mehrwegflaschen

50 x



2



Wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft.

BRANCHE Die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft nimmt seit Jahren stetig zu. Zunehmend spezialisierte Arbeitsteilungen, kontinuierlich steigende Standards für die Kreislaufführung von Rohstoffen und die dafür notwendige Entwicklung von Technologien liefern die Basis für eine dynamische Entwicklung der gesamten Branche. Die Kreislaufwirtschaft erzielt in Deutschland aktuell einen Umsatz von etwa 76 Milliarden Euro (+ 1,1 % p. a.) und beschäftigt über 290.000 Erwerbstätige (+ 0,8 % p. a.). In der Kreislaufwirtschaft sind bundesweit heute genauso viele Personen beschäftigt wie in der Energiewirtschaft und fast viermal so viele Personen wie in der Wasser- und Abwasserwirtschaft. Mit einer Bruttowertschöpfung von rund 21,5 Milliarden Euro (+ 3,4 % p. a.) ist die Branche zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor geworden.

MÄRKTE Die Kreislaufwirtschaft umfasst weit mehr als das Sammeln, Transportieren und Entsorgen von Abfällen – die Analysen zeigen, welche wirtschaftliche Bedeutung auch die vor- und nachgelagerten Teilmärkte der Technik und des Handels für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft haben. Von den rund 10.800 Unternehmen entfallen ca. 6.000 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 3.500 Unternehmen sorgen mit dem „Großhandel mit Altmaterialien“ für den wichtigen Kreislauf der erfassten und recycelten Wertstoffe aus der Abfallwirtschaft.

EXPORT Die Exportstärke Deutschlands gilt in gleichem Maße auch für die Kreislaufwirtschaft. Eine veränderte gesellschaftliche Werthaltung und eine Abfallgesetzgebung, die bereits seit den 90er Jahren immer neue Qualitätsziele setzt, haben in Deutschland frühzeitig zu technologischen Innovationen geführt, die heute die tragfähige Basis für den Export bilden. Beispielhaft für diese Entwicklung ist der Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft“ mit allein 4,2 Milliarden Euro Exportvolumen. Die wichtigsten Zielmärkte in diesem Bereich sind die Vereinigten Staaten, China und Frankreich. Sekundärrohstoffe wie Metalle oder Kunststoffe hingegen gehen in erster Linie nach Belgien, in die Niederlande oder nach Südostasien.

Unterschiedliche Kompetenzen für gemeinsame Ziele.

Die Kreislaufwirtschaft ist eine sehr differenzierte Branche, deren Aktivitäten weit über klassische Entsorgungsleistungen hinausgehen. Neben den Kernbestandteilen Abfallsammlung, -behandlung und Recycling berücksichtigt ein umfassendes Verständnis der Wertschöpfung in der Kreislaufwirtschaft auch die Vorleistungen des Maschinen- und Anlagenbaus sowie die begleitenden Handelsaktivitäten.

Im klassischen Gefüge der Einteilung der Volkswirtschaft in Branchen und Wirtschaftszweige finden auch die Entsorgungsdienstleistungen ihren festen Platz. Die statistische Klassifikation der Wirtschaftszweige erfasst explizit die Aktivitäten der Abfallsammlung, der Abfallbehandlung sowie der Rückgewinnung von Wertstoffen und definiert damit die ökonomische Sichtweise auf die Branche. Doch diese enge Perspektive wird der tatsächlichen Größenord-

nung der Kreislaufwirtschaft im Hinblick auf die Wertschöpfung und die Erwerbstätigkeit nicht gerecht. Die Behandlung und Verwertung von Abfällen setzt entsprechende Maschinen und technische Anlagen voraus, die produziert, installiert und gewartet werden müssen. Darüber hinaus werden für die Abfallsammlung auch Fahrzeuge und Behälter benötigt sowie Händler, die Sekundärrohstoffe wieder in den Kreislauf bringen.

Marktsegmente und Teilbereiche der Kreislaufwirtschaft

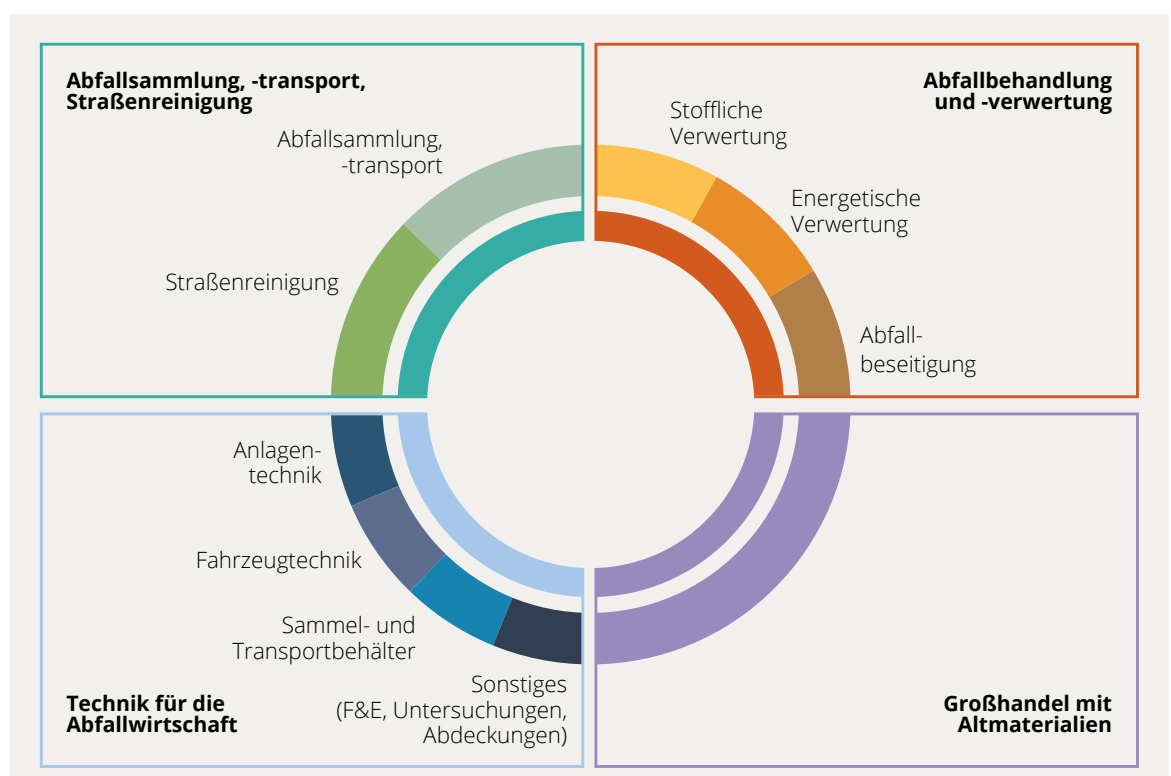


Abb. 35, Quelle: Prognos AG



Bild 27, Quelle: IFAT

Dieser Bericht legt ein umfassendes Verständnis der Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft zu Grunde. Demnach setzt sich die Branche aus insgesamt vier Marktsegmenten zusammen. Diese lassen sich wiederum in unterschiedliche Teilbereiche differenzieren.

Die Marktsegmente „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“ bilden die Abfallwirtschaft nach einem eher klassischen Verständnis ab. Entgegen früherer Auffassungen¹ zählen hierzu auch noch weitere Recyclingaktivitäten. Viele Entsorgungsbetriebe sind in beiden Marktsegmenten gleichzeitig wirtschaftlich aktiv. Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ umfasst Fahrzeuge, Anlagen und technische Ausstattungen, ohne die die Leistungen der „klassischen“ Marktsegmente nicht möglich wären. Das Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien“ schließlich fungiert als flankierender Wertschöpfungsprozess von Recyclingleistungen. Die folgenden Kapitel gehen auf die einzelnen Marktsegmente ein und beschreiben deren wirtschaftliche Bedeutung.

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 insbesondere auch die Landwirtschaft, die Wasserwirtschaft, umweltfreundliche Energien und Energieeffizienz oder auch die umweltfreundliche Mobilität. In diesem Kontext leistet die Kreislaufwirtschaft einen wichtigen Beitrag zur Vermeidung von CO₂-Emissionen, zur Reduzierung von

Schadstoffen und zum intelligenten Umgang mit knapper werdenden Ressourcen.

Hinweise zur Methodik

Datengrundlage:

Die vorliegenden Ergebnisse basieren auf amtlichen wirtschaftsstatistischen Daten, die im Rahmen des Abgrenzungsmodells für die Analyse herangezogen werden konnten. Dabei handelt es sich insbesondere um bundeslandspezifische Daten aus der Beschäftigungsstatistik des Bundesamts für Arbeit, der Umsatzsteuerstatistik, der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamts sowie der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder.

Abgrenzung der Branche:

Die Kreislaufwirtschaft ist im Rahmen der bestehenden Klassifikation der Wirtschaftszweige nur unzureichend abgebildet. Vor diesem Hintergrund ist eine neue statistische Abgrenzung der Branche erforderlich geworden, die in der Lage ist, diese über alle Wertschöpfungsstufen abzubilden. Im Rahmen dieser Studie wurde daher auf das Abgrenzungsmodell „envigos“ zur Erfassung der Umweltwirtschaft zurückgegriffen, das alle Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft vollständig erfasst. Das Modell bildet ferner auch die anerkannte Grundlage für weitere Branchenanalysen, beispielsweise den „Umweltwirtschaftsbericht NRW 2017“ oder die Studie „Umweltwirtschaft in Bayern“.

Unterschiede zur Vorläuferuntersuchung

Bei der Zahl der Erwerbstätigen konnte auf Grundlage einer erweiterten Datenbasis neben sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und Selbstständigen nun auch die Zahl der geringfügig Beschäftigten berücksichtigt werden. Gegenüber dem Branchenbild Kreislaufwirtschaft aus dem Jahr 2015 liegen daher höhere Werte für die Zahl der Erwerbstätigen vor.

Die statistische Abgrenzung zur Analyse der Außenhandelsdaten wurde weiterentwickelt und liegt nun in einem deutlich höheren Detaillierungsgrad vor. Außenhandelsdaten können nun nach dem achtstelligen Klassifikationssystem WA (Warenverzeichnis für den Außenhandel) analysiert werden, das über 13.000 verschiedene Warenarten differenziert. Damit ist eine wesentlich genauere Abgrenzung von Produkten der Kreislaufwirtschaft möglich.

(1) Entsprechend der bis 2008 gültigen Klassifikation der Wirtschaftszweige „WZ 2003“.

Positive Ergebnisse durch Manpower und Technik.

Die Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben, die von den Unternehmen der deutschen Kreislaufwirtschaft gemeinsam gestemmt werden müssen, zeigt, wie effizient die Zusammenarbeit in dieser Branche abläuft. Denn die Dienstleistungen für Kommunen, Industrie und Gewerbe erfordern den Einsatz hoher Kapazitäten an Fachkräften und spezifischer Techniken. Auch die übergeordneten Ziele, wie Umweltschutz und die Schonung von Ressourcen und Energie tragen dazu bei, dass hier innovative und leistungsstarke Synergien entstehen.

2.2.1 Technik für die Abfallwirtschaft

Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ steht am Beginn der Wertschöpfungskette der Kreislaufwirtschaft. Technische Anlagen und technische Ausstattung bilden die elementare Grundlage für eine funktionsfähige und effiziente Kreislaufwirtschaft. Dazu zählen zum Beispiel Abfallfördereinrichtungen, Sortieranlagen, Mess- und Filterapparate sowie Abfallbehandlungs- und Recyclinganlagen, aber auch Fahrzeuge und die technische Ausstattung zur Abfallsammlung. Somit sind spezialisierte Teilbereiche klassischer Branchen wie des Maschinen- oder Fahrzeugbaus elementarer Bestandteil einer hoch technisierten Kreislaufwirtschaft.

In diesem Marktsegment wurden von knapp 55.000 Erwerbstätigen Umsätze in Höhe von insgesamt 11,3 Milliarden Euro erwirtschaftet. Der bedeutendste Teilbereich in diesem Marktsegment ist die Anlagentechnik mit einem Anteil von knapp 70 % des Gesamtumsatzes.

Die Struktur der Erwerbstätigen in diesem Marktsegment spiegelt die hohen Anforderungen wider und hebt sich deutlich von den anderen Marktsegmenten ab. Über ein Drittel der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten stellt gemäß der Klassifikation der Berufe Spezialisten oder Experten dar, wie zum Beispiel Techniker und Ingenieure. Diese sind mit besonders komplexen Tätigkeiten betraut. Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ ist damit in besonderem Maße von der Qualifikation der Beschäftigten geprägt: 18,2 % haben einen akademischen Berufsabschluss, das sind mindestens 11 Prozentpunkte mehr als in den drei anderen Marktsegmenten. Der Anteil weiblicher Beschäftigter steigt weiter an und liegt mittlerweile bei knapp 20 %.

Die Bedeutung des Marktsegments wird weiter zunehmen. Steigende gesetzliche Anforderungen an die Abfallbehandlung und -verwertung führen zu einer höheren Effizienz von Fahrzeugen, Anlagen und Infrastruktur. Dies drückt sich nicht zuletzt im wirtschaftlichen Erfolg aus: Im Zeitraum von 2010 bis 2015 werden hier mit 3,9 % p. a. die stärksten Umsatzzuwächse der Kreislaufwirtschaft verzeichnet.

Auch auf internationalen Märkten kann die erfolgreiche Positionierung weiter behauptet werden. Die Vorreiterstellung Deutschlands bei der stofflichen und energetischen Verwertung zeigt sich im Exportwachstum einzelner Technologien. Hierzu gehört sowohl der rasante Anstieg bei den Instrumenten zur Behandlung und Analyse von Abfällen als auch bei verschiedenen Maschinen zur Sammlung, Verarbeitung und Verwertung von Sekundärrohstoffen (siehe Kap. 2.3.2 Exporte).



Bild 28, Quelle: WBD



Bild 29, Quelle: Breer

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

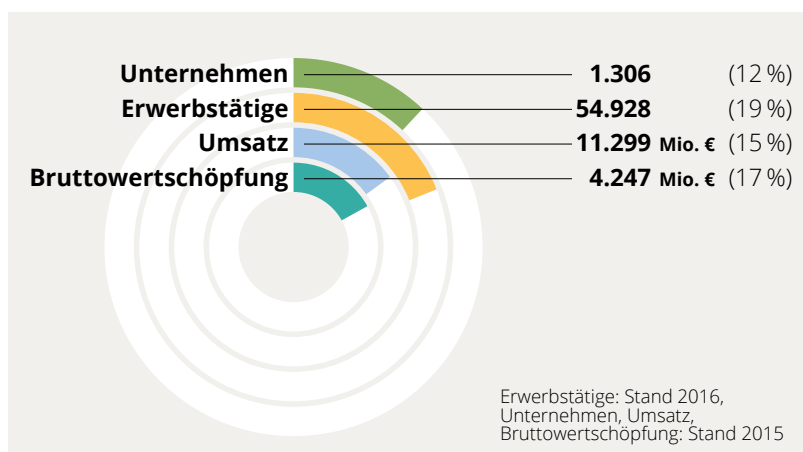


Abb. 36, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

Entwicklung der ausgewählten Indikatoren (Zeitraum 2010 bis 2015)

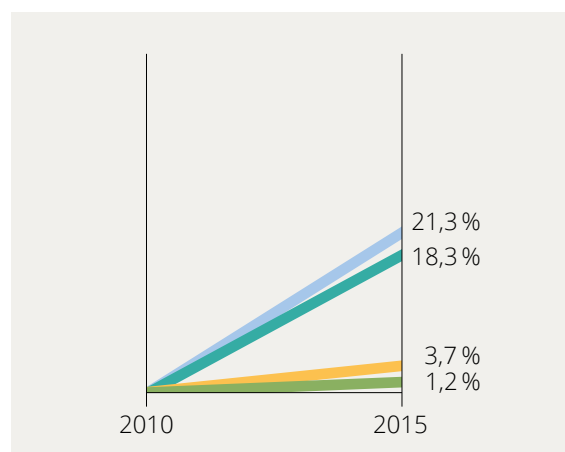


Abb. 37, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

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 selbst-erstellte Anlagen. Auf Grund unterschiedlicher Datenquellen besteht jedoch nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit zu den ermittelten Umsatzwerten. Daten zur Bruttowertschöpfung der Bundesländer liegen in der wirtschaftsstatistischen Klassifikation lediglich für die 38 Wirtschaftsabschnitte und nicht detailliert 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 (Selbstständige und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte) verrechnet.

Die **Erwerbstätigen** umfassen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte sowie Selbstständige. Auch Beschäftigte öffentlicher Unternehmen werden erfasst. Beamte konnten 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 Zahlen zu den Erwerbstätigen in diesem Bericht beziehen sich auf das Jahr 2016.

Das **Import- und Exportvolumen** beschreibt den Gesamtwert der Importe bzw. Exporte der Kreislaufwirtschaft aus Deutschland bzw. den einzelnen Bundesländern 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 unter anderem beim 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. Die genannten Umsätze in diesem Bericht beziehen sich auf das Jahr 2015.

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 berücksichtigt.

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.

2.2 Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft



Bild 30, Quelle: BWaste

2.2.2 Sammlung, Transport und Straßenreinigung

Das Marktsegment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ umfasst insbesondere die Dienstleistungen für Sammlung und Transport nichtgefährlicher sowie gefährlicher Abfälle aus Haushalten, Gewerbe und Industrie. Ergänzt wird das Segment durch den Bereich der Straßenreinigung.

In diesem Segment erzielt die Kreislaufwirtschaft einen Umsatz von über 19,2 Milliarden Euro. Die Zahl der Erwerbstätigen liegt hier bei über 85.000. Mit ca. 25 % der Umsätze und knapp 30 % der Erwerbstätigen ist es das zweitgrößte Marktsegment der Kreislaufwirtschaft. Knapp 2.500 Unternehmen lassen sich schwerpunktmäßig dem Marktsegment zuordnen.

Die Tätigkeiten im Bereich Logistik und Straßenreinigung werden mit rund 63 % überwiegend von ausgebildeten Fachkräften ausgeführt, Hilfskräfte haben einen Anteil von etwa 25 %. Damit bietet die Kreis-

laufwirtschaft 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.

Die wirtschaftliche Entwicklung des Marktsegments „Sammlung, Transport und Straßenreinigung“ liegt mit Blick auf die Umsätze hinter dem Wachstum anderer Marktsegmente zurück. Der Umsatz im Zeitraum von 2010 bis 2015 stieg jährlich um 1,3 % an. Angesichts eines durchschnittlichen jährlichen Wachstums des Abfallaufkommens von 1,5 % im gleichen Zeitraum und der zu beobachtenden Entkoppelung des Abfallaufkommens von der Wirtschaftsleistung handelt es sich um eine gute Entwicklung. Die Bruttowertschöpfung ist in diesem Zeitraum mit einem durchschnittlichen jährlichen Plus von 3,8 % auf 8,3 Milliarden Euro gestiegen.

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

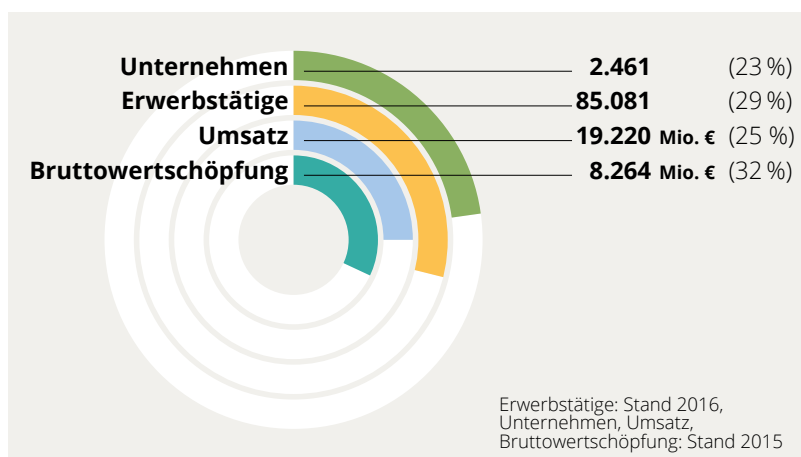


Abb. 38, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

Entwicklung der ausgewählten Indikatoren (Zeitraum 2010 bis 2015)

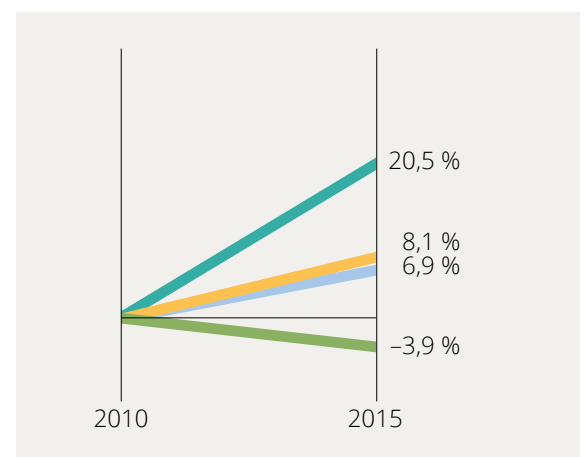


Abb. 39, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

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 insbesondere die stoffliche sowie 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 auch die Behandlung gefährlicher Abfälle.

Die besondere Bedeutung des Marktsegmentes wird mit Blick auf den erwirtschafteten Umsatz von 32,7 Milliarden Euro deutlich. Das entspricht rund 43 % der Wirtschaftsleistung der Kreislaufwirtschaft. Die stoffliche Verwertung stellt mit 88 % des Umsatzes den wesentlichen Teilbereich des Marktsegmentes dar. Mit über 129.000 Erwerbstätigen ist in der Abfallbehandlung und -verwertung zudem fast die Hälfte der Beschäftigten der Kreislaufwirtschaft tätig. Mit knapp 62 % handelt es sich hierbei ebenfalls größtenteils um ausgebildete Fachkräfte, der Anteil der Hilfskräfte liegt bei rund 24 %. Die restlichen 14 % entfallen auf Spezialisten und Experten. In diesem Marktsegment findet zudem eine hohe Leistung bei der Integration ausländischer Arbeitskräfte statt. Rund 10 % der Beschäftigten stammen aus dem Ausland.

Mit einem durchschnittlichen jährlichen Umsatzwachstum von 2,6 % verbuchte das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ im Zeitraum von 2010 bis 2015 eine solide Entwicklung trotz schwieriger Entwicklungen auf dem Rohstoffmarkt. Die Teilbereiche energetische Verwertung (4,2 % p. a.) und Abfallbeseitigung (4,3 % p. a.) weisen hierbei durchgehend hohe Umsatzzuwächse auf. Auch der Teilbereich der stofflichen Verwertung kann gegenüber 2010 Zuwächse verzeichnen. In der Betrachtung seit 2012 zeigt er allerdings eine negative Entwicklung. Diese ist vor allem im Wirtschaftszweig Rückgewinnung verortet. Die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen unterliegt Schwankungen, die einerseits konjunkturell



Bild 31, Quelle: REMONDIS

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

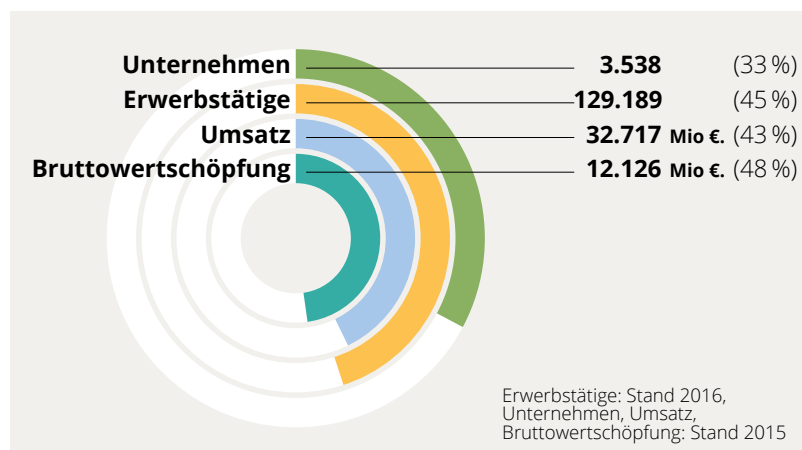


Abb. 40, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

Entwicklung der ausgewählten Indikatoren (Zeitraum 2010 bis 2015)

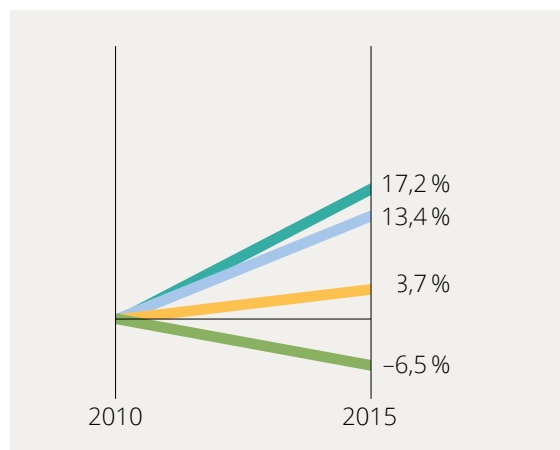


Abb. 41, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

und andererseits durch die Wettbewerbspreise der Primärrohstoffe bestimmt werden.

Die starken Schwankungen des Rohstoffmarktes wirkten sich im Teilbereich stoffliche Verwertung unterschiedlich aus. Auf der einen Seite fand im Marktsegment zwischen 2010 und 2015 ein Rückgang in der Anzahl der steuerpflichtigen Unternehmen (-1,5 % p. a.) und der geringfügig Beschäftigten (-1,9 % p. a., 2010 bis 2016) statt. Die Anzahl der Unternehmen im Wirtschaftszweig Rückgewinnung sank zwischen 2010 und 2016 um 10 % und der Umsatz fiel seit 2012 um 15 %. Andererseits nahm die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in diesem Wirtschaftszweig zu. Die durchschnittliche Anzahl der Beschäftigten je Unternehmen erhöhte sich zwischen 2010 und 2016 deutlich. Die Konzentration ist unter anderem auf zunehmende Anforderungen und den Wettbewerbsdruck zurückzuführen.² Viele kleinere Unternehmen können dem Investitionsdruck bei gleichzeitig fluktuierenden Sekundärrohstoffmärkten häufig nicht mehr standhalten.

(2) Institute Center for Economic Studies (CES), 2014, Die Entsorgungswirtschaft auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft, ifo Schnelldienst 9/2014, https://www.cesifo-group.de/DocDL/ifosd_2014_09_6.pdf.



Anteile des Marktsegments „Großhandel mit Altmaterialien“ am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft

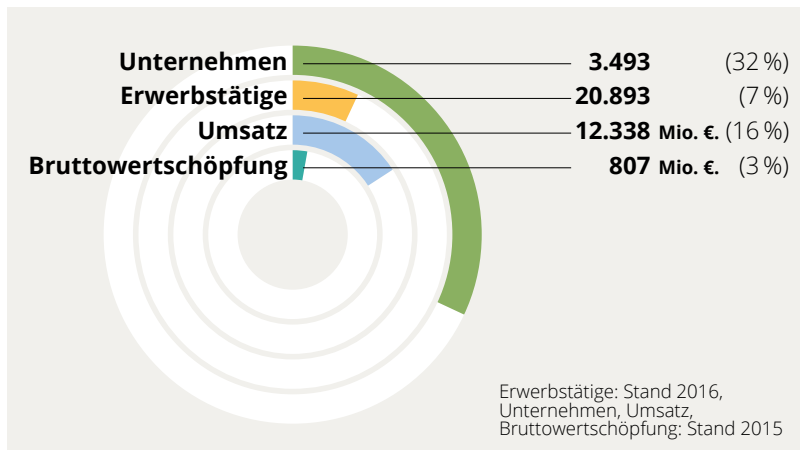


Abb. 42, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

Entwicklung der ausgewählten Indikatoren (Zeitraum 2010 bis 2015)

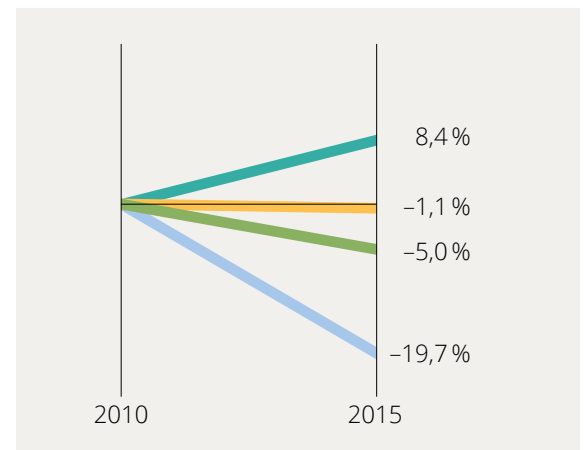


Abb. 43, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Destatis

2.2.4 Großhandel mit Altmaterialien

Die Unternehmen im Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien“ sind ein wesentliches Bindeglied zwischen den Produzenten von Sekundärrohstoffen und den Unternehmen, die Sekundärrohstoffe für den Produktionsprozess neuer Güter benötigen. Die wirtschaftliche Situation des Handels ist auch ein Indikator für Angebot und Nachfrage sowie das Preisniveau von Sekundärrohstoffen auf dem (Welt-)Markt.

Die Entwicklung des Großhandels verläuft in den letzten Jahren sehr volatil. Wie der Teilbereich Stoffliche Verwertung ist auch die Entwicklung des Marktsegments „Großhandel mit Altmaterialien“ stark von der Marktentwicklung von Primärrohstoffen beeinflusst. Die Umsatzwerte des Großhandels mit Altmaterialien liegen 2015 mit einem durchschnittlichen jährlichen Minus von 4,3% zwischen 2010 und 2015 deutlich unter den Ergebnissen von 2010. Der Rückgang hat sich insbesondere im Zeitraum von 2012 bis 2015 vollzogen.

Auch die Zahl der Erwerbstätigen war von 2010 bis zum Jahr 2016 mit einem durchschnittlichen jährlichen Minus von 0,9% rückläufig. Die Anzahl der steuerpflichtigen Unternehmen sank im Zeitraum 2010 bis 2015 um durchschnittlich 1,5% p. a.

2.2.5 Die Kreislaufwirtschaft im Überblick

Über die vier im Einzelnen dargestellten Marktsegmente hinweg verfügt die Kreislaufwirtschaft insgesamt über etwas mehr als 290.000 Erwerbstätige. Seit dem Jahr 2010 ist ein Wachstum von + 0,8 % p. a. zu beobachten, wobei seit dem Jahr 2012 die Zahl der Erwerbstätigen insgesamt allerdings stagniert. Ähnliches gilt für die Entwicklung des Umsatzes der gesamten Branche: Zwischen 2010 und 2012 fand ein starkes Wachstum um etwa 8 Milliarden € auf rund 79,5 Milliarden € statt, seitdem sind in diesem Bereich die Zahlen leicht rückläufig. Im Vergleich dazu steigt die Entwicklung der Bruttowertschöpfung seit dem Jahr 2010 kontinuierlich um 3,4 % p. a. an

Entwicklung wirtschaftlicher Indikatoren der Kreislaufwirtschaft im Überblick

	2010	2012	2014	2015	2016	Durchschnitt	Entwicklung (in %)	
							2010-2016	p. a.
Erwerbstätige	277.300	288.490	289.970	289.930	290.090	287.160	4,6	0,8
Umsatz (in 1.000 €)	71.500.300	79.664.800	77.006.900	75.574.400	-	75.936.600	5,7	1,1
Bruttowertschöpfung (in 1.000 €)	18.135.900	19.907.900	21.222.200	21.429.900	-	20.174.000	18,2	3,4
Unternehmen	11.300	11.400	11.000	10.800	-	11.100	-4,4	-0,9

Abb. 44, Quellen: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Stichtag: 30. Juni 2017; SVB - Tabelle I, DESTATIS: Steuerpflichtige Unternehmen und deren Lieferungen und Leistungen 2015; Bruttowertschöpfung: eigene Berechnung und Darstellung



Bild 32, Quelle: fotolia

und lag im Jahr 2015 bei rund 21,5 Milliarden €. Die Anzahl der Unternehmen, die in der Kreislaufwirtschaft tätig sind, ist seit dem Jahr 2012 insgesamt rückläufig, was insbesondere auf die Entwicklungen in der Gruppe der sehr kleinen Unternehmen zurück zu führen ist.

2.2.6 Vergleich mit anderen Branchen

Die Kreislaufwirtschaft ist ein zentraler Bestandteil der technischen Infrastruktur. Die gesicherte Entsorgung zu wettbewerbsfähigen Kosten gehört auch zu den wichtigen Standortvorteilen der deutschen Wirtschaft. Neben den klassischen Aufgaben Erfassung, Sammlung, Transport trägt die stoffliche Verwertung der Abfälle zur Verringerung der Importabhängigkeit und der Kreislaufführung von Rohstoffen bei, während die energetische Nutzung der Abfälle einen zunehmend wichtigeren Beitrag zur Umsetzung der Energiewende leistet, insbesondere im Bereich der Grundlast und der Sektorkopplung. Die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft wird jedoch häufig unterschätzt. Die Branche erzielt in Deutschland einen Umsatz von knapp 76 Milliarden Euro und beschäftigt über 290.000 Erwerbstätige. Damit ist die wirtschaftliche Bedeutung in etwa vergleichbar mit der der Energieversorgung, die rund 325.000 Erwerbstätige beschäftigt.

Im Vergleich mit anderen klassischen Infrastrukturbranchen zeigt die Kreislaufwirtschaft im Betrachtungszeitraum von 2010 bis 2016 leicht unterdurchschnittliche Wachstumsraten bei den Erwerbstätigen auf. Mit einer Entwicklung von 0,8 % p. a. liegt die Kreislaufwirtschaft deutlich über der Wasserwirtschaft mit 0,2 % p. a., bleibt aber hinter der Entwicklung der Energieversorgung mit 1,7 % p. a. und der Entwicklung der Personenbeförderung (Schiene und Straße) mit 1,4 % p. a. zurück. In diesen Entwicklungen spiegelt sich der starke, umweltpolitisch induzierte Ausbau der erneuerbaren Energien und des ÖPNV wider.

Erwerbstätige in Schlüsselbranchen der Grundversorgung 2010 und 2016 und ihre Entwicklung p. a.

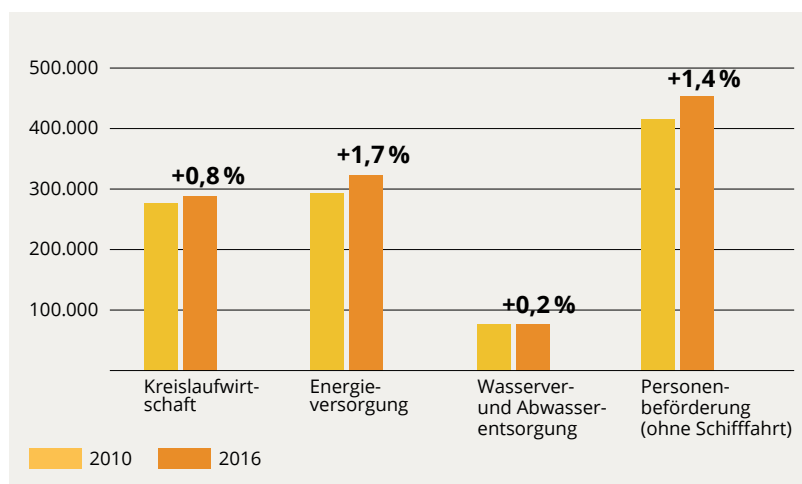


Abb. 45, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Schlüsselbranchen der Grundversorgung 2010 und 2016 und ihre Entwicklung p. a.

