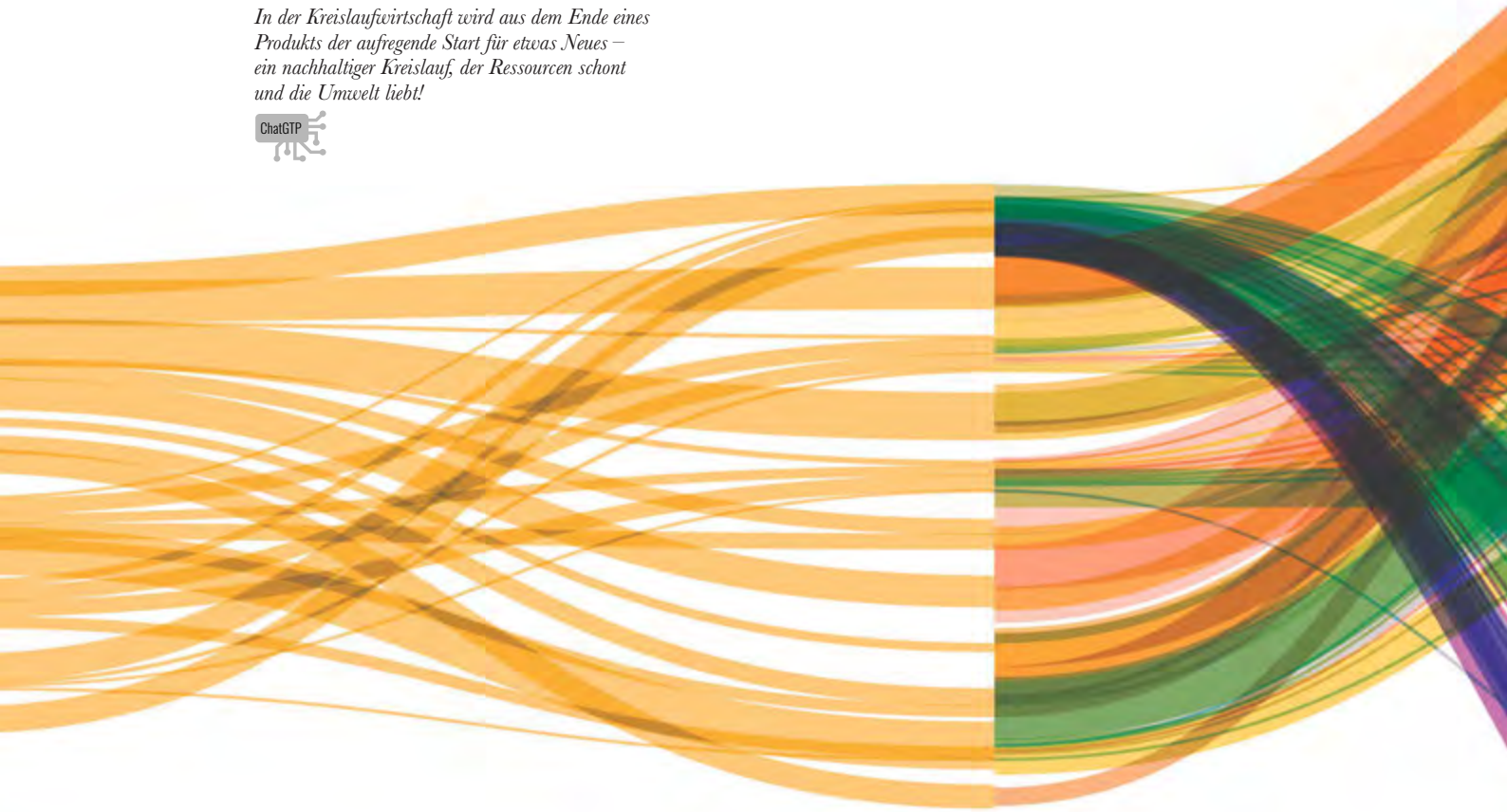
2024

Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft

In der Kreislaufwirtschaft wird aus dem Ende eines Produkts der aufregende Start für etwas Neues – ein nachhaltiger Kreislauf, der Ressourcen schont und die Umwelt liebt!

ChatGTP



Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft

2024

Kurzer Überblick.

Der vorliegende Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2024 beleuchtet zum dritten Mal nach 2018 und 2020 die Situation der deutschen Kreislaufwirtschaft. Seit der ersten Veröffentlichung im Mai des Jahres 2018 sind fast sechs Jahre vergangen. In diesem Zeitraum haben in Deutschland zwei Ereignisse für eine veränderte Sichtweise auf die Branche geführt: Zunächst die Corona-Krise, die nicht nur die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Branche, sondern auch ihre Systemrelevanz für die Funktionsfähigkeit des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens unter Beweis gestellt hat. In diesem Zusammenhang ist seit Anfang des Jahres 2020 auch das Ansehen der Abfallentsorgung und vor allem der beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Bevölkerung deutlich gestiegen.

Der Angriffskrieg auf die Ukraine hat vor Augen geführt, wie stark Deutschland von Energie- und Rohstoffimporten abhängig ist und wie schnell Störungen in den Lieferketten zu Problemen bei der Versorgung mit wichtigen Gütern führen können. Die Abfallwirtschaft kann sowohl durch die Kreislaufführung von Rohstoffen als auch durch die energetische Verwertung wichtige Beiträge zur Reduzierung dieser Abhängigkeiten leisten. Dazu liefert der vorliegende Statusbericht wichtige Informationen.

Die Kreislaufwirtschaft erlangt ferner auch in anderen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereichen eine zunehmende Bedeutung. Die Diskussionen um die Circular Economy als neue Wirtschaftsform zur Reduzierung des Ressourcenverbrauches führt nicht nur zu dem Ergebnis, dass die Kreislaufwirtschaft künftig die zentrale Rolle bei der Zurverfügungstellung von Rohstoffen für den Wirtschaftskreislauf zukommen wird. Veränderte Produkte und Produktionsweisen werden in Verbindung mit einem veränderten Konsumverhalten auch maßgeblich zur CO_2e-Reduzierung und zur Reduzierung des Rohstoffeinsatzes führen. Die Kreislaufwirtschaft wird somit in den kommenden Jahren zwangsläufig zu einem zunehmend wichtigeren Akteur des wirtschaftlichen Wandels werden. Dieser Herausforderung wird sich die Branche mit dem Anspruch stellen, den Wandel auch mitgestalten zu wollen.

Die Voraussetzungen der Kreislaufwirtschaft sind dafür nach wie vor gut: Hohe Investitionen in Personal und Technik verbessern kontinuierlich die Standards, etwa 315.000 qualifizierte und motivierte Beschäftigte arbeiten in 10.000 kommunalen und privaten Unternehmen auf allen Stufen der Wertschöpfung und erwirtschaften dabei einen Umsatz von rund 105 Mrd. € sowie eine Bruttowertschöpfung von fast 33 Mrd. €. Dies zeugt nicht nur vom Willen zur Veränderung, sondern auch von der Kraft zum Wandel.

Der vorliegende „Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2024“ informiert Politik und Wirtschaft, Medien und die interessierte Fachöffentlichkeit über derzeitige und künftige Aufgaben, Leistungen und Ziele der deutschen Kreislaufwirtschaft.

Der Statusbericht wurde von insgesamt 15 Verbänden, Vereinen und Unternehmen unterstützt und inhaltlich begleitet: ASA, BDE, BDSAV, BDSV, BRB, bvse, DGAW, InwesD, IGAM, ITAD, IFAT, VDMA, VDM, VHI und VKU. Die im Bericht dargestellten Daten und Informationen zeigen somit wieder ein aktuelles, umfassendes und breit abgestimmtes Bild der gesamten Aktivitäten der Kreislaufwirtschaft in Deutschland.

Dr. Andreas Bruckschen
Hauptgeschäftsführer

Vor dem Hintergrund der großen gesellschaftlichen Herausforderungen – Klimawandel, Energiewende, Rohstoffsicherung – ist die Weiterentwicklung hin zu einer echten Kreislaufwirtschaft längst überfällig. Dazu gehört ganz wesentlich die Umsetzung von hochwertigem Recycling, wofür es eines verstärkten Ausbaus der Sammelaktivitäten, mehr Investitionen in Recyclinganlagen und vor allem einer intensiven Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette bedarf. Besonders die Rezyklatmärkte müssen entwickelt werden, so dass die Wettbewerbsnachteile zu Primärrohstoffen ein Ende haben. Der Statusbericht zeigt das Potenzial unserer Branche. Um dieses Potenzial zu verwirklichen, brauchen wir entsprechende Rahmenbedingungen – klare Leitplanken für die Wirtschaft – zur Stärkung des Industriestandorts Deutschland.

BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Kreislaufwirtschaft e.V.

Henry Forster
Präsident

Eric Rehbock
Hauptgeschäftsführer

Unser Ziel ist ganz klar: Wir wollen die Transformation von der Abfallwirtschaft zur Kreislaufwirtschaft. Voraussetzung dafür ist ein konsequentes Design for Recycling. Damit Produkte, die nicht mehr benötigt werden, tatsächlich auch recycelt werden können. Wir benötigen aber vor allem höhere Recycling-Kapazitäten. Ohne einfachere und schnellere Genehmigungsverfahren für Recycling- und Entsorgungsanlagen wird das nicht gehen. Auch in diesem Bereich muss Deutschland schneller werden, damit Ressourcenschonung, Umwelt- und Klimaschutz, aber auch die sichere Versorgung der Industrie mit Rohstoffen gewährleistet werden kann. Eine nachhaltige Zukunft ohne Kreislaufwirtschaft wird nicht funktionieren.

bvse Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.

Dr. Ragnar Warnecke
Vorstandsvorsitzender

Dr. Bastian Wens
Geschäftsführer

Die Thermische Behandlung von Siedlungsabfällen ist in Deutschland seit langem flächendeckend etabliert und bleibt auch für die kommenden Jahrzehnte eine tragende Säule der modernen Kreislaufwirtschaft. Dabei tritt die Prüfung der CO_2-Abscheidung zunehmend in den Fokus der Betreiber. Wie aus dem Statusbericht hervorgeht, haben die thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TABs) bereits einen bedeutenden Beitrag zur Emissionsreduzierung in der Abfallwirtschaft geleistet und dabei unter sehr guter Energienutzung die erzeugten mineralischen und metallischen Recyclingmaterialien von Schadstoffen entfrachtet. Unter den richtigen rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen können TABs zudem den Zugriff auf Kohlenstoff in nicht recyclingfähigen Materialien und einen noch besseren Einsatz von mineralischem Recyclingmaterial gewährleisten. Dadurch können sie in Zukunft weiter in das Zentrum der Kreislaufwirtschaft rücken und damit die Circular-Economy umsetzen. Wir werden diese Entwicklungen weiterhin mit großem Engagement begleiten und unterstützen. Viel Freude beim Lesen!

ITAD Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.

Dieter Kersting
Vorstandsvorsitzender

HMV-Schlacke hat sich über Jahre als Ersatzbaustoff mit vielen Anwendungsgebieten etabliert und ist somit Teil einer gelebten Kreislaufwirtschaft. Der Einsatz von HMV-Schlacke trägt u.a. im Straßen-, Gewerbe- und Deponiebau zur Substitution wertvoller mineralischer Primärrohstoffe bei. Darüber hinaus werden bei der Aufbereitung von HMV-Schlacke wertvolle Recycling-Metalle gewonnen. In Zukunft soll aber noch mehr im Sinne einer hochwertigen Kreislaufführung möglich sein: aktuell zeichnen sich vielversprechende Einsatzmöglichkeiten als Zuschlagstoffe in der CO_2-intensiven Zementherstellung, aber auch als Gesteinskörnung in der Betonherstellung ab. Die Verwertung von HMV-Schlacke birgt somit auch ein erhebliches Treibhausgaseinsparpotenzial.

IGAM Interessengemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von Müllverbrennungsschlacken

Patrick Hasenkamp
Vizepräsident

Der Einsatz gegen Vermüllung und Littering und für eine höhere Lebensqualität ist ein wichtiger Beitrag gegen die Verschmutzung in den öffentlichen Räumen. Die kommunale Abfallwirtschaft ist aber auch der Treiber für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft. Es sind die kommunalen Entsorgungsunternehmen, die nicht nur zuverlässig für saubere Straßen und geleerte Abfallbehälter sorgen, sondern sie schaffen auch die Grundlage für effektives Recycling von Abfallströmen und dafür,dass die künftigen Anforderungen kommunaler Wärmepläne erfüllt werden. Mit Abfallberatung und Abfallvermeidungskampagnen sorgen sie flächendeckend für die Sensibilisierung der Öffentlichkeit. Die kommunalen Unternehmen haben über die Bürgerinnen und Bürger den Schlüssel zu den Rohstoffen aus den Abfallströmen in der Hand, deshalb ist ihre Rolle für die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie unverzichtbar. Wir sind hier auf einem guten Weg, wie der Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft zeigt, es bleibt aber noch viel zu tun.

VKU Verband kommunaler Unternehmen e.V.

Dr. Sarah Brückner
Geschäftsführerin

Michael Ludden
Vorstandsvorsitzender
VDMA Fachverband Abfall- und Recyclingtechnik

Die Abfall- und Recyclingtechnik ist Enabler der Kreislaufwirtschaft – indem sie die Technik bereitstellt, zum Beispiel beim Recycling von Kunststoffen, Batterien, Biomasse oder Metallen.Herausforderungen sind jedoch die Digitalisierung der Branche, der anhaltende Fachkräftemangel und die Behandlung neuer Stoffströme. Diese Punkte geht die Branche beherzt an und stärkt somit die Grundvoraussetzungen für eine zukunftsfähige Abfallwirtschaft.

VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V

Katrin Büscher
Geschäftsführender Vorstand

Thomas Grundmann
Vorstandsvorsitzender

Die Zukunft heißt Kreislaufwirtschaft! Als Kreislaufwirtschaft oder Circular Economy tragen wir Verantwortung. Dazu zählt nachhaltiges Wirtschaften - impliziert aber nicht nur umweltfreundliche Aktivitäten, sondern auch den Ressourcenverbrauch und Abfall zu minimieren und Materialien sowie Produkte möglichst lange im Kreislauf zu halten. Die stoffspezifische Abfallbehandlung ist daher Vorreiter auf dem Weg zum Ausbau alter und neuer Transformationspfade und trägt entschieden zum Branchenerfolg bei. Die Entwicklung vom Entsorger zum Rohstofflieferanten ist ein fortlaufender Prozess, bei dem es uns gelingt Klimaschutzpotenziale zu erschließen. In enger Kooperation aller Akteure setzen wir uns für verbindliche Regelungen und verlässliche Vorgaben auf dem Weg zu einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft ein.

ASA Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.

Michael Stoll
Vorstandsvorsitzender

Eine langfristig erfolgreiche und nachhaltige Kreislaufwirtschaft in Deutschland kann nur mit einer klugen Kreislaufführung des Stoffstroms Mineralik gelingen. Dies verdeutlichen auch die im neuen Statusbericht veröffentlichten Zahlen: so fallen in Deutschland jährlich rund 220 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle an. Der Großteil des Stoffstroms wird bereits heute im Sinne der Kreislaufwirtschaft verwertet und trägt maßgeblich zur Schonung von Umwelt und Substitution von wertvollen Primärrohstoffen bei. Das Baustoffrecycling kann aber noch mehr! So sollte es auch in Deutschland Ziel sein, die aus Recycling gewonnenen Baumaterialien als Produkt in den Markt zu bringen. Hierfür bedarf es einer zügigen und umfassenden Regelung zum Ende der Abfalleigenschaft aller mineralischen Ersatzbaustoffe und Materialklassen, damit hochwertige und gütegesicherte Recycling- und Ersatzbaustoffe endlich das falsche Etikett des Abfalls ablegen können. Außerdem brauchen wir unbedingt ein stärkeres Engagement der öffentlichen Hand bei der Beschaffung von Recyclingbaustoffen.

BRB Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e. V.

Andreas Schwenter
Präsident

Stahlrecycling ist nicht nur die älteste, sondern auch mit Abstand die effektivste Form der Kreislaufwirtschaft. Seit über 3.000 Jahren wird Stahlschrott gesammelt, sortiert, wiederaufbereitet und neu verwendet. Wir stehen heute an einem Wendepunkt, an dem unser Wirtschaftswachstum nicht mehr auf Primärrohstoffen, sondern zunehmend auf Rohstoffe aus dem Recycling basieren muss. Stahlrecycling leistet hierzu einen herausragenden Beitrag, indem es uns ermöglicht, "Real Green Steel" herzustellen - Rohstahl mit einem möglichst hohen Schrottanteil, der unter Verwendung regenerativer Energiequellen produziert wird. Dies schont nicht nur wertvolle Primärrohstoffe, sondern leistet durch die hohe CO_2-Ersparnis auch einen herausragenden Beitrag zum Klimaschutz.

BDSV Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V.

Petra Zieringer
Präsidentin

Ralf Schmitz
Hauptgeschäftsführer

Die Metallhandels- und Recyclingwirtschaft sorgt dafür, dass Metalle in der richtigen Qualität und Menge aufbereitet werden und dorthin gelangen, wo sie in der deutschen, europäischen und weltweiten Produktion benötigt werden. Die Aufbereitung und der Einsatz unserer aufbereiteten Metalle ist praktizierter Umwelt- und Klimaschutz, denn der Einsatz von recyceltem Metallschrott spart Energie und Treibhausgasemissionen und reduziert den Verbrauch von Erzen. Um unsere Branche zu stärken, ist es wichtig, dass Gesetzgeber und Behörden verstehen, dass wir global, schnell und flexibel handeln müssen, um alle Rohstoffe in den Kreislauf zurückzuführen.

VDM Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e. V.

Dr. Jan Bergmann
Präsident

Anemon Strohmeyer
Geschäftsführerin

Altholzrecycling funktioniert hervorragend, wenn die Politik uns denn lässt. Dazu müssen alle Signale auf Kreislaufwirtschaft gestellt werden, nur dann kann das Recycling seine Transformationspotentiale ausspielen. Für die Hersteller bedeutet das, bereits beim Produktdesign die Kreislauffähigkeit mitzudenken, damit das Recycling fliegen kann. Und die Politik ist in der Verantwortung, dem Recycling Wind unter die Flügel zu geben – oder zumindest keine der stofflichen Verwendung widersprechenden Regelungen zu treffen: Weder beim Primärrohstoff noch beim Sekundärrohstoff darf es daher Förderungen für die Verbrennung stofflich verwertbarer Sortimente geben. Eine derartige Politik führt die Kreislaufwirtschaft ad absurdum.

VHI Verband der Deutschen Holzwerksoffindustrie

Andreas Ellerkmann
Vorstandsvorsitzender

Sonderabfallverbrennungsanlagen sind unverzichtbarer Bestandteil der Kreislaufwirtschaft. Die in unserem Verband zusammengeschlossenen Betreiber der Sonderabfallverbrennungsanlagen unterstützen aktiv die verstärkten Recyclinganstrengungen und ausdrücklich auch die Reduktion von Treibhausgasen. Wir verfolgen damit das Ziel einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft, die auch zukünftig nicht auf das Ausschleusen von Schadstoffen aus dem Wirtschaftskreislauf durch thermische Behandlung verzichten kann. Wir investieren auch im Interesse des Umweltschutzes laufend in neue Technologie. Dabei müssen im Interesse einer nachhaltigen Wettbewerbsfähigkeit unserer Anlagen ökologische Ziele und ökonomische Randbedingungen stets im Einklang gehalten werden. Hierzu trägt nach unserer Auffassung die nationale CO_2-Bepreisung von gefährlichen Abfällen durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz nicht bei, denn die anfallenden Abfälle sind in der Regel unvermeidlich und eine verursachergerechte und damit wirkungsvolle Zuordnung im Sinne der Klimaziele ist nicht gewährleistet.

BDSAV Bundesverband Deutscher Sonderabfallverbrennungs-Anlagen e.V.

Dr.-Ing. Alexander Gosten
Sprecher des Vorstandes

Prognos und INFA gehören der Dank aller aktiven Akteure der Kreislaufwirtschaft, dass wieder ein so umfassender Überblick geschaffen wurde. Besonders anerkennenswert ist die differenzierte Darstellung der Branche, die sowohl für Insider der Kreislaufwirtschaft als auch für alle übrigen Interessierten in der Öffentlichkeit viele Zahlen, Daten und Fakten enthält, die nirgends in dieser Konzentration, Aktualität und Wahrhaftigkeit zu finden sind. Damit unterscheidet sich der vorliegende Statusbericht wohltuend von den „Jubel- oder Panik machenden Broschüren" anderer Branchen. Die DGAW Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft hofft, dass der Statusbericht eine hohe Verbreitung findet und als Basis für die kommenden Diskussionen zur Entwicklung der Kreislaufwirtschaft dient.

DGAW Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.

Hartmut Haeming
Vorstandsvorsitzender

Deponien sind und bleiben elementarer Bestandteil einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft. Sie stehen auf der letzten Stufe der Kreislaufwirtschaft, nämlich der Beseitigung. Ohne diese letzte Stufe ist aber eine geordnete Kreislaufwirtschaft nicht denkbar, da auch in Zukunft Materialien aufgrund ihrer Schadstoffbelastungen aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust werden müssen. Heutige Deponien sind damit nicht nur hochmoderne und sichere Entsorgungsanlagen, sondern gleichzeitig harter Standortfaktor für eine funktionierende Wirtschaft.

InwesD Interessengemeinschaft Deutsche Deponiebetreiber e.V.

Stefan Rummel
Geschäftsführer

Zu Recht weit oben auf der gesellschaftlichen und politischen Agenda steht der Klimaschutz. Hierzu leistet die Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft einen wesentlichen Beitrag, wie der Statusbericht Kreislaufwirtschaft 2023 eindrucksvoll dokumentiert. Auf der IFAT Munich finden Industrie und Kommunen innovative Technologien, um Produkte und Materialien über den gesamten Lebenszklus hinweg zu beleuchten und nachhaltig zu gestalten.