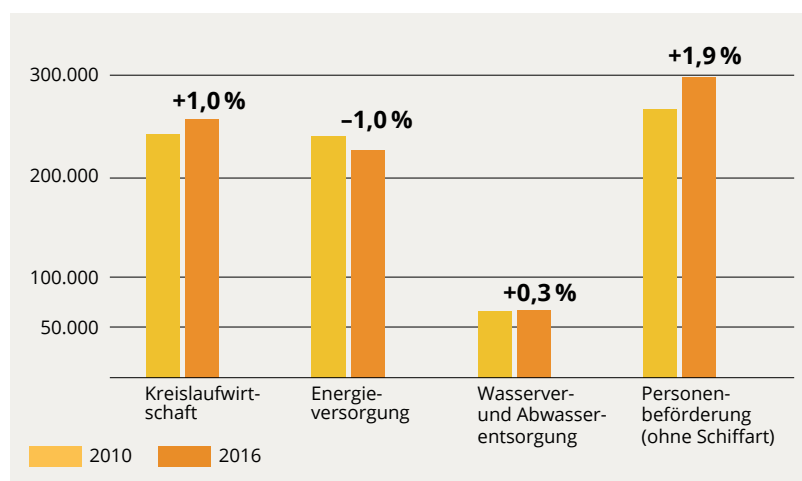


Abb. 46 Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Unterschiedliche Märkte im Import-Export-Vergleich.

Der Bedarf an Sekundärrohstoffen und die Preise von Sekundärrohstoffen sind auf den internationalen Märkten deutlichen Schwankungen unterworfen. Sowohl beim Import als auch beim Export stechen einzelne Segmente mit Zuwächsen oder Rückgängen heraus. Dabei ist der Anteil der zehn größten Absatzmärkte für deutsche Produkte ähnlich hoch wie für die zehn wichtigsten Importländer. Die Exportstärke Deutschlands beruht sowohl auf dem Vertrieb von Maschinen und Anlagen für die Kreislaufwirtschaft als auch von Sekundärrohstoffen aus der Abfallverwertung. Die Kreislaufwirtschaft ist eine Branche mit internationaler Ausstrahlung.

2.3.1 Importe

2.3.1.1 Importierte Produkte und Rohstoffe für die Kreislaufwirtschaft

Im Jahr 2016 beliefen sich die Importe der Kreislaufwirtschaft auf rund 8,7 Milliarden Euro. Den Schwerpunkt dabei bilden Sekundärrohstoffe. Mit rund 6,9 Milliarden Euro entfielen ca. 79% der Importe auf das diesbezügliche Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“. Für rund 4,6 Milliarden Euro (ca. 52%) wurden recyceltes Silber, Gold, Platin oder Kupfer eingeführt, rückgewonnenes Eisen und Stahl haben einen Anteil von 14% an den Importen, auf Aluminium und Kunststoffe entfallen lediglich 2,9% bzw. 2,8%.

Starke Preisschwankungen auf internationalen Rohstoffmärkten beeinflussen das Marktvolumen des Handels mit Sekundärrohstoffen der Kreislaufwirtschaft. Die negative Entwicklung des Einfuhrvolumens von $-1,9\%$ p. a. zwischen 2010 und 2016 ist maßgeblich auf wenige bedeutende Sekundärrohstoffe zurückzuführen (siehe Tabelle). Bedeutend ist dabei insbesondere der Einfuhrückgang von Eisen- und Stahlschrott. Die weltweiten Überkapazitäten der Rohstahlproduktion drücken die Preise für dieses Produkt. Während die Importmenge von Stahlschrott in Tonnen zwischen 2010 und 2016 um 25% abgenommen hat, sank der Importwert um rund 50%. Darüber hinaus ging auch das Importvolumen von Sekundärkupfer mit $-2,9\%$ p. a. (2010–2016) stark zurück.

Gleichzeitig hat die deutsche Importnachfrage nach rückgewonnenem Aluminium mit einem durchschnittlichen



Bild 33, Quelle: Breer

jährlichen Zuwachs von 18% p. a. stark zugenommen. Die gestiegene Nachfrage nach Sekundäraluminium seit dem Jahr 2010 geht auch einher mit einem deutlichen Preisanstieg des Primärrohstoffs.

Deutschlands Einfuhr von Produkten aus dem Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ fällt demgegenüber deutlich kleiner aus. Im Jahr 2016 wurden Güter im Wert von rund 1,8 Milliarden Euro importiert. Prägend sind dabei insbesondere Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse (0,5 Milliarden Euro) und Maschinenbauerzeugnisse zum Klassieren, Trennen, und Sortieren von Abfall (0,3 Milliarden Euro). Seit 2010 nehmen die Importe in diesem Marktsegment mit 7,1% p. a. deutlich zu, trotz eines geringen Abschwungs zwischen 2015 und 2016 ($-1,6\%$).

Importgüter und Sekundärrohstoffe für das Marktsegment „Abfallbehandlung und verwertung“

Importgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2015	2016	Durchschnitt	Entwicklung (in %)	
							2010–2016	p. a.
Rückgewonnene sonstige NE-Metalle	2.523.500	3.726.100	3.163.100	3.011.200	2.748.900	3.034.600	▲ 8,9	1,4
Sekundärkupfer	2.435.400	2.916.600	2.506.000	2.240.300	2.039.000	2.427.500	▼ -16,3	2,9
Eisen- und Stahlschrott	1.987.400	2.165.000	1.605.000	1.235.500	994.700	1.597.500	▼ -49,9	-10,9
Sekundärfasern für Recyclingpapier	434.700	491.600	401.900	425.900	505.500	451.900	▲ 16,3	2,5
Sekundäraluminium	74.600	148.500	190.700	201.700	201.900	163.500	▲ 170,6	18,1
Sekundärkunststoffe	135.800	195.700	200.600	203.700	192.900	185.700	▲ 42,0	6,0
Biologische Abfälle	61.000	82.100	82.500	78.900	92.300	79.300	▲ 51,3	7,1
Runderneuerte Reifen	33.200	42.700	28.500	26.900	49.900	36.200	▲ 50,3	7,0
Glasrecycling	16.800	18.000	20.100	24.100	25.000	20.800	▲ 48,8	6,8
Industrieabfälle	16.800	20.800	23.900	22.100	21.200	20.900	▲ 26,2	4,0
Elektroschrott	7.400	7.100	16.900	30.200	11.400	14.600	▲ 54,1	7,5
Rauchgasentschwefelungs-(REA)-Gips	6.600	6.700	7.000	7.200	6.700	6.800	▲ 1,5	0,3
Holzabfälle	2.500	2.500	3.300	4.700	3.900	3.400	▲ 56,0	7,7
Siedlungsabfälle	1.200	2.700	200	900	1.100	1.200	▼ -8,3	-1,4
Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	10	10	150	50	30	50	▲ 200	20,1
Gesamt	7.736.900	9.826.000	8.250.000	7.513.400	6.894.200	8.044.100	▼ -10,9	-1,9

Abb. 47, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Importgüter für das Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“

Importgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2015	2016	Durchschnitt	Entwicklung (in %)	
							2010–2016	p. a.
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	361.900	420.600	457.700	514.700	514.400	453.900	▲ 42,1	6,0
Trenn- und Sortieranlagen	179.000	253.700	275.800	295.400	298.800	260.500	▲ 66,9	8,9
Müllwagenaufbauten sowie Kehr- und Müllabfuhrwagen	136.700	210.300	203.700	231.800	235.500	203.600	▲ 72,3	9,5
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	105.300	200.500	190.200	236.100	201.000	186.600	▲ 90,9	11,4
Müllsäcke	126.500	152.200	162.900	180.200	180.800	160.500	▲ 42,9	6,1
Geomembrane zur Deponieabdeckung und -abdichtung	119.300	133.300	138.900	148.800	146.500	137.400	▲ 22,8	3,5
Umladeanlagen	33.800	58.400	63.100	69.200	78.500	60.600	▲ 132,2	15,1
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	71.200	91.300	80.400	83.800	75.600	80.500	▲ 6,2	1,0
Bestandteil Thermische Abfallbehandlungsanlage	29.600	35.000	32.800	31.100	33.400	32.400	▲ 12,8	2,0
Demontage-, Zerkleinerungseinrichtungen für Abfall	14.800	16.800	20.000	24.600	23.600	20.000	▲ 59,5	8,1
Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	12.800	18.400	15.300	12.300	11.600	14.100	▼ -9,4	-1,6
Gesamt	1.190.900	1.590.400	1.641.000	1.828.100	1.799.700	1.610.000	▲ 51,1	7,1

Abb. 48, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

2.3.1.2 Hauptherkunftsländer

Deutschland ist für viele Staaten, insbesondere aus der EU, einer der bedeutendsten Handelspartner für Produkte und Sekundärrohstoffe der Kreislaufwirtschaft. Rund 68 % der Gesamtimporte der deutschen Kreislaufwirtschaft von rund 8,7 Milliarden Euro werden aus nur zehn Ländern bezogen. Dabei zeigt sich insbesondere die Relevanz innereuropäischer Wertschöpfungsketten und innereuropäischer Arbeitsteilung. Die Nachbarländer Niederlande, Frankreich und Schweiz belegen die ersten drei Plätze bei den Importen von Sekundärrohstoffen nach Deutschland. Daneben entwickeln sich auch die Vereinigten Staaten mit Wachstumsraten von 5,8 % zu einem immer bedeutenderen Herkunftsländ.

Die tatsächlichen Herkunftsländer der Sekundärrohstoffe werden dabei allerdings nicht immer transparent. Die internationale Wertschöpfungskette von Sekundärrohstoffen bedient sich verschiedener Wettbewerbsvorteile wie Energie-, Lohn-, Materialkosten, Materialvorkommen oder auch Produktionskapazitäten und ist dementsprechend global ausgerichtet.

In der Tendenz zeichnet sich eine Verschiebung der Relevanz der Handelspartner ab. Unter den zehn größten Herkunftsländern haben die Importe nur aus den Niederlanden, den Vereinigten Staaten, Belgien, Österreich und Italien zugenommen. Bei den übrigen Handelspartnern sind Rückgänge zu verzeichnen. Importe aus Polen (-4,8 % p. a.) und der Tschechischen Republik (-6,8 % p. a.) nahmen innerhalb dieser Gruppe besonders stark ab. Insgesamt stammen die größten Zuwächse aus Belgien (+8,2 % p. a.) und den Vereinigten Staaten mit 0,18 Milliarden Euro.

Bei den Importen im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ ist eine relativ gleichmäßige Zunahme über alle Länder zu verzeichnen, wenngleich mit deutlich geringeren absoluten Handelsvolumina. Neben wichtigen europäischen Zulieferern wie der Schweiz (+74 Millionen Euro) und Österreich (+49 Millionen Euro) weisen auch China (+55 Millionen Euro), Japan (+23 Millionen Euro) und Korea (+17 Millionen Euro) Wachstumssteigerungen auf. Diese hochtechnologisierten Partnerländer sind für Deutschland unter anderem für die Zulieferung von Komponenten wichtig. In zunehmendem Maße werden aber auch Anlagen und andere Endprodukte nach Deutschland geliefert.

Importe von Abfällen und Produkten nach Deutschland 2016 (in Mrd. Euro)

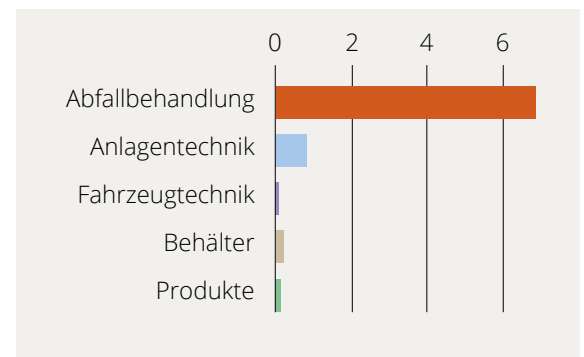


Abb. 49, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Top-10-Importe von Abfällen und Produkten nach Deutschland 2016 (in Mio. Euro)

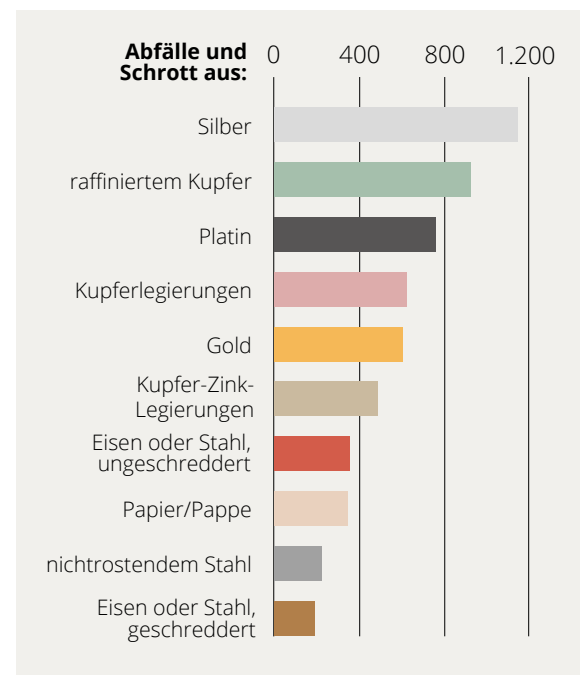


Abb. 50, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis



Bild 34, Quelle: Breer

Top-10-Herkunftsländer für die Importe von Produkten und Sekundärrohstoffen 2016
(nach Gesamtimport in Mio. Euro)

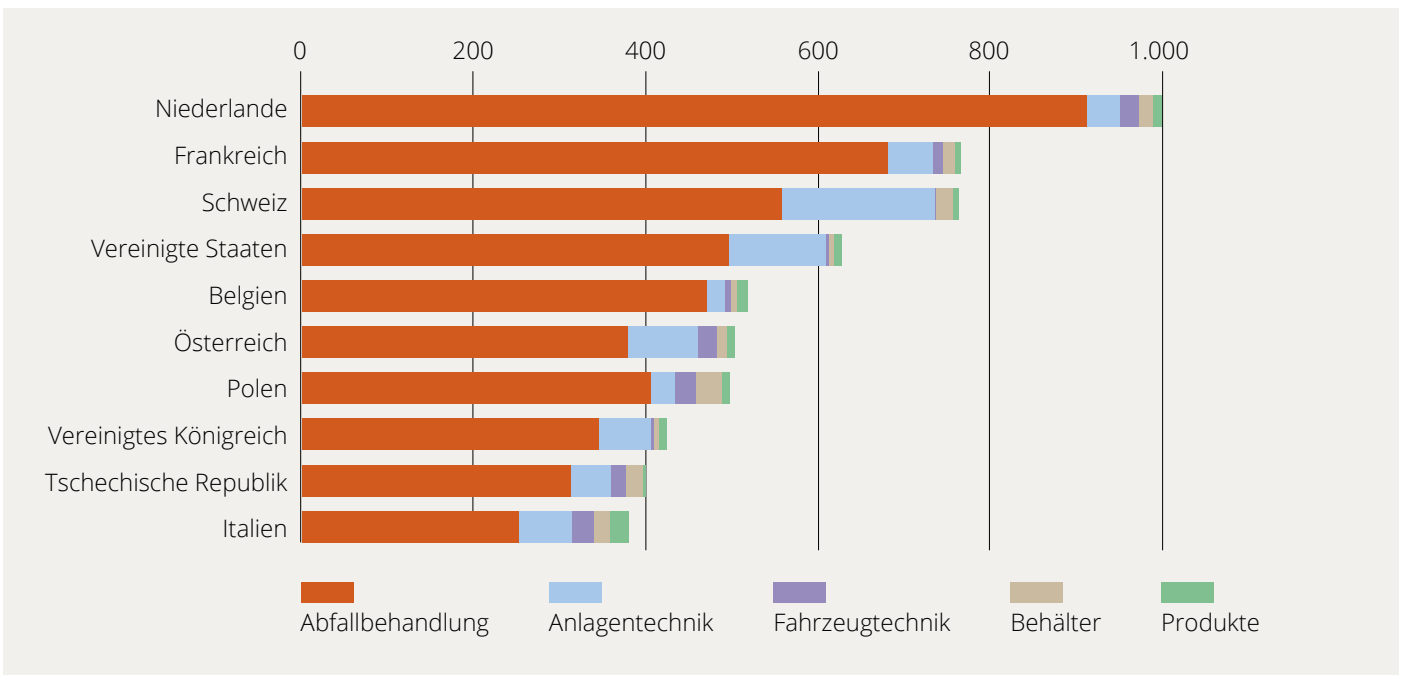


Abb. 51, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis



Bild 35, Quelle: CC Umwelt

2.3.2 Exporte

2.3.2.1 Produkte und Sekundärrohstoffe für den Export

Die Exportstärke Deutschlands gilt gleichermaßen für technische Produkte und Sekundärrohstoffe der Kreislaufwirtschaft. Eine maßgebliche Rolle spielt dabei das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ mit einem Exportvolumen von 4,3 Milliarden Euro. Mit einer jährlichen Zuwachsrate von 4,6 % seit 2010 weist es auf hohem Niveau ein stabiles Wachstum auf. Im Vergleich zu den Importen in diesem Marktsegment ergibt sich eine positive Handelsbilanz von rund 2,4 Milliarden Euro. Der Anteil des Marktsegmentes an den Gesamtexporten der Kreislaufwirtschaft beträgt ca. 40 %, während der Anteil an den Importen nur bei 21 % liegt.

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. Dies zeigt sich insbesondere bei der bedeutendsten Produktgruppe für den Export: Den „Trenn- und Sortieranlagen“. Insgesamt geht ein Anteil von 65 % der Gesamtexporte des Marktsegmentes Technik für die Abfallwirtschaft auf den Teilbereich Anlagentechnik zurück. Die höchsten Wachstumsraten seit dem Jahr 2010 verzeichnet mit 7,4 % p. a. der Export von Umladeanlagen, jedoch gefolgt von Müllwagenaufbauten aus dem Teilbereich der Fahrzeugtechnik mit 5,8 % p. a.

Die Sekundärrohstoffe aus der Abfallbehandlung und -verwertung haben mit einem Volumen von rund 6,3 Milliarden Euro im Jahr 2016 den größten Anteil an den Exporten aus der Kreislaufwirtschaft. Zu den bedeutendsten Sekundärrohstoffen zählen hier Eisen- und Stahlschrotte mit rund 2,4 Milliarden, sonstige Nichteisen(NE)-Metalle und Kupfer mit jeweils rund 1,2 Milliarden Euro. Die Entwicklung des Exportwerts ist mit -4,3 % p. a. seit 2010 stark rückläufig. Dies ist insbesondere auf die Preisabhängigkeit der Eisen- und Stahlschrotte von der weltweiten Primärstahlproduktion zurückzuführen. Der Exportwert brach hier im Zeitraum von 2010 bis 2016 um insgesamt rund 33 % ein. Gleichzeitig ist die Exportmenge in Tonnen nur um 10 % zurückgegangen. Im Vergleich zu den Importen in diesem Bereich hat sich der Wert je Tonne in Euro jedoch deutlich besser entwickelt, ein Zeichen des harten internationalen Wettbewerbs einerseits und der Konkurrenzfähigkeit der deutschen Recyclingindustrie andererseits.

Exportgüter und Sekundärrohstoffe im Marktsegment „Abfallbehandlung und verwertung“

Exportgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2015	2016	Durchschnitt	Entwicklung (in %)	
							2010-2016	p. a.
Eisen- und Stahlschrott	3.674.400	3.979.600	3.478.900	2.760.900	2.446.300	3.268.000	▼ -33,4	-6,6
Rückgewonnene sonstige NE-Metalle	1.414.300	1.864.700	1.285.100	1.207.500	1.187.600	1.391.900	▼ -16,0	-2,9
Sekundärkupfer	1.837.100	1.969.800	1.525.000	1.447.800	1.178.100	1.591.600	▼ -35,9	-7,1
Sekundärkunststoffe	457.300	563.300	557.600	499.900	453.500	506.300	▼ -0,8	-0,1
Sekundärfasern für Recyclingpapier	379.700	410.400	319.600	357.800	386.800	370.900	▲ 1,9	0,3
Sekundäraluminium	161.900	198.600	336.700	380.300	356.400	286.800	▲ 120,1	14,1
Runderneuerte Reifen	103.800	117.900	103.900	106.000	104.800	107.300	▲ 1,0	0,2
Biologische Abfälle	51.700	69.000	75.900	69.600	69.900	67.200	▲ 35,2	5,2
REA-Gips	50.400	55.500	57.900	53.800	55.700	54.700	▲ 10,5	1,7
Industrieabfälle	16.200	22.800	25.600	30.100	27.800	24.500	▲ 71,6	9,4
Glasrecycling	27.500	22.700	18.400	17.100	19.500	21.000	▼ -29,1	-5,6
Elektroschrott	6.800	5.100	5.200	6.800	6.600	6.100	▼ -2,9	-0,5
Siedlungsabfälle	2.600	2.800	2.800	2.800	3.700	2.900	▲ 42,3	6,1
Holzabfälle	100	200	370	40	30	150	▼ -70	-18,2
Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	190	150	30	< 1	< 1	170	▼ -100	-100
Gesamt	8.184.000	9.282.500	7.793.000	6.940.400	6.296.800	7.699.300	▼ -23,1	-4,3

Abb. 52, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Exportgüter im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“

Exportgüter (in 1.000 €)	2010	2012	2014	2015	2016	Durchschnitt	Entwicklung (in %)	
							2010-2016	p. a.
Trenn- und Sortieranlagen	812.600	1.124.700	1.044.100	1.067.800	1.074.600	1.024.800	▲ 32,2	4,8
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	750.600	892.700	929.400	1.004.700	1.049.600	925.400	▲ 39,8	5,7
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	493.400	678.100	647.700	685.000	651.400	631.100	▲ 32,0	4,7
Müllwagenaufbauten sowie Kehr- und Müllabfuhrwagen	239.100	298.000	303.800	317.500	335.100	298.700	▲ 40,2	5,8
Geomembrane zur Deponieabdeckung und -abdichtung	236.400	257.100	265.200	272.800	279.300	262.200	▲ 18,1	2,8
Umladeanlagen	155.700	219.900	223.700	242.500	238.700	216.100	▲ 53,3	7,4
Müllsäcke	171.000	187.200	201.900	214.000	224.900	199.800	▲ 31,5	4,7
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	123.300	150.600	150.400	150.900	137.300	142.500	▲ 11,4	1,8
Demontage-, Zerkleinerungseinrichtungen für Abfall	91.500	124.700	113.000	117.900	113.800	112.200	▲ 24,2	3,7
Bestandteil Thermische Abfallbehandlungsanlage	120.500	135.100	121.800	120.400	113.400	122.200	▼ -5,9	-1,0
Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	50.000	40.600	45.000	42.200	31.400	41.900	▼ -37,2	-7,5
Gesamt	3.244.300	4.109.000	4.045.900	4.235.700	4.249.600	3.976.900	▲ 31,0	4,6

Abb. 53, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

2.3.2.2 Hauptexportländer

Der Anteil der zehn größten Absatzmärkte für deutsche Exporte der Kreislaufwirtschaft liegt mit 69 % ähnlich hoch wie für die zehn wichtigsten Importländer. Insgesamt wurden im Jahr 2016 Produkte und Sekundärrohstoffe im Wert von rund 10,55 Milliarden Euro exportiert.

Diese Konzentration geht zu einem wesentlichen Teil auf den Handel mit Sekundärrohstoffen im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ zurück. Insbesondere mit den Nachbarländern Belgien, Niederlande, Italien und Frankreich wird vor allem Eisen- und Stahlschrott in großen Mengen gehandelt. Für recyceltes Aluminium ließ sich seit dem Jahr 2010 eine steigende Nachfrage insbesondere in Ländern wie Polen (+50 Millionen Euro), Österreich (+32 Millionen Euro) und der Schweiz (+28 Millionen Euro) beobachten. Im Handel mit weiter entfernten Absatzmärkten nehmen dagegen andere Sekundärrohstoffe eine größere Bedeutung ein, wie beispielsweise sonstige NE-Metalle für die Vereinigten Staaten oder Kupfer und Kunststoffe für China. Nach China wurden allein im Jahr 2016 recycelte Kunststoffe im Wert von rund 167 Millionen Euro exportiert, ein Volumen, das allerdings nach dem fast vollständig ausgesprochenen Importstopp im Jahr 2017 künftig wesentlich geringer ausfallen dürfte.



Bild 36, Quelle: Lobbe

Die Struktur der Zielmärkte für das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ ist dagegen vielschichtiger. Hier entfallen nur 55 % auf die Top-10-Länder. Die Haupthandelspartner Deutschlands im Bereich der Sekundärrohstoffe – Belgien und die Niederlande – spielen für den Export von Produkten, Anlagen und Maschinen nur eine untergeordnete Rolle. Die wichtigsten Abnehmer sind hier die Vereinigten Staaten mit 492 Millionen Euro, gefolgt von China mit 412 Millionen Euro und Frankreich mit 265 Millionen Euro Exportvolumen. Alle drei Länder importieren insbesondere Produkte aus dem Bereich Instrumente zur Abfallbehandlung/-analyse. In dieser Produktgruppe machen diese drei Länder knapp ein Drittel der deutschen Gesamtexporte aus.

Top-10-Exporte von Abfällen und Produkten aus Deutschland 2016 (in Mio. Euro)

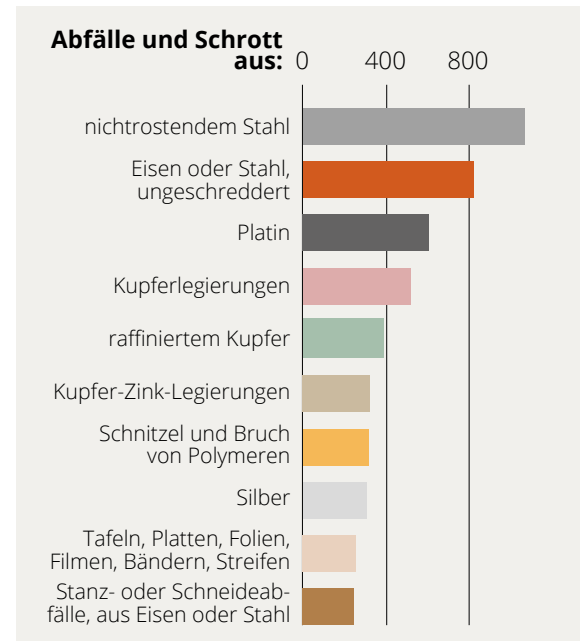


Abb. 54, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Obwohl die Gesamtexportleistung der Kreislaufwirtschaft vor dem Hintergrund der Rohstoffpreisentwicklung abnahm, konnte der Export in eine Reihe von Ländern im Zeitraum von 2010 bis 2016 gesteigert werden. Dies gilt vor allem für Polen (+215 Millionen Euro) mit 11,4 % p.a., gefolgt von dem Vereinigten Königreich (+163 Millionen Euro) mit 6,6 % p.a. und den Vereinigten Staaten (+173 Millionen Euro) mit 4,0 % p.a. Tendenziell findet ein starkes Nachfragewachstum in den osteuropäischen Ländern und in verschiedenen Entwicklungsländern statt.

Während sich die positive Exportentwicklung nach Polen und in das Vereinigte Königreich auf beide Marktsegmente gleichermaßen erstreckt, konzentriert sich das Nachfragewachstum der Vereinigten Staaten vor allem auf das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ (+12,2 % p.a.), hier insbesondere auf den Teilbereich Anlagentechnik. Gefragt sind dort vor allem Maschinenbauerzeugnisse zum Klassieren, Trennen und Sortieren von Abfall (+86 Millionen Euro), zur Bearbeitung von Altpapier (+52 Millionen Euro) und Instrumente zur Abfallbehandlung/-analyse (46 Millionen Euro).

Auf der anderen Seite mussten deutsche Exporteure in Belgien (-414 Millionen Euro), den Niederlanden (-363 Millionen Euro) und China (-196 Millionen Euro) starke Rückgänge verzeichnen, die im Wesentlichen aus dem Handel mit Sekundärrohstoffen resultieren.

Top-10-Zielländer für den Export von Produkten und Sekundärrohstoffen 2016

(nach Gesamtexport in Mio. Euro)

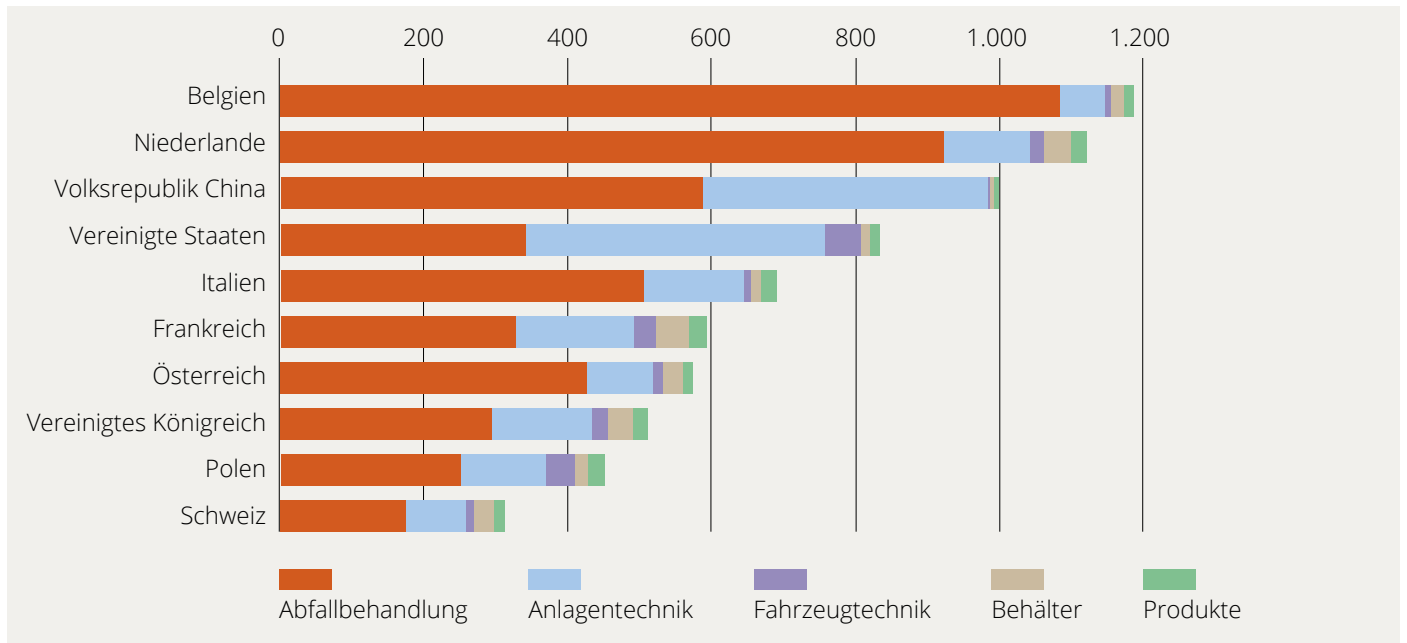


Abb. 55, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Exporte von Abfällen und Produkten aus Deutschland 2016 (in Mrd. Euro)

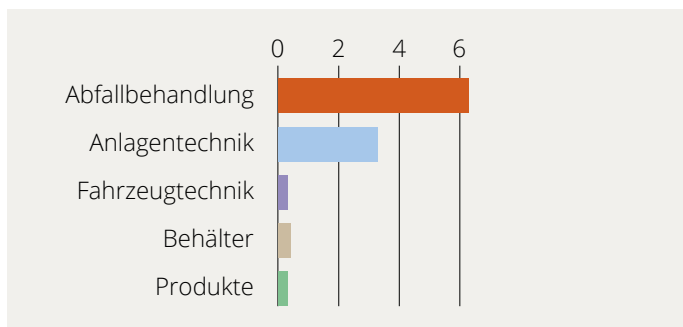


Abb. 56, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Vergleich der Exporte und Importe für die Top-10-Zielländer 2016 (in Mio. Euro)

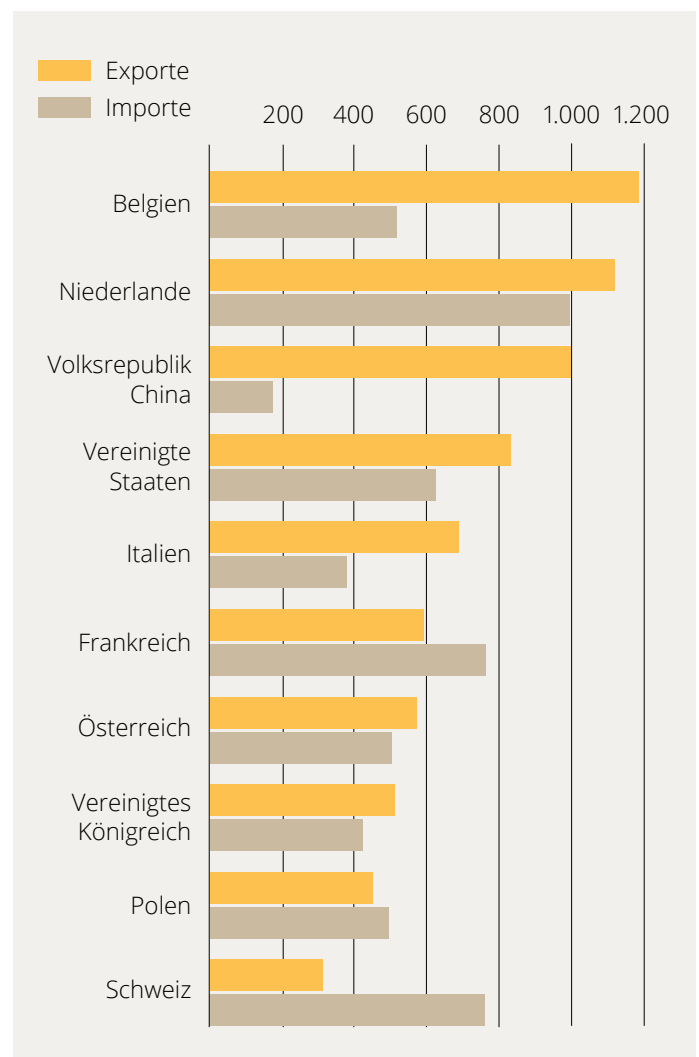


Abb. 58, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Vergleich der Exporte und Importe für die Top-5-Abfall- und -Schrottgruppen 2016 (in Mio. Euro)

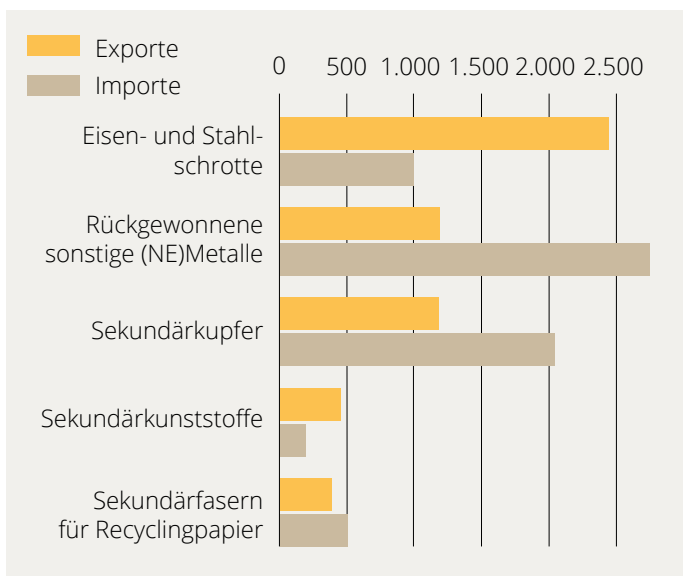


Abb. 57, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Das spezielle Auf und Ab der Regionen.