IFAT Messe München GmbH

Wirtschaftliche Bedeutung

90 Abgrenzung der Kreislaufwirtschaft
92 Marktsegmente der Kreislaufwirtschaft
98 Außenwirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft
114 Ergebnisse nach Bundesländern

2

1

Organisation, Leistungen und Struktur

14 Organisation, Aufgaben, Zuständigkeiten
16 Abfallerfassung und Stadtreinigung
28 Abfallmengen im Überblick
34 Abfallbehandlung und -verwertung
46 Verwertungswege in der Kreislaufwirtschaft
78 Marktteilnehmer in der Kreislaufwirtschaft

3

Kreislaufwirtschaft 4.0

120 Innovationen in der Kreislaufwirtschaft
124 Neue Ideen in der Kreislaufwirtschaft
140 Startups in der Kreislaufwirtschaft
148 Die Kreislaufwirtschaft – ein attraktiver Arbeitgeber

Zukunftsaufgaben

156 Schonung der natürlichen Ressourcen
162 Perspektive des Recyclings
176 Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Rohstofferversorgung
192 Die Kreislaufwirtschaft als Energielieferant
198 Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft
210 Blick nach Europa

4

Rückblick – Einblick – Ausblick

216 Rückblick – Einblick – Ausblick
230 Glossar
234 Abkürzungsverzeichnis
235 Weiter Bildquellen
236 Herausgeber
238 Impressum

5

Organisation, Leistungen und Struktur.

1

Geteilte Aufgaben

Die umwelt- und ressourcenschonende Sammlung, Sortierung und Aufbereitung sowie Behandlung und Beseitigung von jährlich mehr als 400 Millionen Tonnen Abfällen lässt sich nur durch das Zusammenspiel aller Akteure im Markt erfolgreich meistern. Während die Europäische Kommission sowie Bund und Länder die strategischen, umwelt- und abfallpolitischen Rahmenbedingungen formulieren und den Vollzug überwachen, gewährleisten rund 10.000 private und kommunale Unternehmen der Kreislaufwirtschaft die praktische Umsetzung von der Erfassung der Abfälle und Wertstoffe bis zum Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion. Die technologische Basis gewährleisten die Unternehmen des Anlagen-, Maschinen- und Fahrzeugbaus. Mit der Gestaltung von recyclingfähigen Produkten sowie deren Rücknahme übernimmt die Industrie zunehmend ihre erweiterte Produktverantwortung. Mit einer konsequenten Getrennthaltung und Rückführung von Wertstoffen müssen auch die privaten Haushalte und das Gewerbe ihren Beitrag leisten, damit die Recyclingquoten erfüllt und wertvolle Rohstoffe im Kreislauf geführt werden können.

Im Kreislauf

Abfälle sind vielfältig nutzbar. Sie sind wichtige Rohstoffquellen, wenn ihr stoffliches Potenzial genutzt und die Wertstoffe, wie etwa Metalle, Papier, Glas und Kunststoffe, aber auch Altöl oder Lösemittel wieder für die Herstellung neuer Produkte genutzt werden. Gleichzeitig sind sie eine wichtige Energiequelle, wenn sie, wie beispielsweise bestimmte Althölzer oder Sortierreste, nicht mehr stofflich aufbereitet werden können. Abfälle, die Schadstoffe enthalten, sind sicher zu beseitigen. In Deutschland übernehmen diese wichtigen Aufgaben mehr als 14.400 unterschiedliche Entsorgungsanlagen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für den sorgsamen Umgang mit unseren wichtigsten Ressourcen: Klima, Umwelt und Rohstoffe.

Mit Verantwortung

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

Für die Bürgerinnen und Bürger

Die Sauberkeit einer Stadt ist von entscheidender Bedeutung für die Lebensqualität ihrer Bewohnerinnen und Bewohner und das positive Image, das sie nach außen trägt. Eine saubere Stadt fördert das Wohlbefinden der Einwohnerinnen und Einwohner und schafft eine angenehme Atmosphäre. Es ist daher unerlässlich, dass sowohl die Kommunen als auch die Bürgerinnen und Bürger gemeinsam daran arbeiten, die Stadtsauberkeit zu gewährleisten. Effiziente Müllentsorgungssysteme, regelmäßige Reinigung von öffentlichen Plätzen und Straßen sowie die Sauberkeit von Grünflächen gehören zu den Aufgaben der Entsorgungsunternehmen und tragen wesentlich zur Stadtsauberkeit bei. Investitionen in moderne Abfallentsorgungstechnologien und die Maßnahmen gegen das Littering können dabei helfen, das Müllaufkommen im öffentlichen Bereich zu reduzieren.

Kreislaufwirtschaft ist mehr als nur klassische Abfallwirtschaft.

Im „Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft“ wird der Begriff der Kreislaufwirtschaft deutlich umfassender definiert. Beginnend vom Produktdesign, über die Produktion, den Konsum bis hin zur klassischen Abfallwirtschaft umfasst er alle Phasen der Wertschöpfungskette. Das bisherige „Ende“ des Produktlebenszyklus ist der Anfang der erneuten Rückführung von wertvollen Rohstoffen in die Wirtschaft. Damit tragen die Unternehmen der Entsorgungs- und Recyclingindustrie ein hohes Maß an Verantwortung – technisch, organisatorisch und wirtschaftlich effizient.

Die Kreislaufwirtschaft wird von europäischen Rechtsvorschriften 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.Kreislaufwirtschaft wird im Sinne der Circular Economy immer konsequenter mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Verbindung gebracht.

Das zentrale Gesetz des Abfallrechtes in Deutschland ist das erstmals 1996 in Kraft getretene ***Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).*** Vor dem Hintergrund der aktualisierten EU-Abfallrahmenrichtlinie vom Juni 2018 wurde das Gesetz novelliert. Ziel ist es, Maßnahmen zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und zur Verbesserung des Ressourcenschutzes festzulegen. Hierzu zählen u.a. Vorschriften zur Getrenntsammlung, höhere Recyclingquoten aber auch Regelungen zum Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen. Das KrWG wird durch weitere Rechtsverordnungen konkretisiert. Die Gesetzgebung 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.

Aktuell arbeitet die Bundesregierung an einer ***Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie***[1]**.** Ihr Ziel ist es, einen Rahmen zu schaffen, der die rohstoffpolitisch relevanten Strategien zusammenführt und Ziele, Prinzipien und strategische Maßnahmen festlegt, um das Ziel des Koalitionsvertrages – Senkung des primären Rohstoffverbrauchs – zu erreichen. Begleitet wird das Vorhaben durch ein Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes sowie eine umfassende Beteiligung der relevanten Stakeholder. Die Verantwortung für den Umgang mit wertvollen Ressourcen am Ende des Produktlebenszyklus ist wie folgt geregelt:

Abfallerzeuger und Abfallbesitzer

Nach § 3 (8) KrWG ist Abfallerzeuger jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle anfallen, sei es direkt (Ersterzeuger) oder durch die Behandlung von Abfällen (Zweiterzeuger). Als Abfallbesitzer gilt eine natürliche oder juristische Person, die die tatsächliche Sachherrschaft über die Abfälle besitzt. Abfallerzeuger aus Industrie- und Gewerbe sind gemäß Verursacherprinzip verpflichtet, eine ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung ihrer Abfälle sicherzustellen (Verursacherprinzip). 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. Für Abfälle aus privaten Haushalten und Abfälle zur Beseitigung aus dem Gewerbe besteht eine Pflicht zur Überlassung an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE).

Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE)

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

Hersteller und Inverkehrbringer

Hersteller und Inverkehrbringer (Handel) unterliegen den Regelungen zur ***Produktverantwortung***. Neben Vorgaben für die Entwicklung langlebiger Produkte sind hierbei Rücknahmepflichten sowie Vorgaben zum Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion ebenso zu beachten wie Kennzeichnungspflichten oder Verbote zum Einsatz bestimmter Stoffe. Eine Produktverantwortung besteht beispielsweise für Verpackungen, Batterien, Elektro- und Elektronikaltgeräte, Altfahrzeuge bzw. Altöle. Mit dem Inkrafttreten der neuen EU-Abfallrahmenrichtlinie im Juni 2018 wurde die Definition der ***erweiterten Herstellerverantwortung (EPR)*** eingeführt. Sie soll sicherstellen, dass „[...] die Hersteller der Erzeugnisse die finanzielle oder die finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Bewirtschaftung in der Abfallphase des Produktlebenszyklus übernehmen.“[2] Betroffen hiervon sind insbesondere Hersteller und Inverkehrbringer von Waren, die von dem Elektronikgesetz (ElektroG), Batteriegesetz (BattG) oder Verpackungsgesetz (VerpackG) betroffen sind.

① https://www.bmuv.de/download/die-nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie-nkws, zuletzt geprüft am 15.05.2023.

② Artikel 2, Nr. 21 der EU-Abfallrahmenrichtlinie.

Hauptakteure der Kreislaufwirtschaft

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

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

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

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

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

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

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

Ganzheitliche Konzepte für eine erfolgreiche Stadtbildpflege.

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

Aktuelle Situation und Herausforderungen

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

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

Die Stadtreinigungsbetriebe sind daher seit Jahren bestrebt, das „optimale" Organisationsmodell mit einer effizienten Aufbau- und Ablauforganisation zu entwickeln und umzusetzen. Die großen Herausforderungen erfordern hierbei jedoch Maßnahmen und Lösungen, die größtenteils zu einem Umdenken in den bestehenden Organisationsformen, Strukturen und Arbeitsweisen führen. Zudem wirkt sich auch die Digitalisierung wesentlich auf die Stadtreinigung aus, sodass auch hier signifikante Veränderungsprozesse anstehen.

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

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

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

Hinzu kommt, dass die Stadtreinigung vielerorts von geteilten Zuständigkeiten (viele Schnittstellen zwischen den Akteuren) geprägt ist. Die Folge ist eine zum Teil ineffiziente Stadtbildpflege, die durch ihre Intransparenz zu einer gewissen Unzufriedenheit bei den Bürgerinnen und Bürgern führt. Immer mehr Kommunen verstehen daher Stadtbildpflegekonzepte als ganzheitlichen Ansatz, bei dem neben der Stadtreinigung (Straßenreinigung, Papierkorbleerung und Winterdienst) weitere wichtige kommunale Leistungsspektren, wie z. B. Grünflächen- und Straßenunterhaltung sowie Ordnungs- und Sozialdienste, in das Gesamtkonzept eingebettet werden. Die Stadtbildpflege verbindet neben den originären Reinigungsaufgaben dann auch Pflege- und Unterhaltungsdienstleistungen sowie Serviceangebote. Die Herausforderung besteht jedoch darin, geeignete individuelle Stadtbildpflegekonzepte für die jeweilige Kommune zu entwickeln. Die bisherigen Projekte und Erfahrungen haben gezeigt, dass hier viele verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind, um nachhaltige Umsetzungen zu gewährleisten.

Coffee to go – der energiegeladene Begleiter für unterwegs, der nicht nur unseren Morgen belebt, sondern auch eine Einladung zum umweltbewussten Genießen mit wiederverwertbaren Bechern ist!

ChatGTP

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

- Erarbeitung von Aktionsplänen zur „Sauberen Stadt" mit Beteiligung aller relevanten Akteure
- Durchführung von „Runden Tischen" zur Stadtbildpflege
- Initiierung von „Stakeholder-Tagungen" zur Einbindung wichtiger Interessensvertreter und deren Meinungsbildung
- „Bürgergutachten" zur Akzeptanzsteigerung insbesondere bei Änderungen von Zuständigkeiten und Gebühren
- Durchführung von Stimmungsbildabfragen und Kundenzufriedenheitsanalysen
- Erarbeitung sinnvoller begleitender Werbe- bzw. Imagekampagnen

Die Digitalisierung hat auch in die Stadtreinigung Einzug gehalten. Im Folgenden sind einige wichtige Aspekte aufgeführt, die in laufenden Projekten erprobt werden und in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen werden:

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

Stadtbildpflegekonzepte

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

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

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

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

Reinigung in der Stadt, Quelle: Stadtreinigung Hamburg

In der jüngsten Vergangenheit haben sich zudem in vielen Städten Qualitätsmesssysteme bewährt, bei denen die Sauberkeit und die Unterhaltungszustände objektiv gemessen werden können, um sowohl kurzfristige als auch langfristige Maßnahmen abzuleiten und für Transparenz zu sorgen. In vielen Kommunen ist ein solches System daher ein probates Kommunikationsmedium, um die Qualität der Stadtbildpflege objektiv nachzuweisen.

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

Die im Juni 2019 im Amtsblatt der EU veröffentlichte Kunststoffrichtlinie für Hersteller bestimmter Produktgruppen berücksichtigt auch Kosten, die für die Sammlung, Beförderung und Behandlung der durch diese Produktgruppe entstehenden Abfälle anfallen, sowie die Kosten für kommunale Reinigungsaktionen und Sensibilisierungsmaßnahmen. Die erweiterte Herstellerverantwortung gilt unter anderem für Fast-Food-Verpackungen, Getränkebecher, leichte Kunststofftragetaschen sowie für Zigarettenfilter. Wie hoch der Anteil dieser Produkte in den öffentlichen Abfallbehältern, auf den Straßen und in den Parks ist, wurde im Jahr 2020 im Auftrag des Verbandes kommunaler Unternehmen (VKU e.V.) durch das INFA-Institut für Abfall, Abwasser und Infrastrukturmanagement GmbH in einer deutschlandweiten Analyse ermittelt, an der 20 Städte und Gemeinden verschiedener Größenordnungen beteiligt waren. Durch ein darauffolgendes Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes (ebenfalls unter Beteiligung der INFA GmbH) wurden ab Herbst 2021 weitere Analysen im sogenannten Außerorts-Bereich durchgeführt, um auch hier Klarheit über die Mengen, Zusammensetzungen sowie Aufwände und Kosten zu ermitteln. Ferner wurden in dem Forschungsprojekt ein Kostenmodell (Einzahlung durch die Hersteller) und ein Mittelauskehrmodell (Auszahlung an die Anspruchsberechtigten) entwickelt, welches unmittelbar in den im Herbst 2022 beginnenden politischen Umsetzungsprozess mit Verabschiedung des Einwegkunststofffondsgesetzes (EWKFondsG) im Frühjahr 2023 mündet. Mit diesem Instrument hat die Bundesrepublik Deutschland die EU-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt und entlastet somit zukünftig die Kommunen und andere öffentliche Reinigungsverantwortliche bei den Kosten für die Stadtreinigung. Im Jahr 2024 soll die Registrierung von Herstellern und Anspruchsberechtigten erfolgen. Im Jahr 2025 soll es zur erstmaligen Ein- und Auszahlung kommen. Das bedeutet unter anderem auch, dass Anspruchsberechtigte bis zum Stichtag 15. Mai 2025 ihre Leistungen des Vorjahres in den per Rechtverordnung festgelegten Kategorien melden müssen, um an der erstmaligen Ausschüttung des Fonds beteiligt zu werden.

Aktuelle Betriebsdaten, Kennzahlen und Abfallzusammensetzungen

Dem Bedarf für eine objektive Quantifizierung der Daten in der Stadtreinigung wird auch dadurch entsprochen, dass vom Verband kommunaler Unternehmen (VKU e.V.) ab dem Jahr 2019 eine regelmäßig zu wiederholende bundesweite Betriebsdatenerfassung initiiert wurde (letztmals 2021).

Reinigungsleistung der Stadtreinigungsbetriebe (in Metern je Einwohner)

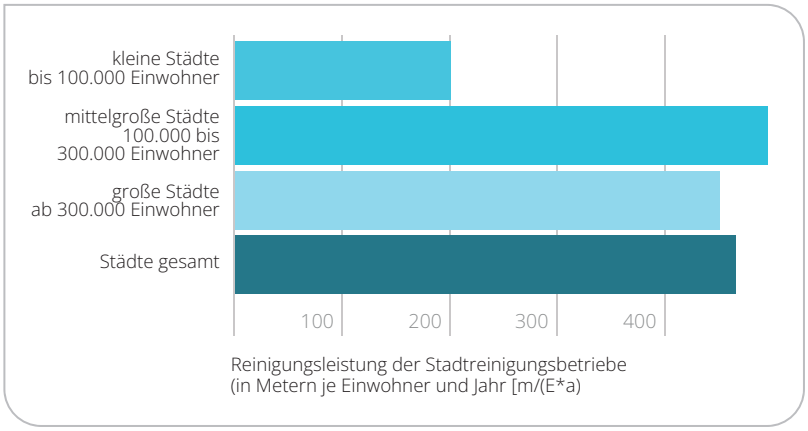


Abb. 1, Quelle: VKU

Damit die mit der Stadtreinigung beauftragten Betriebe den hohen Anforderungen gerecht werden können, ist ein kontinuierlicher Erfahrungsaustausch, aber auch der Vergleich konkreter Betriebsabläufe und angewandter Technologien hilfreich und wichtig. Dafür braucht es Bewertungskriterien, statistische Daten, Kennzahlen und vergleichende Leistungsbeschreibungen als Diskussionsgrundlage. Ebenso wichtig für den Erhalt der sauberen, sicheren und damit lebenswerten Städte ist die vorausschauende Planung des notwendigen Leistungsumfangs der Straßenreinigung. Diese muss sich an die Veränderungen, die sich aus dem unterschiedlichen Nutzungsverhalten und den Erwartungen der Stadtbewohnerinnen und -Bewohner und Touristen, städteplanerischen und -baulichen Maßnahmen oder gesellschaftlichen Entwicklungen bei Konsum oder Freizeitverhalten ergeben, anpassen. Fragen nach sinnvollen personellen und maschinellen Kapazitäten im Verhältnis zu Anforderungsparametern wie Reinigungslängen und -flächen oder der Anzahl zu leerender Papierkörbe im öffentlichen Verkehrsraum können nur mit vergleichbaren statistischen Daten beantwortet werden.

Papierkorbentleerungsvolumen und -dichte (in Liter)

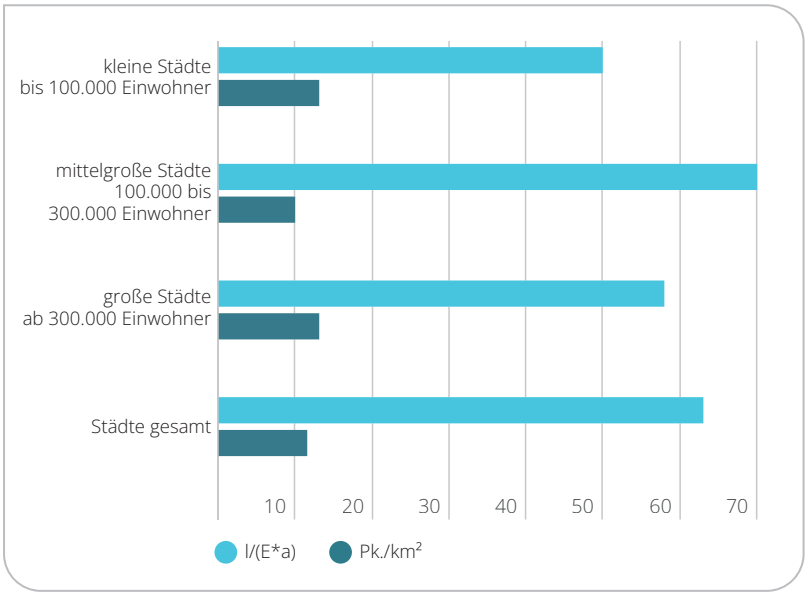


Abb. 2, Quelle: VKU

In vielen Bundesländern wird eine teilweise Übertragung der Reinigungsaufgaben (Gehweg- und/oder Fahrbahnreinigung) auf die Anlieger praktiziert. Ein Blick auf den Reinigungsumfang zeigt, dass der Anteil dieser sogenannten Anliegerreinigung mit zunehmender Stadtgröße sinkt. Während in den kleinen Städten im Schnitt 43 Prozent der Netzlänge auf die Grundstückseigentümer übertragen ist, sind es in mittelgroßen Städten nur noch 31 Prozent. Der Anteil sinkt in den großen Städten weiter auf 23 Prozent. Dies spiegelt sich ebenso im – in diesem Vergleich normiert – ermittelten Reinigungsumfang je Einwohner wider. Ca. 340 m Reinigungslänge (inkl. Berücksichtigung der Reinigungsintervalle sowie der

Verteilung der Kehrmaschinen (deutschlandweit)

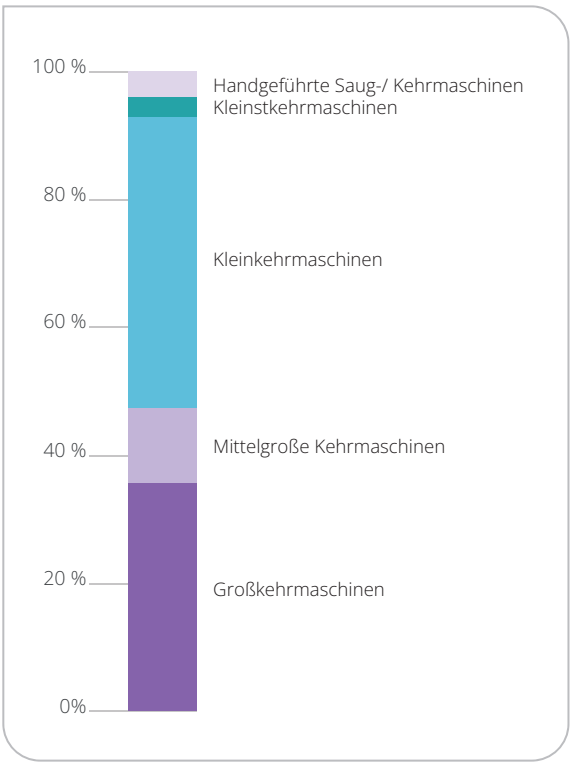


Abb. 3, Quelle: VKU

Papierkorbleerungen über Äquivalente) werden in kleinen Städten je Einwohner und Jahr gereinigt, in großen Städten wird mit 450 m deutlich mehr Reinigungsarbeit durch die Stadtreinigungsbetriebe geleistet.

Neben der Reinigung der Straßen und Gehwege ist die Papierkorbleerung ein wesentlicher Bestandteil der Stadtreinigung. Bezogen auf 1.000 Einwohner ist das Papierkorbangebot in kleinen Städten mit 11,1 Papierkörben am größten, während in mittelgroßen Städten 8,1 Papierkörbe und in großen Städten 6,6 Papierkörbe zur Verfügung stehen. Bezieht man sich hingegen auf die Fläche, so zeigt sich ein ausgewogeneres Bild: pro Quadratkilometer stehen durchschnittlich 11,5 Papierkörbe.

Das geleerte Papierkorbvolumen je Einwohner und Jahr liegt in großen Städten mit 58 Litern höher als in kleinen (50 Liter), am höchsten ist es aber in mittelgroßen Städten (70 Liter).

Zusammensetzung von Papierkorbabfällen

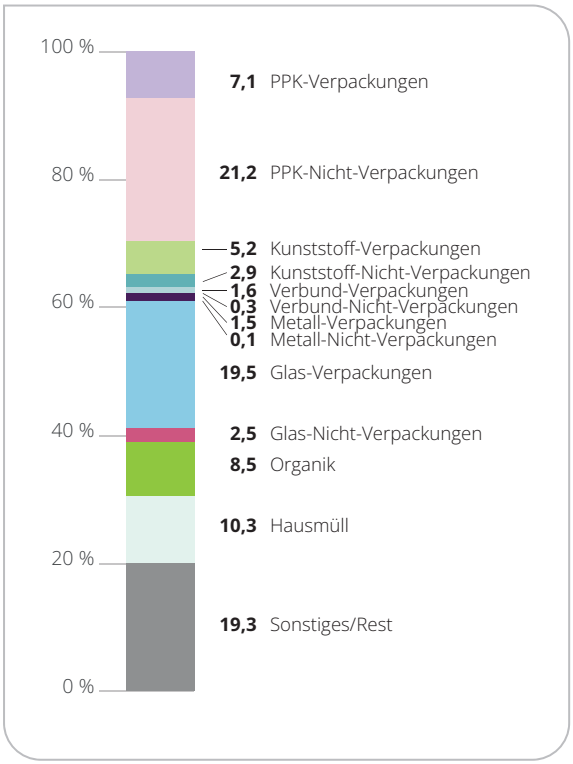


Abb. 4, Quelle: VKU

Kehrichtmengen (in Kilogramm)

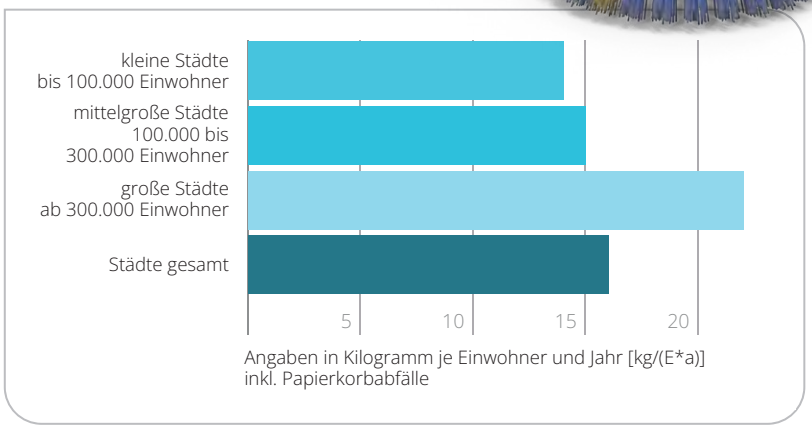


Abb. 5, Quelle: VKU

Für die Aufgaben der Stadtreinigung werden in größeren Städten mehr Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingesetzt als in kleineren Städten. So haben die Kleinstädte im Schnitt 3,05 operative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter je 10.000 Einwohner, während es in den mittelgroßen Städten bereits 3,32 und in den großen Städten etwa 4,18 operative Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind. Neben den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern kommen verschiedene Kehrmaschinentypen zum Einsatz. Die Anzahl der Kehrmaschinen verteilt sich etwa zu 40 Prozent auf Groß- und mittelgroße Kehrmaschinen und zur Hälfte auf Klein- bzw. Kleinstkehrmaschinen. Die restlichen 10 Prozent entfallen auf handgeführte Geräte oder sonstige Spezialmaschinen.

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

Die Zusammensetzung des von Kehrmaschinen aufgenommenen Straßenkehrichts wird maßgeblich durch hohe Anteile an Laub/Blüten, sonstigen organischen Bestandteilen sowie inertem Material wie Splitt, Sand etc. bestimmt. Demgegenüber sind die Abfälle, die durch das Straßenreinigungspersonal manuell zusammengekehrt bzw. „gepickt" werden, systembedingt mit höheren Anteilen an Papier, Pappe und Verpackungen, aber auch beispielsweise Zigarettenkippen durchsetzt. Auf Basis verschiedener Sortieranalysen zeigen sich für die Papierkorbabfälle im öffentlichen Raum jedoch mit Abstand die höchsten Anteile an Verpackungen aus PPK (Papier/Pappe/Kartonagen), Kunststoffen und Glas. Der Verpackungsanteil in den untersuchten Papierkorbabfällen einer Großstadt (siehe folgende Abbildungen) liegt bei ca. 35 Gew.-%. Den größten Anteil haben davon mit etwa 20 Gew.-% die Glas-Verpackungen. Sonstiges/Rest- bzw. Hausmüll in Säcken machen ca. 30 Gew.-% der Gesamtmenge aus. Organik ist zu ca. 9 Gew.-% enthalten.

Öffentliche Papierkörbe sind wahre Helden im Alltag, die nicht nur unseren Müll aufnehmen, sondern auch eine Eintrittskarte zur Kreislaufwirtschaft sind – hier landet nicht nur Abfall, sondern hier beginnt auch der erste Schritt in Richtung Recycling!

ChatGTP

Zusammensetzung der Abfälle im öffentlichen Raum (Mittelwert verschiedener Analysen)

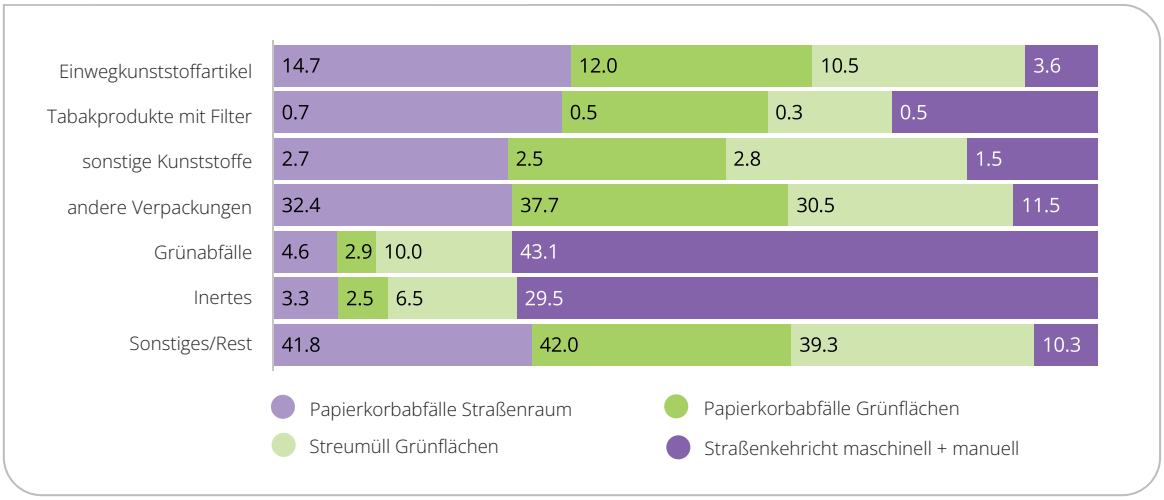


Abb. 6, Quelle: VKU

Auch die im August 2020 abgeschlossenen und veröffentlichten Analysen zur Schaffung einer Datengrundlage für die Umsetzung der EU-Kunststoffrichtlinie (VKU-Verbundvorhaben mit 20 Städten) bestätigen die oben genannten Grundsatzaussagen zur Zusammensetzung. Die Abbildung 6 zeigt die bundesweit durchschnittliche gewichtsprozentuale Zu sammensetzung von verschiedenen Abfällen aus dem öffentlichen Raum. Die Einwegkunststoffe gemäß EU-KunststoffRL haben im bundesweiten Mittel einen Gewichtsanteil von 5,7 Gew.- %. Andere Verpackungen aus beispielsweise PPK, Glas und Metall machen einen weiteren Anteil von 14,9 Gew.-% aus, dazu sind sonstige Kunststoffe im Umfang von ca. 1,2 Gew.-% enthalten. Die Restmenge (ca. 78 Gew.-%) setzt sich im Wesentlichen aus Grünabfällen, inertem Material (i. W. mineralische Verschmutzung) und Lebensmittelabfällen zusammen.

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

Diese Ergebnisse wurden im Rahmen des angesprochenen Forschungsprojektes vom Umweltbundesamt verwendet und mit aktuellen Abfallmengen- und Kostendaten verschnitten. Bundesweit wurde eine Gesamtmasse von 0,832 kg/(E*a) an Einwegkunststoffen laut EU-Richtlinie festgestellt, die nach Berechnungen auf Basis des im Forschungsvorhaben entwickelten Kostenmodells zu Kosten in Höhe von ca. 5,22 EUR/(E*a) führen.

Zusammenfassung

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

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

Laubreinigung, Quelle: Stadtreinigung Hamburg. Markus Contius

Zero-Waste-Konzepte und Nachhaltigkeitsberichte – neue Instrumente der Kreislaufwirtschaft.

Plastikmüll im Meer, Quelle: Naja Bertolt Jensen @unsplash

Bislang werden der Status quo und die Weiterentwicklung der Maßnahmen zur Abfallvermeidung, Wiederverwendung und getrennten Wertstoffsammlung sowie der Abfallmengen und Entsorgungswege in Abfallwirtschaftskonzepten dokumentiert, zu deren regelmäßiger Erstellung die kreisfreien Städte und Kreise gemäß KrWG sowie den jeweiligen Landesgesetzen verpflichtet sind. In diesen stehen in der Regel im Sinne der Daseinsvorsorge der Nachweis der Entsorgungssicherheit und die mit Blick auf die rechtlichen Anforderungen und die Stadthygiene ordnungsgemäße Abfallentsorgung im Fokus.

Zero-Waste-Konzepte

Als ergänzendes Instrument werden aktuell von immer mehr Städten und inzwischen auch Kreisen sogenannte Zero-Waste-Konzepte erstellt. Diese Konzepte gehen in der Regel nicht davon aus, dass gar keine Abfälle mehr erzeugt werden, aber sie setzen auf „Null Verschwendung von Ressourcen", das heißt, Abfälle sollen in einem fortdauernden Prozess immer stärker vermindert und konsequent als Ressource genutzt werden. Dabei werden konkrete Ziele und Maßnahmen definiert, die helfen sollen, vor allem die Entstehung von Abfällen zu reduzieren und die Wiederverwendung von Produkten zu steigern, aber auch die Abfalltrennung und das Recycling zu verbessern. Diese Konzepte zeichnen sich dadurch aus, dass hier nicht nur der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, sondern die gesamte Stadtgesellschaft, öffentliche Einrichtungen sowie Industrie und Gewerbe mit der gesamten Wertschöpfungskette adressiert werden. Häufig werden die verschiedenen Akteure einschließlich der Bürgerinnen und Bürger bereits bei der Erarbeitung eingebunden, um den erforderlichen gesellschaftlichen Wandel damit zu unterstützen.

Insbesondere in den großen Städten werden sehr weitgehende Gesamtkonzepte entwickelt. So sieht die Re-Use-Strategie der Berliner Stadtreinigung neben dem Gebrauchtwarenhaus NochMall (weitere sollen folgen) verschiedene ineinandergreifende sowohl digitale als auch stationäre Elemente vor. Dazu gehören z. B. ein Re-Use-Portal (soll informieren, vernetzen und als Tausch- und Verschenkmarkt dienen), Annahmestellen für Gebrauchsgegenstände an den Recyclinghöfen, Sperrmüll-Kieztage sowie auch sogenannte Hubs als multifunktionale dezentrale Abgabemöglichkeit in den Quartieren, die z. B. um Verleihstationen, Räumlichkeiten für Bildungsveranstaltungen zum Thema Kreislaufwirtschaft und Umweltbildung oder um ein Paketzwischenlager erweiterbar sind. Das Abfallwirtschaftskonzept 2020 bis 2030 des Landes Berlin sieht zudem die Einrichtung einer landeseigenen Zero-Waste-Agentur ab 2023 vor, die unter anderem die Arbeit der Umweltzentren in allen Berliner Stadtteilen unterstützt, zu deren Koordinierung beiträgt und mit wissenschaftlichen Studien begleitet.

Von einigen Städten wird im Rahmen des internationalen Netzwerks „Zero Waste Europe" eine Zertifizierung als „Zero Waste City" angestrebt, die von der Mission Zero Academy (MiZA) nach einem definierten Kriterienkatalog vorgenommen wird. Eine Zero Waste City ist eine Kommune, die sich ehrgeizige Ziele zur Abfallvermeidung setzt, die über die gesetzlichen Vorga-

ben hinausgehen. Die Zertifizierung soll dazu anregen, dass sich Städte konkrete Zero-Waste-Ziele setzen und flankierende Maßnahmen erarbeiten. Für die Zertifizierung sind daher unter anderem konkrete, ambitionierte Mengenziele zur Reduzierung der Restabfallmenge sowie auch der Gesamtmenge an Siedlungsabfällen zu verankern. Als erste deutsche Stadt hat sich Kiel dem Netzwerk angeschlossen und ein Zero-Waste-Konzept mit über 100 Maßnahmen zur Abfallvermeidung erstellt. Seit 2020 wird an der Umsetzung dieser Maßnahmen gearbeitet. Im Juli 2023 hat der Abfallwirtschaftsbetrieb München das Zero-Waste-Konzept für die Landeshauptstadt München präsentiert. Von insgesamt rund 100 identifizierten Maßnahmen wurden zunächst die „Top 40" für die Sektoren Abfallmanagement, Bausektor, Bildungseinrichtungen, Events, Handel und Gewerbe, öffentliche Verwaltung und Zivilgesellschaft ausgewählt, mit deren Umsetzung gestartet werden soll. In anderen Städten sind Zero-Waste-Konzepte in der Erarbeitung (z. B. Köln, Freiburg, Düsseldorf, Leipzig, Frankfurt a M.) und auch verschiedene Kreise arbeiten derzeit an Zero-Waste-Strategien.

nochmall, berlin, Quelle: NochMall GmbH.

Nachhaltigkeit - Strategien und Berichte

Mit der im Jahr 2015 verabschiedeten Agenda 2030 hat sich die Weltgemeinschaft unter dem Dach der Vereinten Nationen zu 17 globalen Zielen (Sustainable Development Goals, kurz SDGs) für eine bessere Zukunft verpflichtet. Leitbild der Agenda 2030 ist es, weltweit ein menschenwürdiges Leben zu ermöglichen und gleichzeitig die natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu bewahren. Dies umfasst ökonomische, ökologische und soziale Aspekte. Dabei unterstreicht die Agenda 2030 die gemeinsame Verantwortung aller Akteure: Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Zivilgesellschaft – und jedes einzelnen Menschen. Die meisten dieser Ziele werden auch durch die Aktivitäten der Kreislaufwirtschaft unterstützt. Die getrennte Erfassung und Aufbereitung unterschiedlicher Abfälle, welche eine umfassende Kreislaufwirtschaft erst ermöglicht sowie die energetische Verwertung nicht recycelbarer Abfälle führen zu nachhaltiger Produktion (Ziel 12) und leisten einen Beitrag zum Klimaschutz (Ziel 13). Die Art der Abfallsammlung und -behandlung hat direkten Einfluss auf die Nachhaltigkeit von Städten und Gemeinden (Ziel 11) und beinhaltet ggf. die Produktion erneuerbarer Energie (Ziel 7). Darüber hinaus ermöglichen Städte, Kreise und Abfallwirtschaftsbetriebe als Arbeitgeber Menschen mit unterschiedlichsten Hintergründen eine menschenwürdige Arbeit (Ziel 8). Durch die sowohl an die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer als auch an Schulen und Vereine gerichteten Angebote wird schon seit langer Zeit ein Beitrag zur Bildung (Ziel 4) geleistet. Aber auch der Beitrag zu Gesundheit und Wohlergehen (Ziel 3), der Umgang mit der Ressource Wasser (Ziel 6) und der Schutz von Ökosystemen und Biodiversität (Ziel 15) lassen sich anhand der Aktivitäten der Kreislaufwirtschaft unterstützen.

Die Ausrichtung der Unternehmen der Kreislaufwirtschaft in Richtung Nachhaltigkeit nimmt einen immer höher werdenden Stellenwert ein. Neben dem erforderlichen und aktuell vielfach thematisierten Umdenkungsprozess (ausgelöst durch Klimawandel, zu hohen Ressourcenverbrauch etc.) wird damit auch Arbeitgeberverantwortung zum Ausdruck gebracht und Arbeitgeberattraktivität für die Mitarbeiterrekrutierung gesteigert. Mit der Entwicklung von Nachhaltigkeitskonzepten, wie aktuell z. B. bei der AWIGO Abfallwirtschaft Landkreis Osnabrück GmbH, sollen die bisherigen Aktivitäten der AWIGO in Zukunft noch strukturierter und gezielter verfolgt und ausgebaut werden. In die Entwicklung werden die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer der Unternehmensgruppe eingebunden, um den Nachhaltigkeitsgedanken fest in den Unternehmensalltag zu verankern. So wurde in Zusammenarbeit aller Fachbereiche ein Katalog mit über 60 Nachhaltigkeitsmaßnahmen erarbeitet, die hinsichtlich der ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkung bewertet wurden. Mit Unterstützung eines eigens eingestellten Nachhaltigkeitsmanagers wurde im nächsten Schritt die Erstellung des ersten Nachhaltigkeitsberichts umgesetzt. Im Weiteren sollen Kennzahlen entwickelt werden, die den Status messbar werden lassen und die sowohl zur Abbildung der eigenen Entwicklung als auch zum Vergleich mit anderen Betrieben im Zuge eines Benchmarkings dienen sollen.

In Nachhaltigkeitsberichten werden alle drei Säulen der Nachhaltigkeit gleichermaßen angesprochen: die ökologische, die ökonomische und die soziale Dimension. Sie dienen insbesondere einer transparenten und öffentlichkeitswirksamen Kommunikation, die vor allem die Bürgerschaft, Politik, Wirtschaft sowie auch die eigenen

Mitarbeitenden adressiert. Die regelmäßige Nachhaltigkeitsberichterstattung geht aber über die reine Kommunikation hinaus und ist auch ein geeignetes Instrument, die Nachhaltigkeitsaktivitäten des Unternehmens zu intensivieren und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu unterstützen.

Eine Verpflichtung zur Erstellung von Nachhaltigkeitsberichten gab es bislang lediglich für börsennotierte Unternehmen mit mehr als 500 Mitarbeitenden. Durch Einführung der CSRD-Richtlinie (Corporate Sustainability Reporting Directive) wurde die Berichtspflicht auf weitere Unternehmen mit zeitlicher Staffelung ausgedehnt.

Der Berichtsstandard hierfür wird derzeit entwickelt. Die Verpflichtung wird künftig eine Vielzahl von Abfallwirtschaftsbetrieben betreffen. Erste Abfallwirtschaftsbetriebe haben bereits in den letzten Jahren begonnen, Nachhaltigkeitsberichte als Ergänzung zu den Geschäftsberichten zu erstellen, unter anderem Stadtreinigung Hamburg, AWB Köln, AWM München, awm Münster, AWISTA Düsseldorf, Stadtreinigung Leipzig, TBZ Flensburg u. v. m. Nachhaltigkeit wird damit Teil der Unternehmensstrategie. Häufig werden dabei Managementansätze zu den Themen Ökonomie, Ökologie und Soziales formuliert, Indikatoren zur Messung der Nachhaltigkeitsleistung festgelegt und Maßnahmen zur Zielerreichung initiiert. Hierbei wird auf verschiedene, gängige Standards zurückgegriffen (Deutscher Nachhaltigkeitskodex (DNK), GRI-Standard etc.). Ein Großteil der aktuellen Nachhaltigkeitsberichte stellt hierbei auch die Verknüpfung zu den oben genannten SDGs her.

Der VKU hat bereits 2016 einen Branchenleitfaden zum Nachhaltigkeitskodex für Unternehmen der Abfallwirtschaft und Stadtreinigung und 2018 Gleiches für die Energiewirtschaft herausgegeben und zudem durch seine themenspezifischen Fachausschüsse die Berichtsvorlage „Beitrag zu den 17 UN-Nachhaltigkeitszielen" erarbeiten lassen, um den Mitgliedsbetrieben den Einstieg in die Berichterstattung zu erleichtern. Auch die ITAD hat im Jahr 2019 eine Nachhaltigkeitsstrategie entwickelt und als erster Industrieverband in Deutschland eine Erklärung nach dem Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK) erstellt. 2022 wurde zudem ein Branchenleitfaden zu den UN-Nachhaltigkeitszielen in der Thermischen Abfallbehandlung erarbeitet mit dem Ziel, die UN-Nachhaltigkeitsziele auf die Branche der Thermischen Abfallbehandlung zu beziehen und den Mitgliedsunternehmen die Zuordnung dieser Ziele zu der jeweiligen Anlage und den entsprechenden Prozessen und Maßnahmen zu erleichtern. Im Sommer 2023 wurde zudem eine ITAD-Arbeitsgruppe zur Nachhaltigkeit gegründet, um möglichst viele Mitgliedsunternehmen in die Ausrichtung zur Nachhaltigkeit zu lenken und zu unterstützen.

Unverpacktes Gemüse, Quelle: Markus Spiske@unsplash

Abfall ist eine Ressource

Mit dem Begriff „Abfall“ werden nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (§ 3 Abs. 1 KrWG) bewegliche Sachen bezeichnet, die ihren Zweck erfüllt oder ihren Nutzen verloren haben und deren sich ihre Besitzerinnen und Besitzer entledigen wollen oder entledigen müssen. Eine Entledigung liegt dann vor, wenn die Stoffe oder Gegenstände nicht mehr für ihren ursprünglichen Zweck verwendet werden.