Die Kreislaufwirtschaft gehört mit ihren zahlreichen Standorten und unterschiedlichen Spezialisierungen zu den bedeutenden Arbeitgebern in allen Bundesländern. Schon die Zahlen der Erwerbstätigen zeigen, welche Bedeutung die Branche in einzelnen Regionen hat. Sowohl die Wachstumsraten als auch die Rückgänge machen deutlich, wie eng die Entwicklung verschiedener Marktsegmente an die wirtschaftliche Gesamtentwicklung eines Bundeslandes gekoppelt ist.

Kreislaufwirtschaft in den Bundesländern mit unterschiedlicher Bedeutung

Mit Blick auf die einzelnen Bundesländer weist die Bedeutung der Kreislaufwirtschaft regionale Unterschiede auf. Der „Lokalisationsquotient“ als Maß der Spezialisierung einer Branche zeigt vor dem Hintergrund der Erwerbstätigen, wie ausgeprägt die Kreislaufwirtschaft in einem Bundesland im Vergleich zur gesamten Wirtschaftskraft ist. Über diesen Quotienten werden in einzelnen Bundesländern auch vorhandene Spezialisierungen deutlich.

NRW ist mit knapp 70.000 Erwerbstätigen der größte Standort der Kreislaufwirtschaft in Deutschland. Auch im Vergleich zur dortigen Gesamtwirtschaft ist die Kreislaufwirtschaft im größten Bundesland überdurchschnittlich stark ausgeprägt (Spezialisierungsgrad von 1,2). Nordrhein-Westfalens Stärken liegen insbesondere im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“. NRW beheimatet eine hohe Anzahl überregional tätiger Entsorgungsunternehmen, unter anderem auch den Marktführer in Deutschland, und eine Vielzahl von großen kommunalen Unternehmen.

Dahinter folgen mit etwas Abstand Bayern (42.000 Erwerbstätige) und Baden-Württemberg (37.000 Erwerbstätige). Im Vergleich zu ihrer starken Wirtschaftskraft ist die Kreislaufwirtschaft der beiden südlichen Bundesländer mit einem Spezialisierungsgrad von 0,8 bzw. 0,9 leicht unterdurchschnittlich ausgeprägt. Akzente können die Unternehmen hier insbesondere im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ setzen, in dem sie eine starke Ausprägung und zuletzt auch deutliche Umsatzgewinne vorweisen können. Baden-Württemberg weist in diesem Marktsegment auch den höchsten Spezialisierungsgrad auf.

Während Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg in der Kreislaufwirtschaft moderate Wachstumsraten aufweisen, konnte Bayern im Zeitraum zwischen 2010 und 2016 mit durchschnittlich 1,4 % p. a. deutlich zulegen.

Eine besonders hohe Bedeutung nimmt die Kreislaufwirtschaft in Sachsen-Anhalt ein. Im Vergleich zur Gesamtwirtschaft sind dort mit einem Spezialisierungsgrad von 1,5 überproportional viele Erwerbstätige in der Kreislaufwirtschaft beschäftigt. Dies ist insbesondere auf die dort sehr stark ausgeprägten Marktsegmente „Abfallsammlung und Transport“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“ zurückzuführen. Darüber hinaus ist die Kreislaufwirtschaft auch in Brandenburg und in der Hansestadt Bremen stark vertreten. Brandenburg verzeichnet jedoch den höchsten Rückgang der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft. Seit 2010 sinkt die Zahl um durchschnittlich 1,8 % jährlich.

Die höchsten Wachstumsraten verzeichnen Hamburg, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz. In der Hansestadt wächst die Kreislaufwirtschaft seit 2010 um durchschnittlich 2,7 % p. a. Entgegen dem allgemeinen Trend konnte sie insbesondere im Bereich der stofflichen und energetischen Verwertung deutlich zulegen. Mit Blick auf die absoluten Zuwächse der Erwerbstätigenzahl sticht insbesondere Niedersachsen hervor. Das Bundesland ist vor allem in der klassischen Entsorgung – Marktsegmente „Abfallsammlung und Transport“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“ überdurchschnittlich stark. Rheinland-Pfalz weist ebenfalls hohe Zuwachsraten und einen hohen Spezialisierungsgrad im Teilbereich der Fahrzeugtechnik auf.

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

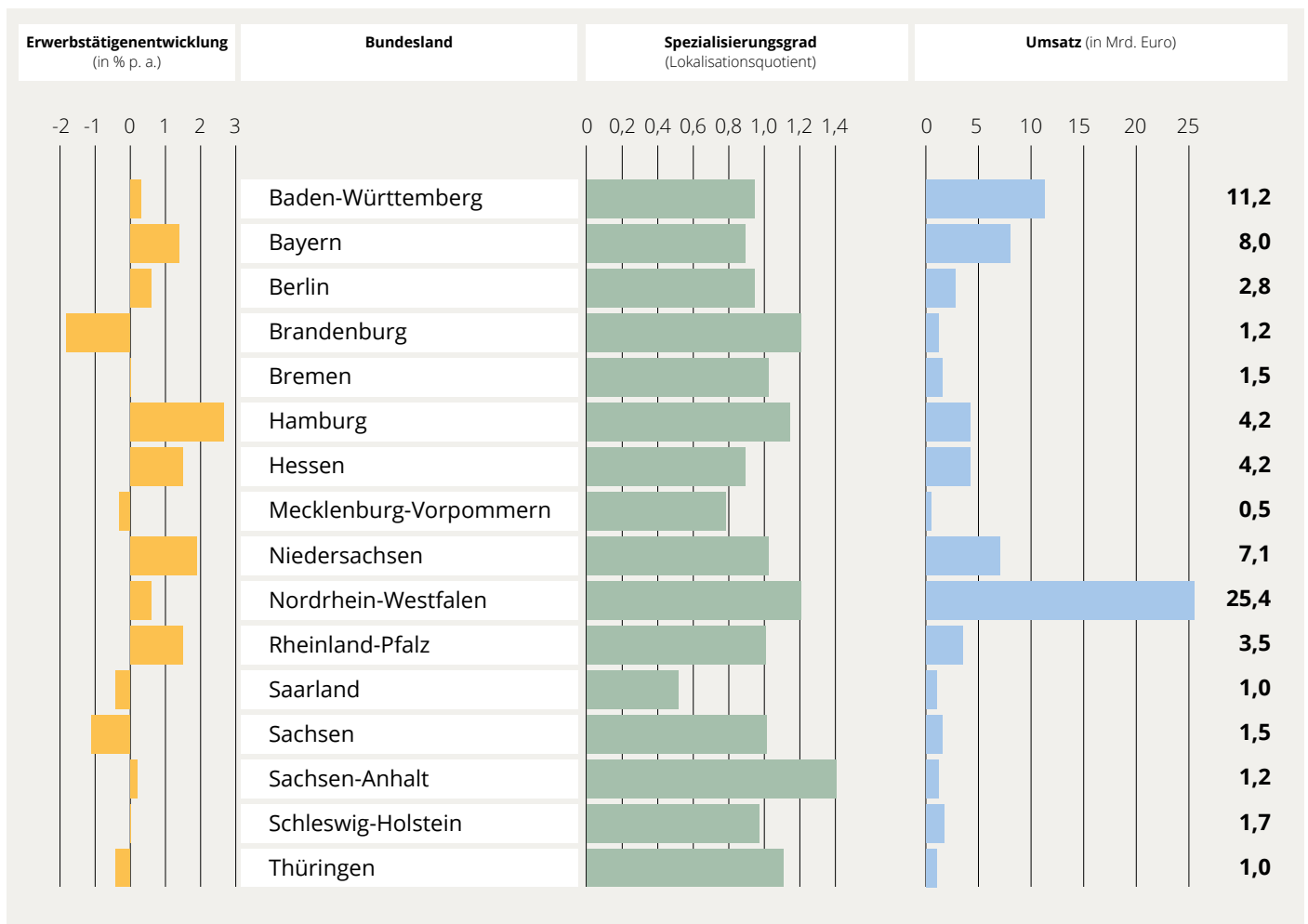


Abb. 59, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Spezialisierungsgrad in der Kreislaufwirtschaft nach Bundesländern

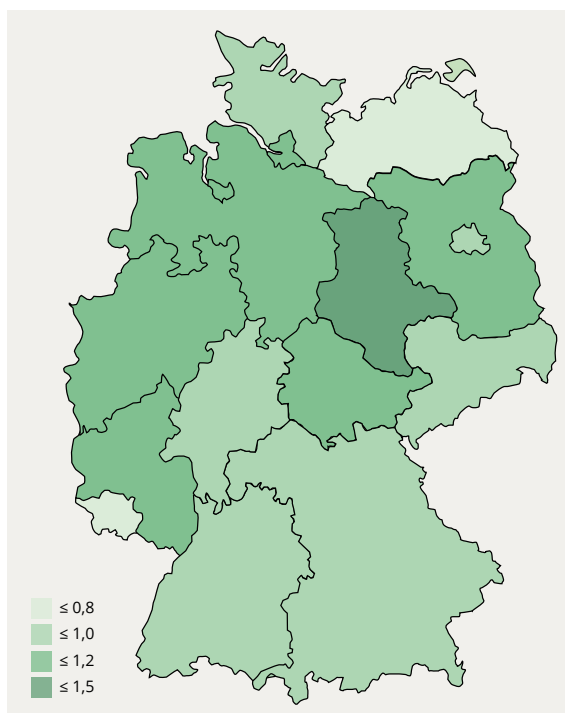


Abb. 60, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Verteilung der Umsätze der Marktsegmente nach Bundesländern



Abb. 61, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Gut zu wissen:

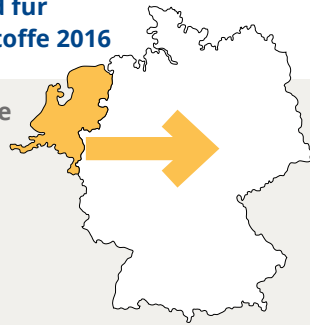
Technik für die Kreislaufwirtschaft

4,2

Milliarden Euro Exportvolumen

Top-10-Import-Herkunftsland für Produkte und Sekundärrohstoffe 2016

Niederlande



996

Millionen Euro

Top-10-Export-Zielland für Produkte und Sekundärrohstoffe 2016

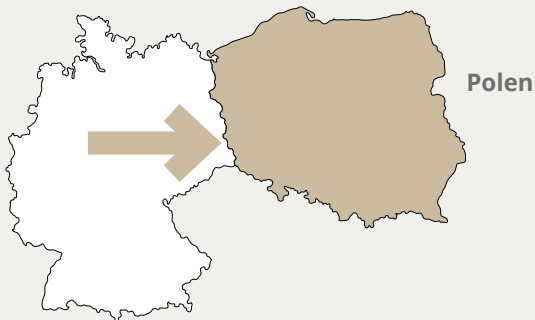
Belgien



1.186

Millionen Euro

Entwicklung als Export-Zielland für Produkte und Sekundärrohstoffe 2010-2016



Polen

+92 %

Entwicklung als Import-Herkunftsland für Produkte und Sekundärrohstoffe 2010-2016



Belgien

+61 %

Gesamtumsatz der Kreislaufwirtschaft 2016 (in Euro)

76 Mrd.

Umsatz

10.800 Unternehmen

Exportwertentwicklung von Eisen- und Stahlschrott 2010–2016



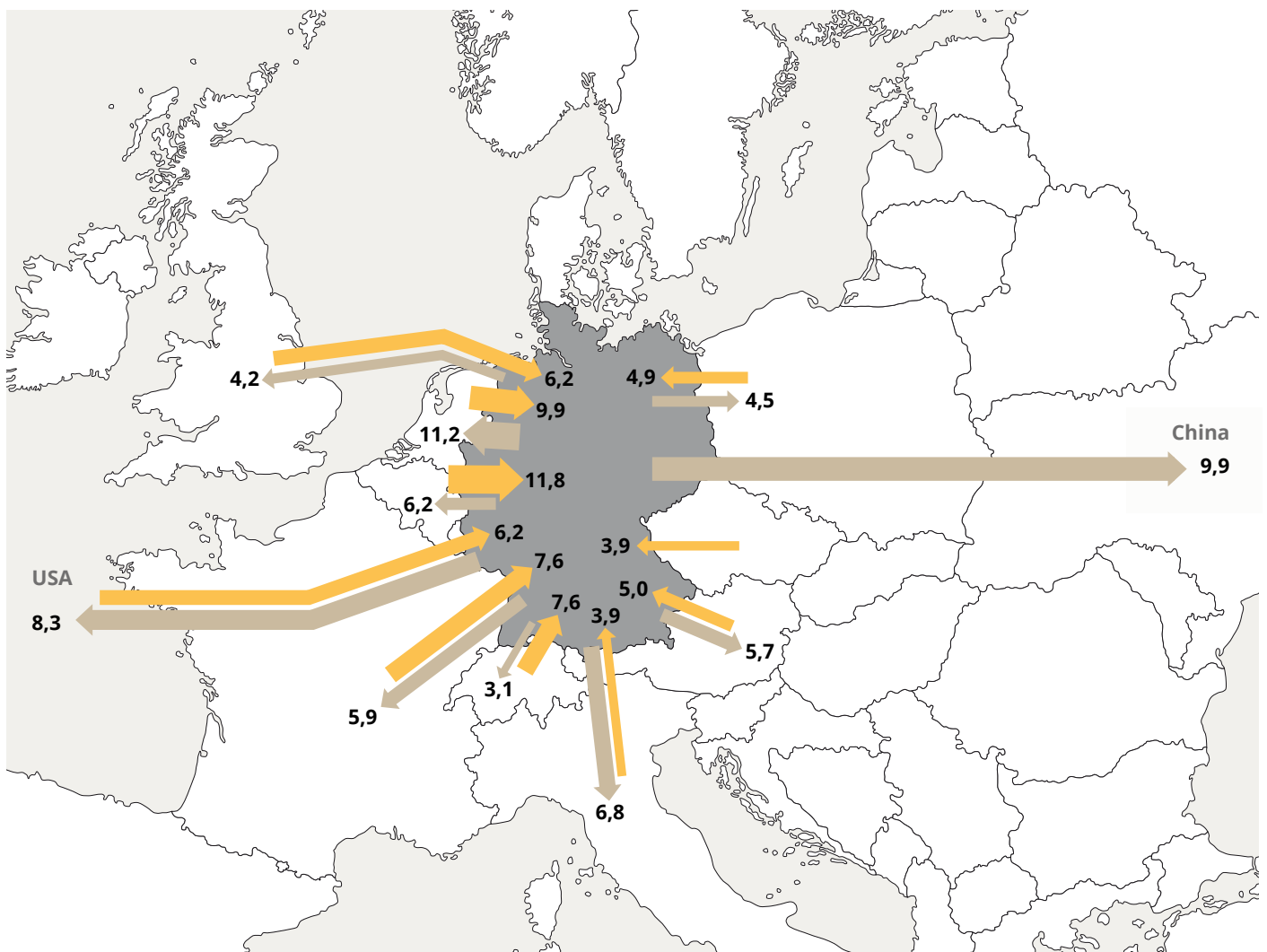
Exportwertentwicklung von Sekundäraluminium 2010–2016



Exportwertentwicklung von Holzabfällen 2010–2016



Im- und Exportströme von Produkten und Sekundärrohstoffen der Top-10-Länder 2016



3



Kreislaufwirtschaft 4.0

INNOVATIONEN Die Technologieführerschaft ist die Basis für die Qualität der Entsorgungsanlagen und die nationale Exportstärke. Deutschland belegt weltweit den vierten Platz bei Patenten in der Kreislaufwirtschaft, sieht sich jedoch einer zunehmenden Konkurrenz aus China, den Vereinigten Staaten und Japan ausgerechnet in den Technologiebereichen gegenüber, die heute große Exportvolumina aufweisen. Die Häufigkeit der Einführung von Innovationen in den Unternehmen der Kreislaufwirtschaft ist im Vergleich zu anderen Branchen naturgemäß geringer, wird sich aber durch die steigenden Anforderungen an die Kreislaufführung von Wertstoffen absehbar verbessern.

TECHNIK Die komplexer werdende Zusammensetzung moderner Produkte erhöht den technologischen Aufwand für das Recycling. Innovationen finden auf allen Stufen der Wertschöpfung statt: kommunizierende Unterflurbehälter in der Erfassung, emissionsarme bzw. -freie Antriebsarten in der Logistik, Infrarotgeräte zur Trennung verschiedener Kunststoffarten, bei der Rauchgasreinigung von Thermischen Abfallbehandlungsanlagen und nicht zuletzt auch beim Arbeitsschutz. Die Notwendigkeit, unsere natürlichen Ressourcen und das Klima durch die Kreislaufführung von Materialien zu schonen und Rohstoffimporte zu reduzieren, ist neben den steigenden gesetzlichen Anforderungen die Triebkraft für Entwicklung und Einsatz neuer Technologien. Gemeinsame F&E-Anstrengungen und Initiativen zwischen Bund, Ländern und Kreislaufwirtschaft sind wichtig, um die Kreislaufführung zu verbessern und den technischen Vorsprung zu halten.

MENSCHEN Die Kreislaufwirtschaft ist vielseitiger Arbeitgeber. Durch den hohen Anteil körperlich schwerer Tätigkeiten bei „Sammlung und Transport“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“ ist die Kreislaufwirtschaft derzeit noch „männerdominiert“. Sie sichert Beschäftigung für Mitarbeiter ohne Berufsqualifikation, für die andere Branchen kaum noch Chancen bieten. Durch die zunehmende Technologisierung und Digitalisierung steigen die Anforderungen an die Qualifikationen jedoch zunehmend, während sich – nicht zuletzt durch den Fachkräftemangel –, der Anteil von Frauen erhöht, ebenso wie das Angebot an Teilzeitstellen. Insgesamt finden die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Kreislaufwirtschaft sichere, vielseitige und gut bezahlte Tätigkeiten mit umfangreichen Möglichkeiten zur Weiterbildung durch die Unternehmen und die abfallwirtschaftlichen Verbände. Bedeutend ist auch die Integrationsleistung der Kreislaufwirtschaft: Der Anteil von Ausländern an den Erwerbstätigen steigt seit vielen Jahren durchschnittlich um 5 % pro Jahr.

Globaler Wettlauf mit neuen Patenten.

Betrachtet man die technische Entwicklung der Kreislaufwirtschaft anhand ihrer weltweit registrierten Patente, dann fällt sofort auf, dass China überproportional zulegt und Deutschland dagegen merklich zurückfällt. Hintergrund ist das gesteigerte Bewusstsein für die Effizienz der Kreislaufwirtschaft in China. Somit befinden sich die deutschen Unternehmen der gesamten Branche in einer Konkurrenzsituation, die zu zahlreichen technischen Innovationen führen wird.

3.1.1 Patente als Indikator für die Innovationsfähigkeit

Die Kreislaufwirtschaft von morgen wird heute gedacht und geplant. Im internationalen Vergleich haben deutsche Innovationen vor dem Hintergrund der frühzeitigen Gesetzgebung im Bereich der Kreislaufwirtschaft eine lange Tradition. Auch wenn Patente durch Verflechtungen und die gegenseitigen Abhängigkeiten von technischen Entwicklungen miteinander verbunden sind (und damit nicht der „klassischen“ Wirtschaftszweigklassifikation folgen), ist es möglich, die Patententwicklungen methodisch und fachlich den Marktsegmenten der Kreislaufwirtschaft zuzuordnen.¹ Eine detaillierte Patentanalyse² in den zwei Marktsegmenten „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ und „Abfallbehandlung und -verwertung“ zeigt Deutschland auf Platz 3 bzw. 4 der patent-

stärksten Länder der Welt. Die deutsche Patentstärke ist auch vor dem Hintergrund der deutlich größeren Märkte in den Vereinigten Staaten von Amerika und in China zu bewerten. Über 90% aller deutschen Patente im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ können direkt dem Technologiebereich Anlagentechnik zugeordnet werden.

Die Wachstumsstärke und die technologische Aufholjagd von China sind unter anderem zwei der Ursachen für die schrumpfenden Anteile Deutschlands an den weltweiten Patenten in der Kreislaufwirtschaft. Der deutsche Anteil an den weltweiten Patentzahlen ging im Zeitraum zwischen 2010 und 2014 im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ von 12% auf 10% (-4,6% p. a.) zurück, während China im gleichen Zeitraum eine Wachstumsrate von 13,1% p. a. aufwies. Die Anteile im Marktsegment „Abfallbe-

Anteile an den 2014 weltweit erteilten Patenten im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“

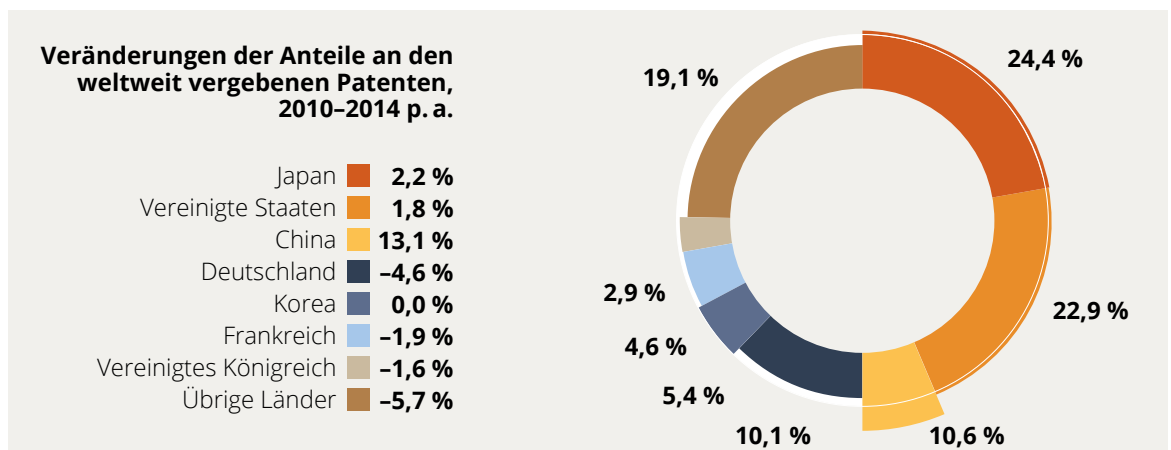


Abb. 62, Quelle: http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/17/mip_2017.pdf

→ (1) Die Marktsegmente „Abfallsammlung und -transport“ sowie „Großhandel mit Altmaterialien“ fallen unter Dienstleistungen und wurden hier nicht mitefassen, auch weil in diesen Segmenten kaum patentiert wird.

→ (2) In vielen Projekten mit Bezug zur Umwelttechnologie wird die EPO Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT) des Europäischen Patentamtes als Datengrundlage genutzt. In der Datenbank sind über 75 Mio. Patente von über 80 Patentämtern und damit aller ökonomisch bedeutenden Staaten der Erde enthalten. Der methodische Ansatz der Patentanalyse basiert auf dem „Umweltwirtschaftsbericht Nordrhein-Westfalen 2017“ der Prognos AG im Auftrag des MULNV NRW.

handlung und -verwertung“ fielen von 11 % auf 9 % (- 3,8 % p. a., China +7,9 % p. a.). Gleichzeitig konnten Japan und die Vereinigten Staaten ihre Anteile ebenfalls leicht ausbauen. Mit den zunehmenden Umweltproblemen und dem gestiegenen Bewusstsein für die Kreislaufwirtschaft in China wird Deutschland auch weiterhin einer zunehmenden Konkurrenzsituation ausgesetzt sein.

Trotz einer Zunahme der internationalen Konkurrenz im Markt der Kreislaufwirtschaft zählt Deutschland nach wie vor zu den wichtigsten Innovationsstätten. Weltweit konzentrieren sich die Patentanmeldungen auf nur wenige Innovationszentren: Rund 81 % der Patente im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ und rund 76 % der Patente im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ gehen auf insgesamt nur sieben Länder zurück. Gleichwohl sollte die internationale Patententwicklung weiter beobachtet werden, da der Export von Maschinen, Anlagen und Produkten sowie der daraus resultierenden Sekundärrohstoffe ein wichtiger Bestandteil der wirtschaftlichen Bedeutung der Kreislaufwirtschaft in Deutschland ist.³

Zu den Patentaktivitäten im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ gehören technische Entwicklungen, unter anderem im Bereich der Sortier- sowie Trenntechnologien und Sammelbehälter. Während Deutschland bereits zahlreiche Patente in diesen Bereichen vorweisen kann, zeigt der Konkurrent China hier aktuell eine deutliche Dynamik. Beispielhaft dafür sind identifizierte Patente für Sortieranlagen für nicht vorsortierte Haushaltsabfälle, für Trennverfahren für Kunststoffe, die auf Bilderkennungssystemen basieren, oder für Unterflurbehältersysteme. Auch im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ ist China aktiv: Aktuelle Patente beziehen sich beispielsweise auf die Phosphorrückgewinnung und -entfernung aus Klärschlämmen oder Anlagen zum Recycling von Lithium-Batterien.


(3) Siehe hierzu auch  Kapitel 2.3.2 „Exporte“.



Bild 38, Quelle: AWM



Bild 39, Quelle: SASE

Anteile an den 2014 weltweit erteilten Patenten im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

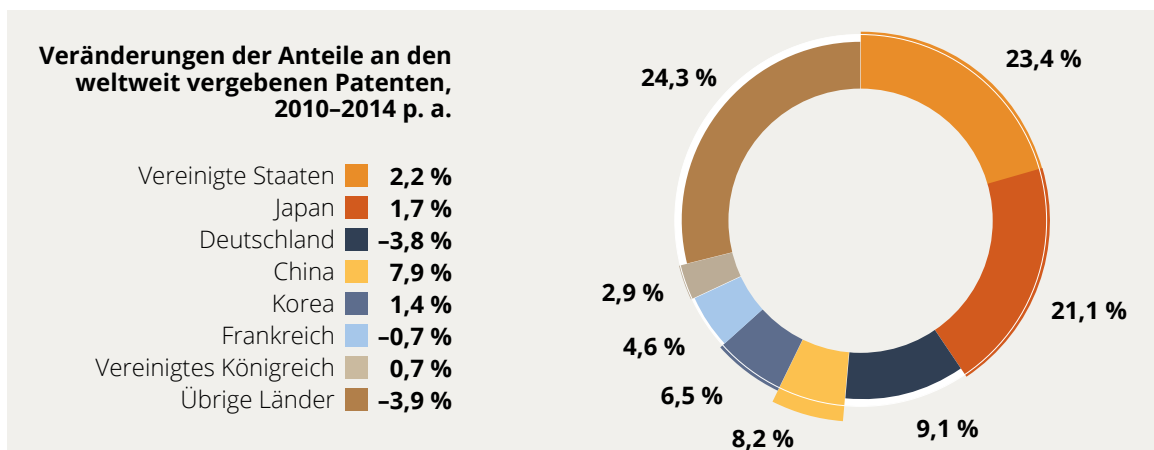


Abb. 63, Quelle: http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/17/mip_2017.pdf

Innovationsthemen der Kreislaufwirtschaft nach ihrer Bedeutung im World Wide Web



Abb. 64, Quelle: Prognos AG

3.1.2 Das World Wide Web als Quelle für Innovationsschwerpunkte

Die Innovationsfähigkeit und das Innovationsgeschehen der Kreislaufwirtschaft lassen sich sehr anschaulich auf der Basis von Big-Data-Analysen⁴ beschreiben. Dieser Ansatz ermöglicht einen strukturierten Überblick über die innovativen Produkte und Verfahren, die Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf ihren Websites präsentieren. Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse einer Big-Data-Analyse zu Innovationen in der Kreislaufwirtschaft wurden im Rahmen des Umweltwirtschaftsberichts Nordrhein-Westfalen⁵ erarbeitet. Als größtes Bundesland mit knapp einem Viertel der Erwerbstätigen der Kreislaufwirtschaft wird das Innovationsgeschehen in Nordrhein-Westfalen als weitgehend stellvertretend für die deutschlandweiten Innovationstendenzen angesehen.

Aus einer umfassenden Datenbank mit mehreren Tausend Einträgen wurden die 150 wichtigsten Unternehmen und Forschungseinrichtungen für die Kreislaufwirtschaft analysiert. Mit dieser Fokussierung können konkrete Einblicke in die Innovationsschwerpunkte der Unternehmen gewonnen werden. Die Prozentangaben in der Grafik stellen die relative Trefferhäufigkeit der identifizierten Innovationsthemen je Marktsegment dar. Begleitend bildet die Wordcloud die visuell gewichteten Innovations-

themen ab. Darüber hinausgehend gibt es noch weitere Innovationsthemen, die Überschneidungen zu anderen Märkten der Umweltwirtschaft aufweisen, zum Beispiel innovative E-Mobilität bei der Abfallsammlung und dem Abfalltransport, die Behandlung von Abwässern oder die Digitalisierung, die nahezu alle Märkte beeinflusst.

Auffallend sind die vergleichsweise hohen Trefferquoten für das Segment „Abfallbehandlung und -verwertung“ mit 53 %. Dies ist ein deutliches Anzeichen dafür, dass im Bereich der stofflichen und energetischen Abfallverwertung weiterhin über Lösungen für bestehende und für neue Stoffströme intensiv nachgedacht wird. Aktuelle Forschungsschwerpunkte sind zum Beispiel die Verwertung von Lebensmitteln, das Recycling von Batterien, Verbundstoffen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien und Leichtbaustoffen sowie die Rückgewinnung von Seltenen Erden aus Elektrogeräten und die Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen.

→ (4) Über 80 % aller Informationen liegen in unstrukturierten Daten vor. Dies sind Informationen, die erst aus Texten, natürlicher Sprache, Bildern oder Videos gewonnen werden müssen. Insbesondere neue Informationen sind oft unstrukturiert. Innerhalb des „Prognos-Web-Intelligence-Tools“ wird die Fachexpertise zur Kreislaufwirtschaft in Algorithmen übersetzt und anschließend das World Wide Web speziell nach Websites mit innovativen Produkten und Dienstleistungen durchsucht. Der methodische Ansatz des „Prognos-Web-Intelligence Tools“ wurde erstmalig bei der Erarbeitung des Umweltwirtschaftsberichts Nordrhein-Westfalen 2017 im Auftrag des MULNV NRW zur Anwendung gebracht.

→ (5) Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW: Umweltwirtschaftsbericht 2017. Düsseldorf, 2017



Bild 40, Quelle: AMK

Analysen im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ zeigen ebenfalls weitere Forschungsfelder auf, vor allem im Bereich der Sortier- und Trenntechnik. Während Infrarot-Technologien bereits als Konvention verstanden werden können, werden neue Ansätze wie laserinduzierte Spektroskopie oder Spectral-Imaging-Technologien zur Sortierung – von zum Beispiel schwarzen Kunststoffen – ständig weiterentwickelt. Auch im Marktsegment „Abfallsammlung und -transport“ zeigen sich Weiterentwicklungen von bereits bekannten Innovationen. Hervorzuheben sind beispielsweise die Entwicklungen an stationären Unterflursystemen in Richtung Vakuumtechnik.⁶

Ergebnisse der Big-Data-Analyse: Innovationsschwerpunkte der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten

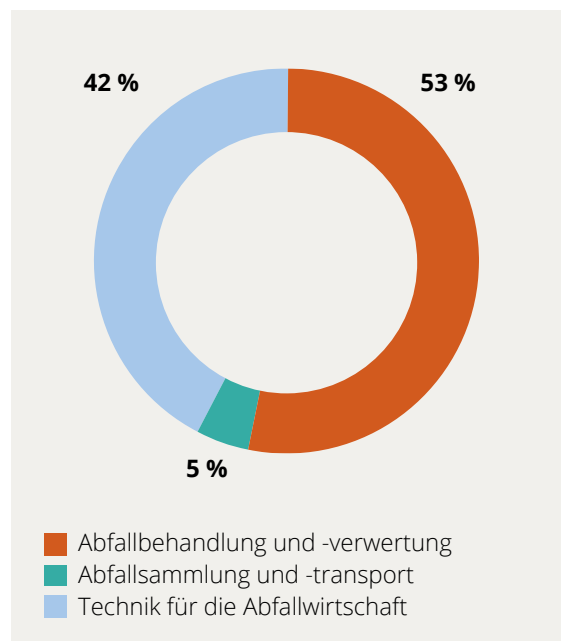


Abb. 65, Quelle: Prognos AG

(6) Siehe hierzu Umweltwirtschaftsbericht NRW, ebenda, S. 34 ff.



Bild 41, Quelle: Breer

3.1.3 Aktivitäten der Branche im Bereich Forschung und Entwicklung

Ein Technologievorsprung verschafft und sichert der Wirtschaft Wettbewerbsvorteile. Zusätzlich können Gewinne aus Optimierungspotenzialen und dem Vertrieb von innovativen Technologien erzielt werden. Auf der anderen Seite können Abhängigkeiten von fluktuierenden Angebotspreisen knapper Primärrohstoffe durch das Recycling verringert werden.

Nicht nur Unternehmen investieren aus eigenen Mitteln in Forschung und Entwicklung (F&E), auch Bundes- und Landesregierungen unterstützen auf vielfältige Weise Unternehmen und Forschungseinrichtungen, um Innovationen anzustoßen und marktreif zu machen. Häufig leiden gute Ideen an Umsetzungshindernissen und zusätzlichen Marktrisiken, beispielsweise fehlender Praxiserfahrung mit neuen Prozessen und Technologien. Öffentliche Fördermittel können hier häufig helfen, die Risikolücke zu schließen.

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft⁷ investieren mit 0,24 Milliarden Euro vergleichsweise wenig in den Bereich F&E. Insgesamt haben im Jahr 2016 rund 21 % der Unternehmen in dieser Branche Produkt- oder Prozessinnovationen aufzuweisen, was über die sogenannte „Innovatorenquote“⁸ abgebildet wird. Im Vergleich der Innovatorenquoten nach 21 Branchengruppen belegt die Kreislaufwirtschaft in Verbindung mit der Wasserwirtschaft den vorletzten Platz. Ein anderes Bild ergibt sich jedoch bei den Branchengruppen, die Vorleistungen für die Kreislaufwirtschaft erbringen: Im Bereich der „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ liegt die Innovatorenquote beispielsweise bei 73 %. Diese Branchengruppe liefert wichtige Impulse und Entwicklungen für Instrumente

zur Abfallbehandlung und -analyse im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“. Gleichermäßen liefert der Maschinenbau innovative Technologien zum Klassieren, Trennen und Sortieren von Abfällen.