Sammlung Tannenbäume, Quelle Stadtreinigung Hamburg. Thorge Huter

Unterschieden werden die Abfälle nach ihren Hauptherkunftsbereichen aus Produktion und Gewerbe, Bau- und Abbruchabfälle, Abfälle aus dem Bergbau sowie Siedlungsabfälle. Um die unterschiedlichen Abfälle zu klassifizieren und nach Gefährlichkeit einstufen zu können, wurde im Jahr 2001 die ***Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)***[3] erlassen, die ihrerseits den Europäischen Abfallartenkatalogaus dem Jahr 2000[4] in deutsches Recht umgesetzt hat. In der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) sind 20 verschiedene Herkunftsbereiche definiert. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen Primär- und Sekundärabfällen, das heißt Abfällen, die bereits in anderen Abfallbehandlungsanlagen behandelt worden sind. Letztere sind in Kapitel 19 der Abfallverzeichnis-Verordnung benannt.

Was immer noch als Abfall bezeichnet wird, ist jedoch eine wertvolle Ressource an Wertstoffen und Energie. Ihre Rückgewinnung und Rückführung in den Wirtschaftskreislauf wird mit der zunehmenden Verknappung von Primärrohstoffen immer mehr zum Maßstab nachhaltigen Handelns. Mit einer leistungsstarken Technik werden diese Ressourcen der Zukunft von den Recycling-Unternehmen behandelt und in die möglichen Rohstoffkanäle zurückgeführt. Was nicht mehr verwertbar ist, wird energetisch verwertet.

1.3.1 Abfallaufkommen aus privaten Haushalten sowie Industrie und Gewerbe

Die rechtlichen Grundlagen für die Erfassung von Daten in Zusammenhang mit der Erfassung, Behandlung und Entsorgung von Abfällen ist im Umweltstatistikgesetz[5] 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 z. B. Eisen und Stahl. Dies gilt auch für Direktanlieferungen von Sekundärrohstoffen an die Unternehmen, wie beispielsweise in der Papierindustrie.

Entwicklung des Aufkommens an Abfällen aus Haushalten
(ohne Elektroaltgeräte, in Tsd. Tonnen und Kilogramm pro Einwohner)

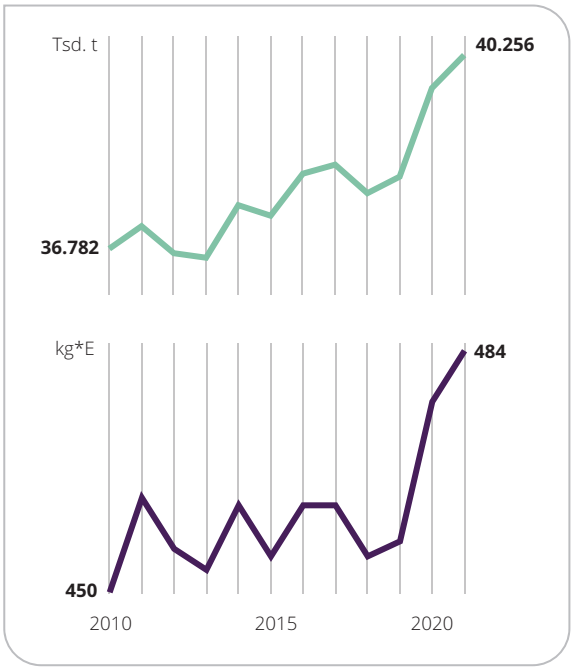


Abb. 7, Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabelle 32121-0001)

Im Jahr 2020 wurden insgesamt 407 Millionen Tonnen Abfälle aus dem Inland in Abfallbehandlungsanlagen entsorgt.[6] Hinzu kommen noch einmal 7,8 Millionen Tonnen Abfälle aus anderen Staaten (darunter 72 % notifizierungspflichtige Abfälle). Der Anteil der gefährlichen Abfälle der in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle betrug 24 Millionen Tonnen (5,6%). Darüber hinaus wurden weitere 18,2 Millionen Tonnen nicht notifizierungspflichtiger Abfälle aus anderen Staaten direkt einer Verwertung zugeführt.[7]

③ https://www.gesetze-im-internet.de/avv/AVV.pdf, zuletzt geprüft am 06.04.2023

④ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32000D0532&from=EN, zuletzt geprüft am 06.04.2023

⑤ https://www.gesetze-im-internet.de/ustatg_2005/BJNR244610005.html, zuletzt geprüft am 06.04.2023

⑥ Statistisches Bundesamt, Genesis 321-Abfallwirtschaft.

⑦ Umweltbundesamt: Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2020.

Die Mülltonne, oft übersehen, aber stets loyal im Dienst – sie vereint Abfälle in einem kleinen Behälter und ist der erste Schritt auf dem Weg zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft.

ChatGTP

Input in Abfallbehandlungsanlagen und Entsorgungswege 2021 (in Mio. Tonnen)

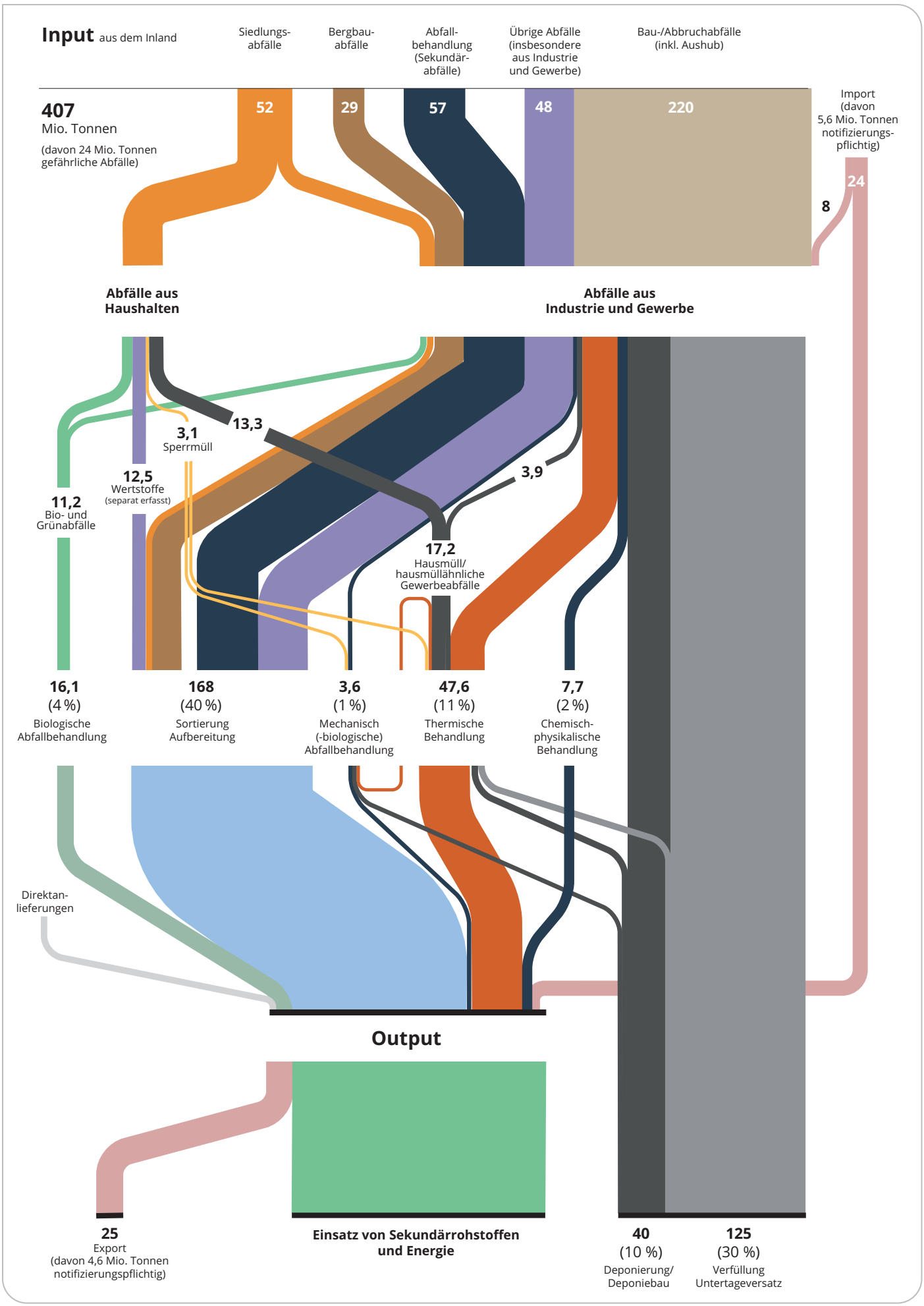


Abb. 8, Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabellen 32111-0003 und 32141-0001)

Zusammensetzung der Abfälle
Die im Jahr 2021 in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle setzten sich aus den folgenden Hauptgruppen zusammen[8]:

- 220 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle aus dem Inland (53 % des Gesamtaufkommens an in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfällen), wobei Boden und Steine mit rund 56 % den größten Anteil ausmachten,
- 29 Millionen Tonnen aus der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen aus dem Inland (7 %),
- 48 Millionen Tonnen übrige Abfälle, insbesondere aus Industrie und Gewerbe aus dem Inland (12 %),
- 52 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle aus dem Inland (12 %), darunter 40 Millionen Tonnen Abfälle aus Haushalten,
- 57 Millionen Tonnen Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (Sekundärabfälle) aus dem Inland (14 %)[9] und
- 7,7 Millionen Tonnen aus Importen von Abfällen (2 %).

Der Vergleich der Entwicklungskurven für das Nettoabfallaufkommen sowie die Bruttowertschöpfung belegt einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen. In den Jahren 2000 bis 2005 hat sich die Abfallintensität deutlich um 25 % verringert. Der deutliche Rückgang ist jedoch primär auf den konjunkturell bedingten Rückgang bei den mengenmäßig relevanten Bau- und Abbruchabfällen zurückzuführen.

Im Zeitraum 2010 – 2021 (nach der Wirtschaftskrise) zeigt sich eine weitere leichte Reduzierung der Abfallintensität von knapp 9 %.

Abfälle aus privaten Haushalten
Der Anteil der in privaten Haushalten erzeugten Abfälle lag im Jahr 2021 bei nahezu 40 Millionen Tonnen. Das entspricht einem einwohnerspezifischen Aufkommen von 484 Kilogramm je Einwohner. Die Abfälle aus Haushalten setzen sich aus den nachfolgenden Hauptfraktionen zusammen[10]:

- 13,1 Millionen Tonnen Hausmüll und gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (159 Kilogramm je Einwohner)
- 3,1 Millionen Tonnen Sperrmüll (37 Kilogramm je Einwohner)
- 11,2 Millionen Tonnen getrennt erfasste Bio- und Grünabfälle (134 Kilogramm je Einwohner) sowie
- 12,5 Millionen Tonnen getrennt erfasste Wertstoffe wie Papier, Pappe und Kartonagen, Glas, Leichtverpackungen, Metalle, Altholz, Textilien und sonstige Wertstoffe (150 Kilogramm je Einwohner)

Im Vergleich zu den im letzten Statusbericht veröffentlichten Daten für 2017 ist das Gesamtaufkommen an Abfällen aus Haushalten im Jahr 2021 um 15 Kilogramm je Einwohner höher. Hierbei ist jedoch die spezifische Situation der Corona-Pandemie zu berücksichtigen, die zu einem deutlichen Anstieg an Hausmüll und Sperrmüll (zusammen + 8 Kilogramm je Einwohner gegenüber 2017) geführt haben. Die Hausmüllmengen sind insbesondere durch „Home-Office", „Home-Schooling" und „Urlaub zu Hause" gestiegen und konnten rückläufige Mengen im Bereich der hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle teilweise kompensieren. Zu verzeichnen war zudem ein deutlicher Anstieg der Sperrmüllmengen, da viele den Lock-Down zum Aufräumen der Keller genutzt hatten.

Zwischen den Bundesländern bestehen deutliche Unterschiede im Gesamtaufkommen an Abfällen aus Haushalten je Einwohner. So liegt das Aufkommen in Berlin bei 383, in Hamburg bei 430 und in Sachsen bei 433 Kilogramm je Einwohner deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 484 Kilogramm je Einwohner. Demgegenüber weisen Schleswig-Holstein, Niedersachen und Rheinland-Pfalz mit 509, 533 bzw. 607 die höchsten einwohnerspezifischen Mengen an Abfällen aus Haushalten aus[11].

Die Getrenntsammlung von Bio- und Grünabfällen lag im Jahr 2021 bundesweit bei durchschnittlich 134 Kilogramm je Einwohner und ist gegenüber 2017 um 9 Kilogramm je Einwohner gestiegen. Der Anteil der separat erfassten Bio- und Grünabfälle am Gesamtaufkommen an Abfällen aus Haushalten betrug nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in den einzelnen Bundesländern durchschnittlich 28 %, wobei die Schwankungsbreite zwischen 10 % und 33 % lag.

Im Jahr 2021 wurden bundesweit durchschnittlich 150 Kilogramm je Einwohner an Wertstoffen separat erfasst. Gegenüber dem Jahr 2017 entspricht dies einem Zuwachs um 2 Kilogramm je Einwohner. Der Anteil der separat erfassten Wertstoffe am Gesamtaufkommens an Abfällen aus Haushalten betrug in den einzelnen Bundesländern durchschnittlich 31 %, wobei die Schwankungsbreite zwischen 31 % und 43 % lag.

⑧ Statistisches Bundesamt, Genesis 321-Abfallwirtschaft.

⑨ Seit 2006 gilt in Deutschland das Bruttoprinzip, d. h. das Statistische Bundesamt zieht die Abfälle, die bereits in anderen Abfallentsorgungsanlagen (vor) behandelt wurden (Sekundärabfälle) nicht mehr vom Input der Anlagen aus. Die Sekundärabfälle werden gemäß Europäischem Abfallverzeichnis / EAV 19) getrennt ausgewiesen.

⑩ Statistisches Bundesamt, Genesis - Tabelle 32121-0001

⑪ Statistisches Bundesamt, Genesis - Tabelle 32121-0003

1.3.2 Abfallimporte und Abfallexporte

Die grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen unterliegt den Bestimmungen der Verordnung über die Verbringung von Abfällen (2006) der Europäischen Union, die mit dem Abfallverbringungsgesetz (AbfVerbrG) in nationales Recht überführt und ergänzt wurde. Die EU-Verordnung basiert ihrerseits auf dem Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung aus dem Jahr 1989 und Aktualisierungen zur grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoff-Abfällen 2019 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).

Im November 2021 hat die Europäische Kommission einen Vorschlag zur Überarbeitung der EU-Vorschriften für die Verbringung von Abfällen vorgelegt. Diese zielt darauf ab, die Verbringung von Abfällen zur Wiederverwendung und zum Recycling innerhalb der Europäischen Union zu erleichtern, um den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Andererseits soll besser als bisher sichergestellt werden, dass aus der Europäischen Union ausgeführte Abfälle in den jeweiligen Bestimmungsländern auch umweltverträglich bewirtschaftet werden. Darüber hinaus sollen die neuen Vorschriften die illegale Verbringung von Abfällen weiter einschränken. Im Europäischen Parlament hat der zuständige Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit (ENVI) seinen Legislativbericht am 1. Dezember 2022 angenommen.

Top-10-Herkunftsländer (Importe) und Top10-Empfängerländer (Exporte) der notifizierungspflichtigen Abfälle (in Tsd. Tonnen, 2021)

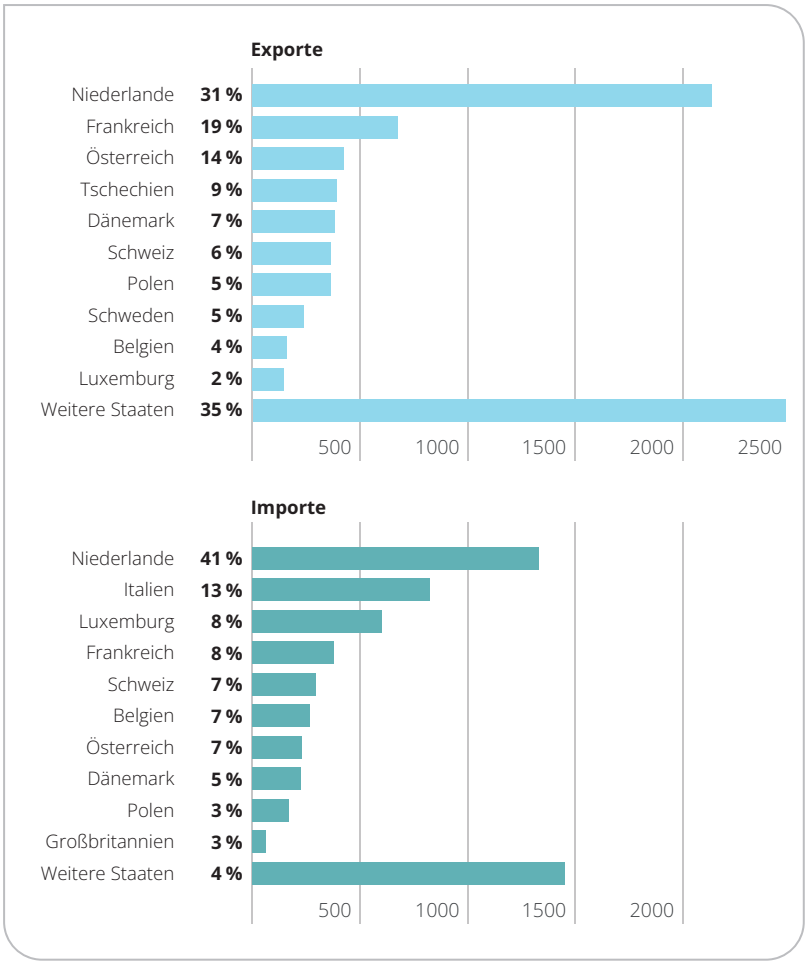


Abb. 9, Quelle: Umweltbundesamt: Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2020

Deutschland ist ein Nettoexportland. Im Jahr 2021 wurden in Summe 24 Millionen Tonnen an Abfällen importiert. Davon waren 24 % (5,6 Millionen Tonnen) notifizierungspflichtig. Diesen standen 25 Millionen Tonnen an Abfallexporten gegenüber. Der Anteil der notifizierungspflichtigen Abfallexporte lag bei 4,6 Millionen Tonnen (18 %).

Nicht notifizierungspflichtige Abfälle

Von den 18,2 Millionen Tonnen nicht notifizierungspflichtiger Abfälle, die nach Deutschland importiert wurden, stammten 87 % aus anderen EU-Mitgliedsstaaten. Bezogen auf die Abfallarten dominierten im Jahr 2021 mit 30 % (5,4 Millionen Tonnen) Papierabfälle. Die zweit bedeutendste Abfallart bei den Importen waren im Jahr 2021 Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl mit 5,0 Millionen Tonnen (27 %), die im Zeitverlauf seit 2017 bis 2020 zunächst um 17 % rückläufig waren. Starke Zuwächse gab es seit 2017 insbesondere bei Schlacken und Aschen (+21 % auf 1,5 Millionen Tonnen im Jahr 2021).

Bei den nicht notifizierungspflichtigen Abfällen wurden 85 % in andere EU-Mitgliedsstaaten exportiert. Hier dominieren mit einem Anteil von 42 % (8,8 Millionen Tonnen) Abfälle und Schrott aus Eisen und Stahl. Mit Abstand folgen Schlacken, Aschen, Walzzunder (19 %; 4,1 Millionen Tonnen) sowie Papierabfälle (9 %; 1,8 Millionen Tonnen). Letztere sind kontinuierlich rückläufig. Im Jahr 2017 betrug der Anteil der Papierexporte noch 2,9 Millionen Tonnen. Kunststoffabfälle hatten im Jahr 2021 einen Anteil von 4 % (0,8 Millionen Tonnen). Gegenüber dem Jahr 2017 wurde ein Rückgang um 33 % verzeichnet.

Big Bags mit PET, Quelle: Reiling

Notifizierungspflichtige Abfälle
Auch die grenzüberschreitende Verbringung von notifizierungspflichtigen Abfällen erfolgt sowohl bei den Importen als auch Exporten ebenfalls mehrheitlich zwischen den EU-Mitgliedstaaten (inkl. UK).

Hauptimportland sind mit Abstand die Niederlande mit 2,1 Millionen Tonnen, gefolgt von Italien mit knapp 0,7 Millionen Tonnen im Jahr 2021. Abfallimporte aus dem Vereinigten Königreich machten 2020 nur noch 0,1 Millionen Tonnen aus. Die Niederlande sind auch das Hauptempfängerland für die Exporte aus Deutschland (1,3 Millionen Tonnen), während weitere 0,8 Millionen Tonnen nach Frankreich und 0,6 Millionen Tonnen nach Österreich exportiert wurden.

Holz (AVV 19 12 07) und Boden und Steine (AVV 17 05 04) haben mit 0,6 Millionen Tonnen (11 %) bzw. 0,4 Millionen Tonnen (8 %) den größten Anteil an den notifizierungspflichtigen *Importen*. Brennbare Abfälle (AVV 19 12 10 und 19 12 12) sowie gemischte Siedlungsabfälle (AVV 20 03 01) machten mit zusammen nahezu 0,9 Millionen Tonnen einen Anteil von 16 % aus. Davon kamen 0,4 Millionen Tonnen aus den Niederlanden und jeweils rund 0,1 Millionen Tonnen aus Belgien bzw. dem Vereinigten Königreich. Bei den Mengen aus den Niederlanden handelt es sich mehrheitlich um die Anlieferungen an die MVA Emlichheim an der deutsch- niederländischen Grenze.

Die notifizierungspflichtigen *Exporte* wurden im Jahr 2020 von Holz (AVV 19 12 07) mit 0,7 Millionen Tonnen (16 %) – die gegenüber 2017 einen deutlichen Zuwachs verzeichneten, Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (AVV 19 12 12), Boden und Steine ohne gefährliche Stoffe enthalten (AVV 17 05 04) und kohlenteerhaltigen Bitumengemischen (AVV 17 03 01) mit jeweils 0,6 bzw. 0,3 und 0,6 Millionen Tonnen dominiert. Letztere wurden mehrheitlich in die Niederlande verbracht.

Ziel: Rückgewinnung von Rohstoffen, Erzeugung von Energie und Ausschleusen von Schadstoffen

Die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus den unterschiedlichsten Abfällen bis zur energetischen Verwertung restlicher Abfälle erfordert hochwertige Technologien, gut vernetzte Abläufe im Einklang mit Mensch und Natur sowie den Vorgaben des Gesetzgebers. Jeden Tag müssen neue Möglichkeiten zum Klima- und Ressourcenschutz geprüft und umgesetzt werden. Nur so ist es bisher gelungen, aus den Möglichkeiten der Abfallverwertung vielschichtige, wirtschaftliche Perspektiven zu schaffen.

1.4.1 Anlagen und Mengen zur stofflichen Verwertung

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Knappheit von Primärressourcen, die jedoch für den weiteren industriellen Fortschritt essenziell sind, gewinnt die Rückgewinnung von Ressourcen aus Abfällen an Bedeutung. Das ist auch in der fünfstufigen Abfallhierarchie verankert, nach der Abfälle möglichst zu vermeiden und – sofern dies nicht möglich ist – prioritär für die Wiederverwendung bzw. stoffliche Verwertung (Recycling) vorzubereiten sind. Allerdings ist dies auch kein Phänomen der Neuzeit, denn bereits seit Jahrhunderten werden Metalle und Glas zurückgewonnen. Im 19. Jahrhundert haben das Recycling von Papier und Textilien große Bedeutung erhalten. Um eine möglichst effiziente und ressourcenschonende Rückgewinnung von Materialien sicherstellen zu können, sind nicht nur hochwertige Aufbereitungsanlagen notwendig, welche die Beschaffenheit des Abfalls sowie die jeweiligen Qualitätsanforderungen an die Aufbereitung berücksichtigen und somit den erfolgreichen Wiedereinsatz im Wirtschaftskreislauf gewährleisten können. Erfoderlich ist also die Zusammenarbeit aller Akteure, beginnend beim Design und bei der Produktion recyclingfähiger Produkte. Und schließlich die getrennte Erfassung der Materialien, deren Sortierung und Aufbereitung – dies alles ermöglicht erst die die Rückgewinnung hochwertiger Sekundärrohstoffe, aber auch der thermischen Verwertung der Sortierreste (Schad- und Störstoffe).

1.4.1.1 Sortierung, Aufbereitung und Recycling

Deutschland verfügt über ein flächendeckendes Netz an Vorbehandlungs-, Sortier- und Aufbereitungsanlagen. Laut Statistischem Bundesamt[12] wurden im Jahr 2021

- nahezu 25,0 Millionen Tonnen Abfälle in 957 Sortieranlagen – darunter 0,8 Millionen Tonnen aus dem Ausland,
- 16,3 Millionen Tonnen Abfälle in 758 Schredderanlagen und Schrottscheren (0,7 Millionen Tonnen aus dem Ausland),
- nahezu 1,0 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikaltgeräte in 306 Zerlegeeinrichtungen und
- knapp 0,5 Millionen Tonnen in 1.125 Demontagebetrieben für Altfahrzeuge

vorbehandelt. Ziel muss es sein, das Sekundärrohstoffpotenzial zurückzugewinnen und Primärrohstoffe zu substituieren.

Standorte der Sortier- und Aufbereitungsanlagen in Deutschland

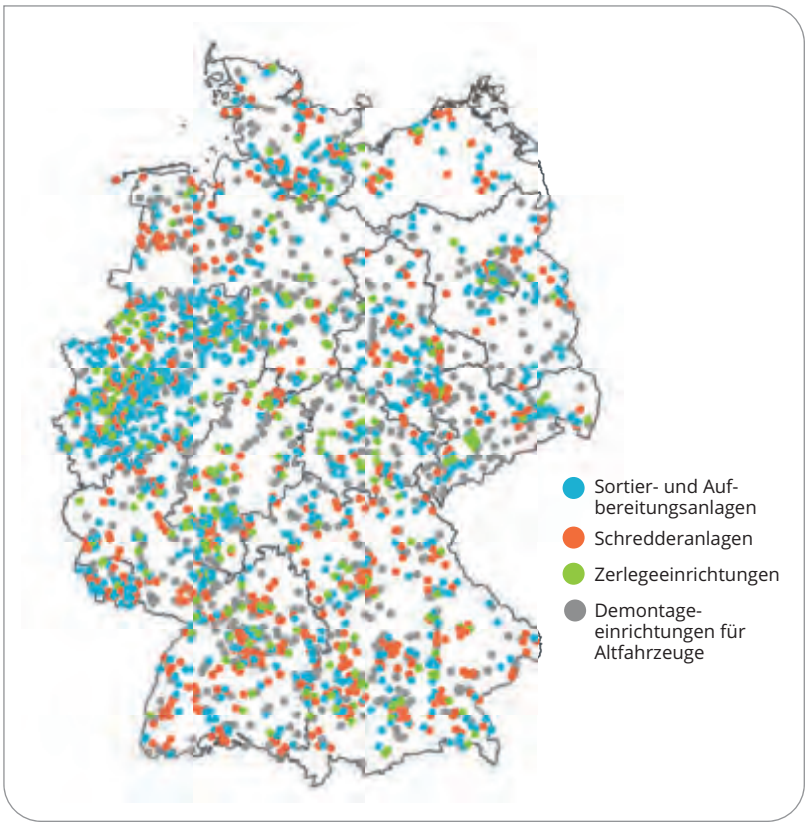


Abb. 10, Quelle: Entsorgungsfachbetrieberegister, Zusatzrecherchen Prognos AG; Kartengrundlage GfK GeoMarketing

Im bevölkerungsreichsten und wirtschaftlich bedeutenden Nordrhein-Westfalen befinden sich allein 31 % aller Sortieranlagen Deutschlands. Weitere 14 % sind in Bayern in Betrieb, während in den Bundesländern Niedersachsen und Baden-Württemberg jeweils 7 % der Anlagen stehen. Bezogen auf die Gesamtmenge der an Sortieranlagen angelieferten Abfälle wurden im Jahr 2021 ein Drittel in Nordrhein-Westfalen, 13 % in Bayern und 10 % in Baden-Württemberg sortiert.

Die in den Anlagen eingesetzten Technologien sind sehr unterschiedlich. In den vergangenen Jahren wurden zunehmend hochmoderne vollautomatische Sortieranlagen in Betrieb genommen. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau hat hierbei aufgrund langjähriger Erfahrungen europaweit eine Technologieführerschaft. Mit Infrarot-Technologien können die Anlagen unterschiedliche Materialarten erkennen. Kamerasysteme ermöglichen die Sortierung des jeweiligen Stoffstromes nach Form und Farbe. Inzwischen erfolgen Produkterkennungen auch mit Hilfe von KI-Systemen. So wird es möglich, immer sortenreinere Ausgangsmaterialien zu liefern und schadstoffbelastete Stoffe aus dem Wertstoffkreislauf auszuschleusen. Das erhöht den Zugang zu den Sekundärrohstoffmärkten. Parallel erfolgt eine Überprüfung der Zuordnung von Behandlungsanlagen zu den einzelnen Anlagenkategorien, so dass sich hier im Jahresvergleich teilweise deutlichere Unterschiede ergeben können.

(12) Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0003.

Spezifische Anforderungen an die Mindestausstattung von *Vorbehandlungsanlagen* wurden mit der im August 2017 in Kraft getretenen *Gewerbeabfallverordnung (Ge-wAbfV),* §§ 6 und 10, definiert, um ein ordnungsgemäßes, schadloses und hochwertiges Recycling der aussortierten Fraktionen zu gewährleisten. Hierzu zählen beispielsweise

- Aggregate zum Zerkleinern bzw. zur Separierung verschiedener Materialien, Korngrößen, Kornformen und Korndichten,
- Aggregate zur maschinell unterstützten manuellen Sortierung,
- Aggregate zur Ausbringung von Eisen und Nichteisenmetallen mit einer Metallausbringung von mindestens 95 %,
- Aggregate zur Ausbringung von Kunststoff mit einer Kunststoffausbringung von mindestens 85 %,
- von Holz oder von Papier etc.

Der Nachweis der Komponenten gilt sowohl für Einzelanlagen, auch für mehrere Anlagen, die hintereinandergeschaltet betrieben werden und dies entsprechend vertraglich dokumentiert ist.

Informationen zu Vorbehandlungsanlagen, die die entsprechenden Voraussetzungen vollständig oder im Rahmen von hintereinandergeschalteten Anlagen erfüllen, werden zu einem gewissen Teil über die Entsorgungsfachbetriebe-Zertifikate erfasst und von der Zentralen Koordinierungsstelle (ZKS) Abfall[13] kontinuierlich ausgewertet. Dies ist ein Prozess, der noch nicht final abgeschlossen ist. Darüber hinaus ist eine entsprechende Kennzeichnung nicht zwingend vorgeschrieben, so dass die Anzahl der Anlagen ggf. höher liegt. Orientierend kann mit aktuellem Datenstand davon ausgegangen werden, dass bundesweit 130 Vorbehandlungsanlagen die entsprechenden Kriterien der GewAbfV vollumfänglich und weitere 179 Vorbehandlungsanlagen dies im Rahmen von hintereinandergeschaltet betriebenen Anlagen erfüllen[14].

Regional verfügt Nordrhein-Westfalen mit 38 Anlagen (29 %) über bundesweit die meisten Vorbehandlungsanlagen, die die Anforderungen voll erfüllen. Die meisten Vorbehandlungsanlagen, die die Anforderungen der GewAbfV im Rahmen von hintereinandergeschaltet betriebenen Anlagen erfüllen befinden sich in Baden-Württemberg (33) und Bayern (31).

Bayern verfügt mit einem Anteil von 16 % auch über die meisten *Demontagebetriebe für Altfahrzeuge,* gefolgt von Nordrhein-Westfalen mit 15% sowie Niedersachsen mit 14 %.

Von den 758 Schredderanlagen und Schrottscheren[15] befinden sich nahezu 25 % in Bayern. In den Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg befinden sich 14 % bzw. 15 % der Anlagen.

⑬ (https://www.zks-abfall.de/)

⑭ eEFBV Fachbetrieberegister (https://fachbetrieberegister.zks-abfall.de/), letzter Zugriff am 28.03.2023.

⑮ Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0011.

Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland

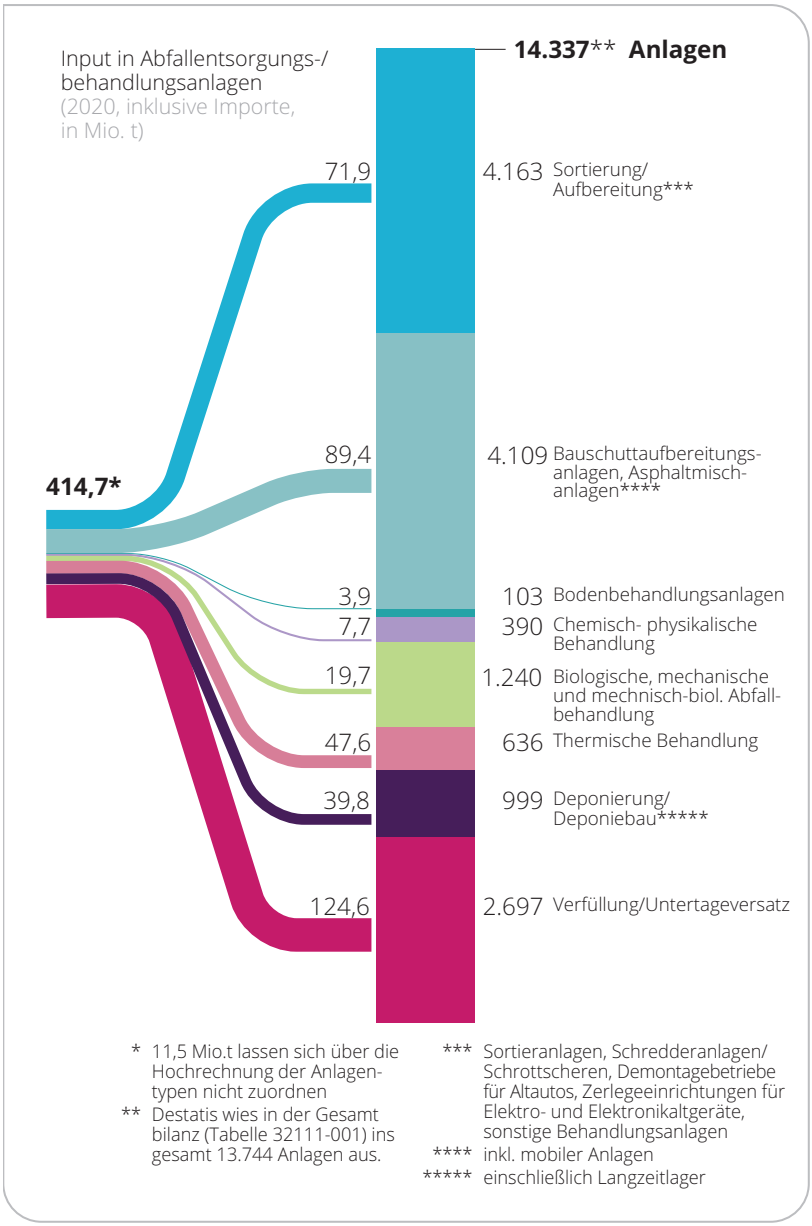


Abb. 11, Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabellen 32111-0003 und 32141-0001)

1.4.1.2 Mechanische und mechanisch-biologische Behandlung

Seit rund 30 Jahren ist die mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) ein wichtiger Teil der deutschen Kreislaufwirtschaft. 1993 wurde mit der ersten Fassung der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) die Grundlage für die heutige Abfallentsorgung gelegt. Die Überarbeitung der TASi führte zu einem Deponierungsverbot für nicht vorbehandelte Abfälle ab 2005. Bereits im Vorfeld legten die 30. BImSchV und die Abfallablagerungsverordnung die genehmigungsrechtlichen Anforderungen für die stoffstromspezifische Behandlung von Siedlungsabfällen in mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen fest. Die meisten Anlagen, die heute noch in Betrieb sind, wurden zur Umsetzung des Ablagerungsverbotes für unvorbehandelte Abfälle errichtet.
Die mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen verfügen über jeweils unterschiedliche Behandlungsverfahren, z. B. Vergärung, Rotte und Stabilisierung bzw. Trocknung oder auch die mechanisch-physikalische Stabilisierung.

Ziel aller Anlagen ist die Aussortierung von Eisen- und Nichteisenmetallen, Holz und Kunststoffen sowie die Gewinnung von heizwertreichen Ersatzbrennstoffen. Aus den verbleibenden Restmengen wird ein ablagerungsfähiges Material erstellt. Die zunehmende Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen führt bei den Anlagen zu verschiedenen technologischen Umstellungen, wobei im Wesentlichen die biologische Behandlung betroffen ist. Dies betrifft beispielsweise die biologische Trocknung der biogenen Fraktion sowie die Erweiterung der biologischen Behandlungsmöglichkeiten für getrennt erfasste Bio- und Grünabfälle. Während einige Anlagen ihre Technologie komplett auf die Behandlung von Bio- und Grünabfällen umstellen, sind andere Anlagen bestrebt, die Möglichkeit, Restabfälle mechanisch zu behandeln, weiterhin bestehen zu lassen. Darüber hinaus wurden mechanische Behandlungsanlagen so umgerüstet, dass sie auch Gewerbeabfälle gemäß der seit 2017 gültigen Gewerbeabfallverordnung behandeln können.

Die Anlagen zur stoffstromspezifischen Behandlung von Siedlungsabfällen werden konsequent weiterentwickelt und vorhandene Technologien präzisiert, um für die gestiegenen Anforderungen Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit denen nicht nur gemischte Siedlungsabfälle, sondern auch andere Abfälle behandelt und vielfältige Verfahrensziele realisiert werden können. Dies ist ein kontinuierlicher Prozess. Damit sind die Anlagen Sekundärrohstofflieferant für die Industrie und Energielieferant für Industrie und Haushalte zugleich. Durch die bestmögliche Nutzung der jeweiligen Eigenschaften der Bestandteile des Abfalls entsteht ein Kreislauf von Stoffströmen, der gleichzeitig die Schonung der Umwelt, Ressourcen und Klima umfasst.

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

Abb. 12, Quelle: Eigenrecherchen Prognos AG; Kartengrundlage GfK GeoMarketing

Gemäß Destatis waren 2020 bundesweit 49 mechanisch-biologische Behandlungsanlagen in Betrieb, in denen 3,7 Millionen Tonnen an Abfällen vorbehandelt wurden[16]. Diese haben Sekundärrohstoffe zur stofflichen Verwertung abgetrennt, darunter Eisen- und Nichteisenmetallgemische, Holz und Kunsstoffe. Die aus den Abfällen erzeugten Ersatzbrennstoffe und brennbare heizwertreiche Fraktionen (ca. 55 %) werden unter anderem in EBS-Kraftwerken, Kohlekraftwerken und MVA zur Energiegewinnung eingesetzt. In Kraftwerken ersetzen sie fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas und leisten einen stofflichen Beitrag zur Produktherstellung. Die bei der Vergärung erzeugten Biogasmengen werden als Energieträger verwertet, weitere Reste aus der Vorbehandlung werden deponiert.

Von diesen MBA haben laut Destatis 36 Anlagen kommunale Restabfälle behandelt, während die verbleibenden Anlagen bereits komplett auf die rein mechanische bzw. Bioabfallbehandlung umgestellt waren.

Über die MBA hinaus werden kommunale Restabfälle auch in mechanischen Aufbereitungsanlagen behandelt, die statistisch unter Sortier- und Aufbereitungsanlagen erfasst werden. In Summe verfügen 47 mechanische, mechanisch-biologische und mechanisch-physikalische Anlagen über Verträge zur Restabfallbehandlung[17].

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

16 Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0003.

17 SASA e.V., Zusatzrecherchen Prognos AG.

1.4.1.3 Biologische Behandlungsanlagen

In Deutschland sind rund *1.190 biologische Behandlungsanlagen*[18] in Betrieb. Aktuell werden die organischen Abfälle durch aerobe und anaerobe Verfahren (Kompostierung und Vergärung) verwertet. Bei der Verwertung entstehen hochwertige Gärreste und Komposte, die überwiegend in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Zusätzlich zum Einsatz in der Landwirtschaft werden Komposte in Erdenwerken, im Landschaftsbau und im Hobbygartenbau eingesetzt. Darüber hinaus wird Biogas energetisch genutzt.

In biologischen Behandlungsanlagen wurden im Jahr 2021 in Summe 16,1 Millionen Tonnen an Abfällen eingesetzt. Davon entfielen 67 % auf Siedlungsabfälle und 22 % auf Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Lebensmittelindustrie. Die verbleibenden Mengen verteilen sich auf sonstige Herkunftsbereiche[19]. Aus den behandelten Abfällen wurden nahezu 4,6 Millionen Tonnen spezifikationsgerechter Kompost und nahezu 3,5 Millionen Tonnen Gärrückstände abgesetzt.

Seit 1985 werden in Deutschland Bio- und Grünabfälle separat erfasst. Die Verpflichtung einer getrennten Erfassung der ***Bio- und Grünabfälle aus Haushalten*** besteht gemäß EU-Abfallrahmenrichtlinie für alle europäischen Länder seit 2015. Aktuell können bundesweit in rund 270 Biogutkompostierungsanlagen und kombinierten Kompostierungs- und Vergärungsanlagen (rund 23 % der biologischen Behandlungsanlagen) rund 5,7 Millionen Tonnen Bioabfälle verwertet werden (Stand: 2021)[20] Der überwiegende Teil wird derzeit noch in Kompostierungsanlagen verwertet. Etwa 2,4 Millionen Tonnen (42 %) werden einer Vergärung bzw. kombinierten Kompostierung/Vergärung zugeführt. Für den Einsatz von Gärresten und Komposten gelten gesetzlich geregelte spezifische Anforderungen und strenge Grenzwerte für Inhalts- und Fremdstoffe. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer freiwilligen Gütesicherung, deren Anforderungen strenger sind als die gesetzlich geregelter Werte. Neben den Gärresten entsteht bei der Vergärung energetisch nutzbares Biogas, das in Energie und Wärme umgewandelt werden kann. Zukünftig sollten wesentliche Anteile der Bioabfälle in Anlagen mit Vergärungsstufen behandelt werden, um möglichst das energetische Potenzial der organischen Abfälle aus Haushalten voll auszuschöpfen.

Ablauf einer Bioabfallbehandlung

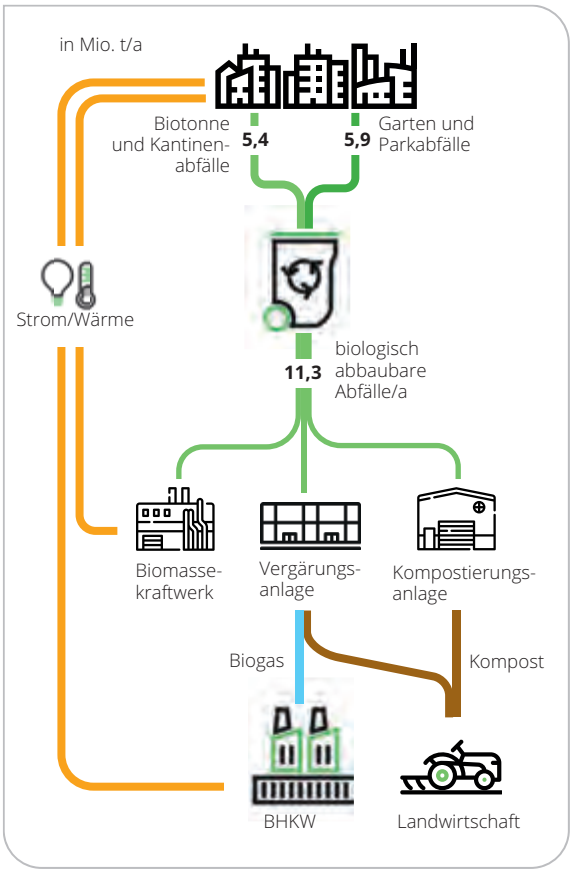


Abb. 13, Quelle: ASA e.V.