Die Bedeutung von öffentlichen Fördermitteln ist für die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft mit nur 26 % gegenüber 36 % für alle Unternehmen mit öffentlicher F&E- oder Innovationsförderung gering. Gleichwohl haben sich die Ausgaben des Bundes an Unternehmen der Wasser- und Kreislaufwirtschaft im Zeitraum von 2010 bis 2015 um fast 71 % von rund 119 Millionen Euro auf rund 203 Millionen Euro gesteigert.⁹ Fördermittel erlauben beispielsweise, großtechnische Demonstrationsprojekte zu realisieren, die neue Absatzchancen eröffnen oder auch die Kosten stabil halten. Die Beispiele von geförderten Innovationsprojekten reichen von der vollautomatischen Aufbereitung von biogenen Abfällen über die Wiederverwertung von NE-Metallen in Stahlwerken bis hin zur Gewinnung von Phosphor aus Klärschlamm.¹⁰ Im Bereich der thermischen Abfallbehandlung finden sich aktuell Projekte zur stofflichen Nutzung von CO-Emissionen („Carbon Capture and Utilisation“ – CCU) oder zu innovativen Verfahren der Metallabscheidung aus den Verbrennungsschlacken.

→ (7) Die vollständige Bezeichnung ist Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung und Beseitigung von Umweltverschmutzung und sonstige Entsorgung.

→ (8) Innovatoren sind Unternehmen, die innerhalb eines zurückliegenden Dreijahreszeitraums zumindest eine Produkt- oder Prozessinnovation eingeführt haben. Dabei kommt es nicht darauf an, ob ein anderes Unternehmen diese Innovation(en) bereits eingeführt hat. In: BMBF/ZEW/infas/Fraunhofer ISI: Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft – Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2016, S. 8.

→ (9) Quelle: Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2017, Sonderauswertung, Ausgaben des Bundes an Gesellschaften und Unternehmen der Wirtschaft für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung nach der Wirtschaftsgliederung; Tabelle 1.1.9.

→ (10) Siehe <https://www.umweltinnovationsprogramm.de>



Innovatorenquote 2015 nach Branchengruppen (Unternehmensanteil in %)

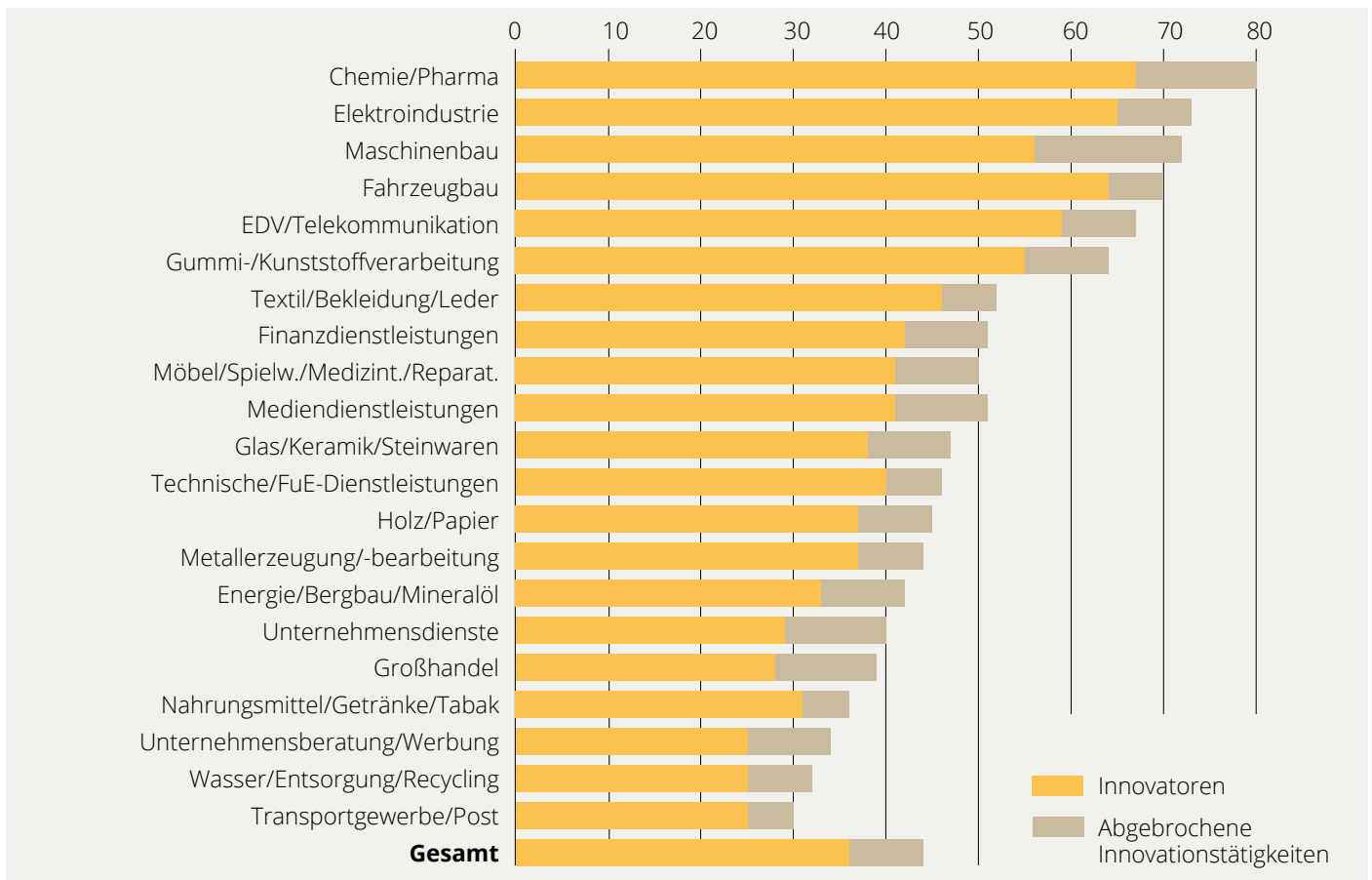


Abb. 66, Quelle: BMBF/ZEW/infas/Fraunhofer ISI: Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft 2016

Innovationsausgaben nach Bereichen 2016
(in Mrd. Euro)

Vergleich Innovatorenquote und Anteil der Unternehmen mit öffentlicher FuE-/Innovationsförderung (in %)

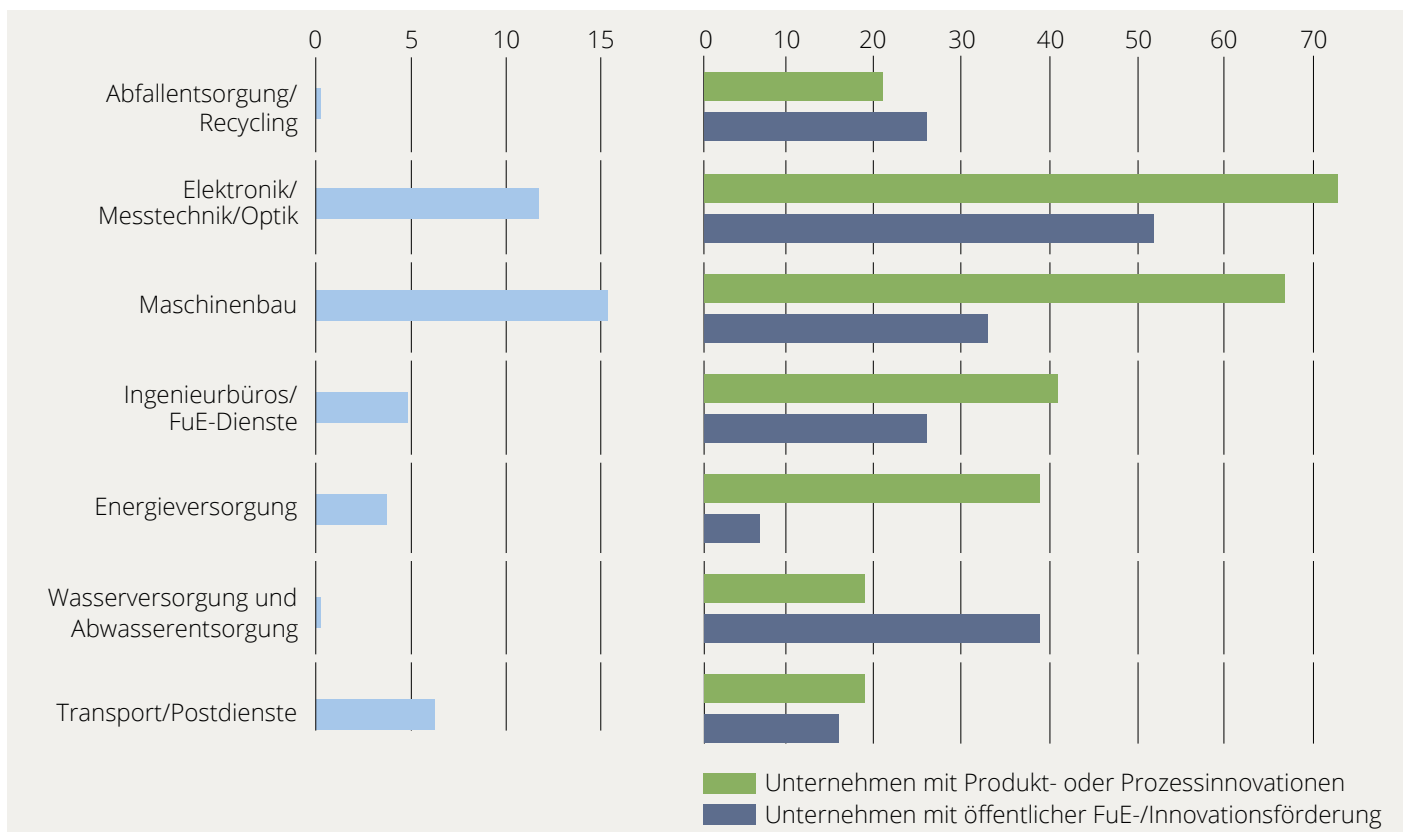
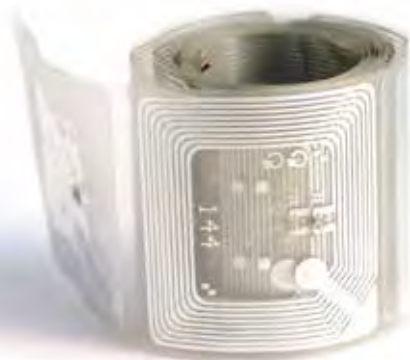


Abb. 67, Quelle: ZEW: Innovationen in der deutschen Wirtschaft 2018, Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2017

Die Umsetzung neuer Techniken für wachsende Anforderungen der Industrie.

Volatile Rohstoffpreise, steigende Nachfrage nach umweltgerechten Produkten und steigende Ansprüche an die Qualität von Recyclingrohstoffen führen in den meisten Segmenten der Kreislaufwirtschaft zur schnellen Umsetzung von innovativen technischen Ideen in die Praxis. Dazu gehören nicht nur neue Verfahren zur effizienteren Nutzung von Ressourcen, sondern zum Beispiel auch digitale Informationssysteme oder eine automatisierte Entsorgungslogistik.

Internet der Dinge



Die Kosten für Primärrohstoffe und die Kundenwünsche nach umweltgerechten Produkten sind unter anderem wesentliche Treiber für Veränderungen in den Produktionstechnologien. Da die Outputströme der Kreislaufwirtschaft, insbesondere aus der Sortierung und Aufbereitung, zu den Inputströmen für diese Produktionsprozesse werden, hat die Kreislaufwirtschaft diese Herausforderungen anzunehmen. Die Recyclingindustrie, die grundsätzlich am Ende des Lebenszyklus von Produkten agiert, muss insbesondere den qualitativen Ansprüchen an die aufbereiteten Sekundärrohstoffe gerecht werden, wobei die Stör- und Schadstoffentfrachtung eine Grundvoraussetzung für die Qualität ist. Ziel muss es sein, dass die Kreislaufwirtschaft zu einem integralen Bestandteil der Wertschöpfungskette wird und neben den qualitativen Herausforderungen auch die Anforderungen der Digitalisierung meistert sowie die daraus resultierenden Chancen nutzt. Damit agiert die Kreislaufwirtschaft durch die Produktion von Stoffen für neue Produkte gleichermaßen als Ende und Anfang der Stoffkreisläufe.

Die Kreislaufwirtschaft führt durch innovative Lösungen zur effizienteren Nutzung von Ressourcen, zu einem geringeren Materialverbrauch und somit zur deutlichen Senkung von CO₂-Emissionen. Zusätzlich sichert der Einsatz innovativer Technologien die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft, insbesondere auch durch die Zurverfügungstellung notwendiger (Recycling-)Rohstoffe für die Industrie. Wie die Kreislaufwirtschaft diese Herausforderungen umsetzt, zeigen die folgenden Praxisbeispiele.

Der Begriff Internet der Dinge steht für ein neues Konzept der durchgängigen Vernetzung unterschiedlicher Wertschöpfungsschritte und soll ein erhöhtes Automatisierungsniveau ermöglichen. Die virtuelle Welt soll mit den Dingen der physischen Welt verknüpft werden. Dies geschieht über Sensor- und Aktortechnologie, bei der die Erfassung von Zuständen in einer ausgeführten Aktion münden kann. Basis des Ganzen ist ein eigenständiger Informationsaustausch. Die Anwendung erfolgt bereits vielfach in der Optimierung der Erfassungs- und Entsorgungslogistik, zum Beispiel durch die Füllstandsmessung und Schleusensysteme. Ein weiterer Schritt könnte die Kennzeichnung von Produkten sein, so dass spezifische Stoffgruppen zielgerichteter recycelt und qualitativ hochwertige Rezyklate erzeugt werden können. So könnten zum Beispiel auf den bereits zur Nachverfolgung von Fahrzeugbauteilen eingesetzten RFID-Chips Informationen für die spätere Demontage gespeichert werden.

3.2.1 Erfassung/Logistik

Im Bereich der Entsorgungslogistik sind bereits umfassende Innovationen umgesetzt, weitere stehen kurz vor der Einführung:

App-Einsatz für Entsorgung on demand

Die telefonische Benachrichtigung des Entsorgungsunternehmens zur Leerung oder zum Wechsel des Containers wird heute oft 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 Mail über den Leerungs- oder Wechseltermin informiert.



Bild 43, Quelle: BWaste

Assistenzsysteme für eine sichere Entsorgungslogistik

Zunehmend werden umfassende Assistenzsysteme genutzt, um die Sicherheit in der Entsorgungslogistik weiter zu erhöhen. Beispielsweise sind Rückfahrassistentensysteme im Einsatz, die Hindernisse erkennen und automatisch in die Bremse eingreifen, um bei Gefahr das Fahrzeug vor dem Hindernis zu stoppen. Je nach Einsatzbereich sind Kamera- oder Sensorsysteme im Einsatz, die sich auch im Automatisierungsgrad unterscheiden.

Neue Behältersysteme mit Füllstandsmessung und automatisierter Tourenplanung

Der Einsatz von Unterflurbehältern zur „Abfallsammlung im Untergrund“ gewinnt insbesondere in Großstädten sukzessive 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.

In ersten Gebieten werden bereits über Füllstandsmesser gesteuerte intelligente Systeme eingesetzt, die eine füllstandsgesteuerte automatische Tourenplanung ermöglichen.

Von innovativen Antriebssystemen bis hin zu autonom fahrenden Fahrzeugen und neuen Behältersystemen

Für den Fahrzeugeinsatz in der Kreislaufwirtschaft werden zunehmend emissionsarme und emissionsfreie Antriebssysteme eingesetzt. Dabei wird unter anderem auch aus Abfall erzeugte Energie genutzt: Zukunftsweisende Optionen sind die klimafreundliche Wasserstoffgewinnung aus der thermischen Abfallbehandlung, um demnächst wasserstoffbetriebene Busse anzutreiben (Beispiel Wuppertal), oder Biogas aus Vergärungsanlagen, um gasbetriebene Fahrzeuge zu betanken. In Berlin werden mit dem Biogas aus der im Jahr 2013 in Betrieb gegangenen Vergärungsanlage insgesamt 150 Abfallsammelfahrzeuge betankt. Das spart im Jahr 2,5 Millionen Liter Diesel und erspart den Bewohnern von Berlin die resultierenden Emissionen. Zudem sind schon seit längerem Hybridsysteme im Einsatz. Entwicklungen zur Koppelung von Batterie und Brennstoffzellen für den Fahrzeugantrieb sind bereits weit vorangeschritten.

Zudem sind Neuentwicklungen von autonomen Fahrzeugen und Vollservicerobotern in ersten Versuchen getestet worden. Inwieweit ein Markt besteht, bleibt abzuwarten.



Bild 44, Quelle: FAUN

Weitere Herausforderungen für die Entsorgungslogistik entstehen durch die Verdichtung der Städte sowie durch neue Verkehrskonzepte, in denen beispielsweise sogenannte Protected Bike Lanes, Verengungen der Straßen oder bauliche Hindernisse (Aufpöllerungen, Trennung von Rad-, Gehwegen und Straßen) neue Lösungen für die Sammlung von Abfällen und Wertstoffen erfordern. In ländlichen und städtischen Räumen werden durch demografische Entwicklungen angepasste und auch neue Formen von Serviceleistungen erforderlich.

Unterflurbehälter



In vielen Großstädten – wie hier am Beispiel der Stadt Duisburg – werden für die getrennte Erfassung von Abfällen und Wertstoffen zunehmend anstelle von herkömmlichen Abfallbehältern Unterflursysteme eingesetzt. Bei diesen innovativen Sammelsystemen sind großvolumige Behälter teilweise oder ganz in den Untergrund eingelassen, so dass nur die Einwurfsäulen oberirdisch sichtbar sind. Vorteile von Unterflursystemen sind unter anderem:

- ▶ nahezu barrierefreier Zugang,
- ▶ platzsparend,
- ▶ optische Aufwertung des Wohnumfeldes und
- ▶ reduzierte Lärmbelastung.

Durch elektronische Schließ- und Schleusensysteme werden Fremdbefüllungen verringert und die verbrauchsabhängige Abrechnung wird ermöglicht. In Kombination mit einer Füllstandsmessung mittels Ultraschallsensor kann eine bedarfsorientierte Leerung mit angepasster Tourenplanung umgesetzt werden.

Bild 45, Quelle: Breer

3.2.2 Sortierung/Aufbereitung

Umwelttechnologien und im Besonderen die Technologien der Kreislaufwirtschaft befinden sich auf einer hohen technologischen Entwicklungsstufe. Beispielsweise ermöglicht die Digitalisierung die weiter steigende Effizienz von Sortier- und Aufbereitungstechnologien. Die Kreislaufwirtschaft stellt sich zunehmend darauf ein, dass sich die Anforderungen und Spezifikationen von Abnehmern der Materialien weiter differenzieren und damit die Trenntiefe und Qualität dieser Materialien erhöht werden müssen. Die Materialvielfalt und neue Materialien auf Produktseite erfordern einen deutlich steigenden Sortier- und Aufbereitungsaufwand. Daraus leitet sich die Notwendigkeit einer noch engeren Verzahnung von Produktions- und Kreislaufwirtschaft ab.

Ambitionierte Abfallmanagementstrategien und qualitativ hochwertiges Recycling können nur mit technologischen Innovationen auf dem Gebiet der automatischen Materialsortiertechnik umgesetzt werden. Weitere wichtige Trends der Sortier- und Recyclingtechnik sind der Umgang mit Hybridtechnik (Kunststoff-Metall-Verbundtechnologie), faserverstärkten Kunststoffen und mit Nanomaterialien beschichteten Kunststoffen. Für die Sortierung und das anschließende Recycling dieser neuen Werkstoffe werden derzeit neue technische Ansätze entwickelt. Zudem müssen teilweise neue Absatzmärkte für die daraus entstehenden Sekundärmaterialien gefunden 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.



Bild 46, Quelle: REMONDIS

WAA Lobbe



Die Wertstoffaufbereitungsanlage (WAA) Iserlohn der Lobbe Holding ist eine der derzeit modernsten Anlagen in Europa. Eine vollautomatische Anlage, die für die Sortierung von Leichtverpackungen aus der Sammlung der dualen Systeme gebaut wurde. In der Prozesstechnik und technischen Ausrüstung repräsentiert sie umfänglich den neuesten Stand der Technik und setzt in einigen Bereichen neue und ambitionierte Standards. Die Anlage ist zukunftsicher konzipiert, so dass zu erwartende Veränderungen durch die Umstellung auf die Wertstofftonne und neue Verpackungsmaterialien in der Verfahrenstechnik bereits berücksichtigt sind und die Anlage schnell umgestellt werden kann.

Die WAA verfügt über eine ausgefeilte Kombination aus Mechanik und Hightech und sortiert vollautomatisch. In einem ersten Schritt erfolgt die Trennung des Materials nach Größe, Schwer- und Leichtgut oder Metallen. Anschließend wird zur Trennung der unterschiedlichen Kunststoffarten die Nah-Infrarot-Technik (NIR) eingesetzt, die die Kunststoffarten auf Basis ihrer jeweiligen spektralen

Eigenschaften trennt. Nach der Scannung wird das Material mithilfe von Luftdüsen zum Weitertransport auf eines der insgesamt über 100 Förderbänder befördert, die eine Gesamtlänge von über einem Kilometer haben. Die 15 NIR sind so angelegt, dass sie individuell programmierbar und einstellbar sind. Dies ermöglicht die Anpassung der Anlage an verschiedene leichtgängige Tonneninhalte, wodurch nicht nur die gelbe Tonne für LVP, sondern auch zukünftige Wertstofftonnen mit verpackungsfremden Kunststoffen, Metallen und Verbunden gezielt aufbereitet werden können.

Neu ist das in Zusammenarbeit mit dem DSD entwickelte und implementierte Qualitätssicherungssystem. Die WAA verfügt über eine Kapazität von rund 600 - 800 m³/h und verarbeitet auf diese Weise ein Wertstoffaufkommen von ca. 3-4 Millionen Einwohnern. Im Grundbetrieb produziert die Anlage elf verschiedene Wertstoffkonzentrate, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen.

Bild 47, Quelle: Lobbe/Breer

3.2.3 Stoffliche Verwertung

Die stoffliche Verwertung verschiedener, separierter Abfallfraktionen ist in der Kreislaufwirtschaft weit fortgeschritten. Qualitativ hochwertige Sekundärrohstoffe können in der Produktion direkt wiedereingesetzt werden.

Das Recycling von Metallen ist die sicherste und ökologisch beste Form der Rohstoffsicherung in Europa. Die Aufarbeitung der vorhandenen Schrotte ist effizient und energiesparend. Durch die „unendliche“ Recyclingmöglichkeit ohne nennenswerten Qualitätsverlust und unter Einsatz lediglich eines Bruchteils des für die Primärerzeugung benötigten Energiebedarfs verbessert sich die Energiebilanz dramatisch – Recycling liegt in der DNA der Metalle. Das Recycling von Glas weist im Hinblick auf die unendliche Recyclingfähigkeit und die positive Energiebilanz die gleichen Vorteile auf.

iCycle® – Schlüsselkomponente zum Recycling von Verbundmaterialien



Seit 2014 hat Fraunhofer UMSICHT die iCycle®-Technologie entwickelt, einen thermochemischen Prozess, um Metalle, Fasern und Energie aus Verbundmaterialien wie Elektroschrott, Altfahrzeugen oder faserverstärkten Kunststoffen zurückzugewinnen. Der Prozess ermöglicht es, in den Abfällen enthaltene Metalle und/oder Fasern oxidationsfrei freizulegen und gleichzeitig flüssige und gasförmige Energieträger zu gewinnen. Während sich die Energieträger sowohl zur Beheizung des Prozesses als auch zur Gewinnung von Strom und Wärme nutzen lassen, können die Metalle bzw. Fasern einem hochwertigen stofflichen Recycling zugeführt werden. Besonderes Augenmerk liegt auf Reststoffen aus der Aufbereitung von beispielsweise Elektroaltgeräten. So lassen sich aus den bei der Aufbereitung anfallenden Schredderrückständen gewinnbringend Metallkonzentrate produzieren, die beispielsweise an Kupferhütten verkauft werden können. Auf der diesjährigen IFAT wird das Team von Fraunhofer UMSICHT den ersten industriellen Demonstrator präsentieren, der rund 70 Kilogramm Schredderrückstände pro Stunde umsetzen kann.

Bild 48, Quelle: Fraunhofer UMSICHT



Bild 49, Quelle: Breer

Beim Recycling von Kunststoffen besteht die Zielsetzung in erster Linie darin, die erzeugten Rezyklate verstärkt auch in höherwertigen Produktbereichen einzusetzen. Als positives Beispiel kann hier die PET-Flasche des Unternehmens Frosch aus dem Hause Werner & Mertz genannt werden. Frosch war im Jahr 2010 die erste Marke der Branche, die für Kunststoffverpackungen recyceltes PET verwendete. 2012 gründete das Unternehmen deshalb die sogenannte „Recyclat-Initiative“¹¹ zur hochwertigen Verwertung vorhandener Kunststoffe. Die PET-Flaschen der Marke Frosch bestehen zu 80% aus PET-Rezyklat aus der bepfandeten Flaschensammlung. Aktuell können rund 20% der Verpackung aus PET hergestellt werden, das aus der LVP-Sammlung gewonnen wurde. Die Quote des PET-Rezyklats aus der LVP-Sammlung soll in den Produkten gesteigert werden. Dafür müssen die Kunststoffe sorten- und farbenrein sortiert werden. Dazu soll das Recyclingsystem umgestellt und ein optimiertes Sortierverfahren entwickelt werden, um mehr PET-Rezyklat herzustellen. Daran arbeitet Frosch gemeinsam mit der Duales System Deutschland (DSD) GmbH & Co. KG.

Weitergehende Entwicklungen bei anderen Werkstoffen, bei denen eine stoffliche Verwertung bislang noch wenig umgesetzt wird, sollen nachfolgende Beispiele aufzeigen.

(11) <http://www.wir-fuer-recyclat.de/de/mehr-erfahren/recyclat-initiative2.html>



(12) DBU-Fachinfo Ressourceneffizienz 04/2017.



Bild 50, Quelle: H&S Anlagentechnik

Recycling von PUR-Weichschaumstoffen¹²

Jährlich fallen deutschlandweit bis zu 30.000 Tonnen Abfälle bei der Produktion von Weichschaumstoffen zum Beispiel für die Herstellung von Matratzen und Polsterschäumen an, für die bislang kein erfolgreicher direkter Recyclingprozess existierte. Ein privater Hersteller von Weichschaumstoffen entwickelte einen innovativen Recyclingprozess, in dem ein Recycling-Polyol erzeugt wird, das sich direkt wieder für die PUR-Weichschaum-Herstellung verwenden lässt. Dessen Einsatz in produzierten Matratzen- und Möbel-PUR-Schäumen hat bis zu einem Recycling-Polyolgehalt von 25% keine Auswirkungen auf die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Produkte. Ein erneutes Recycling ist ebenfalls möglich. Das Verfahren befindet sich seit der Inbetriebnahme 2013 in der großtechnischen Anwendung.

Wärmerückgewinnung in MVA für die Fernwärme



Das Projekt „Wärmerückgewinnung“ betrifft die drei Verbrennungslinien des MHKW Leverkusen der AVEA. Die vorhandenen Niro-Atomizer zwischen Kessel und E-Filter sorgen dort durch Einspritzung von Wasser für eine Minderung der Abgastemperatur vor dem Elektrofilter (Solltemperatur 220 °C). Zum Ende der Reisezeit steigt die Abgastemperatur hinter dem Kessel an allen drei Linien auf über 300 °C an. Die Niro-Atomizer sollen durch drei Abgas-Wärmetauscher ersetzt werden, über die eine Wärmerückgewinnung realisiert werden kann. Die gewonnene Nutzwärme wird mithilfe eines Zwischenkreises in das am Standort vorhandene Fernwärmesystem eingespeist. Der zusätzliche in das Fernwärmenetz zu installierende Wärmetauscher soll eine Leistung von 3 MW übertragen. Diese Leistung wurde unter Berücksichtigung der Fahrweise der Verbrennungslinien als wirtschaftliches Optimum ermittelt. Mit diesem Wärmetauscher sollen zusätzlich bis zu 18.900 MWh/a in das Fernwärmenetz der Energieversorgung Leverkusen eingespeist werden. Mit dem aktuellen Substitutionsfaktor von 223 g CO₂eq/kWh bei Fernwärme ergibt sich eine Treibhausgaseinsparung von über 4.000 Tonnen pro Jahr.

Bild 51, Quelle: AVEA

Wasserstoff aus der MVA für den ÖPNV



Bild 53, Quelle: REMONDIS

In Wuppertal wird die Fernwärmeversorgung aus dem Kohlekraftwerk Elberfeld ab dem Jahr 2020 durch die Auskoppelung von Fernwärme aus dem Müllheizkraftwerk der AWG ersetzt. Damit wird der CO₂-Ausstoß um etwa 450.000 Tonnen pro Jahr reduziert. Das entspricht etwa zwei Dritteln der Emissionen des Wuppertaler Verkehrs. Die Stadtwerke Wuppertal wollen im Busverkehr Alternativen zum Dieselmotor nutzen. Dafür sollen ab 2018 emissionsarme Brennstoffzellenbusse eingesetzt werden, die mit Wasserstoff fahren. In dem gemeinsamen Projekt „H2W – Wasserstoff für Wuppertal“ arbeiten die Stadtwerke Wuppertal und die Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal daran, den öffentlichen Personennahverkehr in Wuppertal ökologisch zu verbessern. Die AWG wird im Müllheizkraftwerk mittels Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff gewinnen. Der dafür benötigte Strom stammt aus der Müllverbrennungsanlage. Durch die Produktion und Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff soll der Schadstoffausstoß in Wuppertal reduziert werden.

Bild 52, Quelle: AWG

➔ (13) Umweltinnovationsprogramm des BMUB.

Hochwertige Verwertung von Gipsfaserabfallstoffen¹³

Bei der Produktion von Gipsfaserplatten und weiteren Trockenbauprodukten fallen bei der Fa. Lindner am Produktionsstandort in Dettelbach jährlich bis ca. 22.000 Mg staubförmige Gipsfaserabfallstoffe an. Bislang konnten die Abfälle nicht recycelt, sondern mussten deponiert werden. Grundsätzlich sind die Abfälle zwar verarbeitbar, allerdings ist die Rückführung in die Produktion stark limitiert und bewirkt nachteilige Eigenschaften bei den Produkten. Um diese Nachteile zu vermeiden, ist ein besonderes Recyclingverfahren erforderlich. Bei einem energiearmen, modifizierten Suspensionsverfahren wird aus den Abfällen eine Suspension erzeugt, die mit weiteren Rohstoffen vermischt und zu Gipsfaserplatten verarbeitet werden kann. Durch die Installation und den Betrieb der neuen Anlage können alle am Standort anfallenden Abfälle, die bisher entsorgt werden mussten, verwertet werden. Das Recycling von Gipsfaserplatten wird immer wichtiger, da zunehmend weniger REA-Gips aus Großfeuerungsanlagen anfällt.

Hochwertige Verwertung von Elektroaltgeräten

Elektro- und Elektronikaltgeräte sind auf Grund ihres hohen Gehaltes an hochfunktionalen Elementen eine wichtige Quelle für Sekundärrohstoffe. Unterschiedliche Aspekte erschweren eine effiziente Nutzung der hier gebundenen Potenziale. Projekte wie beispielsweise die Entwicklung der iCycle®-Technologie versuchen, an dieser Stelle Lösungen anzubieten, da derzeit nur unzureichende Rückgewinnungsquoten über die gesamte Behandlungskette erzielt werden. Als besondere Herausforderungen werden hierbei unter anderem die vorhandene Schadstoffbelastung, der Aufbau und die Zusammensetzung sowie die Stoffvielfalt der Geräte genannt. In verschiedenen Fördermaßnahmen des Bundes wird in einer Reihe von Forschungsprojekten an neuen Ansätzen zur Rückgewinnung von Spurenmetallen und zur Verbesserung der Wertschöpfungskette gearbeitet.¹⁴

➔ (14) Rotter, V. S., Ueberschaar, M., Walter, G., Flamme, S.: Ressource E-Schrott – Herausforderungen und Grenzen des Elektroaltgeräte-recyclings. In: K. Wiemer, M. Kern, T. Raussen. (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung XII, 2017.



Bild 54, Quelle: REMONDIS

3.2.4 Energetische Verwertung

Auch die thermische Abfallbehandlung ist durch die Kombination aus effizienter Energienutzung und stofflicher Verwertung der Verbrennungsrückstände ein Grundpfeiler der deutschen und europäischen Entsorgungswirtschaft. Man unterscheidet zwischen den Mitverbrennungsanlagen (im Wesentlichen Zement- und Kohlekraftwerke) und den nach Abfallgruppen zu differenzierenden Anlagen (Müllverbrennungsanlagen, Ersatzbrennstoffkraftwerke, Sonderabfall-, Klärschlamm- und Altholzverbrennungsanlagen) mit unterschiedlichen technischen Konzeptionen (Rostfeuerung, Drehrohröfen und Wirbelschicht). Darüber hinaus gewährleistet die thermische Abfallbehandlung durch ihre Funktion als Schadstoffsenske die Kreislaufführung unbelasteter Rohstoffe.

Dabei steht eine möglichst intelligente Nutzung der Energie im Vordergrund. Dies trifft vor allem auf die als Koppelprodukt bei der thermischen Abfallbehandlung entstehende Wärme zu. Auf Grund der meist wenig zentralen Lage von Abfallbehandlungsanlagen fehlen häufig potenzielle Wärmeabnehmer im direkten Umfeld der Anlagen. In diesen Fällen sind intelligente Lösungen, wie die Vermarktung als Fernwärme, gefragt. In Wuppertal zum Beispiel wird ein Kohlekraftwerk durch ein Müllheizkraftwerk ersetzt. Damit besteht die Fernwärmeversorgung nun zu 40 % aus erneuerbarer Energie. Der CO₂-Ausstoß wird etwa um 450.000 Tonnen pro Jahr reduziert. Das entspricht zwei Dritteln der Emissionen des Wuppertaler Verkehrs. Als neue Entwicklung soll die Überschussenergie an der Müllverbrennungsanlage genutzt werden, um damit Wasserstoff zu erzeugen und in Brennstoffzellenantrieben in Bussen zu nutzen.

Steigender Personalbedarf in unterschiedlichsten Berufsfeldern.

Parallel zur technischen Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft bekommt auch die Personalgewinnung eine zentrale Bedeutung. Denn zu den bestehenden Berufsbildern in Produktion, Logistik, Technik oder Dienstleistung kommen ständig neue Spezialisierungen hinzu. Das bringt die überwiegend mittelständisch geprägte Branche in die Situation, aktiv in die Rekrutierung und Entwicklung des geeigneten Personals einzusteigen, um interessante Perspektiven für beide Seiten zu schaffen.

Neben den Beiträgen der Kreislaufwirtschaft für die Entlastung der Umwelt und die Versorgung mit Rohstoffen ist die Kreislaufwirtschaft auf Grund der immer stärkeren Diversifizierung und Technologisierung auch ein „Jobmotor“, der vielfältige Beschäftigungsmöglichkeiten und sichere Arbeitsplätze schafft. Unternehmen der Kreislaufwirtschaft sind moderne Arbeitgeber und bieten gute berufliche Perspektiven. Die Branche der Abfall- und Recyclingtechnik ist eine zukunftsgerichtete, innovative Branche und dabei vorwiegend mittelständisch geprägt. Maschinen und Anlagen der Branche sind weltweit gefragt – über 76 Prozent der Produkte gehen in den Export. Internationale Anstrengungen zum Klimaschutz und steigende Recyclingquoten sorgen für eine steigende Nachfrage nach Hightech-Maschinen und -Anlagen aus Deutschland und sichern damit heimische Arbeitsplätze.