Standorte von Vergärungsanlagen in Deutschland

Abb. 14, Quelle: ASA, Kartengrundlage: GfK GeoMarketing

1.4.1.4 Sonstige Behandlungsanlagen

Das breite Spektrum der Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland wird ergänzt durch rund 680 stationäre bzw. semimobile und 2.960 mobile Bauschuttaufbereitungsanlagen. Diese haben im Jahr 2020 (letzte verfügbare Daten) rund 75 Millionen Tonnen primäre Bau- und Abbruchabfälle einschließlich Straßenaufbruch und kohlenteerhaltiger Bitumengemische aufbereitet.

Ergänzt wird das Anlagenspektrum für primäre Bau- und Abbruchabfälle um ***469 Anlagen zur Aufbereitung und Verwertung*** von Ausbauasphalt (Asphaltmischanlagen). Auch dieser Anlagentyp wird sowohl stationär als auch mobil betrieben. In ***103 Bodenbehandlungsanlagen*** wurden 3,9 Millionen Tonnen verunreinigter Boden mittels thermischer, biologischer oder mechanischer Verfahren aufbereitet.

18 Biologische Behandlungsanlagen umfassen laut Destatis Bioabfallkompostierungsanlagen, Grünabfallkompostierungsanlagen, kombi-nierte Kompostierungs- und vergärungsanlagen, Klärschlammkompostierungsanlagen, Biogas- und vergärungsanlagen sowie sonstige biologische Behandlungsanlagen.

19 Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0004.

20 Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0003

Für die Aufbereitung von 7,7 Millionen Tonnen überwiegend chemischer Abfälle standen 2021 insgesamt 390 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (CPB) zur Verfügung, das sind z. B. 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. Die Anzahl der CPB hat sich insbesondere aufgrund von Neubewertungen gegenüber dem letzten Statusbericht verringert.

In *1017 sonstigen Behandlungsanlagen* wurden 29,2 Millionen Tonnen Abfälle behandelt. Hierunter fallen beispielsweise Ersatzbrennstoff-, Schlacke und Kabelaufbereitungsanlagen sowie Kunststoffverwertungsanlagen, aber auch Klärschlammfaulbehälter mit Co-Vergärung und Anlagen zur stofflichen Verwertung von Altöl.

27,7 Millionen Tonnen bergbaulicher Abfälle wurden in 14 Anlagen entsorgt. Zu den Anlagen des bergbaulichen Versatzes gehören Abbaustätten und bergbauliche Gruben, die entweder noch in Betrieb oder bereits geschlossen sind und wiederverfüllt werden. Bergbaufremde Abfälle in einer Größenordnung von 96,8 Millionen Tonnen wurden in 2.683 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.

1.4.2. Anlagen und Mengen zur energetischen Verwertung

Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz soll die Abfallbewirtschaftung der 5-stufigen Abfallhierarchie, beginnend mit der Abfallvermeidung, über die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling bis hin zu sonstigen Verwertungs- und letztendlich Beseitigungsverfahren folgen. Bundesweit nehmen die unterschiedlichsten Anlagen zur Verwertung bzw. Beseitigung von Abfällen arbeitsteilig ihre Aufgaben wahr. Die thermische Abfallbehandlung ist dabei eine wichtige Säule und wird in der Regel in Mono- und Mitverbrennung unterschieden.

Zu den Monoverbrennungsanlagen gehören die „klassischen" Müllverbrennungsanlagen (MVA, MHKW) und die Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke) ebenso wie Klärschlamm-, Sonderabfall- oder auch Altholzverbrennungsanlagen. Die Zementwerke und Industriekraftwerke sowie in immer geringer werdendem Umfang die Kohlekraftwerke sind die derzeit tragenden Säulen der Mitverbrennung.

Biologische Abfallbehandlungsanlagen nach Art der Anlage
(Anzahl und Inputmenge 2020)

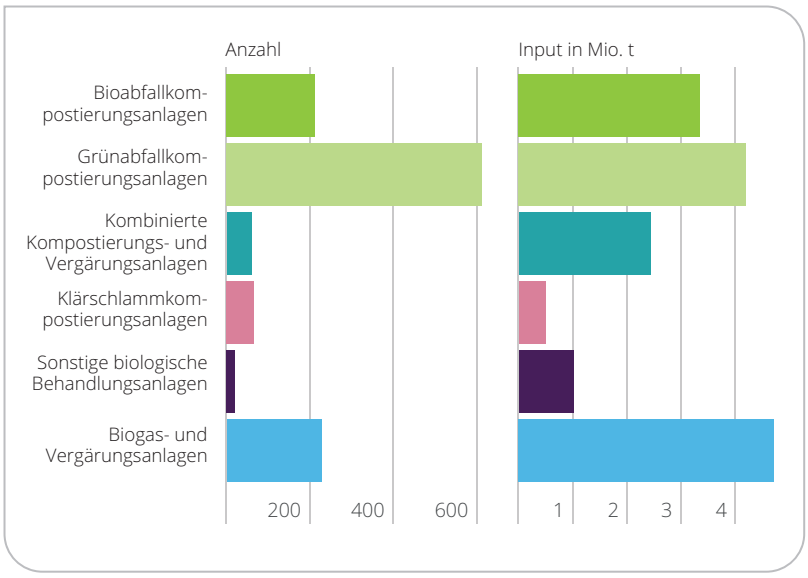


Abb. 15, Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabelle 32111-0003), eigene Darstellung

Im Jahr 2021 wurden in Summe rund 47 Millionen Tonnen kommunale sowie Industrie- und Gewerbeabfälle thermisch behandelt.[21]

1.4.2.1 Thermische Abfallbehandlung (MVA/EBS-Kraftwerke)

Die Anfänge der thermischen Abfallbehandlung reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück, als im Jahr 1874 in Nottingham die erste Abfallverbrennungsanlage ihren Betrieb aufnahm. Vorrangig ging es dabei um die Beseitigung der städtischen Abfälle, die immer mehr zu einem gesundheitlichen Risiko geworden waren. Als in Deutschland erneut eine Cholera-Epidemie ausgebrochen war, führte das – dem Beispiel Englands folgend – nur wenige Jahre später, im Jahr 1894, zum Bau der ersten Müllverbrennungsanlage Deutschlands in Hamburg.

Ein großer Impuls für die thermische Abfallbehandlung (TAB) 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 gewordene Ablagerungsverbot für unvorbehandelte Siedlungsabfälle. Im Zuge dessen mussten neue Behandlungskapazitäten geschaffen werden, auch um die Verwertung brennbarer Abfälle aus der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBA) sicherstellen zu können. Bestand der Hauptzweck der Anlagen lange Zeit in der Volumenreduktion und Hygienisierung, rückte mit der Erdölkrise in den 80er Jahren die Nutzung des Energiepotenzials in den Abfällen immer stärker in den Mittelpunkt des Interesses.

21 Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabelle 32111-0003

Input von thermischen Abfallentsorgungsanlagen 2021 (in Mio. Tonnen) [22]

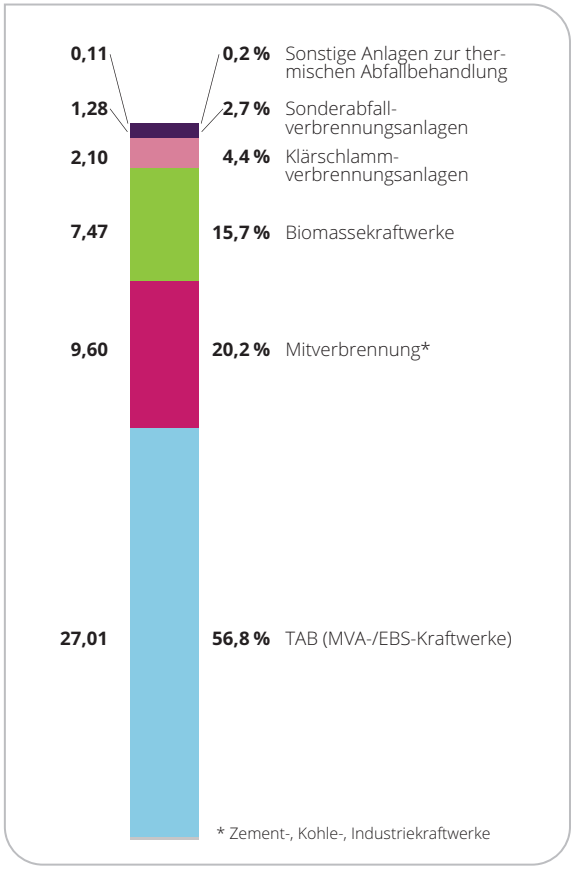


Abb. 16, Quelle: Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabellen 32111-0003), eigene Darstellung

Unter dem Oberbegriff „Thermische Abfallbehandlungsanlagen – TAB" werden heute die insgesamt 98 MVA und EBS-Kraftwerke zusammengefasst. Die ***genehmigte Gesamtkapazität*** der TAB liegt bei rund ***27,5 Millionen Tonnen pro Jahr***, wobei die regionale Verteilung deutliche Unterschiede aufweist. Das bevölkerungsreichste Bundesland Nordrhein-Westfalen verfügt mit 7,1 Millionen Tonnen pro Jahr über die höchsten genehmigten Kapazitäten. Die beiden Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg kommen in Summe auf 5,3 Millionen Tonnen pro Jahr. Mit 6,0 Millionen Tonnen pro Jahr stehen auch in den neuen Bundesländern relevante Kapazitäten zur Verfügung. Der bundesdeutsche Altersdurchschnitt der Verbrennungslinien liegt bei rund 22 Jahren, tendenziell sind die TAB in den östlichen Bundesländern jünger.

In der Statistik werden die Müllverbrennungsanlagen (MVA) noch separat unter den Thermischen Abfallbehandlungsanlagen und die EBS-Kraftwerke unter den Feuerungsanlagen geführt. Dies hat historische Gründe. Die MVA galten bis zur Einführung des sog. R-1-Faktors[23] im Zuge der ersten EU-Abfallrahmenrichtlinie 2008 häufig noch als Beseitigungsanlagen, obwohl sie seit den 90er Jahren Abfall verwerten, während die EBS-Kraftwerke als Verwertungsanlagen eingestuft wurden.

Heute ***gewährleisten die TAB*** unter Einhaltung höchster Umweltstandards die ***sicherere Entsorgung*** von nicht mehr verwertbaren Abfällen und sind ein ergänzender Baustein der Kreislaufwirtschaft. Die Bedeutung der Schadstoffentfrachtung nimmt mit steigenden Recyclingquoten zu, denn nur hierdurch lässt sich eine hochwertige stoffliche Verwertung sicherstellen. Darüber hinaus sind viele dezentrale Anlagen ein Garant für die Daseinsvorsorge (Entsorgungssicherheit für Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen, Hygienisierung, etc.). Im Jahr 2021 wurden insgesamt rund ***26,2 Mio. Tonnen an Abfällen*** aus Haushalten sowie Industrie und Gewerbe in den TAB thermisch behandelt. Den größten Anteil der thermisch verwerteten Abfälle machten dabei Hausmüll mit rund 47 % (12,4 Millionen Tonnen), gefolgt von brennbaren Sekundärabfällen (AVV-Nr. 19 12 10 und 19 12 12) mit zusammen rund 39 % (10,1 Millionen Tonnen) aus. Die verbleibenden Mengen entfielen auf sonstige Siedlungsabfälle sowie eine Vielzahl sonstiger Abfälle, die z. T. nur in geringen Mengen verwertet wurden.[24]

In den vergangenen 125 Jahren hat sich die Funktion der TAB innerhalb der Daseinsvorsorge kontinuierlich weiterentwickelt. Mit einer effizienten Auskoppelung von Strom, Prozess- und Fernwärme, der Rückgewinnung von Metallen aus den Verbrennungsrückständen sowie der Verwertung von Schlacken als mineralische Ersatzbaustoffe liefern die TAB wichtige Beiträge zum Klima- und Ressourcenschutz, die über die ursprüngliche Aufgabe der Entsorgung von gemischten Siedlungsabfällen im Rahmen der ***Daseinsvorsorge*** hinaus gehen.

Die MVA und EBS-Kraftwerke in Deutschland werden ***überwiegend*** als ***Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)*** betrieben, wobei einige Anlagen den Prozessdampf an benachbarte Kraftwerke zur Verstromung bzw.Wärmenutzung weitergeben und somit im Verbund betrieben werden. Die TAB leisten damit auch einen wichtigen ***Beitrag zur Versorgungssicherheit***.

Standorte von MHKW und EBS-Kraftwerken in Deutschland

Abb. 17, Quelle: ITAD, Zusatzrecherchen Prognos AG; Kartengrundlage GfK GeoMarketing

(22) Das statistische Bundesamt weist in Summe für die TAB (Abfallverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoffwerke) mehr Anlagen aus, als für die nachfolgenden spezifischen Ausführungen zugrunde gelegt wurden.

(23) Der R1 Faktor beschreibt die Energieeffizienz einer Anlage, in dem der energetische Nutzen (produzierte und genutzte Energie nach Abzug importierter Hilfsenergien) zum Aufwand (Energie des Abfalls und der zugehörigen Brennstoffe) ins Verhältnis gesetzt wird

(24) Statistisches Bundesamt, Genesis – Tabellen 32111-0003 und 32111-0004, ITAD, Hochrechnungen Prognos.

Vor dem Hintergrund weiter zunehmender Anstrengungen zum Recycling, die sich u. a. aus den rechtlichen Vorgaben aus dem Verpackungsgesetz, der Gewerbeabfallverordnung, der Pflicht zur Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten sowie den Recyclingzielen aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und dem EU-Kreislaufwirtschaftspaket ergeben, wird das Aufkommen traditioneller Abfallarten, die thermisch zu behandeln sind, sinken. Gleichzeitig sind jedoch auch Entwicklungen zu berücksichtigen, die potenziell zu einem Anstieg der thermisch zu behandelnden Abfälle aus Gründen des Umweltschutzes führen. Hierzu zählen beispielsweise die Umsetzung der Verordnung über persistente organische Schadstoffe (POP-Verordnung), die Anforderungen an die Ablagerung der Feinfraktion aus der Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen in Bezug auf die Ablagerungskriterien für die Deponieklassen I und II, die Umsetzung der Klärschlammverordnung und Sortierreste aus Recyclingmaßnahmen. Die TAB übernehmen hier eine wichtige Funktion als ***Schadstoff- und Störstoffsenke***, ohne die ein effizientes Recycling nicht möglich ist.

Im Hinblick auf den aktuellen ***„Green Deal"*** der EU wird es neue Initiativen zur frühzeitigeren Schließung von Deponien in Europa geben (müssen), da die Reduktion von Treibhausgasemissionen in der Abfallwirtschaft häufig durch sehr geringe CO_2-Vermeidungskosten zu realisieren ist. Zum Aufbau einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, insbesondere in Ost- und Südeuropa, werden im Rahmen der Europäischen Arbeitsteilung auch deutsche TAB (wie auch spezielle Verwertungsanlagen) einen wichtigen Beitrag leisten müssen.

Die TAB werden weiterhin wichtige Aufgaben bei Abfallentsorgung, Ressourcenschutz und Energiewirtschaft übernehmen. Auf zukünftige Rahmenbedingungen, wie steigende Anforderungen an die Rückgewinnung von Ressourcen (Metalle aus den Rückständen, Phosphate aus den Aschen der Monoklärschlammverbrennung etc.) und die Sektorenkopplung (Energiespeicher, Systemdienstleistungen und Wasserstoffproduktion) sowie die Kreislaufführung von Kohlenstoff stellen sich die Anlagenbetreiber ein.

1.4.2.2 Mitverbrennung in Zement- und Kohlekraftwerken

Der Bedarf der Industrie die Energieerzeugung über die Nutzung von Abfällen zu sichern bzw. zu flankieren hat insbesondere vor dem Hintergrund der stark gestiegenen Kosten für fossile Energien in allen energieintensiven Wirtschaftsbranchen (zum Beispiel Papierindustrie, Chemieparks, Zementherstellung) stark zugenommen. Durch die energetische Verwertung der nicht weiter stofflich verwertbaren Abfälle lassen sich fossile Energieträger ersetzen und Treibhausgase einsparen. Mit zunehmender Verknappung der Primärrohstoffe steigt auch das Interesse an alternativen Rohstoffen für die Produktion selbst.

Anzahl MHKW und EBS-Kraftwerke nach Bundesländern 2022

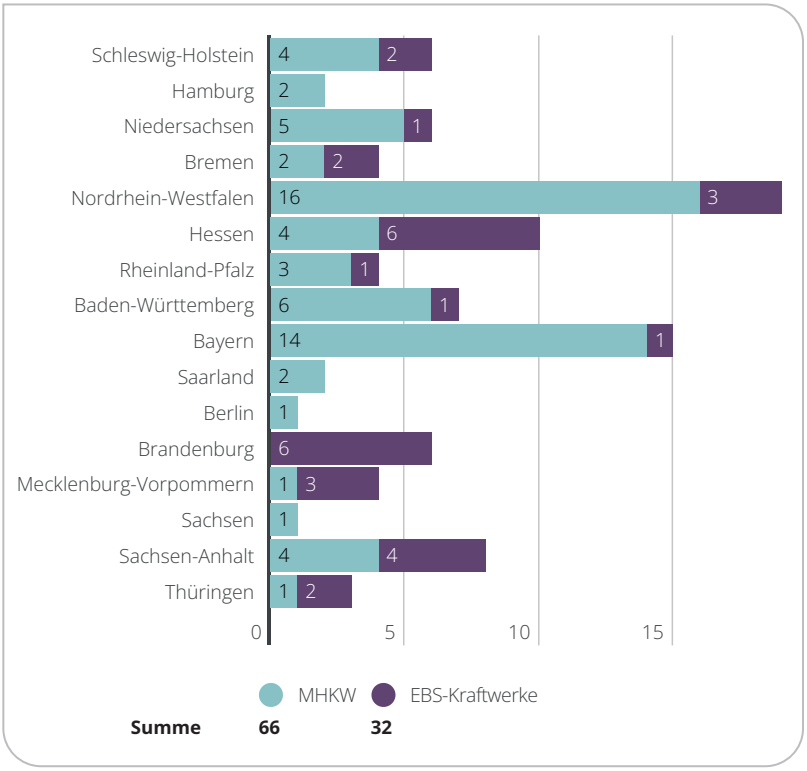


Abb. 18, Quelle: ITAD, Zusatzrecherchen Prognos AG

Mitverbrennung in Zementwerken [25]

Die Zementindustrie zählt zu den Industriezweigen mit dem größten Ressourceneinsatz, sowohl an Rohstoffen als auch an Energie. Bei der Herstellung von Zement und Beton wird pro Jahr etwa ein Fünftel der insgesamt in Deutschland eingesetzten Primärrohstoffe verwendet. Die Zementindustrie ist daher bestrebt, den Ressourceneinsatz zu reduzieren.

Bereits seit den 70er Jahren werden alternative Brennstoffe bei der Klinkerproduktion eingesetzt und somit fossile Brennstoffe wie Braun- und Steinkohle substituiert. Hierbei handelt es sich sowohl um aufbereitete Fraktionen aus Gewerbe- und Siedlungsabfällen und Klärschlämme als auch um Altreifen, Altöl, Tiermehle und -fette sowie Lösemittel. Der Anteil der in der Zementindustrie eingesetzten alternativen Brennstoffe lag im Jahr 2021 bereits bei 69 %. Das entspricht in Summe mehr als 3,8 Mio. Tonnen hochkalorischer Abfälle[26]. Beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Zementklinkerbrennprozess liegen die Nettowirkungsgrade bei über 70 %. Dabei findet neben der energetischen Verwertung auch eine stoffliche Nutzungskomponente statt. Der Ascheanteil, der als anfallender Sekundärrohstoff in den Zementklinker, also in das Produkt, eingebunden wird ersetzt natürliche Primärrohstoffe in der Größenordnung von 200.000 bis 250.000 t/a.

[25] VDZ, Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton – Potenziale und Hemmnisse, 2020.

[26] VDZ, Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2020.

Zusammensetzung der 2021 in Zementwerken eingesetzten alternativen Brennstoffe (in Tsd. Tonnen)

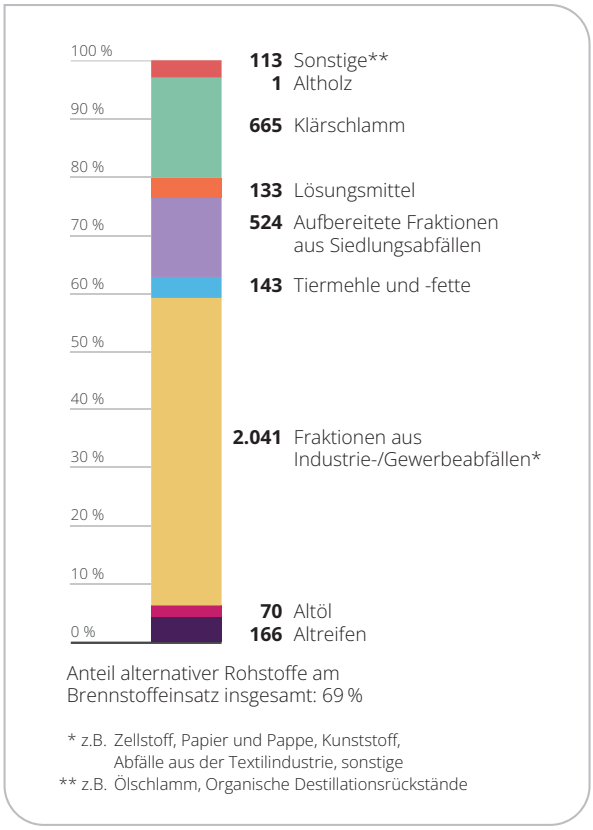


Abb. 19, Quelle: Verein Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ), Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2021

Zusammensetzung der in Zementwerken 2020 eingesetzten alternativen Rohstoffe (in rund Tsd. Tonnen)

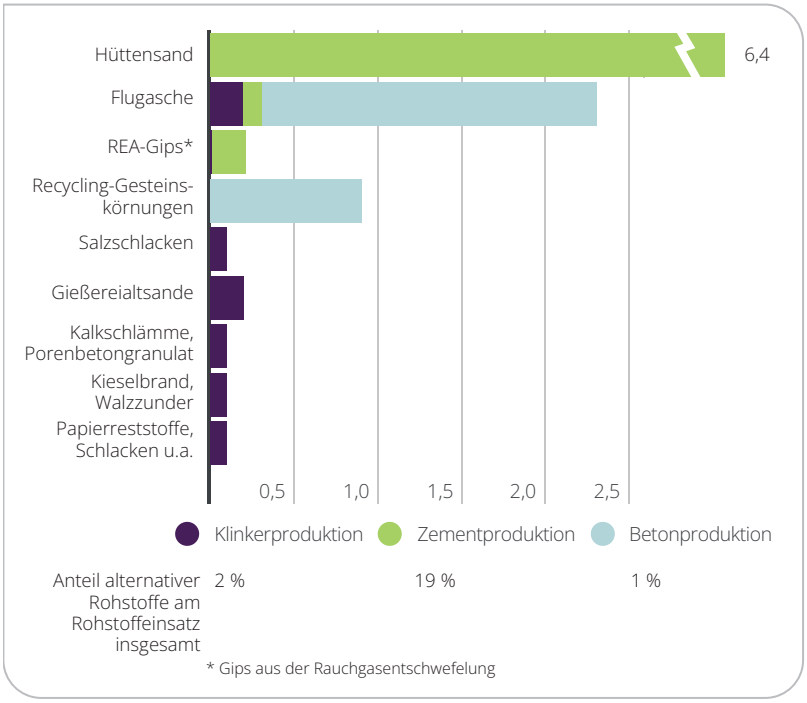


Abb. 20, Quelle: Verein Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ), Ressourcen der Zukunft für Zement und Beton - Potenziale und Handlungsstrategien 2022

Die Zementindustrie setzt aber auch Sekundär- Rohstoffe direkt bei der Herstellung von Klinker, Zement und Beton ein. Im Jahr 2020 waren dies in Summe rund 10,3 Mio. Tonnen[27], darunter beispielsweise Hüttensande (rund 6,4 Mio. Tonnen), die bei der Roheisenherstellung durch das schnelle Abkühlen der Hochofenschlacken entstehen, bzw. Flugaschen (rund 2,3 Mio. Tonnen), die bei der Verbrennung von Braun- und Steinkohle zur Stromerzeugung entstehen.

Der Einsatz alternativer Rohstoffe und Brennstoffe soll weiter erhöht werden. Ziel ist es, den Anteil an alternativen Brennstoffen bis 2030 auf rund 75 % zu steigern, den Anteil an alternativen Rohstoffen bei der Betonherstellung bis 2050 auf rund 26 % bzw. bei der Zementherstellung auf 22 %. Hierbei sieht sich die Zementindustrie jedoch mit der Herausforderung konfrontiert, dass bisher verfügbare alternative Rohstoffe zukünftig nicht mehr bzw. nicht mehr im bisherigen Umfang zur Verfügung stehen werden. So fällt zukünftig REA-Gips aufgrund der Schließung der Kohlekraftwerke weg. Auch die Verfügbarkeit von Hüttensanden wird deutlich rückläufig erwartet, da die Eisen- und Stahlindustrie plant, ihre Produktion auf wasserstoffbasierte Direktreduktionsverfahren umzustellen, was zum einen zu einer Reduktion des Schlackenanfalls um rund 40 % führt, andererseits noch nicht absehbar ist, ob diese Schlacken für den Einsatz in der Zementindustrie geeignet sein werden. Vor diesem Hintergrund laufen aktuell diverse Forschungsprojekte, die die Einsatzmöglichkeiten von beispielsweise Müllverbrennungsschlacken, Aluminiumschlacken und Rotschlämmen oder auch ölhaltiger Böden untersuchen.

Mitverbrennung in Kohlekraftwerken

Im Jahr 2017 verfügten bundesweit insgesamt noch 20 Braun- und Steinkohlekraftwerke über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen[28]. Die genehmigten Kapazitäten wurden auf rund 4,2 Millionen Tonnen geschätzt, wobei der tatsächliche durchschnittliche Durchsatz nur bei 40 % – 50 % lag. Zu Beginn des Jahres 2020 waren noch 14 Kohlekraftwerke, die Abfälle mitverbrennen, in Betrieb.

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

Im Zuge der Energiewende erfolgt in Deutschland nach Beschluss der Kohlekommission vom Januar 2019 die schrittweise Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung bis 2030 bzw. 2038. Mit dem Wegfall der Mitverbrennungskapazitäten müssen neue Entsorgungswege, insbesondere in den anderen Teilmärkten der thermischen Abfallbehandlung, erschlossen werden.

27 VDZ, Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2020.

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

1.4.2.3 Sonderabfallverbrennung

Auch die Sonderabfallverbrennung ist ein unverzichtbarer Baustein einer modernen und auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Gesellschaft, ganz im Sinne eines „Green Deals". Durch die Behandlung gefährlicher Abfälle mit der Ausschleusung/Zerstörung von schädlichen Substanzen aus dem Stoffkreislauf („Nierenfunktion") wird das Recycling erst ermöglicht und die Ökosysteme werden durch Schadstoffe nicht belastet.

Die Sonderabfallverbrennungsanlagen in Deutschland verfügen über eine jährliche Behandlungskapazität von rund 1,6 Millionen Tonnen. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen öffentlich zugänglichen, teilweise öffentlich zugänglichen sowie rein betrieblichen Anlagen.

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

In Bezug auf den Stand der Technik sind sie europaweit mit an der Spitze. Als Technik für die Verbrennung wird dabei mit wenigen Ausnahmen das System „Drehrohr mit Nachbrennkammer" eingesetzt, welches sich in mehr als 50 Jahren Betriebserfahrung durchgesetzt und in der Praxis bewährt hat. Über verschiedene Aufgabesysteme können feste, verpackte, flüssige, pastöse, staub- oder gasförmige gefährliche Abfälle thermisch behandelt werden. Durch die hohen Temperaturen (> 1.000 °C) in der Verbrennung und nachgeschalteten mehrstufigen Rauchgasreinigungssystemen, die z. B. aus der Kombination von Elektrofiltern, Wäschern, Katalysatoren und Aktivkohlefiltern bestehen, wird die Zerstörung organischer Schadstoffe und die Abscheidung von Schwermetallen sicher gewährleistet.

Standorte von Sonderabfallverbrennungsanlagen in Deutschland

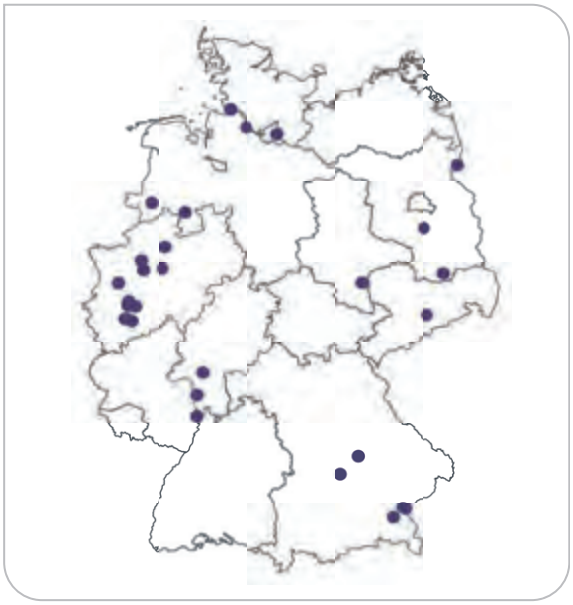


Abb. 21, Quelle: Eigene Recherchen Prognos AG; Kartengrundlage GfK GeoMarketing

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

1.4.3 Deponien

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

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

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

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

(29) Auf Ebene der Bundesländer letzte verfügbare Jahr

Anzahl der Deponien und abgelagerte Menge nach Bundesländern (Jahr 2020)[29]

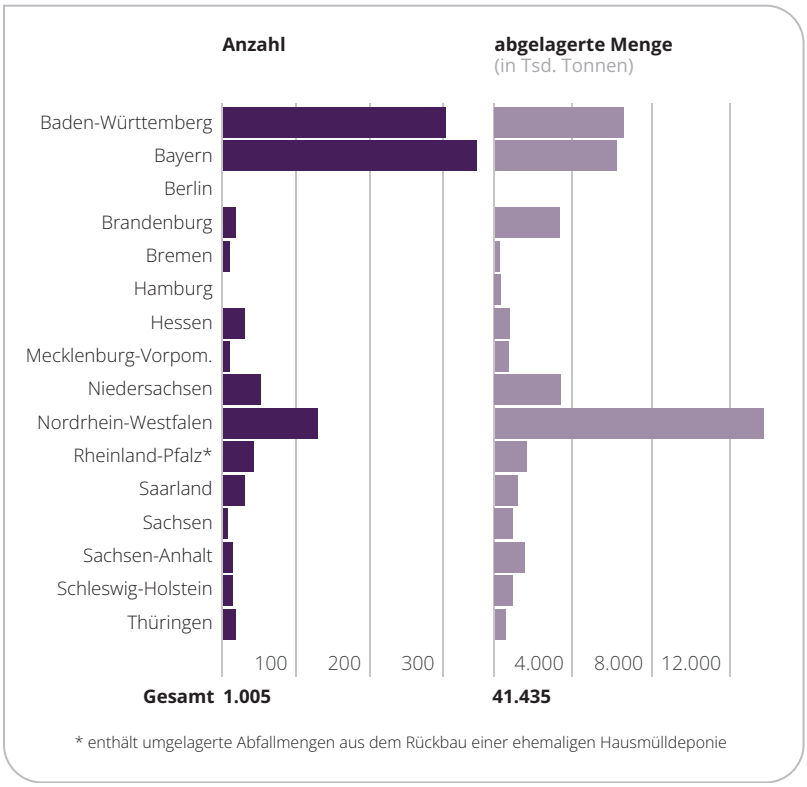


Abb. 22, Quelle: Statistisches Bundesamt, Regionalstatistik (Tabelle 32111-02-03-4-B), Statistikportal der Länder - Umweltökonoische Gesamtrechnung der Länder; eigene Darstellung

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

DK 0 für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffstoffgehalt (z. B. unbelastete Böden)
DK I für mäßig belastete (nicht gefährliche) Abfälle (z. B. Bauschutt, Böden und Schlacken [mineralische Abfälle])
DK II für belastete und genehmigte gefährliche Abfälle
DK III für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
DK IV für Sonderabfälle (Untertageablagerung)

Am 1.8.2023 ist die Mantelverordnung in Kraft getreten, die aus mehreren Teilen besteht, wie der Ersatzbaustoffverordnung, der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Im Zusammenhang mit der Verordnung wurden auch die Deponieverordnung und Gewerbeabfallverordnung angepasst.

Im Rahmen der Novelle der Deponieverordnung wird ein neuer Absatz eingefügt, der ein Ablagerungsverbot für recyclebare und verwertbare Abfälle auf Deponien vorsieht (§7 Abs.3 DepV). Dieser tritt ab dem 01.01.2024 in Kraft.

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

Durch das Auffangen von Deponiegas, das auf alten Hausmülldeponien entsteht, wird der Austritt des klimaschädlichen Methans verhindert und durch angeschlossene Gasmotoren elektrische Energie erzeugt. Zunehmend wird auf stillgelegten Deponien neben der landschaftlichen Integration auch erneuerbare Energie erzeugt, unter anderem durch den Einbau von Solarmodulen auf der Oberfläche der Deponie. Zu den bereits etablierten Maßnahmen hat sich zudem die InwesD – Interessengemeinschaft Deutscher Deponiebetreiber verpflichtet, die Methanemissionen durch geeignete Maßnahmen bis zum Jahr 2027 noch weiter um 1 Million Tonnen CO_2-Äquivalente zu senken. Diese Selbstverpflichtung war Ende 2022 schon zu über 80 % umgesetzt.

Die Zahl der in Deutschland betriebenen Deponien ist stetig zurückgegangen. Im Jahr 2021 waren noch 999 Deponien in Betrieb. Diese verteilten sich zu 70 % (702 Deponien) auf die Deponieklasse DK 0,12 % (124) auf DK I und 15 % (147) auf DK II. 22 Deponien (2 %) gehören zur Deponieklasse DK III und 4 (< 1 %) zur Deponieklasse DK IV.[30]

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 39,8 Millionen Tonnen auf Deponien abgelagert. Dies entspricht im Vergleich zum Gesamtabfallaufkommen in Deutschland einem Anteil von 13 %. Mehr als drei Viertel wurde auf Deponien der Klasse DK 0 (39 %) und DK I (38 %) abgelagert.[31] Der mengenmäßig größte Anteil entfiel dabei auf mineralische Bau- und Abbruchabfälle (58 %, 23 Millionen Tonnen), die aufgrund der guten Konjunkturlage und hohen Bautätigkeit in den letzten Jahren weiter gestiegen sind. Der Anteil von Boden und Steinen betrug davon 14,9 Millionen Tonnen (41 %). Weitere mengenmäßig relevante Abfälle sind Abfälle aus thermischen Prozessen (208 %, 8,1 Millionen Tonnen), darunter insbesondere Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken (3,6 Millionen Tonnen) und Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen mit 16 % (6,3 Millionen Tonnen).[32]

Neben der Ablagerung werden Abfälle auf Deponien auch für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt, so z. B. für die Errichtung von Abdichtungs- sowie Dränage- und Rekultivierungsschichten. Im Jahr 2020 (letzte verfügbare Jahr) wurden 11,3 Millionen Tonnen an Abfällen für Deponiebaumaßnahmen eingesetzt. Zum Einsatz kamen überwiegend mineralische Bau- und Abbruchabfälle (67 %, 7,5 Millionen Tonnen) und Abfälle aus Abfall- und Abwasserbehandlungsanlagen (28 %, 3,2 Millionen Tonnen).[33]

Das Restvolumen für Deponien der Klasse 0 lag Ende 2020 (letzte verfügbare Jahr) bei 125,4 Millionen Kubikmeter, für Deponien der Klasse I bei 206,8 Millionen Kubikmeter und bei Deponien der Klasse II bei 81,3 Millionen Kubikmeter. Für die Deponieklasse III und IV standen noch 30,4 Millionen Kubikmeter Restvolumen zur Verfügung.[34]

Die Situation stellt sich in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich dar. So haben Thüringen und Hessen Bedarf insbesondere bei den Deponieklassen 0 und I. Hingegen weisen die Bundesländer Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt bei Betrachtung des gesamten Landes und unter Einbeziehung der Planungen aktuell ausreichend Deponievolumen auf.[35]

Regional ist der Bedarf in den Bundesländern sehr unterschiedlich, da die vorhandenen bzw. geplanten Deponien im jeweiligen Bundesland nicht gleichmäßig verteilt sind. Dies führt bereits innerhalb der Bundesländer zu weiten Transportentfernungen und damit verbunden zu steigenden Entsorgungskosten.

Anlieferung, Quelle: InwesD

Neben den regionalen Unterschieden wird der weitere Bedarf zukünftig davon abhängen, inwieweit es unter anderem gelingt, die Einsatzmöglichkeiten für Ersatzbaustoffe deutlich zu erweitern und wie sich die im Sommer 2023 in Kraft tretende Ersatzbaustoffverordnung sowie das geplante Ablagerungsverbot für recycelbare und verwertbare Abfälle auswirken werden. Die Ersatzbaustoffverordnung regelt erstmalig bundeseinheitlich und rechtsverbindlich die Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe, zu denen u. a. Recycling-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen, Schlacken aus der Metallerzeugung und Aschen aus thermischen Prozessen gehören. Die tatsächlichen Auswirkungen auf die Deponien sind aktuell nicht sicher abzuschätzen.

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

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

30 Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabelle 32111-0003)

31 ebd.

32 Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabelle 32111-0004)

33 ebd.

34 ebd.

35 Angaben der Interessengemeinschaft Deutscher Deponiebetreiber (InwesD).

Stoffströme schließen auf dem Weg zu einer Circular Economy

Die Wege zur Rückgewinnung von Wertstoffen sind unterschiedlich komplex. Dies gilt gleichermaßen für die Organisation der Erfassung, den Einsatz von technischen Verfahren und den Wiedereinsatz der Sekundärrohstoffe. Um die Kreisläufe endgültig zu schließen, sind allerdings noch viele Anstrengungen auf unterschiedlichen Ebenen notwendig, dies gilt insbesondere für die Beseitigung von Hemmnissen, Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und die Akzeptanz von Rezyklaten bei der Produktion. Zu berücksichtigen sind bei allen Anstrengungen aber auch materialspezifische und technische Grenzen des Recyclings und Verluste, die durch das Ausschleusen von Schadstoffen entstehen.

1.5.1 Leichtverpackungen

Unter dem Begriff der Leichtverpackungen (LVP) werden Verpackungsmaterialien verstanden, die aus Kunststoffen, Metallen oder Verbunden wie beispielsweise Getränkekartons bestehen. Die LVP 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 z. B. wiederverschließbare Systeme, Ausgießhilfen bzw. Dosierhilfen, wie etwa bei Kaffeesahne. Nach dem Transport bzw. dem Verbrauch der Inhalte bleiben die LVP übrig.

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

Die Organisation der Sammlung, Sortierung und Verwertung der Verpackungen erfolgt nicht durch die Hersteller und Inverkehrbringer, sondern durch die im Markt aktiven dualen Systeme, die im Wettbewerb zueinanderstehen. Finanziert wird ihre Tätigkeit über material- und verpackungsspezifische Lizenzgebühren der Hersteller und Inverkehrbringer. Im Jahr 2020 wurden rund 2,7 Millionen Tonnen an gemischten Verpackungen (Leichtstofffraktionen, LVP) gesammelt[36], was rund 32 Kilogramm pro Einwohner entspricht.[37] Deutschland liegt damit weiterhin im europäischen Vergleich auf einem hohen Niveau. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass das hohe Aufkommen einerseits auf die flächendeckende Erfassung der Materialien und andererseits auf das hohe Wohlstands- bzw. Konsumniveau und Fehlwürfen in Deutschland zurückzuführen ist.

Die Durchführung der Sammlung erfolgt durch von den dualen Systemen beauftragte öffentliche und private Entsorgungsunternehmen und soll in enger Abstimmung mit den Kommunen durchgeführt werden.

Gesammelt werden Leichtverpackungen überwiegend in gelben Säcken und gelben Tonnen haushaltsnah im Holsystem. In Bayern und Baden-Württemberg finden im Rahmen des Bringsystems Wertstoffhöfe ihren Einsatz. Bei der Herstellung von LVP kommen wertvolle Primärressourcen zum Einsatz – die es gilt zurückzugewinnen.

Zuzuordnende Marktanteile der Betreiber von dualen Systemen – Leichtverpackungen (Jahr 2022)

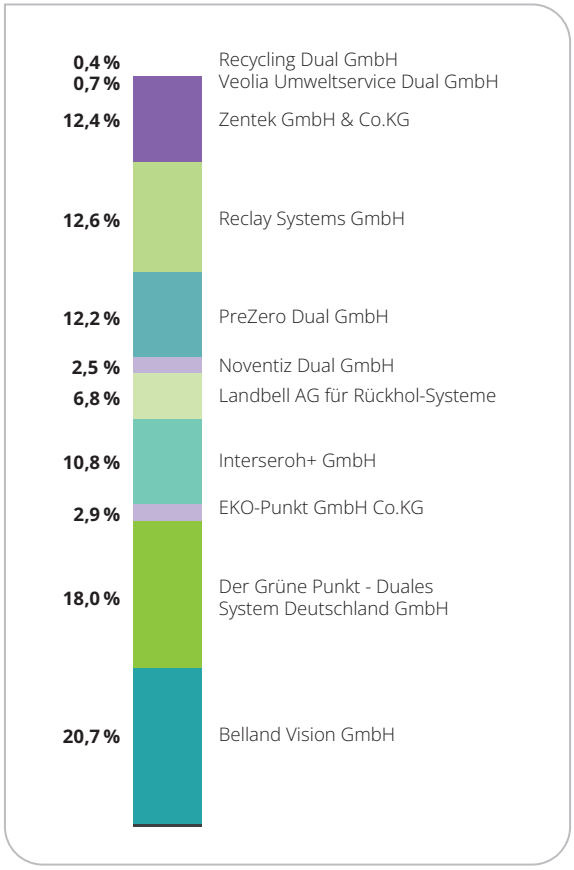


Abb. 23, Quelle: Stiftung Zentrale Stelle - Verpackungsregister

Durch die Vorgaben des Verpackungsgesetz müssen auch nicht oder kaum verwertbare Verpackungen eingesammelt werden, die nur thermisch verwertet werden können.

Die sich an die Sammlung anschließenden Sortier- und Aufbereitungsprozesse zeichnen sich daher durch eine hohe Komplexität aus. Die Sortierung von LVP erfolgt in sortenreine Materialien und Stoffgruppen. Für die Sortierung von LVP wurden 21 Fraktionen definiert, die europaweit gehandelt werden. Diese Leistung ist eine Grundvoraussetzung für ein hochwertiges Recycling.

Für die Erfassung von LVP kommen drei unterschiedliche Systeme zum Einsatz. Neben den oben beschriebenen LVP-Erfassung bei Sammlungen aus den Dualen Systemen gibt es die Getränkeerfassung mittels Pfandsystemen (PET, Aluminium) und die so genannten Branchenlösungen. Branchenlösungen nehmen die Sammlung von speziellen Stoffströmen in eigenen Systemen vor, wie bspw. Öldosen, die von der GVÖ gemanagt werden.