Die Qualifikationsstruktur der Erwerbstätigen spiegelt die hohen Anforderungen der Produktion und der Dienstleistungen wider, die Tätigkeiten werden überwiegend von ausgebildeten Fachkräften ausgeführt. Aber auch für Ungelernte sind überdurchschnittlich viele und gut bezahlte Job-Angebote vorhanden, die keine Ausbildung voraussetzen. Trotz Automatisierung und Digitalisierung werden in der Kreislaufwirtschaft und auch in anderen Branchen die Angebote für diese Qualifikationen weiterhin bestehen bleiben.

Qualifikation der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft 2016

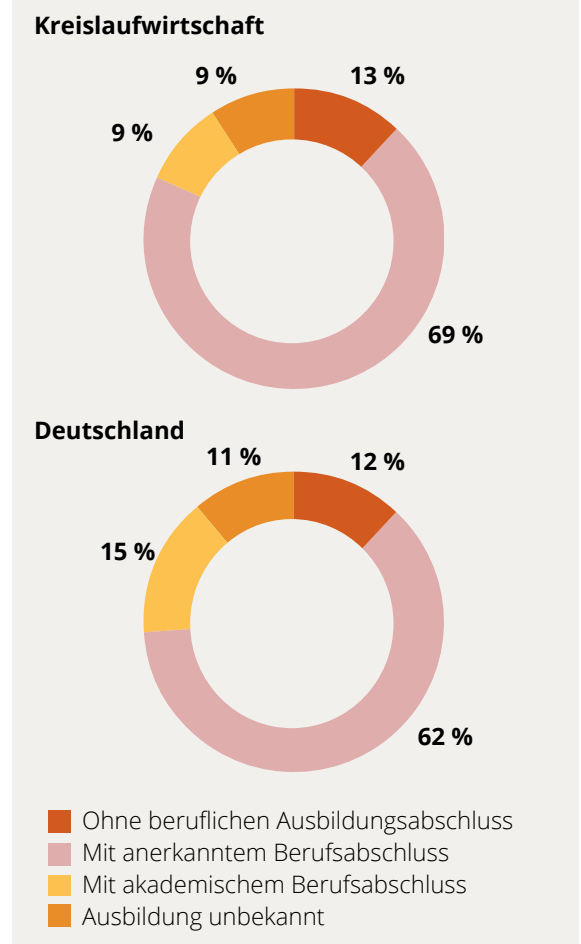


Abb.68, Quelle: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Stichtag: 30. Juni 2017, SVB – Tabelle II, eigene Berechnung und Darstellung



Bild 55, Quelle: Lobbe

Auch im Bereich der Ausbildung engagiert sich die Branche. Ausbildungsangebote bestehen im gewerblichen sowie im kaufmännischen Bereich. Im gewerblichen Bereich sind dies unter anderem die folgenden Ausbildungsberufe: Kraftfahrzeugmechatroniker/-in, Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft, Industriemechaniker/-in, Berufskraftfahrer/-in, Fachkraft für Abwassertechnik, Straßenwärter/-in, Bauzeichner/-in in der Fachrichtung Tiefbau, Fachkraft für Rohr-, Kanal- und Industrieservice, Kfz-Service-mechaniker/-in. Im kaufmännischen Bereich sind dies unter anderem die folgenden Ausbildungsberufe: Kaufleute für Büromanagement, Industriekaufrau/-mann, Informatik-kauffrau/-mann, Kaufleute für Spedition und Logistikdienstleistung, Kaufleute für Dialogmarketing, Personaldienstleistungskaufrau/-mann. Hinzu kommen Praktikumsplätze und Plätze zur Ausführung des Freiwilligen Ökologischen Jahres (FÖJ).

Ein hohes Engagement besteht im Bereich der Weiterbildung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: Viele kommunale und private Unternehmen verfügen über individuelle Programme zur Qualifikation des eigenen Personals. Diese Programme werden durch vielfältige, zentrale und unternehmensübergreifende Weiterbildungsangebote der Verbände der Kreislaufwirtschaft ergänzt.

Zusammenarbeit zur nachhaltigen Entwicklung der thermischen Abfallbehandlung zwischen ver.di und ITAD

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Betreiber der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB) wird die „soziale Säule“ gleichberechtigt mit den ökonomischen und ökologischen Aspekten gesehen. Da die meisten Arbeitnehmer bei den TAB gewerkschaftlich vertreten werden, bot sich hier eine langfristige strategische Partnerschaft an. Da die ITAD als Verband der TAB kein Arbeitgeberverband ist, kann ohne Interessenskonflikte an einer gemeinsamen Positionierung in der Entsorgungswirtschaft gearbeitet werden. Zwischen der ITAD und der Gewerkschaft ver.di wurden zunächst folgende gemeinsame Ziele identifiziert:

- ▶ Darstellung der Bedeutung der thermischen Abfallbehandlung in der Ressourcenwirtschaft und als wichtiger Standortfaktor der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland
- ▶ Initiative zur Darstellung der TAB als attraktive Arbeitgeber, um hochqualifizierte Arbeitsplätze zu sichern und zu besetzen
- ▶ Entwicklung zielgerichteter Instrumente zur Gewinnung von gewerblichen und akademischen Nachwuchskräften

Da die ITAD und die Kraftwerksschule e. V. (Essen) bereits eine enge Kooperation im Bereich der Aus- und Weiterbildung von Kraftwerkspersonal vereinbart haben, erwächst aus der gewerkschaftlichen Kooperation eine weitere Möglichkeit, die Attraktivität der Kreislaufwirtschaft als Arbeitgeber, insbesondere bei Nachwuchskräften, zu steigern.

„Im Wettbewerb um die besten Köpfe müssen neue Wege gegangen werden“, lautet der Anspruch der Zusammenarbeit. Die Zukunftsfähigkeit der thermischen Abfallbehandlung muss gesichert werden, um so auch die Standorte der TAB als attraktive Arbeitgeber zu sichern. Zur Umsetzung dieser Ziele werden demnächst gemeinsame Projekte initiiert.

Projekt WASSER und FEUER gewährt Schülern am linken Niederrhein praktische Einblicke in „unattraktive“ Ausbildungsberufe

Der demografische Wandel macht sich auch im Bereich der Nachwuchssuche für technische Ausbildungsberufe bemerkbar. Eltern und Lehrern ist oftmals die Vielseitigkeit der Ausbildungsberufe insbesondere in der Abwasser- und Abfallwirtschaft nicht bekannt, zumal diese grundsätzlich unter einem schlechten Image leiden. Darüber hinaus bevorzugen junge Menschen häufig die „White Collar“-Berufe.

Diese Erfahrung hat man in Kamp-Lintfort (NRW) sowohl bei der LINEG (Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft) als auch bei der Müllverbrennungsanlage AEZ (Abfallentsorgungszentrum Asdonkshof) gemacht. Beide Unternehmen stellten wiederholt fest, nicht als Betrieb für qualifizierte technische Ausbildungsberufe wahrgenommen zu werden, Abwasser bzw. Abfall sind nicht „hip“. In der Folge gingen in beiden Betrieben immer weniger Bewerbungen und diese von kaum oder gar nicht geeigneten Kandidaten/Kandidatinnen ein. Deswegen entschlossen sich die beiden Unternehmen, die bereits seit einigen Jahren die lokale Ausbildungsmesse „Connect Me“ mit organisieren, in der Ansprache potenzieller Bewerber/-innen neue Wege zu gehen. Die Schüler lernen zwei Betriebe in ihrer Region kennen und können sich über die relativ unbekannteren Ausbildungsberufe (zum Beispiel Fachkraft für Abwassertechnik bzw. Kreislauf- und Abfallwirtschaft) informieren.



WASSER und FEUER heißt die gemeinsam mit der Umweltpädagogin Claudia Goormann entwickelte und im April 2016 gestartete Initiative. Beide Unternehmen haben ein außerschulisches Klassenzimmer eingerichtet. Die Tätigkeitsfelder der Abwasser- bzw. Abfallwirtschaft werden anhand von naturwissenschaftlichen und technischen Experimenten erlebbar gemacht. Die Betreuung erfolgt mithilfe der Auszubildenden auf Augenhöhe.

Das Projekt ist eine sinnvolle Ergänzung für die Öffentlichkeitsarbeit und das Employer-Branding beider Unternehmen. Gleichzeitig ist damit ein echter Imagegewinn für die Umweltbranche zu verzeichnen. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Einbindung der Auszubildenden deren Selbstbewusstsein stärkt und wichtige Kompetenzen für das Berufsleben vermittelt.

Altersstruktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft 2016

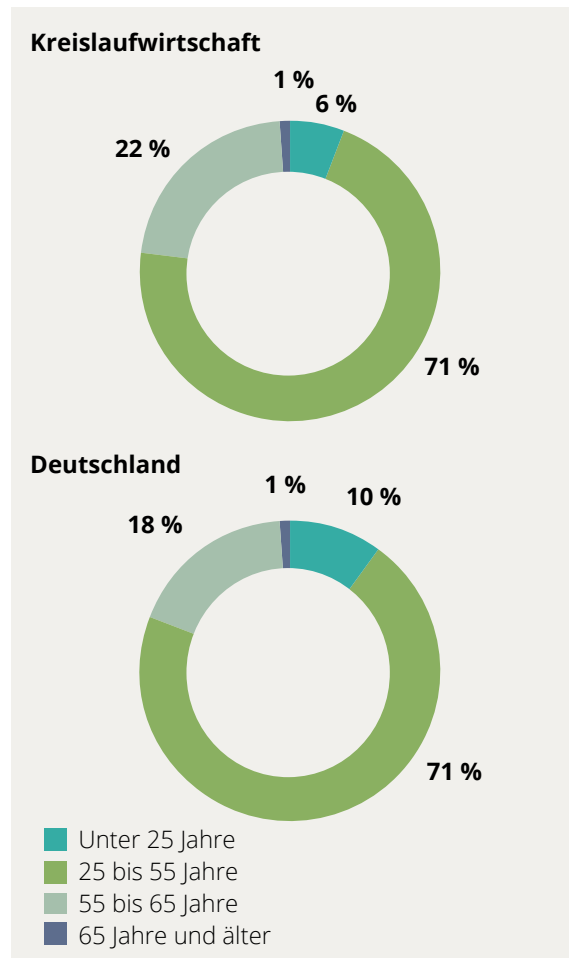


Abb. 69. Quelle: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Stichtag: 30. Juni 2017, SVB – Tabelle I, eigene Berechnung und Darstellung

In der Entsorgungswirtschaft werden zunehmend auch die Herausforderungen einer zukunftsfesten Personalentwicklung erkennbar. Durch den demografischen Wandel in unserer Gesellschaft, die Erhöhung des Renteneintrittsalters auf 67 Jahre sowie den geringen Umfang an Neueinstellungen vor vielen Jahren steigt das durchschnittliche Alter der Beschäftigten in den Entsorgungsbetrieben. Im Bereich der Müllabfuhr liegt dieses beispielsweise derzeit bei ca. 50 Jahren mit steigender Tendenz. In Kombination mit der körperlich anspruchsvollen Arbeit und der Leistungsverdichtung der letzten Jahre wird deutlich, dass Maßnahmen ergriffen werden müssen, damit die Beschäftigten bis zur Rente erwerbstätig und auch darüber hinaus gesund und leistungsfähig bleiben. In vielen Betrieben wird dieser Herausforderung bereits mit einem Ausbau des betrieblichen Gesundheitsmanagements sowie einer Vielzahl weiterer Maßnahmen begegnet.

Unternehmen der Branche berichten zunehmend von Problemen, genügend oder geeignete Auszubildende zu finden. Gerade in Berufsfeldern wie Werkzeugtechnik, Mechatronik, Automatisierungstechnik



Bild 57, Quelle: REMONDIS



Bild 58, Quelle: REMONDIS

und der elektrischen Betriebstechnik ist ein großer Anteil der Facharbeiter bereits über 55 Jahre alt – hier gilt es, einen Generationswechsel einzuleiten. Ebenfalls gestaltet sich die Suche nach Beschäftigten im kundenorientierten Bereich, also im Vertrieb und Kundendienst, schwierig.

Um auch in Zukunft hochwertige Dienstleistungen erbringen und technische Innovationen entwickeln zu können, sind die Unternehmen mehr denn je auf motivierte und gut ausgebildete Fachkräfte angewiesen. Dabei steht die Abfall- und Recyclingtechnik im starken Wettbewerb zu anderen Branchen. Ein großer Vorteil der vorwiegend mittelständisch geprägten Branche sind die meist flachen Hierarchien und kurzen Entscheidungswege.

Viele Firmen gehen inzwischen proaktiv auf Schulen und Berufsschulen zu und vermitteln bereits in diesem Stadium den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeiten und Perspektiven der Berufe in der Branche. Auch wenden die Firmen vermehrt Bindungsstrategien an, um neue Mitarbeiter zu gewinnen bzw. zu halten. Für zukünftige Mitarbeiter werden von Praktika für Schüler und Studenten bis hin zum dualen Studium verschiedene Möglichkeiten zum Berufseinstieg angeboten. Um neue Auszubildende zu finden, hat der VDMA vor vielen Jahren die „Talentmaschine“ (talentmaschine.de) ins Leben gerufen.

Für die Personalgewinnung und -entwicklung sind auch in dieser Branche flexible und familienfreundliche Arbeitsbedingungen und Arbeitsplatzsicherheit wesentliche Kriterien. Daher werben Unternehmen mit dem Thema Work-Life-Balance um neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Das Ansehen des „Müllmanns“ ist in der Bevölkerung nach einer Umfrage des Deutschen Beamtenbundes (2015) hoch. In den vergangenen zehn Jahren hat von allen Berufen kein anderer Beruf einen derartigen Ansehensgewinn verzeichnen können.

Ansehen einzelner Berufsgruppen 2015 und Entwicklung seit 2007

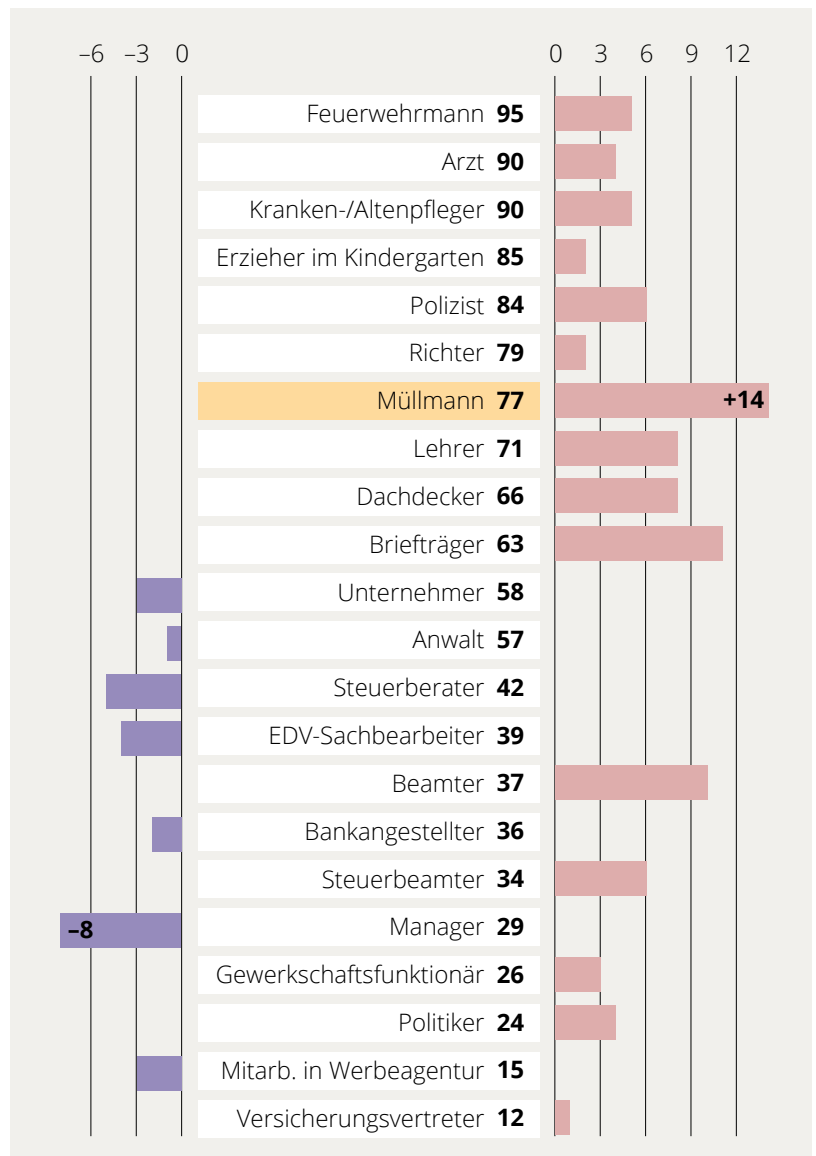


Abb. 70, Quelle: Deutscher Beamtenbund, Bürgerbefragung öffentlicher Dienst, 2015

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten und Bereichen (2010–2016)

Marktsegment Bereich	ohne beruflichen Ausbildungsabschluss				mit anerkanntem Breufsabschluss				mit akademischen Berufsabschluss				Ausbildung unbekannt			
	2010	2016	Anteil 2016	p.a.	2010	2016	Anteil 2016	p.a.	2010	2016	Anteil 2016	p.a.	2010	2016	Anteil 2016	p.a.
Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung	14.249	11.410	15,1	-3,6	38.257	51.752	68,4	5,2	3.034	4.373	5,8	6,3	12.681	8.156	10,8	-7,1
Abfallsammlung und -transport	9.445	7.728	14,6	-3,3	25.626	35.874	67,8	5,8	1.934	2.898	5,5	7,0	9.835	6.447	12,2	-6,8
Straßenreinigung	4.803	3.682	16,2	-4,3	12.632	15.878	69,8	3,9	1.100	1.475	6,5	5,0	2.846	1.709	7,5	-8,2
Abfallbehandlung und -verwertung	21.085	16.787	14,5	-3,7	62.468	79.359	68,5	4,1	5.717	7.462	6,4	4,5	20.411	12.302	10,6	-8,1
Stoffliche Verwertung	14.925	11.970	13,9	-3,6	46.257	58.570	68,0	4,0	4.303	5.525	6,4	4,3	16.761	10.066	11,7	-8,1
Energetische Verwertung	3.481	2.716	16,2	-4,1	9.166	11.728	69,8	4,2	801	1.095	6,5	5,4	2.063	1.262	7,5	-7,9
Abfallbeseitigung	2.679	2.101	16,2	-4,0	7.045	9.061	69,8	4,3	614	842	6,5	5,4	1.587	975	7,5	-7,8
Technik für die Abfallwirtschaft	6.456	4.808	9,5	-4,8	31.516	33.992	67,0	1,3	7.055	9.211	18,2	4,5	3.928	2.693	5,3	-6,1
Fahrzeugtechnik	533	500	8,8	-1,0	3.679	3.698	65,1	0,1	860	1.124	19,8	4,6	380	360	6,3	-0,9
Sammel- und Transportbehälter	1.259	916	15,1	-5,2	3.449	4.193	69,3	3,3	325	508	8,4	7,7	589	432	7,1	-5,0
Anlagentechnik	4.371	3.138	8,8	-5,4	23.077	24.436	68,8	1,0	4.960	6.241	17,6	3,9	2.557	1.685	4,7	-6,7
Sonstiges (F&E, Unter- suchungen, Abdeckungen)	292	255	7,3	-2,3	1.312	1.665	47,9	4,1	910	1.338	38,5	6,6	403	217	6,2	-9,8
Großhandel mit Altmaterialien	1.885	1.390	9,6	-5,0	10.271	10.896	75,1	1,0	666	1.050	7,2	7,9	2.357	1.180	8,1	-10,9
Kreislaufwirtschaft gesamt	43.675	34.395	13,4	-3,9	142.513	175.998	68,5	3,6	16.473	22.096	8,6	5,0	39.377	24.331	9,5	-7,7

Abb. 71, Quelle: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Stichtag: 30. Juni 2017, SVB – Tabelle II, eigene Berechnung und Darstellung

Anteile der Erwerbstätigen nach Beschäftigungsart (2016)

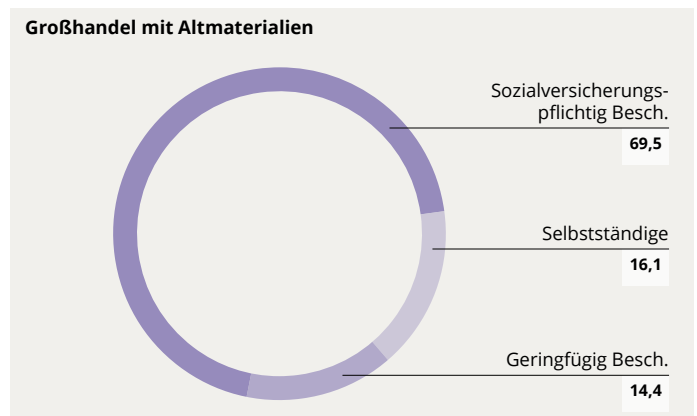
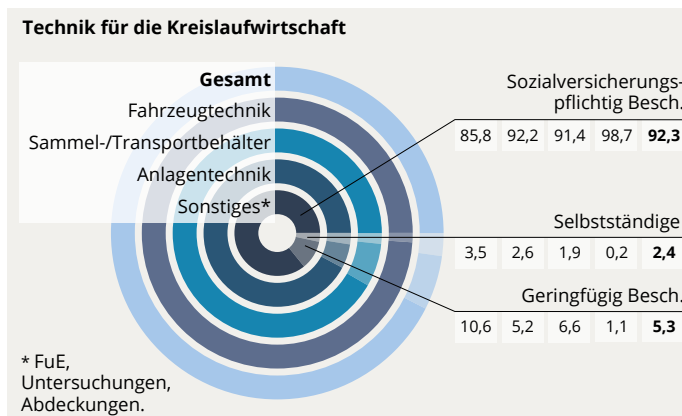
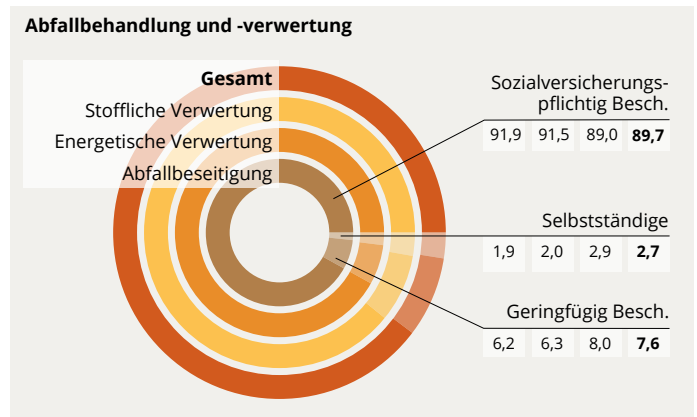
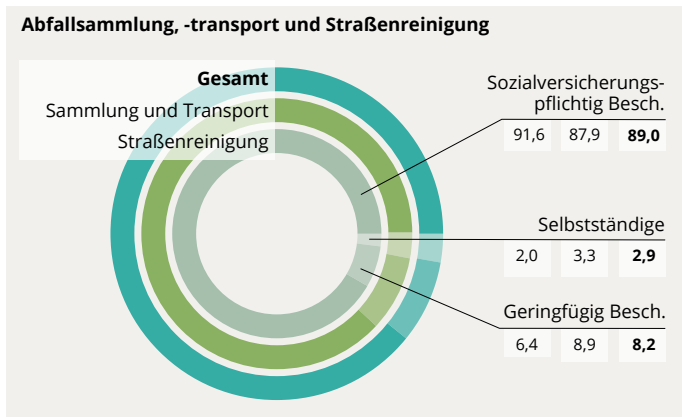


Abb. 72–75, Quelle: Prognos AG auf Basis der Destatis

Abweichungen von 100 % sind rundungsbedingt



Bild 59, Quelle: REMONDIS

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 0,8 % p. a. von 277.000 auf 290.000 erhöht. Mit rund 129.000 Erwerbstätigen arbeiten die meisten Beschäftigten im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“. Den größten Zuwachs an Erwerbstätigen verzeichnet aber das Marktsegment „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ mit 1,5 % p. a. Der Anteil der svB an den Erwerbstätigen liegt bei insgesamt 88,5 % (+1,0 % p. a.), die gfB weisen einen Anteil von 7,8 % (-0,9 % p. a.) und Selbstständige einen Anteil von 3,6 % (-1,1 % p. a.) auf.

Die Kreislaufwirtschaft bietet derzeit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ohne beruflichen Ausbildungsabschluss mit einem Anteil von 13,4 % an den Erwerbstätigen höhere Chancen als im bundesweiten Durchschnitt von 12 %. 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 62 %. Der Anteil der Erwerbstätigen mit akademischem Berufsabschluss liegt mit 8,6 % zwar noch deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 15 %, die jährliche Steigerungsrate von 5,0 % 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 3,9 % p. a. seit 2010, hier insbesondere im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ (-4,8 %).

Die Betrachtung der Erwerbstätigen nach der Qualifikation der ausgeführten Tätigkeiten kommt zu einem ähnlichen Bild: Der Anteil der „Helfer“ an den Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft beträgt 21 % im Vergleich zu einem bundesweiten Anteil von 15 %. Der Anteil von „Fachkräften“ liegt mit 61 % leicht über dem Bundesdurchschnitt von 59 %, 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 16,7 % auf, 13 % davon sind Frauen. Der Altersdurchschnitt der Ingenieure in diesem Marktsegment ist vergleichsweise jung: 52 % der Ingenieure sind unter 45 Jahre alt. Die Ausbildungsquote im Maschinenbau liegt bei 6,3 %, 15 % der Auszubildenden sind Frauen.

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 Erwerbstätigen liegt mit 17,4 % erheblich niedriger als der bundesweite Anteil von 46 %, auch der Anteil von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Teilzeit ist mit 7,8 % gegenüber bundesweiten 27 % sehr gering. Der Anteil der Frauen an den Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft steigt mit 1,3 % p. a. kontinuierlich an und damit stärker als die Gesamtentwicklung mit +1 % p. a. Im Marktsegment „Abfallsammlung und -transport“ liegt die Steigerung des Anteils von Frauen mit 2,3 % p. a. sogar deutlich über der Gesamtentwicklung von +1,7 % p. a. Die Steigerungsrate für Erwerbstätige in Teilzeit seit 2010 ist mit 7,2 % p. a. überdurchschnittlich 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 5,2 % 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.

4



Zukunftsaufgaben der Kreislaufwirtschaft.

RESSOURCEN Natürliche Ressourcen sind die Grundlage für die Herstellung von Produkten und für die Erzeugung von Energie. Viele natürliche Ressourcen stehen nur begrenzt zur Verfügung, deshalb ist ihr Schutz, auch für zukünftige Generationen, von besonderer Bedeutung. Bislang kompensiert allerdings der sogenannte „Rebound-Effekt“ nahezu sämtliche Effizienzfortschritte. Hinzu kommt, dass die derzeitigen Rohstoffpreise nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten und die Umweltbelastungen bei der Gewinnung widerspiegeln, 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, der wiederum Eingang finden sollte in die Erarbeitung einer nationalen Rohstoffstrategie.

RECYCLING Das Recycling von Abfällen ist der zentrale Bestandteil der Circular Economy, einer europaweiten Strategie, die darauf abzielt, über eine nachhaltige Produktionsweise von Gütern und die Kreislaufführung von Ressourcen das Wirtschaftswachstum zu erhöhen. 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. Ohne ein hochwertiges Recycling können die Ziele der Kreislaufführung nicht erreicht werden. Dafür muss aber sichergestellt werden, dass der steigenden Menge an Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt gegenübersteht.

KLIMASCHUTZ Nach der nationalen Treibhausgasinventur sind die Emissionen in den betrachteten Bereichen der Abfallwirtschaft seit 1990 von 38 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten um 67 % auf nur noch 12 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2015 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: 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 thermischen Abfallbehandlungsanlagen von der Kreislaufwirtschaft nicht nur wichtige Beiträge zur Energiewende geleistet, sondern auch zur weiteren Verringerung der Treibhausgasemissionen. Viele Investitionen in die technische und organisatorische Optimierung der Kreislaufwirtschaft führen gleichzeitig auch zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Treibhausgasemissionen: 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.

Planetare Grenzen erfordern globale Verantwortung.

Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch gehört seit vielen Jahren zu den wichtigsten Zielen einer nachhaltigen industriellen Entwicklung. Ein absoluter Rückgang des Verbrauchs an Primärrohstoffen kann durch eine effiziente Steigerung der Recyclingquoten erreicht werden. So beginnt die Ressourceneffizienz bereits beim Design und bei der Herstellung unterschiedlichster Produkte. Auf diesem Weg des Umdenkens müssen neue Konzepte der Kreislaufwirtschaft mit innovativer Technik zeitnah umgesetzt werden.

Schonung der Ressourcen – Verantwortung für künftige Generationen

Wir leben in einer planetar begrenzten Welt. 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 und Senken zwangsläufig begrenzt sind.

Weltbevölkerung und weltweites Bruttosozialprodukt wachsen unverändert, gleichermaßen wachsen der Gebrauch mineralischer und metallischer Ressourcen, der Verbrauch fossiler Energieträger, der Ausstoß von Treibhausgasen sowie die Erderwärmung.

Planetare Grenzen setzen dem Leben auf der Erde jedoch unverhandelbare absolute Grenzen, die bei Klimawandel, Biodiversität, Landnutzung und biogeochemischen Kreisläufen bereits überschritten sind 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, die wiederum 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 kann die Umweltbelastungen reduzieren, die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft stärken und auch neue Arbeitsplätze schaffen.

Bislang kompensiert der sogenannte „Rebound-Effekt“ nahezu sämtliche Effizienzfortschritte. In vielen Bereichen der Industriegesellschaft sind zweifelsohne durch beeindruckende Ingenieurleistungen große Effizienzfortschritte zu verzeichnen. Viele dieser Fortschritte führen zu einem geringeren Energie- und Rohstoffverbrauch je Produkteinheit. Eine höhere Stückzahl führt in der Summe jedoch wieder zu Mehrverbrauch und dem sogenannten Rebound-Effekt. Da die derzeitigen Rohstoffpreise noch nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten widerspiegeln, fehlt oftmals der notwendige Einsparreiz.¹

Es stellt sich die Frage, wie viel materielles Wachstum es in einer materiell begrenzten Welt geben kann. Das gemeinsame Ziel wird darin bestehen, den Ressourcenverbrauch vom Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Dazu kann die Kreislaufwirtschaft einen nachhaltigen Beitrag leisten.

→ (1) Vgl. dazu: Faulstich, 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. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-21_uib_02-2017_green-economy_v2.pdf





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.² ProgRes wurde im Jahr 2012 von der Bundesregierung beschlossen, die Fortschreibung ProgRes II wurde im März 2016 verabschiedet.

Das Ressourceneffizienzprogramm II basiert auf den folgenden vier Leitideen:

1. Ökologische Notwendigkeiten müssen mit ökonomischen Chancen, Innovationsorientierung und sozialer Verantwortung in Verbindung gebracht werden.
2. Die globale Verantwortung ist als zentrale Orientierung der nationalen Ressourcenpolitik anzusehen.
3. Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland sind schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger zu machen, die Kreislaufwirtschaft ist weiterzuentwickeln und auszubauen.
4. Die nachhaltige Ressourcennutzung ist durch eine gesellschaftliche Orientierung an einem qualitativen Wachstum langfristig zu sichern.

Der Kreislaufwirtschaft kommt gemeinsam mit dem Handlungsfeld Infrastruktur/Bauwesen eine bedeutende Schlüsselfunktion innerhalb des Ressourceneffizienzprogramms zu. Die Kernaufgaben für die **Kreislaufwirtschaft** werden innerhalb von ProgRes II unter anderem wie folgt formuliert:

- ▶ Abfälle vermeiden
- ▶ Die Produktverantwortung der Hersteller und Inverkehrbringer (Industrie, Gewerbe, Handel, Importeure und andere) verschärfen
- ▶ Erfassung und Recycling ressourcenrelevanter Mengenabfälle (unter anderem von mineralischen Bauabfällen und Schrotten) optimieren und hierzu Absatzwege ausbauen
- ▶ höhere Erfassung von sortenreinen Bio- und Grünabfällen sowie Verwertungspotenziale der biogenen Abfälle unter Berücksichtigung der Gesamtbilanz besser nutzen
- ▶ Erfassung, Sortierung und Recycling von Kunststoffen unter Ökoeffizienzgesichtspunkten optimieren
- ▶ Erfassung und Recycling von Edel- und Sondermetallen stärken
- ▶ Verbesserung des Phosphorrecyclings

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 fortzuentwickeln. Mit dem Bericht „Das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm II – Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen“ liegt mittlerweile der erste Fortschrittsbericht vor.³

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)⁴**
Das VDI ZRE ist das nationale Kompetenzzentrum zur Ressourceneffizienz und wird maßgeblich vom Bundesumweltministerium gefördert. Es entwickelt Instrumente und Arbeitsmittel, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen in allen industriellen Branchen beim Erkennen und Umsetzen ihrer Ressourceneffizienz-Potenziale unterstützen. Dazu zählen Ressourcenchecks, Kostenrechner,

→ (2) https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf



→ (3) https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/progress_ii_broschuere_bf.pdf

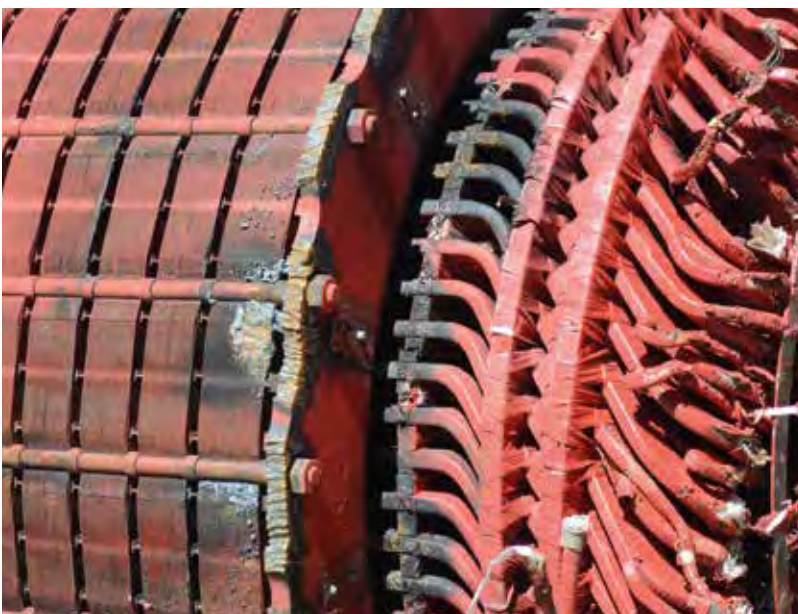


Bild 62, Quelle: Breer

→ (4) www.ressourcendeutschland.de





Bild 63, Quelle: Thinkstock

Qualifizierungsmaßnahmen, Branchenstudien, Filme sowie VDI-Richtlinien.

► **Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU)⁵**

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. Die KRU veröffentlicht regelmäßig Positionspapiere, zuletzt zur Produktkennzeichnung zur Förderung der Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit. Derzeit arbeitet die KRU an den Themen Digitalisierung, Sustainable Development Goals sowie Substitutionsquote. Zudem betreut sie ein Promotionscluster zu den ressourcenrelevanten Themen Design, Infrastrukturen und Dissipation.

► **Circular Economy Coalition for Europe (CEC4Europe)⁶**

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. CEC4Europe wurde von der EU-Kommission nach einem strengen Auswahlverfahren in die „Coordination Group of the European Circular Economy Stakeholder Platform“ berufen.⁷

► **Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft DGAW⁸**

Die DGAW vereint Akteure der Rohstoff- und Kreislaufwirtschaft aus der kommunalen und privaten Kreislaufwirtschaft, dem Anlagenbau und -betrieb, der Politik, Verwaltung und Wissenschaft und aus Bürgerinitiativen. Es ist eine unabhängige Plattform zum Wissens- und Erfahrungsaustausch zu allen branchenrelevanten Themen. Die DGAW ist in Arbeitskreisen tätig und veröffentlicht Positionspapiere, zuletzt zu den Themen freiwillige

Rücknahme von Alttextilien, Bioabfall, hochwertige Verwertung sowie Recyclingquoten. Zudem veranstaltet sie jährlich einen Wissenschaftskongress, auf dem die Ergebnisse aktueller Dissertationen vorgestellt werden.

► **German RETech Partnership (RETech)⁹**

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 und veröffentlicht die Erkenntnisse als Länderprofile und auf Konferenzen.

Das in den Behörden, Unternehmen, Initiativen und Forschungs- und Beratungseinrichtungen vorhandene Fachwissen zu Rohstoffwirtschaft und Ressourcenschutz sollte dazu genutzt werden, den erfolgreichen und differenzierten Rohstoffstrategien anderer Länder, wie beispielsweise China, eine eigene Rohstoffstrategie für Deutschland entgegenzusetzen. Die wichtigste Säule einer solchen Strategie muss das Recycling sein. Recycling geschieht in nationaler Verantwortung und stellt die Rohstoffe wieder zur Verfügung, die bereits in vielfältiger Form im Land vorhanden sind. Damit werden Importabhängigkeiten verringert, was für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland von existenzieller Bedeutung ist.

(5) www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru



(6) www.cec4europe.eu



(7) <https://circulareconomy.europa.eu/platform/>



(8) www.dgaw.de



(9) www.retech-germany.net



Die Circular Economy als Motor der Ressourcensicherung.

→ (10) Der Begriff „Circular Economy“ wird häufig mit dem deutschen Begriff „Kreislaufwirtschaft“ übersetzt bzw. gleichgesetzt. Aus unserer Sicht ist jedoch eine Übersetzung von „Circular Economy“ mit dem Begriff „zirkuläre Wertschöpfung“ zielführender, da das Begriffsverständnis wesentlich breiter ist. Dazu gehören die Vorstellung einer anderen Produktionsweise der Wirtschaft und ein (fast) vollständiger Rohstoffkreislauf ohne Schadstoffsenken sowie zusätzliche Handlungsfelder wie Design for Recycling, Reparaturfähigkeit, Wiederverwendung und Leasing, die wiederum mit einer Veränderung von gesellschaftlichen Wertvorstellungen einhergehen müssen.

→ (11) Ellen MacArthur Foundation/McKinsey Center for Business and Environment: „Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe“; 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.

→ (12) Europäische Kommission: Zwischenbilanz zur Kreislaufwirtschaft und neue Vorschläge für 2017; https://ec.europa.eu/germany/news/zwischenbilanz-zur-kreislaufwirtschaft-und-neue-vorschlaege-f%C3%A4ge-f%C3%BCr-2017_de

Ein optimiertes Recycling von Abfällen gehört zu den wesentlichen Treibern für notwendige Innovationen in einer immer wichtiger werdenden Kreislaufwirtschaft. Die hochwertige Aufbereitung von Sekundärrohstoffen bildet dabei die Basis für die Rückführung aller Wertstoffe in die verschiedenen Stoffkreisläufe. Damit das Gesamtsystem über alle Wertschöpfungsstufen optimiert werden kann, muss der Fokus bereits auf den Anfang der Produktkreisläufe gerichtet werden. Nur so können Rohstoff- und Wertverluste verhindert werden.

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 bestimmter Sekundärrohstoffströme im Kapitel Außenwirtschaft.

Die immer noch vorhandenen Potenziale für mehr Recycling in Deutschland müssen in den nächsten Jahren weiter ausgeschöpft werden. So ist es das erklärte Ziel der Bundesregierung, beispielsweise für den Bereich der Siedlungsabfälle ab dem Jahr 2020 dauerhaft eine Recyclingquote von mehr als 65 % zu erzielen.

Abfallvermeidung und Recycling als Schwerpunkt neuer Produktionsweisen

In den letzten Jahren ist eine Reihe von Studien und Veröffentlichungen erschienen, die sich mit den Inhalten, Maßnahmen und Wirkungen einer veränderten Wirtschaftsweise bzw. Güterproduktion auf die Ökonomie, die Ökologie, die Lebensräume und den Menschen beschäftigen. Im Hinblick auf die positiven Wirkungen der sogenannten „Circular Economy“¹⁰ kommt beispielsweise die Ellen MacArthur Foundation 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 beschern – rund 900 Milliarden Euro mehr als unter

Beibehaltung des „linearen“ Entwicklungspfad.“¹¹ Alle Studien sehen gleichermaßen große wirtschaftliche Potenziale, die sich durch eine umfassende Ausrichtung der Wirtschaftspolitik auf das Prinzip der Circular Economy erschließen lassen.

Grundzüge der Circular Economy

Die Idee oder auch die Strategie der Circular Economy gewinnt insbesondere auf der europäischen Ebene an Bedeutung. Der Ansatz der Circular Economy greift die Aspekte einer veränderten Werthaltung in der Gesellschaft auf und integriert diese konsequent in ein umfassendes Konzept der Abfallvermeidung und Kreislaufführung von Ressourcen. Das Kreislaufwirtschaftspaket der EU umfasst unter anderem einen Aktionsplan mit Maßnahmen für den kompletten Produktlebenszyklus: von Design, Materialbeschaffung, Herstellung und Verbrauch bis hin zur Entsorgung, Aufbereitung und zum Markt für Sekundärrohstoffe.¹² Die Circular Economy orientiert sich an dem vollständigen Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, nach Möglichkeit keine Rohstoff-, Nährstoff- und Wertverluste zuzulassen.



Ein vereinfachtes bzw. „idealtypisches“ Modell der Circular Economy besteht aus den folgenden Schritten:¹³

- ▶ Basierend auf der Idee der zirkulären Wertschöpfung wird ein nachhaltiges Produktdesign entwickelt. Dieses berücksichtigt, dass die rohstoffnahen Produkte (Grundstoffe) weitestgehend aus Recyclingmaterialien hergestellt werden können bzw. bestehen oder Primärrohstoffe eingesetzt werden, die später recycelbar sind.
- ▶ Die Produktion der langlebigen Gebrauchsgüter erfolgt mit den Sekundärrohstoffen aus der Kreislaufführung. Die Produkte sind so konzipiert, dass eine Wiederverwendung von Komponenten und die Reparaturfähigkeit der Produkte gewährleistet sind.
- ▶ Produktionsausschuss und Fehlproduktionen können direkt wieder dem Recycling bzw. der Grundstoffproduktion zugeführt werden. Der Konsum der Produkte ist darauf ausgelegt, dass durch die Reparaturfähigkeit die Nutzungsdauer verlängert wird und die Wieder- und Weiterverwendung die Nachhaltigkeit der Produkte weiter verbessert bzw. deren Lebenszyklus verlängert.

- ▶ Einen positiven Einfluss auf die notwendige Produktion von Gütern haben beispielsweise Plattformen für den Tausch oder die gemeinsame Nutzung von Produkten. Das Leasing von Produkten (Erwerb einer Dienstleistung, zum Beispiel Mobilität, statt eines Produktes) verbessert bzw. sichert den Rohstoffkreislauf, indem das Produkt im Besitz des Herstellers verbleibt.
- ▶ Nach der Nutzung werden die Produkte einer differenzierten Entsorgungsstruktur zugeführt, die durch eine gezielte Erfassung mit anschließender Sortierung die Basis für ein hochwertiges Recycling der Materialien und Komponenten bildet. Dieses hochwertige Recycling wiederum ist die Voraussetzung für einen funktionierenden Wertstoffkreislauf und damit für eine Circular Economy.

Wichtig und notwendig für ein Industrieland wie Deutschland ist die Gewinnung bzw. Sicherung der Ressourcen aus den nicht mehr benötigten Produkten. 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.

(13) Prognos AG: Siedlungsabfallaufkommen Schweiz 2050 – Auswirkungen auf das Kehrichtaufkommen für die thermische Verwertung in den KVA und die Gesamtauslastung der KVA. Untersuchung im Auftrag des Verbandes der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen (VBSA), Bern 2018.

Idealtypischer Produkt- und Ressourcenkreislauf in einer Circular Economy

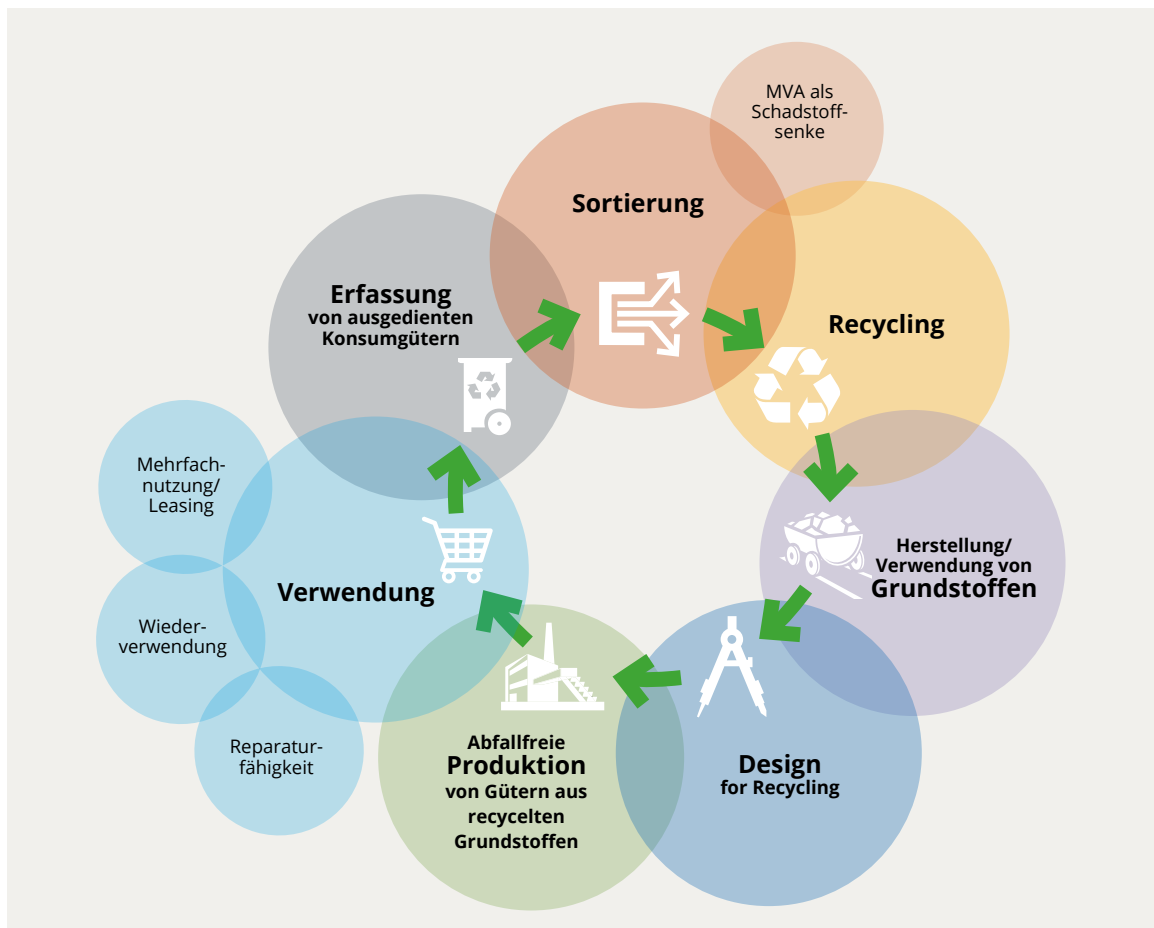


Abb. 76, Quelle: Prognos AG

Notwendige Schritte zu einem besseren und effizienteren Recycling

Der erfolgreiche Weg zu einer perspektivisch funktionierenden Circular Economy kann nur über die Optimierung des Produktdesigns und der Recyclingwirtschaft führen. Die aktuellen Diskussionen über notwendige Maßnahmen zur Verbesserung der Vorgaben und Strukturen des Recyclings betreffen in erster Linie die folgenden Aspekte:

- ▶ Um ein hochwertiges Recycling zu ermöglichen, ist eine sortenreine Trennung und Erfassung für die meisten Wertstoffe¹⁴ an der Anfallstelle unbedingte Voraussetzung, Stör- und Schadstoffe bleiben so außerhalb der Kreisläufe und können direkt an die Schadstoffsinken (thermische Nutzung) geliefert werden. So wird die Verschleppung von Schadstoffen verringert.
- ▶ Der Markt für Sekundärrohstoffe ist international und folgt den Regeln von Angebot und Nachfrage. Allerdings sollte beispielsweise beim Export von Elektronikschrott in Drittländer künftig stärker darauf geachtet werden, dass die weiteren Aufbereitungsschritte auch den hier geltenden Maßstäben entsprechen, damit diese Mengen auch realistischerweise zur Quotenberechnung herangezogen werden können. Beispiele unter anderem aus China¹⁵ und Ghana¹⁶ zeigen, welche extrem negativen Folgen für Mensch und Umwelt durch fehlende Recyclingstandards entstehen können.
- ▶ Die Effizienz und die Effektivität des Recyclings haben energetische, technische, ökologische und wirtschaftliche Grenzen, die es zu beachten gilt. Eine 100 %ige Wiedergewinnung der in den Abfällen enthaltenen Wertstoffe ist weder möglich noch wirtschaftlich sinnvoll. Für die Prognosen der Mengen aus dem Recycling und die wirtschaftliche sowie technologische Ausrichtung des Gesamtsystems sind die jeweiligen Grenzen zu berücksichtigen.¹⁷
- ▶ Die Recyclingwirtschaft wird sich künftig in ihren Schwerpunkten stärker auf die Erfassung und die Rückgewinnung von strategisch wichtigen Metallen fokussieren müssen, ohne dabei die bisherigen Aktivitäten in den verschiedenen Wertstoffbereichen zu vernachlässigen. Angesichts der absehbar technologisch notwendigen Entwicklungen und der politischen Situation der Herkunftsländer der dafür benötigten Rohstoffe wird es wichtig sein, im Rahmen der Erarbeitung von Rohstoffstrategien auf Bundes- und Länderebene den Bedarf der Wirtschaft und die Leistungsfähigkeit der Recyclingwirtschaft aufeinander abzustimmen.

Die entscheidende Voraussetzung für den Erfolg aller nachgelagerten regulatorischen und technologischen Maßnahmen zur Verbesserung des Recyclings ist aber in erster Linie die Recyclingfähigkeit der Produkte und Verpackungen selbst. Zu den Maß-

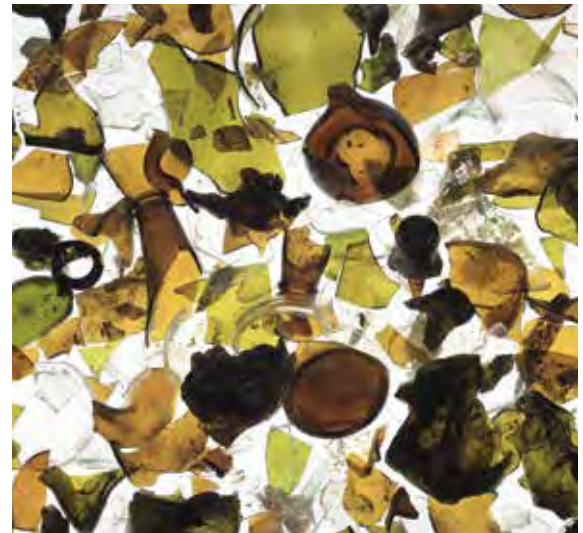


Bild 64, Quelle: Thinkstock

nahmen, das Recycling weiter zu fördern, gehört es daher, schon bei der Produkt- oder Verpackungsentwicklung die Recyclingfähigkeit zwingend zu berücksichtigen. Durch das „Design for Recycling“ können ressourcenschonende Produkte entwickelt werden, die sowohl ökologische wie 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.

Für einen weiteren Ausbau des Recyclings ist die Getrennsammlung der anfallenden Abfälle bei privaten Haushalten und in der Industrie und im Gewerbe eine entscheidende Stellschraube. Hier ist die Kommunikation gegenüber den verschiedenen Akteuren eine wichtige Aufgabe, die kontinuierlich verbessert werden muss.

Aber auch die öffentliche Hand kann zur Schaffung von Absatzmärkten für Recyclingprodukte einen wichtigen Beitrag leisten. Die Vergabepaxis der öffentlichen Hand wird der in §45 Kreislaufwirtschaftsgesetz verankerten Verpflichtung, ihren Bedarf nach Möglichkeit auch verstärkt über Recyclingprodukte zu decken, immer noch nicht ausreichend gerecht. Insbesondere die Bundes-, Landes-, Kreis- und Kommunalbehörden sowie deren zugehörige Einrichtungen und Unternehmen müssen diese Verpflichtung ernst nehmen und sich dem „Green Public Procurement“, dem umweltfreundlichen Beschaffungswesen, verpflichtet fühlen. Mit dem Ziel, dass alles, was beschafft werden soll, auch unter dem Gesichtspunkt der Recyclingfähigkeit ausgeschrieben werden muss.

→ (14) Eine Ausnahme bildet hier beispielsweise das Recycling von Metallen.

→ (15) <https://www.plastic-china.org/>



→ (16) <https://www.br.de/br-fernsehen/sendungen/kontrovers/elektroschrott-afrika-muell-100.html>



→ (17) 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.



Bild 65, Quelle: Fotolia

Quoten als Zielmarke für den langfristigen Ausbau des Recyclings

Zu den Maßnahmen, das Recycling weiter zu fördern, gehört auch die Schaffung angemessener Rahmenbedingungen. Zu der Zielsetzung und Berechnung der sogenannten „Recyclingquote“, wie sie durch das aktuelle EU-Kreislaufwirtschaftspaket vorgegeben wird, werden derzeit auch Alternativen diskutiert. Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt arbeitet an der Entwicklung einer sogenannten „Substitutionsquote“. Diese gibt das Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf die eingesetzten Primärrohstoffe an. Die Substitutionsquote berücksichtigt auch integrativ das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. Bei dem Bezug auf Produkte, Werkstoffe oder Elemente sowie in den nationalen und internationalen Systemgrenzen sind allerdings noch etliche methodische Fragen zu lösen. Die heutige Substitutionsquote wird für Deutschland auf etwa 15 % geschätzt und ist zwangsläufig noch sehr niedrig, misst den Recyclingerfolg aber absolut und damit ehrlich und zukunftsorientiert.¹⁸

Dabei gilt es zu beachten, dass für die Berechnung der Quoten in den Mitgliedstaaten gleichzeitig auch die erforderliche Datenbasis zur Verfügung steht bzw. geschaffen wird, da ansonsten weder eine Vergleichbarkeit zwischen den Mitgliedstaaten noch eine belastbare Fortschrittskontrolle erzielt werden kann. Das abfallpolitische Ziel der Einführung von Quoten besteht primär in der schrittweisen Qualifizierung

und Diversifizierung der Recyclingwirtschaft. Dieses Ziel kann aber realistischerweise nur dann erreicht werden, wenn durch den Gesetzgeber ebenfalls sichergestellt wird, dass

- ▶ für die steigende Menge an Wertstoffen und Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt geschaffen und
- ▶ die Qualität der Wertstoffe und Rezyklate Vorrang vor der reinen Quantität haben wird.

Unter diesen Voraussetzungen kann langfristig neben dem Ausbau des Recyclings in den Mitgliedstaaten auch die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Gesamtsysteme gewährleistet werden.

(18) Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru>



Synergien der Kreislaufwirtschaft unterstützen grundlegende Ziele der Energiewende.

Die Kreislaufwirtschaft trägt zunehmend dazu bei, die Energieversorgung und die Energiewende in Deutschland zu unterstützen. 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 Schritte der Kreislaufwirtschaft auf dem Weg zur Sektorkopplung.

Kreislaufwirtschaft unterstützt die Ziele der Energiewende

Die Energiewende in Deutschland stellt eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Ziel ist die Sicherstellung einer zuverlässigen, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung. Neben einer dezentralen und flexiblen Energiebereitstellung spielt die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle. So sieht das Energiekonzept der Bundesregierung vor, dass der Energieanteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 bei mindestens 50 % und bis 2050 bei mindestens 80 % liegen soll.¹⁹

Die Kreislaufwirtschaft weist eine Reihe von Maßnahmen zur Energieerzeugung auf, mit denen bereits heute ein wichtiger Beitrag zur Energiegewinnung in Deutschland geleistet wird. Von besonderer Bedeutung sind dabei die thermische Behandlung von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen (MVA), die energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen (EBS) in EBS-Kraftwerken oder die Mitverbrennung in Zementwerken bzw. sonstigen Kraftwerken.

Damit leistet die Kreislaufwirtschaft einen erheblichen Beitrag zum Ausbau der dezentralen Energieversorgung sowie zur Verringerung der deutschen Treibhausgasemissionen. Jährlich werden rund 51 Millionen Tonnen Abfälle energetisch verwertet, vorwiegend in den genannten thermischen Verfahren, aber auch durch biologische Verfahren.²⁰ Die Steigerung der Energieeffizienz, die Vergärung von Abfällen sowie die Nutzung von Sonne und Wind auf Flächen der Kreislaufwirtschaft sind neben der Auskopplung von Strom-, Fern- und Prozesswärme in den thermischen Abfallbehandlungsanlagen gute

Beispiele für den Wandel. Circa 4 Millionen Haushalte in Deutschland können mit der Wärmeabgabe aus der Kreislaufwirtschaft versorgt werden. Der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende ist beachtlich und steigt stetig; dies unter anderem auch, weil die Energieabgabe weder vom Sonnenstand noch von der Windsituation abhängig ist.

Strom- und Wärmeerzeugung aus Abfällen

Der Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Stromerzeugung durch die energetische Nutzung von Abfällen betrug 2015 insgesamt rund 26 TWh. Abzüglich des Eigenbedarfs der Anlagen leistet die Kreislaufwirtschaft mit der abfallstämmigen Energie einen Beitrag von 3,7 % des Endenergieverbrauchs.²¹ In den Thermischen Behandlungsanlagen werden aus rund 23 Millionen Tonnen Abfall pro Jahr rund 10 TWh Strom produziert und rund 20 TWh Wärme (Fernwärme bzw. Prozessdampf) exportiert.²² Neben den TAB liefern auch Altholzwerkwerke und Bioabfallvergärungsanlagen Strom und Wärme aus Abfällen. Die Energie, die dabei in MVA und EBS-Kraftwerken erzeugt wird, macht circa 50 % der Gesamtmenge aus. Dieser Anteil der erneuerbaren Energien ist konstant verfügbar und in gewissen Maßen regelbar, weshalb ihm vor dem Hintergrund der schwankenden Strombereitstellung aus Wind- und Solarenergie eine wichtige Funktion zukommt. Darüber hinaus trägt dieser konstante Anteil an der Energiebereitstellung zum Teil zur Stabilisierung der Netze bei und gleicht damit die im Rahmen der Energiewende zunehmend schwankende Strombereitstellung zumindest anteilig aus.

→ (19) Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien, Motor der Energiewende, Berlin 2012.

→ (20) Flamme, S., Hanewinkel, J., Quicker, P., Weber, K.: Waste-to-Energy-Markt in Deutschland bis 2030. In: Thiel, S., Quicker, P., Thomé-Kozmiensky, E., Gosten, A. (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 15, Neuruppin, Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH, 2018, S. 103–119.

→ (21) Quicker, P., Weber, K., Flamme, S., Hanewinkel, J.: Energieerzeugung aus Abfällen in Deutschland – Stand und Perspektiven bis 2030. Vortrag auf der BGS-Mitgliederversammlung am 16. November 2017 in Münster.

→ (22) Energy Brainpool: Beitrag Thermischer Abfallbehandlungsanlagen zur Energiewende. Gutachten im Auftrag der ITAD, Berlin 2017.

Energetische und stoffliche Verwertung von Abfällen (in 1.000 Tonnen)

	Abfallauf- kommen insgesamt	Beseitigung		Verwertung		Quote (in %)	
		Sonstige	Thermisch	Energetisch	Stofflich	Ver- wertung	Re- cycling
Siedlungsabfälle insgesamt	51.624	1.188	3.917	12.068	34.453	90,1	66,7
Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (über öffentliche Müllabfuhr)	14.147	791	3.068	7.845	2.443	72,7	17,3
Sperrmüll	2.495	75	195	791	1.434	89,2	57,5
Bioabfälle (ohne Kantinenabfälle)	10.003	3	0	230	9.770	100,0	97,7
Getrennt gesammelte Fraktionen (Glas, PPK, LVP etc.)	19.286	13	158	1.474	17.640	99,1	91,5
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (separat erfasst)	3.506	95	436	1.609	1.365	84,8	38,9
Sonstige Siedlungsabfälle (Straßenkehrrecht etc.)	2.187	210	59	120	1.800	87,8	82,3
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen	31.426	30.817	1	5	603	1,9	1,9
Bau- und Abbruchabfälle	208.997	23.710	126	1.459	183.702	88,6	87,9
Produktions- und Gewerbeabfälle	59.218	14.738	3.042	13.911	27.527	70,0	46,5
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	50.964	5.688	1.271	15.671	28.333	86,3	55,6
Abfallaufkommen insgesamt	402.229	76.141	8.356	43.113	274.619	79,0	68,3

Abb. 77, Quelle: ITAD nach Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1 - 2015

Energieerzeugung durch Anlagen/Stoffströme der Kreislaufwirtschaft

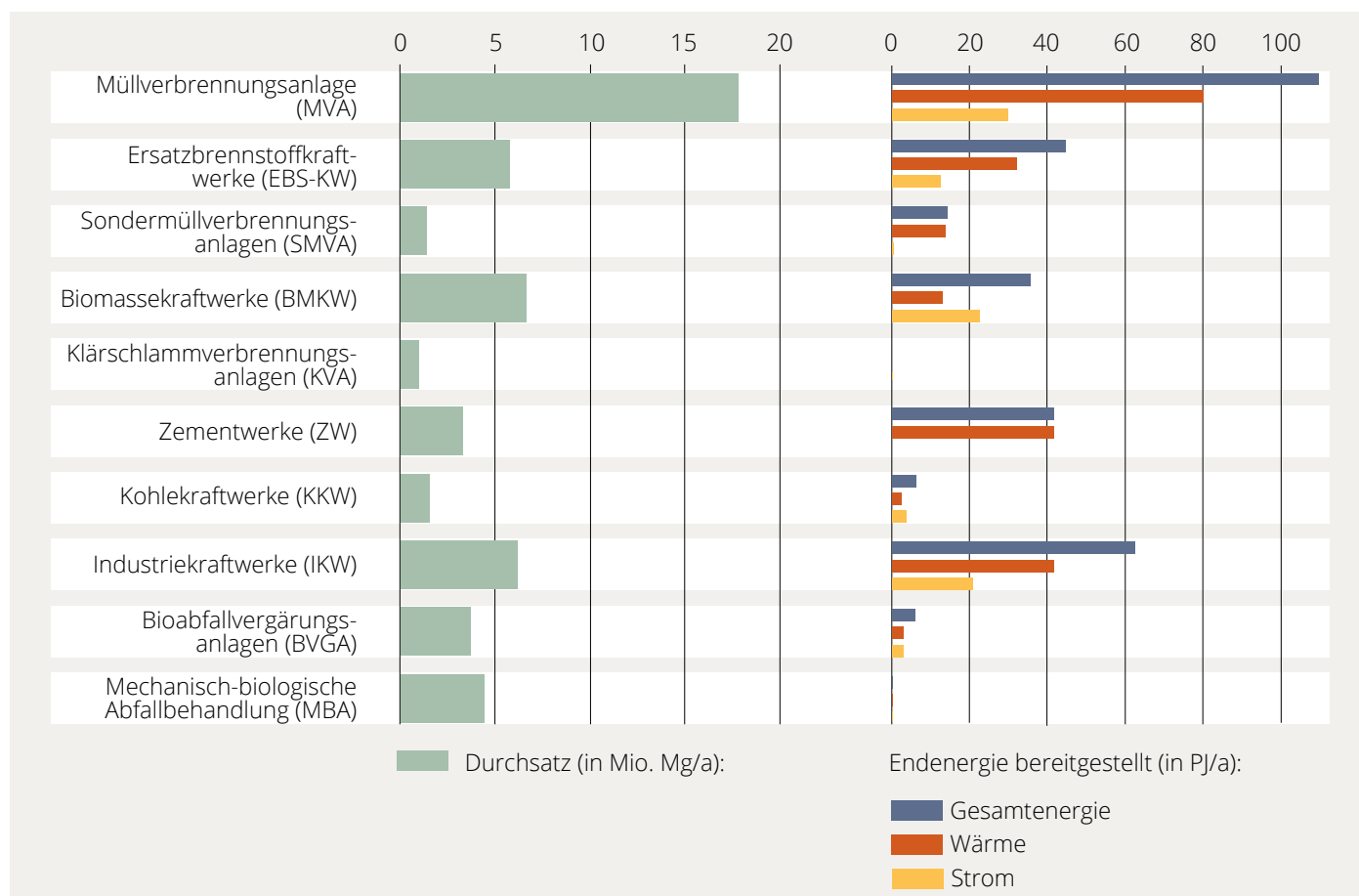


Abb. 78, Quelle: Quicker, Peter/Weber, Kathrin/Flamme, Sabine/Hanewinkel, Jörg: Energieerzeugung aus Abfällen in Deutschland – Stand und Perspektiven bis 2030. Vortrag auf der BGS-Mitgliederversammlung am 16. November 2017 in Münster.

Veränderung der CO₂-Emissionen in der europäischen Abfallwirtschaft 1990–2015 (in %)

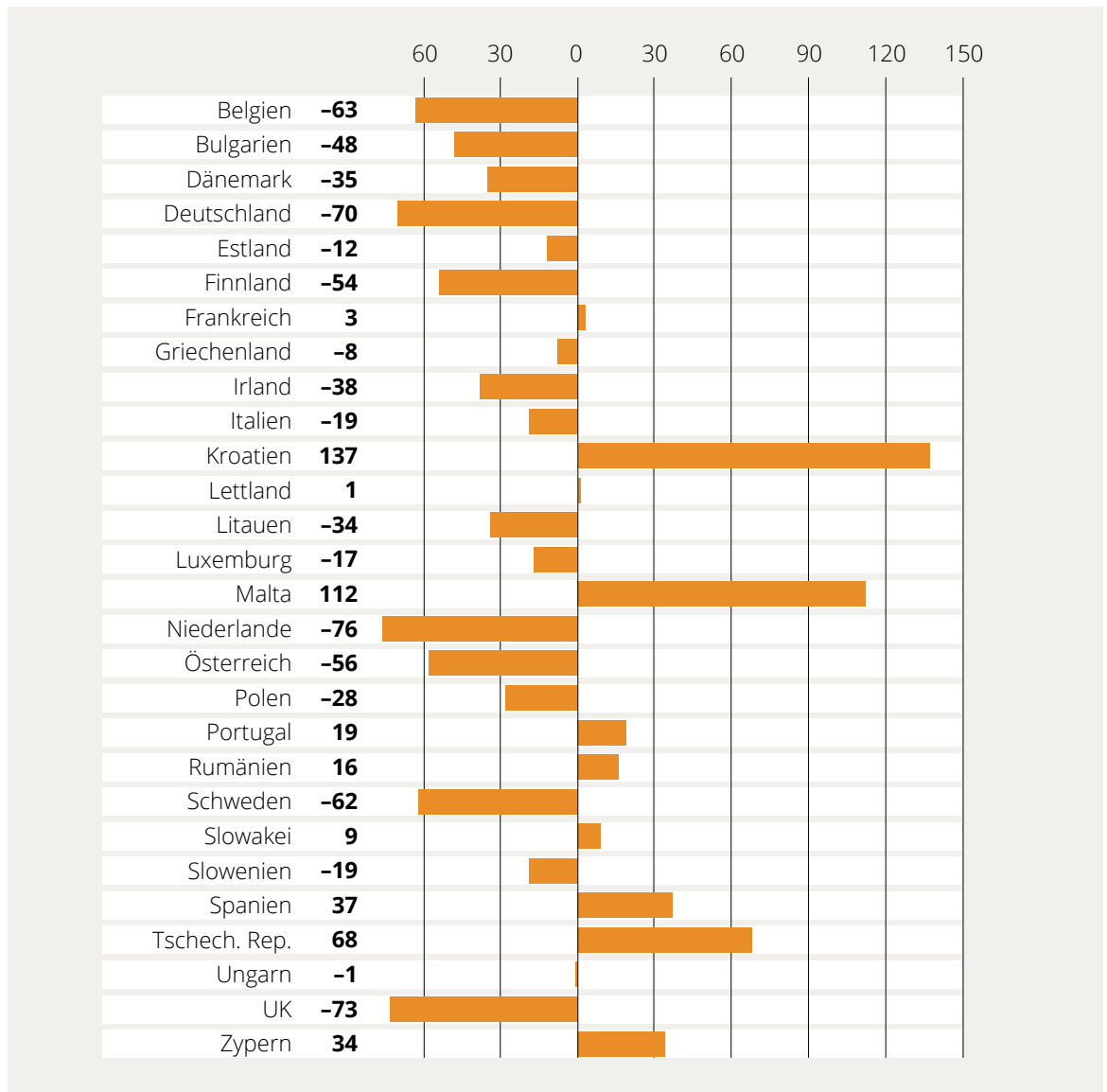


Abb. 79, Quelle: Europäische Umweltagentur – European Environment Agency (EEA): EEA greenhouse gas – data viewer

(23) BDSV: Zukunft Stahlschrott – Ergebnisse der Fraunhofer UMSICHT-Studie zur Zukunft des Stahlschrotts, Düsseldorf 2016, S. 10.

(24) 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, Witzenhäuser 2012.

(25) Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien in Zahlen 2015; https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2015-09.pdf?__blob=publication-file&v=24



Energieeinsparung durch Substitution von Primärrohstoffen

Außer aus der direkten energetischen Nutzung resultiert auch aus der stofflichen Verwertung von Abfällen eine Einsparung fossiler energetischer Ressourcen, die im Wesentlichen durch die Substitution der oft energieintensiven Gewinnung und Verarbeitung von Primärrohstoffen entsteht. So benötigt der Einsatz von Sekundär-Aluminium nur 5 % des Energieaufwandes, der für die Herstellung von Aluminium aus dem Primärrohstoff Bauxit erforderlich wäre. Der Einsatz von Stahlschrott senkt beispielsweise den Energieverbrauch um 72 % im Vergleich zur Erzeugung von Rohstahl mit Primärrohstoffen.²³ Schätzungen gehen davon aus, dass durch das stoffliche Recycling insgesamt Einsparungen an Primärenergie von jährlich über 100 Millionen MWh erzielt werden,²⁴ was dem durchschnittlichen Stromverbrauch von rund 32 Millionen Privathaushalten in Deutschland entsprechen würde.

Biomasse als Energieträger

Einen wesentlichen Anteil an den erneuerbaren Energien liefert auch die Biomasse. Unter dem Begriff Biomasse werden verschiedene Arten zusammengefasst: Neben fester und flüssiger Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas wird ebenfalls der biogene Anteil des Restabfalls erfasst. Dieser macht heute ca. 3,1 % der Stromerzeugung durch erneuerbare Energien sowie rund 7,3 % des Wärmeverbrauchs aus erneuerbaren Energien aus.²⁵

Nutzung von Altstandorten

Neben den bisher vorgestellten „klassischen“ abfallwirtschaftlichen Maßnahmen zur Energieerzeugung suchen Entsorgungsbetriebe nach weiteren Möglichkeiten, durch den Ausbau der erneuerbaren Energien einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. Dabei bietet sich häufig die Nutzung von Solar- oder Windenergie an. Die Flächen von ehemaligen Deponien werden nicht nur seit vielen Jahren zur Nutzung des Deponiegases in Blockheizkraftwerken genutzt,



Bild 66, Quelle: Breer

sondern bieten sich neben der Nutzung als Standort für PV-Anlagen ebenfalls besonders zur Errichtung von Windkraftanlagen an. 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 Anwohnern bezüglich Lärm und Schattenwurf relativ gering ist. Darüber hinaus stellen endverhüllte Deponien 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 ungenutztes Flächenpotenzial für PV-Anlagen.

Künftige Energieerzeugung und Power to X

Im Rahmen der Energiewende kommen langfristig auch neue Aufgaben auf die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen zu. Das mag zunächst verwundern, sind doch thermische Anlagen kraftwerksseitig relativ kleine Anlagen mit elektrischen Leistungen von 50 Megawatt. Klassische Kraftwerke, nuklear oder fossil betrieben, haben an einzelnen Standorten mehrere 1.000 Megawatt Leistung. Diese Kraftwerke liefern Systemdienstleistungen wie Grundlast, Regelleistung, Frequenzhaltung, Momentan-Reserve oder Versorgungswiederaufbau.

Durch den Atomausstieg bis 2022 und die Energiewende wird es jedoch spätestens ab 2050 keine solchen Großkraftwerke mehr geben. Dann werden die über 100 Verbrennungsanlagen für Hausmüll, Sondermüll, Klärschlamm oder Ersatzbrennstoffe auch für das Stromsystem von größerer Bedeutung sein. Die genannten Anlagen verfügen in der Regel über Turbinen und Generatoren, also rotierende Massen, und können daher einen Beitrag zur Systemstabilität der Netze leisten. Hinzu kommt, dass die Verbrennungsanlagen dezentral über Deutschland verteilt sind und damit bestens zur ebenfalls dezentral organisierten Energiewende passen. Zudem sind die Standorte etabliert, akzeptiert und verfügen über

erfahrenes Personal, so dass diese Standorte auch für neue Anlagen im Rahmen der Energiewende, zum Beispiel Speichereinrichtungen, attraktiv sein werden.

Ab 2050 basiert die Stromerzeugung weitgehend auf Wind und Sonne. Dieser regenerativ erzeugte Strom wird immer kostengünstiger. Neu gebaute Abfallverbrennungsanlagen, die alte Anlagen ersetzen, könnten daher auf die Verstromung und Kraft-Wärme-Kopplung verzichten und ausschließlich Wärme produzieren. Damit würde der Wasser-Dampf-Kreislauf anders gestaltet und die Kosten würden sinken.

Falls die Stromproduktion beibehalten wird bzw. mangels ausreichender Wärmeabnahme beibehalten werden muss, ergeben sich auch hier neue Optionen: Der erzeugte Strom aus den Thermischen Behandlungsanlagen, zumindest der Überschussstrom, könnte zur Produktion von Wasserstoff, Methan oder Methanol genutzt werden (Power to X). Diese chemischen Grundstoffe können gespeichert werden und sind mindestens zur Hälfte klimaneutral. Eine weitere Option besteht in der Abscheidung von Kohlendioxid aus den Rauchgasen und dessen Nutzung in der chemischen Industrie (Carbon, Capture and Use).

Eine fortschreitende Energiewende sowie strenge 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.²⁶

Insgesamt hat sich die Abfallwirtschaft in den letzten Jahren von der reinen Entsorgungs- zu einer Kreislauf- und Energiewirtschaft weiterentwickelt, die auch in Zukunft weiterhin in erheblichem Umfang zur Energiewende beitragen wird. Die Entsorgungsbetriebe produzieren ein Vielfaches an Energie im Vergleich zum eigenen Energieverbrauch für den Betrieb von Fahrzeugen, Anlagen oder die Unterhaltung von Gebäuden.

(26) Quelle: Faulstich, Martin: Interdependenzen zwischen Abfallwirtschaft und Energiewende. 15. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, 2017.



Die gemeinsame Mission für ein gutes Klima.

Durch den Transformationsprozess von der Abfallbeseitigung zur Kreislaufwirtschaft hat die Branche in der Vergangenheit bereits bedeutende Beiträge zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele geleistet. Sowohl die Anlagenhersteller als auch die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft verfolgen das ehrgeizige Ziel, durch den Einsatz neuer Technologien und Verfahren kontinuierlich für eine Reduzierung der Treibhausgase zu sorgen. Den Weg zeigen aktuelle und fundierte Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung.

..... (27) UBA: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2017 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2015, CLIMATE CHANGE 13/2017.

..... (28) BMUB: Klimaschutz in Zahlen-Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2016.

..... (29) Boston Consulting Group (BCG), 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.

..... (30) Durch die Produktion von 12,6 Millionen Tonnen Rohstahl auf Basis von Stahlschrott (Elektrostahlroute) spart die Stahlrecyclingwirtschaft beispielsweise rund 17 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr. Quelle: BDSV: Zukunft Stahlschrott-Ergebnisse der Fraunhofer UMSICHT-Studie zur Zukunft des Stahlschrotts. Düsseldorf 2016, S. 10.

Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz

Eine zentrale Herausforderung für die Politik im 21. Jahrhundert stellt die Bekämpfung des Klimawandels dar. Treibhausgase, die überwiegend auch durch menschliche Aktivitäten erzeugt werden, tragen zur Erderwärmung bei und verändern das Klima mit immer schwerwiegenderen Folgen für Mensch, Umwelt und Wirtschaft. Deutschland strebt bis 2020 eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 40 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 an, bis 2050 soll die Minderung bereits 80 % bis 95 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 betragen. Dies erfordert zwangsläufig gemeinschaftliche Anstrengungen aller gesellschaftlichen Gruppen, an denen sich auch die Kreislaufwirtschaft beteiligen muss und wird.

Keine einheitliche Bilanzierung des Sektors „Kreislaufwirtschaft“

Gemäß dem aktuellen Nationalen Inventarbericht der Bundesregierung zum Deutschen Treibhausgasinventar gingen die Treibhausgasemissionen bundesweit insgesamt bis 2015 gegenüber 1990 um knapp 350 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und damit rund 28 % zurück.²⁷ Die deutlichste Minderung trat im Bereich der Abfallwirtschaft auf. So sanken die Emissionen im Sektor „Abfallwirtschaft und Sonstiges“, den die Kreislaufwirtschaft heute mit 95 % dominiert, von 38 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten in 1990 um 67 % auf nur noch 12 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2015.²⁸ Nach dieser Betrachtung weist die heutige Kreislaufwirtschaft nur noch einen Anteil von etwa 1 % an den Gesamtemissionen Deutschlands auf. Eine umfassende Analyse und Modellierung der künftigen Entwicklung der CO₂-Äquivalente im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) kommt zu dem

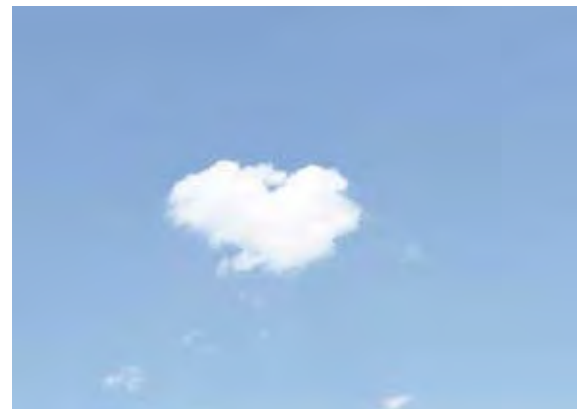


Bild 67, Quelle: Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e. V.

Ergebnis, dass bis zum Jahr 2050 mit einem weiteren Rückgang der Emissionen auf 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zu rechnen ist.²⁹

Allerdings werden im Sektor „Abfallwirtschaft“ nur die mechanisch-biologische Behandlung, die Kompostierung und die Deponierung erfasst. Weitere Be- und Entlastungen, die durch die Kreislaufwirtschaft entstehen, werden in anderen Sektoren bilanziert, beispielsweise in der Industrie, der Landwirtschaft, im Verkehr oder der Energieerzeugung³⁰. Eine aktuelle und umfassende Betrachtung der Wirkungen der Kreislaufwirtschaft auf den Klimaschutz liegt leider nicht vor.

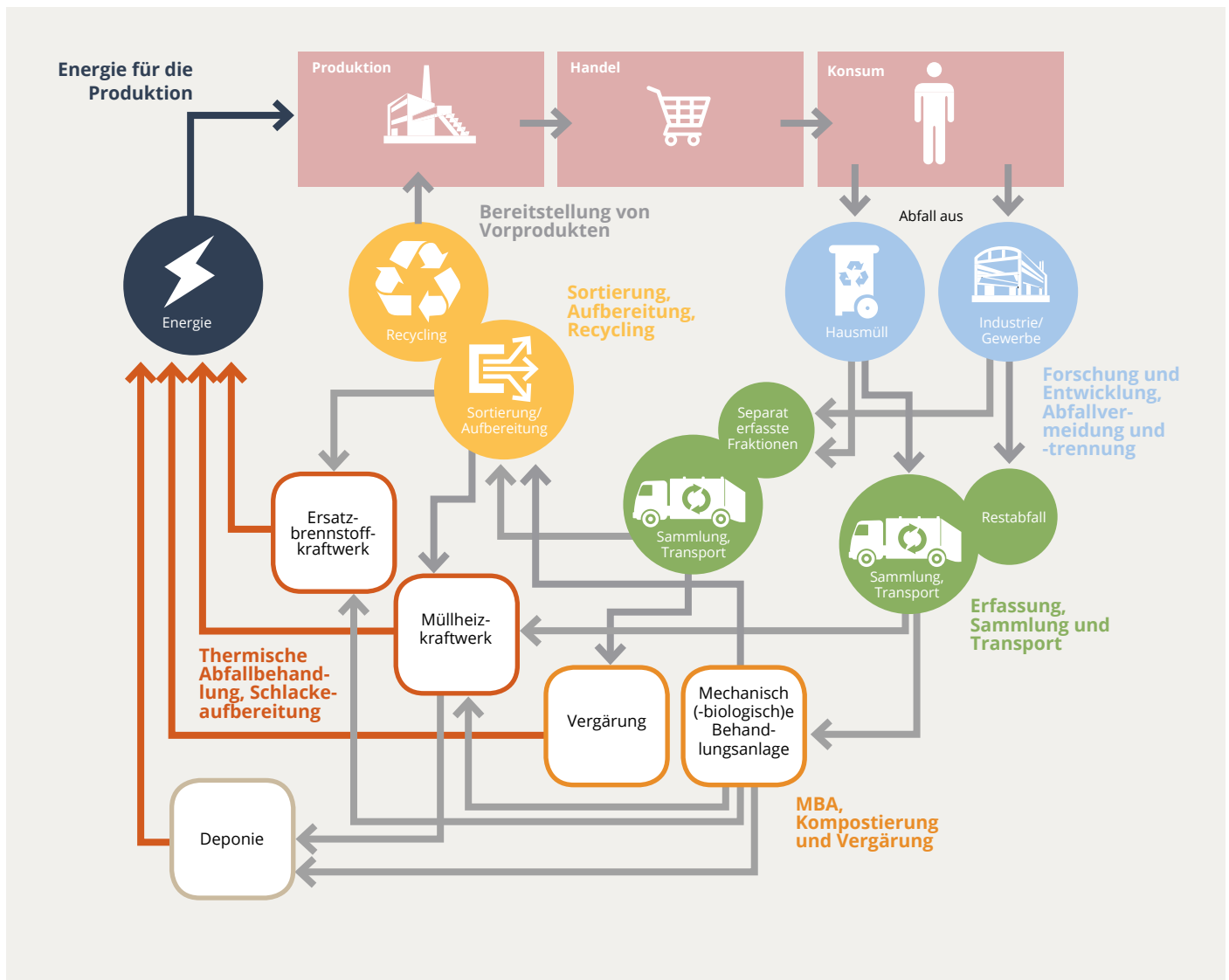
CO₂-relevante Wertschöpfungsstufen in der Kreislaufwirtschaft

Abb. 80, Quelle: Prognos AG

Ablagerungsverbot und stoffliche Verwertung

Die enorme Reduzierung der Treibhausgase im Bereich der Kreislaufwirtschaft ist fast ausschließlich auf Maßnahmen zurückzuführen, die die Freisetzung von Methan aus Abfalldeponien minimiert haben. 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.

Heute tragen insbesondere die stoffliche und die energetische Verwertung von Abfällen 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 energetische Ressourcen und deren Emissionen einsparen.

Energetische Verwertung

Durch die energetische Verwertung der nicht stofflich verwertbaren Abfälle lassen sich in hohem Maße fossile Energieträger ersetzen und damit ebenfalls in hohem Maße Treibhausgase vermeiden. So erfolgt heute eine umfassende energetische Nutzung des Restabfalls in den thermischen Abfallbehandlungsanlagen. Nach dem aktuellen Jahresbericht der ITAD wurden durch die Mitgliedsanlagen (inklusive des Metallrecyclings) im Jahr 2016 insgesamt im Saldo circa 7,25 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente vermieden.³¹ Darüber hinaus werden aus Restabfällen, Sortierresten sowie Produktionsabfällen Ersatzbrennstoffe erzeugt und in Zement- und Kraftwerken eingesetzt. Altholz, das zu großen Teilen nicht für eine stoffliche Verwertung geeignet ist, wird in Biomassekraftwerken energetisch verwertet.

(31) ITAD e. V.: Jahresbericht 2015/2016; S. 48 und 49

Im Bereich der energetischen Abfallverwertung ist eine weitere Optimierung vor allem durch die Steigerung der Wirkungsgrade zu erreichen. So ist bei den thermischen Abfallbehandlungsanlagen neben dem elektrischen Wirkungsgrad insbesondere eine Steigerung der Wärmenutzung möglich. Mit der zunehmenden „Dekarbonisierung“ der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien sinken die Emissionen an CO₂-Äquivalenten im Sektor Energie. Somit sinkt zwangsläufig auch der Beitrag der energetischen Nutzung aus Abfällen zum Klimaschutz, da zunehmend weniger fossile Energieträger von klimafreundlichen Abfallfraktionen verdrängt werden.

Beispiel Erfassung: Einsatz von Halbunterflur- und Vollunterflurbehältern in Duisburg-Ungelsheim³³

Durch die Umstellung der regulären Abfallbehälter auf Halbunterflurbehälter können CO₂-Emissionen vermieden werden. Allein die Umstellung von der bisherigen Papierbündelsammlung auf die Altpapiersammlung über Halbunterflurbehälter lässt eine größere Menge an getrennt erfasstem Papier von etwa 10 kg/(E*a) erwarten. Durch dessen stoffliche Verwertung können im Vergleich zur Verbrennung mit dem Restabfall jährlich ca. 7 kg CO₂-Äquivalente bezogen auf jeden an das System angeschlossenen Einwohner vermieden werden. Bezogen auf die Immobilien der Wohnungsgesellschaft Rheinwohnungsbau GmbH in Ungelsheim sind dies jährlich etwa 9.000 kg CO₂-Äquivalente.

Klimaschutzpotenziale bestehen im gesamten Prozess

Beispiel Forschung und Entwicklung: :metabolon – Kompetenzzentrum für Ressourcenmanagement³²

Neben dem effizienteren Einsatz von Ressourcen ist auch die absolute Verringerung des Ressourcenverbrauchs unbedingt notwendig. Grundlagen dafür liefern F&E-Projekte in der Kreislaufwirtschaft, wie sie beispielsweise auf dem :metabolon durchgeführt werden. Hier beschäftigt man sich mit innovativen Verfahren zur stofflichen und energetischen Verwertung von Rest- und Abfallstoffen, wobei das übergeordnete Ziel das Schließen von Stoffkreisläufen ist. So wird auch die Idee der „zirkulären Wertschöpfung“ umgesetzt. Mit diesem Ansatz steht die gesamtheitliche Betrachtung von Prozessketten zur stofflichen und energetischen Verwertung von Rest- und Abfallstoffen im Fokus der Forschung.



Bild 68, Quelle: Lobbe

Beispiel Sortierung: Wertstoffaufbereitungsanlage (WAA) in Iserlohn³⁴

Die WAA sortiert die Materialien des Gelben Sacks nach Größe, Gewicht und Art der Materialien. Nah-Infrarot-Technik (NIR) sorgt dafür, dass die Kunststoffe genau unterschieden werden. Durch die ausgefeilte Sortiertechnik können verschiedenste Materialien wie Nichteisen- und Eisenmetalle, Kunststoffe, Papier, Pappe und Kartonagen voneinander getrennt und nach der Aufbereitung zu Sekundärrohstoffen für die Industrie zur Verfügung gestellt werden. Die anschließende Wiederverwertung der Rohstoffe vermeidet nach Berechnungen für die einzelnen Stoffströme bei einem Durchsatz von rund 95.000 Tonnen pro Jahr rund 73.000 Tonnen CO₂.

→ (32) <http://www.bav-web.de/-metabolon/Forschung;http://leistungsschau.klimaexpo.nrw/projekte-vorreiter/metabolon.html#filter%5Binit%5D=0&filter%5Btags%5D%5B%5D=metabolon>



→ (33) <http://www.klimaexpo.nrw/presse/pressemitteilungen/pressemitteilungen-details/article/wirtschaftsbetriebe-duisburg-erhalten-ehrung-im-rahmen-der-klimaexponrw/>



→ (34) <http://leistungsschau.klimaexpo.nrw/projekte-vorreiter/WAA-Lobbe.html#filter%5Binit%5D=0&filter%5Btags%5D%5B%5D=Lobbe>



**Beispiel Recycling:
industrielles Recycling am Standort Lünen³⁵**

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 Binde- sowie Weißmittel gewonnen. Ein Teil des in der Alumin-Anlage 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 CO₂-Äquivalenten 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 CO₂-Äquivalente pro Jahr. Allerdings kann nicht das gesamte angelieferte Grüngut recycelt werden. Das restliche Material wird jedoch energetisch für Biomassekraftwerke genutzt

und dient so als regenerativer Energieträger, der eine große Menge mit fossilen Rohstoffen erzeugten Stroms ersetzen kann – etwa 160.000 Megawattstunden pro Jahr.

Insgesamt werden im Lippewerk jährlich Treibhausgasemissionen in Höhe von fast 470.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten vermieden. Diese Menge an Treibhausgasen entspricht einem jährlichen CO₂-Ausstoß von ca. 50.000 Bürgerinnen und Bürgern durch die „normale“ Lebensführung.

Viele Investitionen in die Optimierung der Kreislaufwirtschaft führen gleichzeitig auch zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Emissionen an CO₂-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.³⁶

(35) http://leistungs-schau.klimaexpo.nrw/projekte-vorreiter/kreislaufwirtschaft_luenen.html#filter%5Bbit%5D=0&filter%5B



(36) Der Verein „Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft e. V.“ ist eine übergreifende Initiative von Verbänden, Unternehmen und weiteren Akteuren der Kreislaufwirtschaft: <http://www.klima-kreislaufwirtschaft.de/>



Die Leistungen und Produkte des Lippewerks in der Übersicht

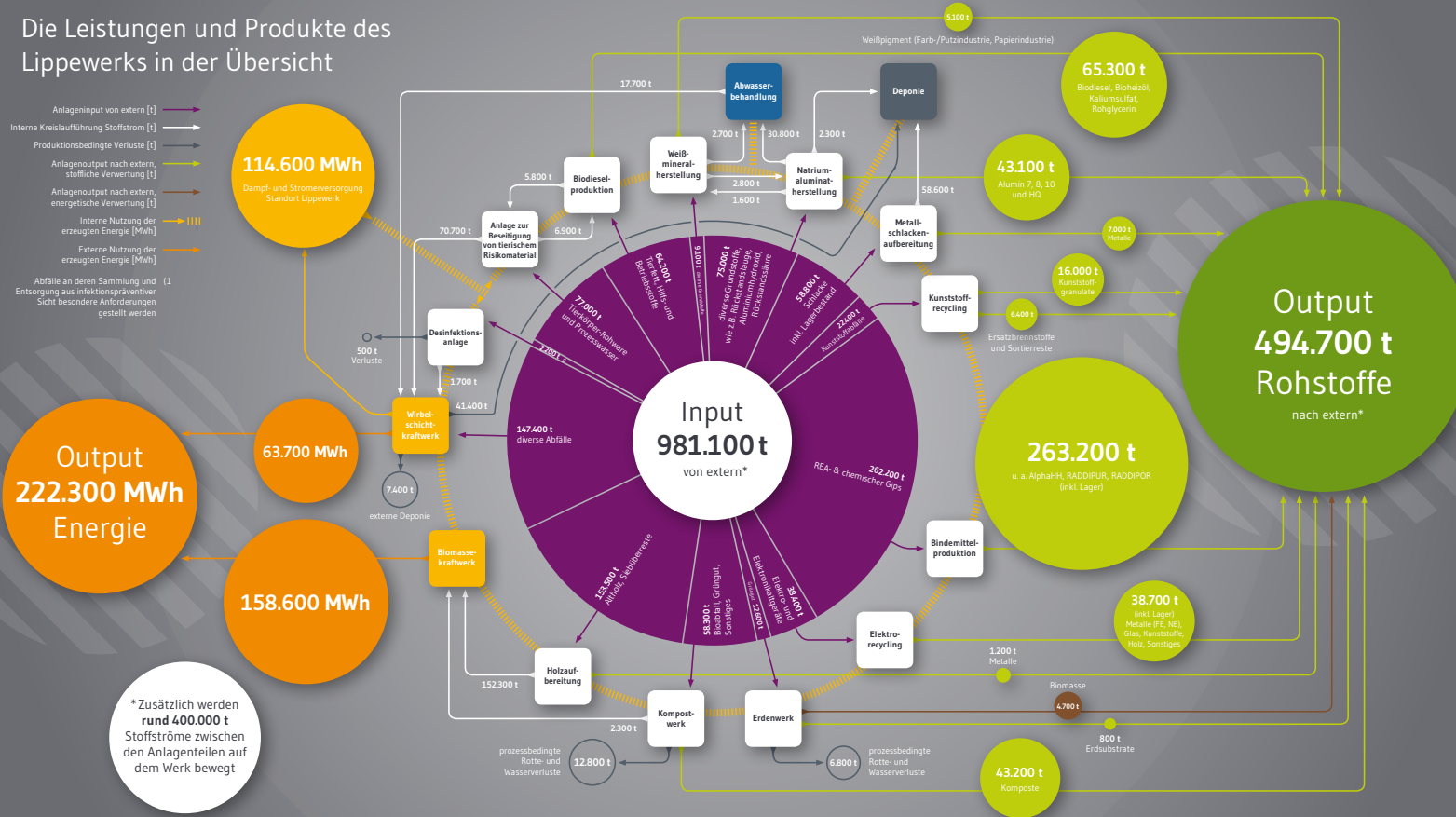


Abb. 81, Quelle: REMONDIS SE

Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Wandel in Europa.

Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Kreislaufwirtschaft sind die europäischen Staaten unterschiedlich weit vorangeschritten. Vielfach werden in Europa unvorbehandelte Siedlungs- und Industrieabfälle noch deponiert, ein Verfahren, das in Deutschland bereits seit dem Jahr 2005 untersagt ist. Darum nimmt die deutsche Kreislaufwirtschaft schon seit vielen Jahren eine technologische Vorreiterrolle in Europa ein und verfügt über wichtiges Know-how für die Erreichung der europäischen Ziele zum Ressourcen- und Klimaschutz.

4.5.1 Aktuelle abfallpolitische Zielsetzungen der EU

Die EU-Abfallpolitik hat eine lange Tradition, war jedoch in den Anfangsjahren eher auf eine die Umweltbelastungen reduzierende Abfallbewirtschaftung ausgerichtet. 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 nützlicher Rohstoff- und Energielieferant stärker in den Mittelpunkt ihrer Abfallpolitik zu stellen. Die EU-Abfallpolitik hat sich auf Basis des Lebenszyklus-Ansatzes nach und nach mit der umweltverträglichen Entsorgung von Stoffströmen befasst. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen ist sie bemüht, die Abfallpolitik stärker mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Einklang zu bringen. Die Transformation der europäischen Abfallwirtschaft in den Schlüsselbereich des europäischen Ressourcenschutzes ist ein wichtiges Ziel der Europäischen Kommission, des Rates und auch des EU-Parlaments.

Die Modernisierung der europäischen Abfallstrategie durch die neue Abfallrahmenrichtlinie war daher bereits ein bedeutender Baustein, um in allen EU-Mitgliedstaaten die Anstrengungen für einen schnellen Wandel in Richtung einer ressourcenschonenden Gesellschaft zu verstärken. Ein stärkerer Fokus wurde zudem auf die Abfallvermeidung gelegt.

Im Dezember 2015 ist die Kommission einen Schritt weiter gegangen und hat einen Vorschlag für einen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft sowie die Änderung ausgewählter Rechtsakte wie der Abfallrahmenrichtlinie, der Deponierichtlinie, der Richtlinie über

Verpackungen und Verpackungsabfälle sowie der Richtlinien über Altfahrzeuge, über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Alttakkumulatoren sowie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte unterbreitet. Im Dezember 2017 haben sich der Europäische Ministerrat, Vertreter des Europäischen Parlaments und der EU-Kommission auf zentrale Punkte des Kreislaufwirtschaftspaketes³⁷ geeinigt, dessen Bestandteil auch das Abfallpaket ist. Am 18. April hat das Plenum des Europäischen Parlaments das EU-Kreislaufwirtschaftspaket in erster Lesung verabschiedet.

Zu den zentralen Punkten im Bereich der Abfallwirtschaft zählen insbesondere:

- ▶ Die Festlegung von Recyclingquoten für Siedlungsabfälle auf 55 % bis 2025, 60 % bis 2030 bzw. 65 % bis 2035. Dabei können Mitgliedsstaaten, die im Jahr 2013 eine Recyclingrate von unter 20 % bzw. eine Deponierungsrate von über 60 % aufwiesen, Übergangsfristen von bis zu fünf Jahren und Abweichungen von 5 % für die Recyclingziele in Anspruch nehmen.
- ▶ Die Festlegung von Recyclingquoten für Verpackungen von 65 % bis 2025 bzw. 70 % bis 2030; Übergangsfristen sind auch hier möglich, aber das Recycling von Glas und Papier darf 60 % nicht unterschreiten. Kunststoffverpackungen sind bis 2025 zu 50 % und bis 2030 zu 55 % zu recyceln.
- ▶ Die Festlegung von verbindlichen Zielvorgaben für die Begrenzung der Deponierung von Siedlungsabfällen auf 10 % bis zum Jahr 2035, wobei Mitgliedsstaaten, die 2013 mehr als 60 % deponierten, die Möglichkeit einer Fristverlängerung um fünf Jahre erhalten sollen.

(37) http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm



Anteil der Entsorgungswege am Siedlungsabfallaufkommen 2016

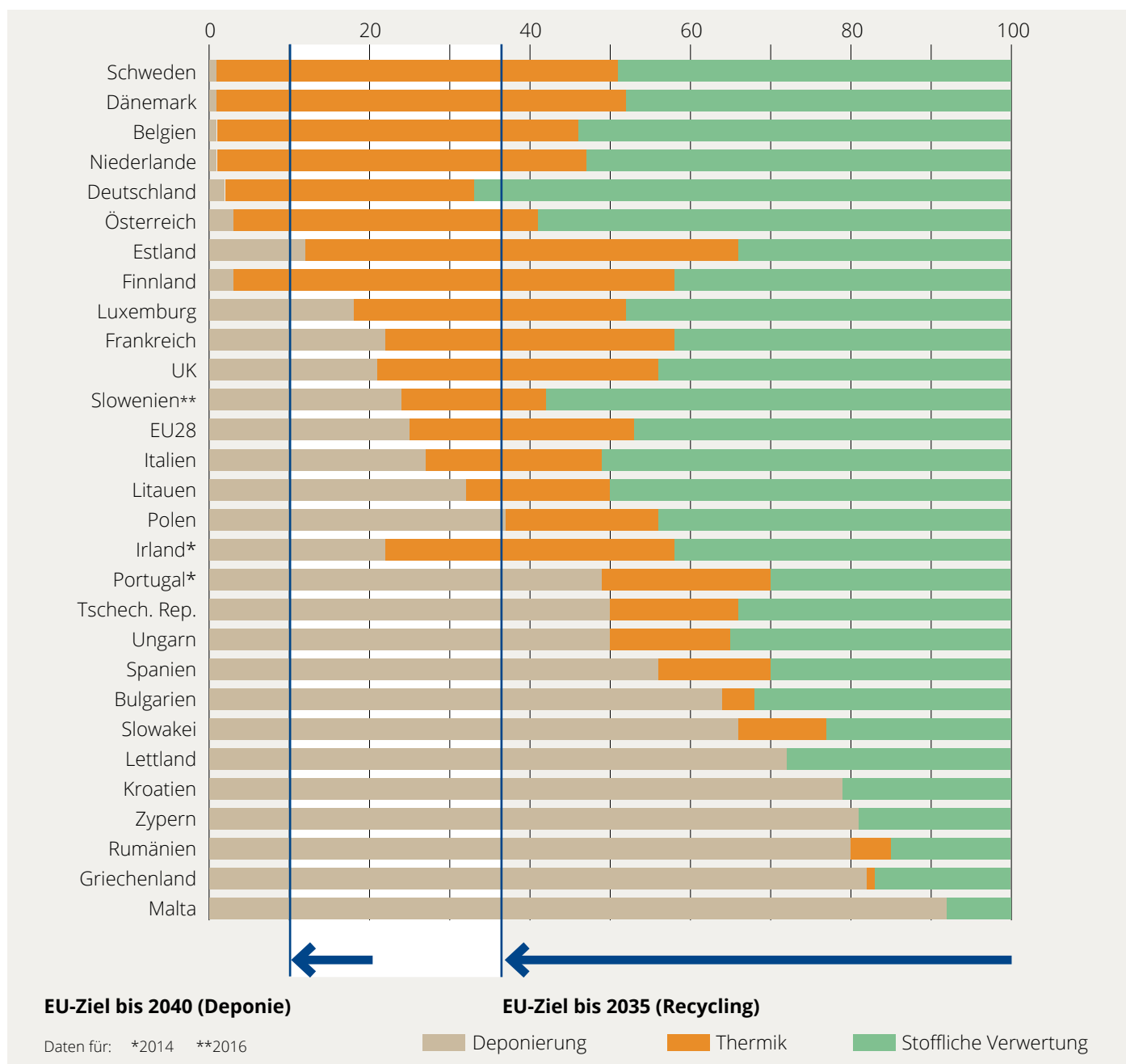


Abb. 82, Quelle: Eurostat, nach Treder, M.: Die GewAbfV aus Sicht der „Verbrenner“. Vortrag auf dem ASA-Thementag am 27. Februar 2018 in Münster.

- ▶ Ein Deponierungsverbot für getrennt gesammelte Abfälle.
- ▶ Die Festschreibung der verpflichtenden Separaterfassung für Bioabfälle ab 2024 sowie gefährliche Haushaltsabfälle, Textilien und Altöle ab 2025.
- ▶ Die konsequentere Umsetzung der Abfallhierarchie durch wirtschaftliche Instrumente und zusätzliche Maßnahmen mit dem Ziel, die Entstehung von Abfällen zu vermeiden.
- ▶ Die Formulierung von Mindestanforderungen an die Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung.
- ▶ Die Vereinheitlichung der Methoden zur Berechnung der Recyclingquoten.

Eine Veröffentlichung des Kreislaufwirtschaftspaketes wird noch im Jahr 2018 erwartet. Danach haben die Mitgliedstaaten zwei Jahre Zeit, um die Regelungen in nationales Recht umzusetzen.

Viele Verbände der Kreislaufwirtschaft kritisieren jedoch insbesondere die langen Übergangsfristen bei der Deponierung. Einige Länder können demnach noch bis 2040 ihre Siedlungsabfälle deponieren, das heißt nach Auffassung einiger Verbände, es passiert bis dahin nicht genug, um den Ressourcenschutz voranzubringen. Auch in Deutschland gab es gravierende Marktverwerfungen erst im Jahr 2005, als das Ablagerungsverbot für unvorbehandelte Siedlungsabfälle in Kraft trat.

4.5.2 Stand der Kreislaufwirtschaft in den anderen EU-Staaten

Gesamtabfallaufkommen

Auf dem Weg zu einer gemeinsamen Kreislaufwirtschaft sind die einzelnen Staaten unterschiedlich weit vorangeschritten. Vielfach ist die Deponierung von Abfällen aber noch der dominierende Entsorgungsweg.

In den 28 EU-Mitgliedsstaaten wurden im Jahr 2014 rund 2,5 Milliarden Tonnen³⁸ an Abfällen aus unterschiedlichen Herkunftsbereichen erzeugt und entsorgt. Umgerechnet auf die Zahl der Einwohner betrug das Aufkommen durchschnittlich 4,9 Tonnen je Einwohner und Jahr. 871 Millionen Tonnen (34,7 % des Gesamtaufkommens) entfielen auf den Baubereich und 704 Millionen Tonnen (28,1 %) auf den Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden. Dies sind zu einem großen Teil mineralische Abfälle. Im verarbeitenden Gewerbe entstanden rund 256 Millionen Tonnen (10,2 %) an Abfällen. Der Anteil der gefährlichen Abfälle betrug 95,5 Millionen Tonnen, das entspricht rund 188 Kilogramm je Einwohner und Jahr.

Das genaue unter Berücksichtigung von Importen und Exporten in den EU-Mitgliedstaaten behandelte Abfallaufkommen ist nicht bekannt, da ausgewählte Entsorgungs- und Behandlungsverfahren von der Berichtspflicht an Eurostat ausgenommen wurden.

Ausgehend von den berichtspflichtigen 2,3 Milliarden Tonnen behandelten Abfällen im Jahr 2014, wurden 47 % europaweit noch deponiert, weitere 10,2 % verfüllt. Der Anteil der thermisch behandelten Abfälle betrug 4,7 %. Der Recyclinganteil lag bei 36,2 %. Zwischen den einzelnen Mitgliedstaaten bestehen jedoch weiterhin große Unterschiede.

Entsorgung von Siedlungsabfällen im Wandel

In den 28 EU-Mitgliedstaaten wurden im Jahr 2016 insgesamt 246 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle (Abfälle aus Haushalten plus hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) erzeugt. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Mittelwert von 482 kg. Zwischen den EU-Mitgliedstaaten bestehen jedoch deutliche Unterschiede. So lag das einwohnerspezifische Aufkommen in Dänemark mit 777 kg am höchsten, gefolgt von Malta und Zypern mit 627 bzw. 640 kg. Das geringste einwohnerspezifische Aufkommen hatte Rumänien mit 261 kg. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass die Definition von „Siedlungsabfällen“ zwischen den Mitgliedstaaten variiert, so dass die Mengenangaben nur eine Orientierung darstellen. Hierzu trägt auch der Umstand bei, dass nicht unerhebliche Abfallmengen in Europa nicht ordnungsgemäß, sondern beispielsweise in Gruben illegal entsorgt werden und damit auch nicht statistisch erfasst werden können.

In allen EU-Mitgliedstaaten zusammen wurden 30 % der Abfälle recycelt, 17 % wurden biologisch und 28 % thermisch verwertet oder verbrannt. Damit zeigt sich, dass in Europa immer noch ein Viertel aller Siedlungsabfälle deponiert wird.

Auf den ersten Blick sind in den vergangenen Jahren bereits deutliche Erfolge bei der Abkehr von der Deponierung erzielt worden: Im Jahr 2005 wurde noch fast die Hälfte aller Abfälle deponiert und fünf Jahre später lag der Anteil mit fast 40 % schon um zehn Prozentpunkte geringer. Diese Erfolge können jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass es zwischen den Mitgliedsstaaten noch deutliche Unterschiede gibt. Während in Deutschland, den Niederlanden, Belgien, Dänemark oder Schweden der Anteil der Deponierung von Siedlungsabfällen zwischen 0 % und 1 % liegt,³⁹ gibt es nach wie vor Länder, in denen Siedlungsabfälle in erster Linie deponiert werden. So lag der Anteil der Deponierung in Griechenland bei 82 %, in Zypern bei 81 % und in Rumänien bei 80 %.

Die Abkehr von der Deponiewirtschaft zu einem System der stofflichen und energetischen Verwertung der Ressourcen erfordert den zeitnahen Aufbau von leistungsfähigen Infrastrukturen in fast allen Ländern Europas, den die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft in Deutschland sowohl technisch mit ausgereiften Verfahren und Anlagen als auch organisatorisch mit den Erfahrungen aus dem langjährigen Management von Stoffströmen und dem Betrieb von Anlagen unterstützen können.

Im Rahmen einer europäischen Arbeitsteilung wäre es aus Gründen der Klima- und Ressourcenschonung sinnvoll, die Abfälle aus bestimmten Mitgliedstaaten mindestens für den Zeitraum des Aufbaus eigener Infrastrukturen in Deutschland oder in Mitgliedstaaten mit ähnlich guten Voraussetzungen hochwertig stofflich und energetisch zu verwerten, statt sie weiterhin zu deponieren. Dies gilt, solange Kapazitäten für ausländischen Abfall zur Verfügung stehen.⁴⁰

Ziel innerhalb der EU muss es daher sein, den hocheffizienten Anlagenpark für die stoffliche und energetische Verwertung sinnvoll auszulasten. Hierbei sind auch Modelle denkbar, in denen sich ein Mitgliedsstaat dafür entscheidet, verstärkt in die Getrennthaltung und Vorsortierung von Abfällen zu investieren, aber keinen thermischen Anlagenpark aufzubauen und sich stattdessen der Kapazitäten im Ausland zu bedienen.

Im Jahr 2015 wurden insgesamt 19,3 Millionen Tonnen notifizierungspflichtiger Abfälle aus den EU-Mitgliedstaaten exportiert. Der Anteil der gefährlichen Abfälle an den Exporten betrug 6,1 Millionen Tonnen, die zu 92 % in anderen EU-Mitgliedstaaten recycelt, thermisch behandelt bzw. sicher beseitigt wurden.

→ (38) Eurostat, Aufkommen und Behandlung von Siedlungsabfällen [env_wasmun], Version vom 25.02.2018.

→ (39) Ohne die Ablagerung von Outputmen- gen aus den MBA.

→ (40) Siehe hierzu u. a.: VKU: Stellungnahme zum Maßnahmenpaket der EU-Kommission zur Europäischen Kreislaufwirtschaft. Brüssel, Februar 2016.

Siedlungsabfallaufkommen 2016 (in kg je Einwohner)

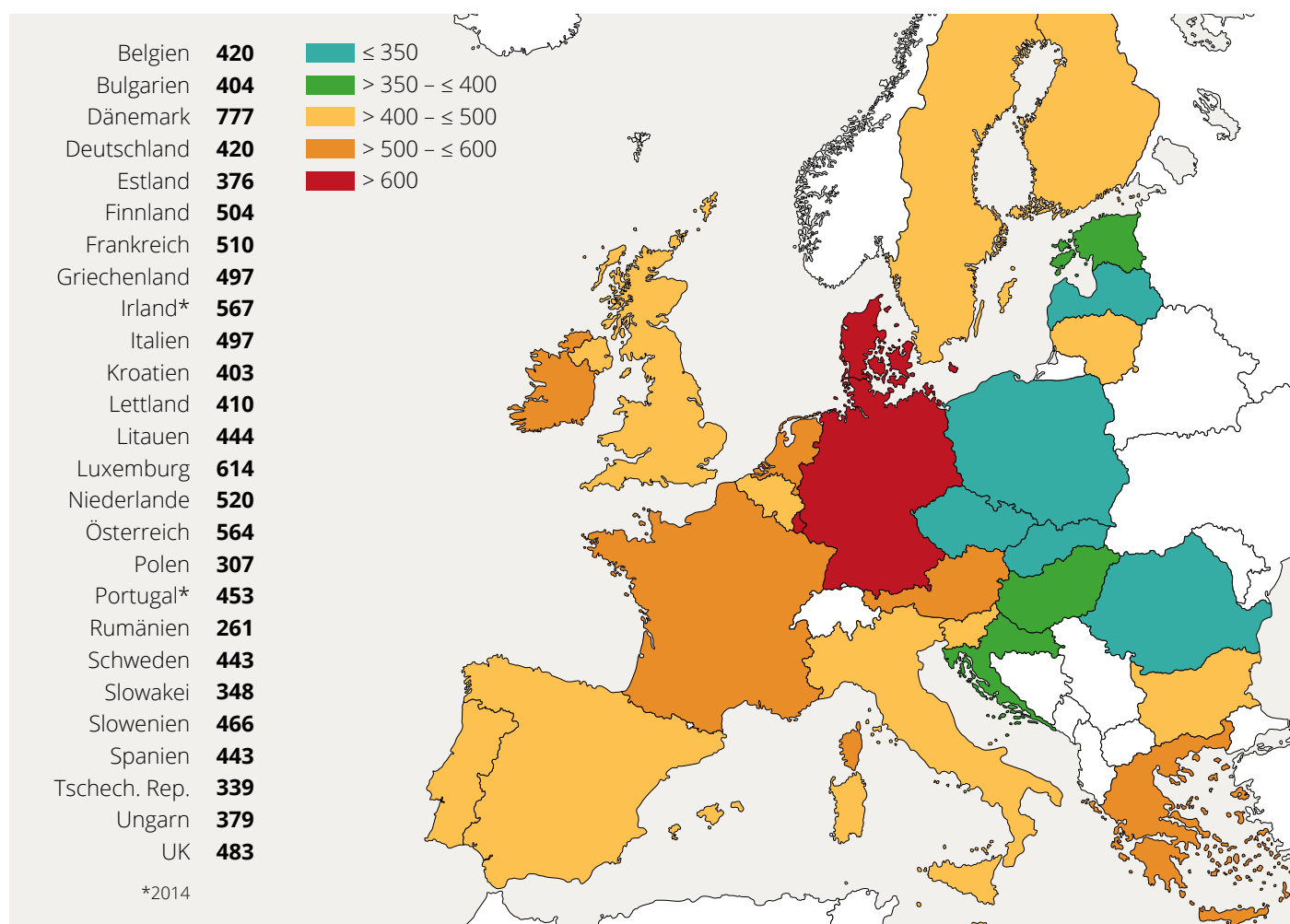


Abb. 83, Quelle: Eurostat, Aufkommen und Behandlung von Siedlungsabfällen [env_wasmun], Version vom 25.02.2018

Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen

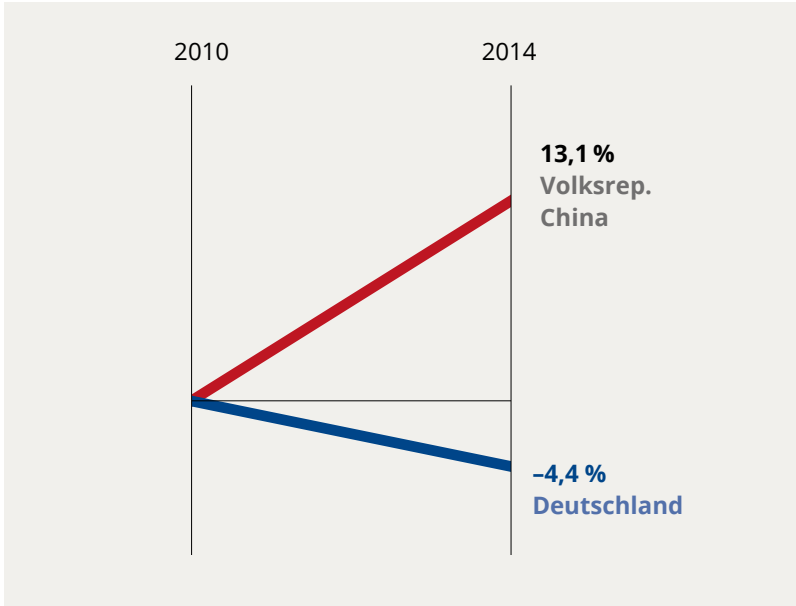
Die europaweiten Emissionen aus der Abfallwirtschaft machten im Jahr 1990 mit 241 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten noch einen Anteil von 4,4 % an den Gesamtemissionen aus.⁴¹ Durch die schrittweise Abkehr von der Deponierung, zunehmendes Recycling sowie die Herstellung von Energie aus Abfällen konnten die klimaschädlichen Treibhausgasemissionen bis 2015 bereits auf 139 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (3,5 % am Gesamtausstoß) reduziert werden. Das entspricht einem Rückgang um 42 %. Allerdings weisen die Entwicklungen zwischen den Mitgliedstaaten deutliche Unterschiede auf. Während die Niederlande, das Vereinigte Königreich und Deutschland einen Rückgang der Treibhausgasemissionen seit 1990 von mehr als 70 % verzeichneten, haben sich die Emissionen in Kroatien und Malta mehr als verdoppelt.

(41) Europäische Umweltagentur – European Environment Agency (EEA): EEA greenhouse gas - data viewer

Gut zu wissen:

Technik für die Kreislaufwirtschaft

Veränderung der Anteile der weltweit vergebenen Patente im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“ p. a.



150

Abfallsammelfahrzeuge fahren in Berlin mit selbsterzeugtem Biogas aus einer Vergärungsanlage

Treibhausgasemissionen im Sektor „Abfallwirtschaft und Sonstiges“

-67%

weniger CO₂-Äquivalente Emissionen 2015 im Vergleich zu 1990

Ausbildung im Segment „Technik für die Kreislaufwirtschaft“

18,2

Prozent der Erwerbstätigen haben einen akademischen Abschluss

Thermische Verwertung

51

Millionen Tonnen Abfälle werden jährlich thermisch verwertet

Durch das stoffliche Recycling eingesparte Menge an Primärenergie in Deutschland (Schätzung)

100 = 32

Millionen MWh

durchschnittlicher Stromverbrauch von 32 Mio. Haushalten

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten und Bereichen (2010–2016)

Marktsegment Bereich	Erwerbstätige gesamt			Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (SVB)			Geringfügig Beschäftigte (gfB)			Selbstständige (S)		
	2010	2016	p. a./%	2010	2016	p. a./%	2010	2016	p. a./%	2010	2016	p. a./%
Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung	77.715	85.081	▲ 1,5	68.222	75.691	▲ 1,7	6.932	6.943	0,0	2.562	2.448	▼-0,8
Abfallsammlung und -transport	54.118	60.266	▲ 1,8	46.841	52.948	▲ 2,1	5.245	5.357	▲ 0,4	2.033	1.961	▼-0,6
Straßenreinigung	23.597	24.816	▲ 0,8	21.381	22.743	▲ 1,0	1.687	1.586	▼-1,0	529	487	▼-1,4
Abfallbehandlung und -verwertung	124.501	129.189	▲ 0,6	109.682	115.910	▲ 0,9	11.037	9.819	▼-1,9	3.782	3.460	▼-1,5
Stoffliche Verwertung	94.272	96.725	▲ 0,4	82.246	86.130	▲ 0,8	8.907	7.777	▼-2,2	3.119	2.818	▼-1,7
Energetische Verwertung	17.099	18.335	▲ 1,2	15.511	16.801	▲ 1,3	1.209	1.164	▼-0,6	379	369	▼-0,4
Abfallbeseitigung	13.130	14.129	▲ 1,2	11.925	12.979	▲ 1,4	921	879	▼-0,8	284	272	▼-0,7
Technik für die Abfallwirtschaft	53.085	54.928	▲ 0,6	48.955	50.704	▲ 0,6	2.840	2.925	▲ 0,5	1.290	1.299	▲ 0,1
Fahrzeugtechnik	5.512	5.757	▲ 0,7	5.451	5.683	▲ 0,7	48	61	▲ 4,0	13	13	▲ 0,2
Sammel- und Transportbehälter	6.226	6.617	▲ 1,0	5.622	6.049	▲ 1,2	477	440	▼-1,3	127	128	▲ 0,1
Anlagentechnik	37.886	38.507	▲ 0,3	34.964	35.498	▲ 0,3	1.944	1.997	▲ 0,4	977	1.012	▲ 0,6
Sonstiges (F&E, Untersuchungen, Abdeckungen)	3.461	4.048	▲ 2,6	2.917	3.474	▲ 3,0	371	428	▲ 2,4	173	146	▼-2,8
Großhandel mit Altmaterialien	22.002	20.893	▼-0,5	15.180	14.516	▼-0,7	3.144	3.008	▼-0,7	3.678	3.369	▼-1,5
Kreislaufwirtschaft gesamt	277.303	290.091	▲ 0,8	242.038	256.821	▲ 1,0	23.953	22.695	▼-0,9	11.312	10.575	▼-1,1

Abb. 84, Quelle: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen, Stichtag: 30. Juni 2017, SVB – Tabelle II, eigene Berechnung und Darstellung

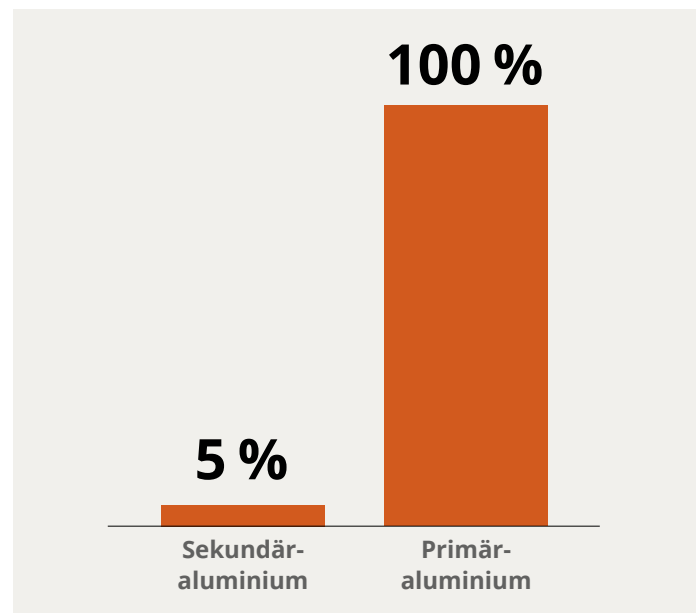
Geschätzter wirtschaftlicher Vorteil einer „Circular Economy“ in Europa bis 2030

1.800.000.000 Euro

PET-Rezyklatanteil bei der Produktion von Kunststoff-Flaschen des Unternehmens Frosch



Energiemenge zur Erzeugung von Aluminium



5

Kreislaufwirtschaft im Wandel – Weichen für die Zukunft.

Für viele gesellschaftliche Fragestellungen und Herausforderungen liefert die Kreislaufwirtschaft wichtige Lösungen und Beiträge: Sichere Arbeitsplätze für unterschiedlichste Qualifikationen, Schonung der natürlichen Ressourcen und des Klimas, kontinuierliche Innovationen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus und damit nachfolgend auf allen Stufen der Wertschöpfung, Internationalisierung und Export von Know-how und Produkten, Unterstützung der Energiewende, zunehmende Kreislaufführung von Wertstoffen zur Sicherung der nationalen Rohstoffversorgung – 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 in Deutschland unter anderem die Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung und der Klärschlammverordnung sowie neue rechtliche Rahmenbedingungen für die Wertstoffeffassung und die Verwertung beispielsweise von Altholz. Veränderungen in der Kreislaufwirtschaft werden aber nicht nur durch den Gesetzgeber induziert, sondern auch durch die Art, wie unsere Gesellschaft lebt, wohnt, arbeitet, konsumiert und wie sie ihre Werte definiert. Auch hieraus ergeben sich immer wieder neue Anforderungen an die Technik und die Organisation der Kreislaufwirtschaft.

Planungs- und Investitionssicherheit durch klare Rahmenbedingungen

Klare Rahmenbedingungen und Umsetzungszeiträume haben in der Vergangenheit zu bedeutenden Innovationen und zu einem grundlegenden Wandel der Verwertungs- und Entsorgungsstrukturen geführt. Klare Rahmenbedingungen sind auch für die Zukunft notwendig.

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft sind bereit, weitere Veränderungsprozesse mitzugestalten, zu organisieren und zu finanzieren. Die Qualität und der Umfang der stofflichen und energetischen Verwertung der Abfallmengen sind aber eng mit dem wirtschaftlichen Betrieb und damit der gesicherten Auslastung der Anlagen verbunden.

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 die Primärprodukte (Erdöl, Kupfer etc.) führen zu einer starken Volatilität der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Verwertung von Abfällen und den Einsatz von Sekundärrohstoffen.

Kein Kreislauf ohne die Bürger

Um ein hochwertiges Recycling zu ermöglichen, ist eine sortenreine Erfassung der Wertstoffe an der Anfallstelle, sei es in den Haushalten oder in Industrie und Gewerbe, unbedingte Voraussetzung, nicht zuletzt damit auch Stör- und Schadstoffe außerhalb der Kreisläufe bleiben. Dazu bedarf es aber 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.

Förderung des Recyclings verbessern

Zur Unterstützung der stofflichen und energetischen Verwertung sind von der Politik eindeutige Zielsetzungen erforderlich. Zu den Maßnahmen, das Recycling weiter zu fördern, gehört auch die Schaffung angemessener Rahmenbedingungen. Zu der Zielsetzung und Berechnung der sogenannten „Recyclingquote“, wie sie durch das aktuelle EU-Kreislaufwirtschaftspaket vorgegeben wird, werden derzeit auch Alternativen diskutiert. Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt arbeitet an der Entwicklung einer sogenannten „**Substitutionsquote**“. Diese gibt das Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf die eingesetzten Primärrohstoffe an. Die Einführung einer Substitutionsquote würde die Qualität des Gesamtsystems wesentlich transparenter machen und sichere Absatzmärkte für die Sekundärrohstoffe herbeiführen.

Allerdings setzt die Erfüllung einer Substitutionsquote eine enge Abstimmung zwischen Produzenten, Produktdesignern und Unternehmen der Recyclingwirtschaft über Qualitäten und Quantitäten voraus. Damit wäre aber auch ein wichtiger Schritt in Richtung Circular Economy getan, denn ohne ein hochwertiges Recycling ist eine Circular Economy nicht denkbar.

Dieses Ziel kann nur dann erreicht werden, wenn sichergestellt wird, dass

- ▶ für die steigende Menge an Wertstoffen und Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt geschaffen und
- ▶ die Qualität der Wertstoffe und Rezyklate Vorrang vor der reinen Quantität haben wird.

Die entscheidende Voraussetzung für den Erfolg aller nachgelagerten regulatorischen und technologischen Maßnahmen zur Verbesserung des Recyclings ist in erster Linie die Recyclingfähigkeit der Produkte und Verpackungen selbst. Zu den Maßnahmen, das Recycling weiter zu fördern, gehört es, schon bei der Produkt- oder Verpackungsentwicklung die Recyclingfähigkeit zwingend zu berücksichtigen. Durch das „**Design for Recycling**“ können ressourcenschonende Produkte entwickelt werden, die sowohl ökologische wie ökonomische Vorteile bieten.

Auch die öffentliche Hand kann zur Schaffung von Absatzmärkten für Recyclingprodukte einen wichtigen Beitrag leisten. Die Vergabepaxis der öffentlichen Hand wird der in § 45 Kreislaufwirtschaftsgesetz verankerten Verpflichtung, ihren Bedarf nach Möglichkeit auch verstärkt über Recyclingprodukte zu decken, immer noch nicht ausreichend gerecht. Insbesondere die Bundes-, Landes-, Kreis- und Kommunalbehörden sowie deren zugehörige Einrichtungen und Unternehmen müssen diese Verpflichtung ernst nehmen und sich dem „**Green Public Procurement**“,

dem umweltfreundlichen Beschaffungswesen, verpflichtet fühlen.

Erarbeitung einer nationalen Rohstoffstrategie

Das in den Behörden, Unternehmen, Initiativen und Forschungs- und Beratungseinrichtungen vorhandene Fachwissen zu Rohstoffwirtschaft und Ressourcenschutz sollte dazu genutzt werden, den erfolgreichen und differenzierten Rohstoffstrategien anderer Länder, wie beispielsweise China, eine eigene Rohstoffstrategie für Deutschland entgegenzusetzen. Die wichtigste Säule einer solchen Strategie muss das Recycling sein. Recycling geschieht in nationaler Verantwortung und stellt die Rohstoffe wieder zur Verfügung, die bereits in vielfältiger Form im Land vorhanden sind. Damit werden Importabhängigkeiten verringert, was für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland von existenzieller Bedeutung ist.

Den technologischen Vorsprung halten

Die Analysen in diesem Bericht haben deutlich gezeigt, dass der Anteil der weltweit vergebenen Patente in der Kreislaufwirtschaft ausgerechnet in den Hauptexportländern für deutsche Produkte und Sekundärrohstoffe steigt. Das muss zu denken geben und 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. Die Verbände der Kreislaufwirtschaft können an dieser Stelle wichtige Impulse geben und die Entwicklungen begleiten.

Einstellung der Deponierung notwendig

Je erfolgreicher die Kreislaufwirtschaft bei der Ressourcenschonung agiert, desto höher werden die Beiträge der Branche für die Energieversorgung, die Energiewende und den Klimaschutz sein. Eine wichtige klimarelevante Maßnahme wird für viele Staaten aber zunächst darin bestehen, die Deponierung einzustellen und die Deponien nach dem Stand der Technik zu ertüchtigen, inklusive Deponiegasnutzung. Die Verlängerung der europäischen Deponielaufzeiten bis zum Jahr 2040 ist an dieser Stelle allerdings kein gutes Signal gewesen.



Bild 70, Quelle: Thinkstock

Europäische Arbeitsteilung entwickeln

Unter den zehn Top-Handelspartnern für Produkte und Dienstleistungen in der Kreislaufwirtschaft sind acht europäische Staaten zu finden. Die Handelsverflechtungen nehmen ebenso zu wie der Austausch von Abfallmengen. Im nächsten Schritt muss es darum gehen, die hochwertigen Anlagen zur stofflichen und energetischen Verwertung in Europa grenzüberschreitend so lange zu nutzen, bis überall 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 Vorgehensweise.

Vor nicht allzu langer Zeit haben sich die Leistungen der Abfallwirtschaft noch auf das Sammeln, Transportieren und Deponieren von Abfällen konzentriert. Heute ist die Kreislaufwirtschaft ein System unterschiedlichster aufeinander abgestimmter Anlagen, Technologien und Dienstleistungen mit einer Vielzahl von Wertschöpfungsstufen. Der Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018 zeigt im Detail, wo die Branche heute steht und an welchen Stellen noch Handlungsbedarf zur Schließung der Stoffkreisläufe besteht. Angesichts der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Kreislaufwirtschaft muss der Dialog mit dem politischen Raum weiter ausgebaut werden. Vor diesem Hintergrund unterstreicht die erstmalige Zusammenarbeit von insgesamt neun Verbänden die Notwendigkeit, die Kreislaufwirtschaft als innovatives Gesamtsystem zu sehen, und den gemeinsamen Willen der Branche, die Weichen jetzt und zusammen mit Bürgern, Politik und Wirtschaft in die richtigen Richtungen zu stellen.



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.**

Altholzkategorien

Kategorisierung von Althölzern mit folgender Aufteilung:
Altholzkategorie A I: naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit fremden Stoffen verunreinigt wurde

Altholzkategorie A II: verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Holz 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 Holzschutzmittel behandeltes Holz

Altschrott

Schrott, der sich aus nicht mehr genutzten Verbrauchsgütern (Konsumgüterschrott) und Industriegütern zusammensetzt.*

Andienungspflicht

Gesetzliche Vorschrift, (bestimmte) Abfälle an den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger abzuführen (vgl. § 17 KrWG).

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 (zum Beispiel 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 unbelastete Böden
- **DK I** für Bauschutt, Böden, Schlacken (mineralische Abfälle)
- **DK II** für vorbehandelte Siedlungsabfälle
- **DK III** für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
- **DK IV** für Sonderabfälle (Untertageablagerung)*

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, der RKD Recycling Kontor Dual GmbH & Co. KG, der BellandVision GmbH, der Veolia Umweltservice Dual GmbH, der ELS Europäische Lizenzierungs-Systeme GmbH und der 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, zum Beispiel in Zementwerken, Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen.***

Ersatzbrennstoffe

Mittel- bzw. hochkalorisch aufbereitete Abfallstoffe, die durch Verbrennung Regelbrennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas bei der Produktion von Energie als Strom, Prozessdampf und/oder Fernwärme ersetzen können.****

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, der 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 Klärschlamm können wichtige Rohstoffe wie beispielsweise Phosphor zurückgewonnen werden. Er kann außerdem einer thermischen Verwertung zugeführt werden.****

Leichtverpackungen

Verpackungen, die sich überwiegend aus Kunststoffen, Metallen und Getränkekartons zusammensetzen.*

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, so dass keine mineralischen Abfälle oder nur geringe Mengen davon auf Deponien entsorgt werden.****

Mitverbrennung

Thermische Verwertung von überwiegend aufbereiteten heizwertreichen Abfallstoffen, beispielsweise in Kohlekraft- und Zementwerken.*

Monoverbrennung

Verwertung in Thermischen Abfallbehandlungsanlagen, wie Müllverbrennungsanlagen, Müllheizkraftwerken und Ersatzbrennstoffkraftwerken.*

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.*****

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.*****

Primärabfälle

Nicht aufbereiteter Abfall. Abfall in dem Status, in dem er sich zum Zeitpunkt seines Entstehens befindet.

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, das heißt 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.**

Rebound-Effekt

Effekt, der beschreibt, dass auf Grund 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.**

Rezyklat

Produkt eines Recyclingprozesses. Oberbegriff für
a) Mahlgut, b) Agglomerat bzw. Kompaktat,
c) Regranulat und d) Regenerat bzw. Compound.

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.**

Rohstoffliche Verwertung

Der Begriff bezeichnet die Zerstörung der Polymermatrix und die Verwendung der hierbei entstandenen Gase, Flüssigphasen, Öle, Festphasen und Kohlen in weiteren Prozessen.

Rotschlamm

Problematischer Reststoff aus der Gewinnung von Aluminiumerzen, der fachgerecht über viele Jahre gelagert werden muss.*

Schredderleichtfraktion

Schredderabfälle aus beispielsweise Kunststoffen, Gummi oder schadstoffhaltigen Gemischen, die nach der Abfallsortierung übrigbleiben.*

Schredderschwerfraktion

Schredderabfälle aus beispielsweise Aluminium, Kupfer oder Edelmetallen, die nach der Abfallsortierung übrigbleiben.*

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, zum Beispiel für Schadstoffe, verstanden.**

Spuckstoffe

Reststoffe, wie Metalle und Kunststoffe aus beispielsweise Büroklammern und Kunststoffhüllen, die in der Papierproduktion aus Altpapier nicht verwendet werden.

Stoffkreislauf

Bezeichnung für die kreislaufförmige Stoffbewegung in Ökosystemen, die den Stoffhaushalt ausmachen und aus Auf- und Abbauprozessen bestehen

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 eingesetzten Primärrohstoffe.*

Thermische Abfallbehandlung

Abfallbehandlung durch Verbrennung (Müllverbrennung), Vergasung oder Pyrolyse.***

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.“

Unterflursystem

Sammelsysteme, bei denen großvolumige Behälter teilweise oder ganz in den Untergrund eingelassen sind, so dass nur die Einwurfsäule oberirdisch sichtbar ist.*

Werkstoffliche Verwertung

Verwertung, bei der aus Sekundärrohstoffen neue Produkte (Rezyklate, Erzeugnisse) hergestellt werden. Diese Produkte sind dann für den Wirtschaftskreislauf wieder verfügbar.

* Prognos AG.

** Glossar zum Ressourcenschutz des Umweltbundesamtes 2012.

*** <https://www.umweltdatenbank.de/cms/>

**** www.umweltbundesamt.de

***** www.bmu.de

***** www.enargus.de: Abfall aus der Papierproduktion.

Abkürzungen

AbfG	Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen	MWh	Megawattstunde
AbfVerbrG	Abfallverbringungsgesetz	NE-Metalle	Nichteisen-Metalle
AEZ	Abfallentsorgungszentrum	NIRS	Nahinfrarot-Spektroskopie
AltfahrzeugV	Altfahrzeug-Verordnung	OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
AltholzV	Altholzverordnung	örE	Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
AöR	Anstalt des öffentlichen Rechts	PATSTAT	Worldwide Patent Statistical Database
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung	PPK	Papier, Pappe, Karton
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie	PPP	Public Private Partnership
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	ProgRess	Deutsches Ressourceneffizienzprogramm
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	RETech	German RETech Partnership
BWS	Bruttowertschöpfung	SAV	Sonderabfallverbrennungsanlage
CCU	Carbon Capture and Utilisation	TAB	Thermische Abfallbehandlungsanlage
CEC4Europe	Circular Economy Coalition for Europe	TASi	Technische Anleitung Siedlungsabfall
CES	Institute Center for Economic Studies	TWh	Terawattstunde
CFK	Carbonfaserverstärkte Kunststoffe	VBSA	Verband der Betreiber Schweizerischer Abfallverwertungsanlagen
CO₂	Kohlendioxid	VDI ZRE	VDI Zentrum Ressourceneffizienz
DNK	Deutscher Nachhaltigkeitskodex	VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
DK	Deponieklasse	VerpackV	Verpackungsverordnung
DSD	Duales System Deutschland	WA	Warenverzeichnis für den Außenhandel
EBS	Ersatzbrennstoff	WAA	Wertstoffaufbereitungsanlage
EBS-Kraftwerk	Ersatzbrennstoff-(Heiz-)Kraftwerk	WZ	Wirtschaftszweig
EdDE e. V.	Entsorgungsgemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft		
EEA	European Environment Agency		
EfbV	Entsorgungsfachbetriebeverordnung		
Fe-Metalle	Eisenmetalle	Bundesländer	
FEU	Öffentliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen	BB	Brandenburg
F&E	Forschung & Entwicklung	BE	Berlin
FÖJ	Freiwilliges Ökologisches Jahr	BW	Baden-Württemberg
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung	BY	Bayern
kg	Kilogramm	HB	Bremen
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz	HE	Hessen
KRU	Ressourcenkommission am Umweltbundesamt	HH	Hamburg
LINEG	Linksniederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft	MV	Mecklenburg-Vorpommern
LVP	Leichtverpackungen	NI	Niedersachsen
MGB	Müllgroßbehälter	NW	Nordrhein-Westfalen
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage	RP	Rheinland-Pfalz
MHKW	Müllheizkraftwerk	SH	Schleswig-Holstein
MVA	Müllverbrennungsanlage	SL	Saarland
		SN	Sachsen
		ST	Sachsen-Anhalt
		TH	Thüringen

Impressum/Adressen

Herausgeber

BDE – Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e. V.
Behrenstraße 29
10117 Berlin
Tel.: +49 30 5900335-0
info@bde.de
www.bde.de

ITAD – Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V.
Peter-Müller-Straße 16 a
40468 Düsseldorf
Tel.: +49 211 9367609-0
info@itad.de
www.itad.de

VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 6603-0
info@vdma.org
www.vdma.org

BDSV – Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V.
Berliner Allee 57
40212 Düsseldorf
Tel.: +49 211 828953-0
zentrale@bdsv.de
www.bdsv.org

PlasticsEurope Deutschland e. V.
Mainzer Landstraße 55
60329 Frankfurt am Main
Tel.: +49 69 2556-1303
info.de@plasticseurope.org
www.plasticseurope.org

VHI – Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V.
Schumannstraße 9
10117 Berlin
Tel.: +40 30 28091250
vhimail@vhi.de
www.vhi.de

bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.
Fränkische Straße 2
53229 Bonn
Tel.: +49 228 98849-0
info@bvse.de
www.bvse.de

VDM – Verband Deutscher Metallhändler e. V.
Hedemannstraße 13
10969 Berlin
Tel.: +49 30 2593738-0
vdm@vdm.berlin
www.vdm.berlin

VKU – Verband kommunaler Unternehmen e. V.
Invalidenstraße 91
10115 Berlin
Tel.: +49 30 58580-0
info@vku.de
www.vku.de

Bearbeitung

Prognos AG
Schwanenmarkt 21
40213 Düsseldorf
Tel.: +49 211 91316-110
info@prognos.com
www.prognos.com

Dr. Bärbel Birnstengel
Marieke Eckhardt
Arno Häusler
Dr. Jochen Hoffmeister
Alexander Labinsky
Jannis Lambert
Oliver Lühr
Nadja Schütz
Richard Simpson

INFA GmbH
Beckumer Straße 36
59229 Ahlen
Tel.: +49 2382 964-500
info@infa.de
www.infa.de

Dr. Gabriele Becker
Prof. Dr. Klaus Gellenbeck
Johanna Weppel

Wissenschaftliche Beratung

Prof. Dr. Martin Faulstich
Schwanenmarkt 21
40213 Düsseldorf
Tel.: +49 211 91316-165
institut@inzin.de
www.inzin.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
Steinweg 1
45527 Hattingen
Tel.: +49 2324 30733
ralfbreer@t-online.de

Druck

LUC GmbH
Ludgerstraße 13
59379 Selm

Gedruckt auf Circle Silk premium
100 % Recycling
FSC®-zertifiziert, EU-Ecolabel

Copyright 2018