Bundesweit stehen aktuell 69 Sortieranlagen für Leichtverpackungen zur Verfügung.[38] Ein bestimmter Teil der Leichtverpackungsabfälle kann nach weiterer Aufbereitung u.a. zu hochwertigen Granulaten, wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden. So werden beispielsweise aus PE und PP eine Vielzahl von

36 Statistisches Bundesamt (Destatis): Eingesammelte gebrauchte Verkaufsverpackungen privater Endverbraucher/-innen 2020 - Art und Menge der erfassten Verkaufsverpackungen gemäß Mengenstromnachweis.

37 Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023.

38 Statistisches Bundesamt (Destatis), Erhebung der Abfallentsorgung 2021, 2023

Hohlglas weiß, Quelle: Reiling

Produkten für den Hoch- und Tiefbau hergestellt, u.a. Rohre, Schächte, Bretter, Buhnen, Pfosten, Parkbänke und Rasengittersteine.

Zudem werden aus PE-Granulaten oder PP-Granulaten Dinge des täglichen Lebens wie Textmarker oder Flaschen für Reinigungsmittel hergestellt, dienach deren Gebrauch über den gelben Sack erneut gesammelt werden, um diese Materialien wieder in die Kreislaufwirtschaft zuzuführen. PET und PS weisen ebenfalls eine gute Sortierbarkeit auf und werden zu hochwertigen Granulaten verarbeitet, die in verschiedenen Bereichen Anwendung finden.

Das Verpackungsgesetz (VerpackG) wurde im Jahr 2021 novelliert und an die aktuellen EU-Richtlinien angepasst.[39]

Die Systeme sind gemäß § 16 Absatz 2 VerpackG verpflichtet, im Jahresmittel mindestens folgende Anteile der bei ihnen beteiligten Verpackungen der Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen: 75 Masseprozent bei Getränkekartonverpackungen; ab dem 1. Januar 2022 80 Masseprozent, 55 Masseprozent bei sonstigen Verbundverpackungen (ohne Getränkekartonverpackungen); ab dem 1. Januar 2022 70 Masseprozent. Kunststoffe sind zu mindestens 90 Masseprozent einer Verwertung zuzuführen. Dabei sind mindestens 65 Prozent und ab dem 1. Januar 2022 70 Prozent dieser Verwertungsquote durch werkstoffliche Verwertung sicherzustellen.

Die im § 21 VerpackG verankerte ökologische Gestaltung der Lizenzentgelte ist ein erster Schritt und wird durch jährlich veröffentlichte Mindeststandards der Zentralen Stelle Verpackungsregister, wie unter anderem Bemessung der Recyclingfähigkeit von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen, unterstützt.

Eine rein rechnerische Erfüllung der neuen Quote reicht für einen effizienten Ressourcen- und Klimaschutz jedoch nicht aus. Um Kreisläufe wirklich schließen zu können, müssen die Verbesserung der Qualität der erzeugten Recyclate in Verbindung mit der Förderung entsprechender Absatzmärkte sowie die Recyclingfähigkeit von Produkten, die Einführung einer Wiederverwendungsquote für Recyclate und die aktive Mitarbeit der Verbraucherinnen und Verbraucher bei der getrennten Sammlung weiter verbessert werden.

1.5.2 Glas

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

Zu unterscheiden ist primär zwischen Behälterglas und Flachglas. Recyclingglas ist heute bereits der wichtigste Rohstoff in der Behälterglasherstellung. Jede in Deutschland hergestellte Flasche besteht zu rund 60 % aus „Alt"-Scherben, bei Grünglas liegt der Anteil sogar bei bis zu 90 %.[40] Zusätzlich spart der Einsatz von Altglas im Rahmen der Glasherstellung Energie und Primärressourcen („Pro 10 Prozent Altglaseinsatz sinkt der Energiebedarf um 3 Prozent und der CO_2-Ausstoss um 7 Prozent"[41]), wodurch unter anderem klimaschädliche Emissionen verringert werden. Die getrennte Erfassung und Verwertung von Altglas bildet somit die Grundlage der Glasproduktion in Deutschland. Sie sichert die Rohstoffzufuhr für die industrielle Produktion und gewährleistet somit die Aufrechterhaltung der Produktionsketten.

Kreislauf des Glasrecycling

Abb. 24, Quelle: Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020, September 2022

[39] https://verpackungsgesetz-info.de/, zuletzt geprüft am 14.04.2023

[40] Vetropack, Glas bleibt Glas, 2022.

[41] Statistisches Bundesamt, Abfallentsorgung 2021 - Aufkommen an Haushaltsabfällen, 2022

Im Jahr 2021 wurden in Deutschland allein aus privaten Haushalten 2,01 Millionen Tonnen Behälterglas separat erfasst (2020: 2,06 Millionen Tonnen). Das entspricht einem einwohnerspezifischen Wert von 24 Kilogramm.[42] Dieser ist in den letzten Jahren weitgehend stabil geblieben. Der gestiegene Verbrauch im Hinblick auf die Anzahl von Behältern aus Glas konnte in der Vergangenheit durch eine Verringerung des Rohstoffeinsatzes (dünnwandigere Glasbehälter) auf der Produktseite kompensiert werden. Dies stößt in zunehmendem Maße an die Grenzen der technischen Machbarkeit.

Für die Erfassung von Altglas steht in Deutschland eine Infrastruktur mit rund 250.000 Altglascontainern[43] im Bringsystem und zum Teil auch über Behälter (MGB) im Holsystem zur Verfügung. Das flächendeckende Sammelsystem für Behälterglas wurde bundesweit bereits 1974 erfolgreich (ohne Verpackungsverordnung) durch die Kommunen eingeführt. Störstoffe wie beispielsweise Keramik, Steine und Porzellan erschweren das Recycling.

Werden zusätzlich die Glasverpackungen aus Industrie und Gewerbe berücksichtigt, betrug der Gesamtverbrauch im Jahr 2020 insgesamt 3,14 Millionen Tonnen.[44] Im Vergleich zum Beginn der 90er Jahre zeigt sich nahezu eine Halbierung des erfassten Behälterglasaufkommens. Auch wenn nach wie vor ein steigender Verbrauch an Behältern aus Glas zu verzeichnen (+15 % seit 2010)[45] ist, ist das Gewichtsaufkommen seitdem rückläufig, da die spezifische Menge an Glas je Behälter durch die Entwicklung von beispielsweise Leichtglastechnologien um teilweise bis zu 60 % reduziert werden konnte. Auch durch die Substitution von Glas durch PET hat sich die eingesetzte Menge verringert. Ferner hat sich der Nutzungszyklus von Behälterglas durch den Einsatz von Mehrwegsystemen erheblich verlängert.

Die Sammlung, Sortierung und Verwertung von gebrauchten Glasverpackungen wird durch die dualen Systeme organisiert. Gemäß EU-Verpackungsrichtlinie müssen bis zum 31. Dezember 2025 mindestens 70 % der Glasverpackungen verwertet werden. Bis zum 31. Dezember 2030 steigt die Quote auf 75 % an. Die europäischen Vorgaben wurden im Jahr 2020 von Deutschland mit einer Verwertungsquote von 84,2 % für Behälterglas übertroffen.[46] Das deutsche VerpackG schreibt eine ambitionierte Quote von 90 Masseprozent vor, die somit noch nicht ganz erreicht werden konnte.

Für so genannte Flachglasabfälle aus Bau- und Abbruchtätigkeiten sowie für Produktionsabfälle, die bei der Verarbeitung von Flachglas anfallen, gibt es kein flächendeckendes Sammelsystem. Flachglas wird in zehn Recyclinganlagen in Deutschland aufbereitet.[47] Je nach Qualität wird das aufbereitete Glas zur Herstellung von neuem Flachglas eingesetzt oder zum Teil in der Behälterglasindustrie sowie zur Herstellung u. a. von Dämmwolle verwendet. Insgesamt ist das Recycling zu neuem Flachglas mengenmäßig nicht so relevant wie das Recycling von Behälterglas. Es bestehen aber Recyclingpotenziale beim Recycling von Flachglasabfällen aus dem Baubereich.

Verwertungsquote von Glas aus gebrauchten Verpackungen (in %)

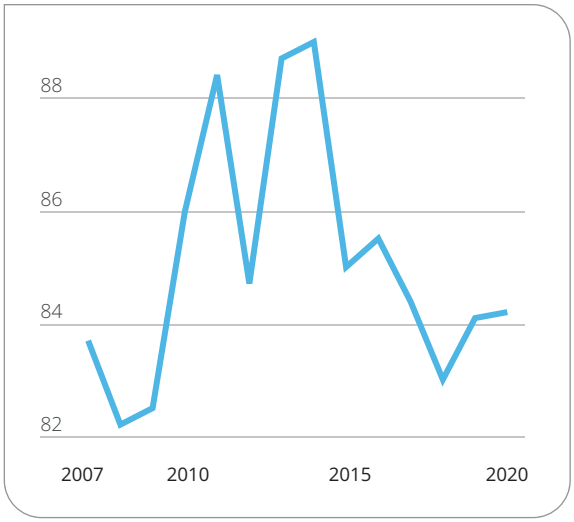


Abb. 25, Quelle: Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020, September 2022

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

Schwer vom Glas ablösbare Etiketten-Klebstoff-Kombinationen, der zunehmende Anteil von Kunststoffen und lackierte oder beschichteten Flaschen führen zu neuen Herausforderungen im Recycling von Altglas. Flaschen mit LED-Bodenbeleuchtung erhöhen zudem die Brandgefahr bei der Erfassung in den Glascontainern und während der Aufbereitung.

Glaslogistik, Quelle: Reiling

42 Website: https://www.glasaktuell.de/nachhaltigkeit/recycling/, zuletzt geprüft am 17.04.2023

43 Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020, September 2022.

44 ebd.

45 ebd.

46 ebd.

47 https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/glas-altglas#autoscheiben-werden-geschreddert, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

1.5.3 Papier, Pappe, Kartonagen

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

In Deutschland wurden im Jahr 2021 rund 14,47 Millionen Tonnen an Papier, Pappe und Kartonagen (PPK) über Altpapiercontainer, Tonnen, Bündelsammlung oder Recyclinghöfe im Bring- und Holsystem erfasst. Die Erfassung ist seit 2010 (15,53 Millionen Tonnen) nur leicht rückläufig und weiter auf einem stabil hohen Niveau.[48] Neben den öffentlichen und gewerblichen Sammlern nehmen traditionell auch karitative Einrichtungen eine nicht unbedeutende Rolle bei der Erfassung ein.

Der Altpapierverbrauch für die Produktion von Papier-, Pappe und Kartonagen lag 2021 bei 18,3 Millionen Tonnen und erreichte eine Altpapiereinsatzquote von 79 %.[49]

Der Anteil aus Haushalten betrug im Jahr 2021 insgesamt 5,43 Millionen Tonnen bzw. durchschnittlich 65 Kilogramm je Einwohner.[50] Das spezifische Aufkommen aus Haushalten ist seit 2017 um 4 Kilogramm je Einwohner zurückgegangen. Unter der Berücksichtigung, dass ein Großteil der Produktion als Hygienepapiere in den Markt gelangen und nicht recyclingfähig sind, und zudem langlebige Güter aus Papier (Bücher, Tapete u. ä.) nicht direkt bzw. gar nicht in den Kreislauf zurückkommen, zählt Deutschland mit einer Rücklaufquote von 76 % (Jahr 2021) zu den Vorreitern in Europa (durchschnittliche Rücklaufquote: 73,9 % in 2020).[51]

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

48 Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2021 - Ein Leistungsbericht, April 2021.

49 ebd.

50 Statistisches Bundesamt (Destatis), Abfallentsorgung 2021, März 2022.

51 Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2021 - Ein Leistungsbericht, April 2021.

Pappe und Kartonagen, Quelle: envato elements

Seitenlader bei Papiertonnenleerung, Quelle: GWA Kreis Unna

Mit seinen modernen Papierproduktionsstandorten und deren weiteren Ausbau in den letzten Jahren zählt Deutschland weltweit zu den bedeutendsten Abnahmemärkten für Altpapier. Im Jahr 2021 wurden insgesamt 18,3 Millionen Tonnen Altpapier in der Papierindustrie wiedereingesetzt. Davon entfielen 5,6 Millionen Tonnen auf Importe, ein Plus von 41% seit 2010.[52]

Die Möglichkeiten des Altpapiereinsatzes sind derzeit bei den bestehenden Papierfabriken und dem Produktionsspektrum weitestgehend ausgereizt. Mit der weiter zunehmenden Digitalisierung und dem sich ändernden Konsumverhalten steht die Altpapierentsorgung- und Recyclingwirtschaft vor neuen Anpassungsprozessen: Die Sammelmenge an Graphischen Papieren (Zeitungen, Illustrierte, Prospekte) sinkt sukzessive, der Anteil an Kartonagen im gleichen Erfassungsgefäß steigt hingegen weiter an. Dies liegt vor allem im weiter zunehmenden Versandhandel begründet. Hier gilt es, auch weiterhin die benötigten Altpapiersorten und -mengen sicherstellen zu können.

Seit Jahren lässt sich in der EU ein Überangebot an Altpapier feststellen, das aus der gut ausgebauten separaten Erfassung von haushaltsnahen und gewerblichem Altpapier resultiert. Um den innereuropäischen Markt zu stützen, ist der Export von Altpapier an Papierproduzenten außerhalb Europas unabdingbar. In 2017/2018 fand diese Überschussmenge vorübergehend eine Steigerung durch die politische Entscheidung Chinas gegen die weitere Einfuhr von „Abfällen", so auch Altpapier. Für Altpapier, das zuvor von China für die dortige Papier- und Pappeproduktion in großer Menge importiert wurde, suchte in der Folge neue Absatzwege und fand diese z. B. in Indien, Indonesien, Malaysia und anderen südostasiatischen Ländern.

Durch die Novelle der der EU-Abfallverbringungsverordnung ergeben sich neue Herausforderungen für die Altpapierrecyclingbranche. Je nach dem Ergebnis der Novellierung kann dies erschwerende Auswirkungen auf den freien Export von qualitativ aufbereitetem Altpapier in Staaten außerhalb der EU haben.

Eine Stärkung und Vereinfachung des Intra-EU-Handels kann das auf europäischer Ebene diskutierte „Ende der Abfalleigenschaft" mit sich bringen. Eine Studie der europäischen Kommission[53] bescheinigt Altpapier ein gewisses Abfallende-Potenzial. Es ist aktuell jedoch unklar, ob und wann sich eine konkrete europäische Rechtsprechung entwickelt. Auf einzelstaatlicher Ebene gibt es das Ende der Abfalleigenschaft bereits in Italien, Spanien, Frankreich und der Wallonie.

Altpapier ist ein werthaltiges sekundäres Produkt, dessen Verwendung CO_2 und Energie einspart sowie Ressourcen schont. Der bewährte Pfad der getrennten Erfassung von Altpapier und seine qualitative Aufbereitung durch die Altpapier-Recyclingwirtschaft bilden die Grundlage der Papierproduktion in Deutschland. Altpapier ist die Kern-Basis der Rohstoffzufuhr für die industrielle Produktion von Papier, Pappe und Kartonagen sowie für die Aufrechterhaltung der Produktionsketten in Deutschland.

52 Verband Deutscher Papierfabriken e.V., Papier 2021 - Ein Leistungsbericht, April 2021.

53 https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128647

1.5.4 Kunststoffe

Kunststoffanwendungen finden sich in vielen Bereichen unseres Lebens. Als Verpackungsmaterialien dienen sie dem Schutz von Industrie- und Konsumgütern. In der Autoindustrie tragen Kunststoffbauteile dazu bei, Fahrzeuge leichter und umweltverträglicher zu machen. Kunststoffe finden sich ferner in sehr langlebigen Bauprodukten wie Fenstern, Türen, Dachbahnen, Rohrleitungen, Wärmedämmungen oder Bodenbelägen, in Elektro- und Elektronikgeräten, in der Medizin oder auch in den Flügeln von Windkrafträdern.

Deutschland weiter ein Vorreiter beim Kunststoffrecycling

Die stoffliche und energetische Verwertung von Kunststoffabfällen ist in Deutschland auf einem sehr hohen technologischen Niveau organisiert und stellt einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor dar. In Deutschland wurden im Jahr 2021 rund 18,7 Millionen Tonnen Kunststoff basierend auf fossilen Rohstoffen erzeugt. Für die Produktion standen zudem rund 1,7 Millionen Tonnen Kunststoffrezyklat und rund 0,6 Millionen Tonnen Nebenprodukte (aus Produktions- und Verarbeitungsprozessen) zur Verfügung. Insgesamt wurden 21,1 Millionen Tonnen Kunststoffe im Jahr in Deutschland produziert.[54]

Kunststoffaufkommen nach Herkunftsbereichen (in Mio. Tonnen)

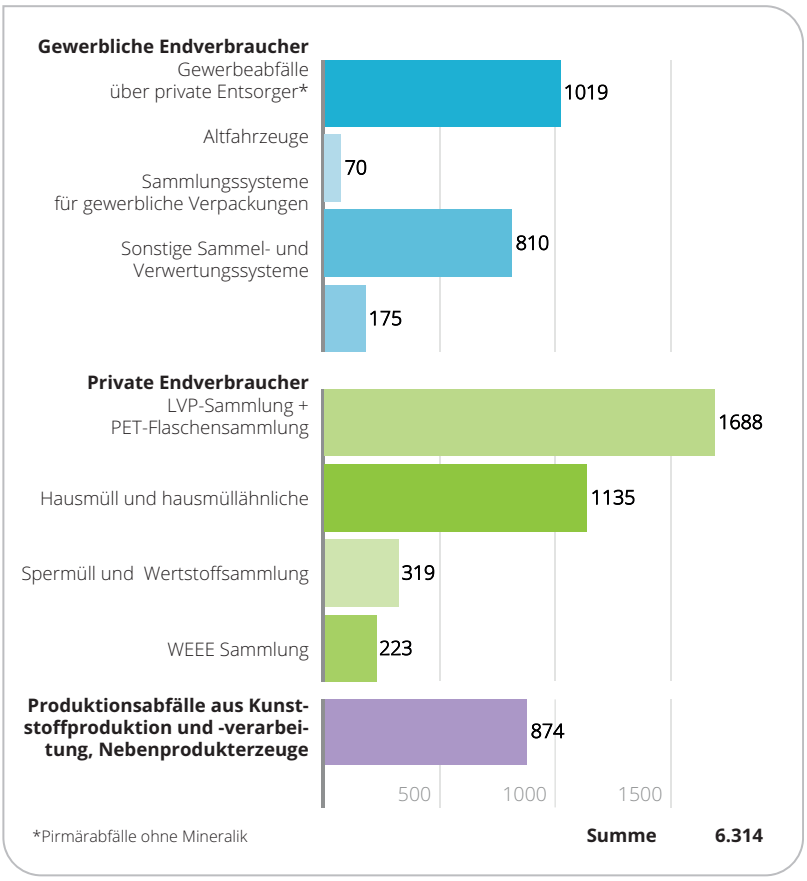


Abb. 26, Quelle: Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen, November 2022

Die Menge an Kunststoffabfällen und Nebenprodukten betrug im Jahr 2021 6,3 Millionen Tonnen. Davon wurden mehr als 99 % verwertet: 33 % stofflich (überwiegend mechanisch) und mehr als 66 % energetisch.[55] Aus der Menge an statistisch erfassten Kunststoffabfällen von 6,3 Millionen Tonnen resultiert ein spezifisches Aufkommen von 76 Kilogramm pro Einwohner, wobei 53 % aus den privaten Haushalten und 47 % von gewerblichen Endverbrauchern erzeugt wurden.[56]

Die Recyclingmengen beziehen sich dabei auf in Deutschland angefallene Kunststoffabfälle, die in Deutschland oder in anderen Ländern verwertet wurden.

Deutschland hat neben Norwegen und Spanien eine der höchsten Quoten bei der stofflichen Verwertung in Europa. Insgesamt sind die Altkunststoffexporte aus Deutschland seit 2012 stark rückläufig, was unter anderem auf die Einführung der Waste Shipment Regulation zurückzuführen ist und insbesondre Exporte in nicht EU-Länder betrifft. Die wichtigsten Exportpartner liegen in der EU mit den Niederlanden (20 %), Polen (12 %) und Österreich (6 %). Daneben sind die Türkei (14 %) und Malaysia (7 %) als nicht-EU-Länder für den Export relevant.[57]

Kunststoffrecycling setzt sortenreine Erfassung und beste verfügbare Technologien voraus

Wesentliche Voraussetzung für ein hochwertiges Recycling ist eine möglichst saubere Trennung der Kunststofffraktionen an der Anfallstelle. Bei zunehmender Vermischung unterschiedlicher Kunststoffe und anhaftender Verschmutzungen reduziert sich die Eignung für ein werkstoffliches Recycling. Nach der Sammlung durch verschiedene Systeme (unter anderem Pfandsystem für gebrauchte PET-Flaschen, LVP-Sammlung und branchenspezifische Lösungen) werden Altkunststoffe zunächst von Fremdmaterialien entfrachtet. Die Sortierung und Aufbereitung der Kunststoffe erfolgt bereits weitestgehend vollautomatisch. Kombinierte Sensorsysteme ermöglichen die Kunststofferkennung und können über Kameras Größen und Farben unterscheiden. Dabei kommen die Infrarotspektroskopie und bei dunklen Kunststoffen das Hyperspectral Imaging zur Anwendung. Die Effizienz der Kunststoffsortierung kann dadurch weiter verbessert werden.

Immer breitere Einsatzmöglichkeiten für die Rezyklate

Die verschiedenen Anfallorte, die Sauberkeit und die Sortenreinheitsgrade bestimmen maßgeblich die Möglichkeiten des Recyclings. Die Verarbeitung von Rezyklat einschließlich Nebenprodukten gliedert sich in die Bereiche Bau (40 %), Verpackungen zu 29 % und Fahrzeuge zu 3 %. Wesentliche Basis der gestiegenen werkstofflichen Verwertung von Verpackungen sind haushaltsnahe Verpackungen im Rahmen der dualen Systeme und das Recycling von PET-Flaschen

54 Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen, November 2022.

55 neue Berechnungsmethode: auf Basis des EU-Durchführungsbeschlusses 2019/665 im Verpackungsbereich.

56 Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen, November 2022.

57 ebd.

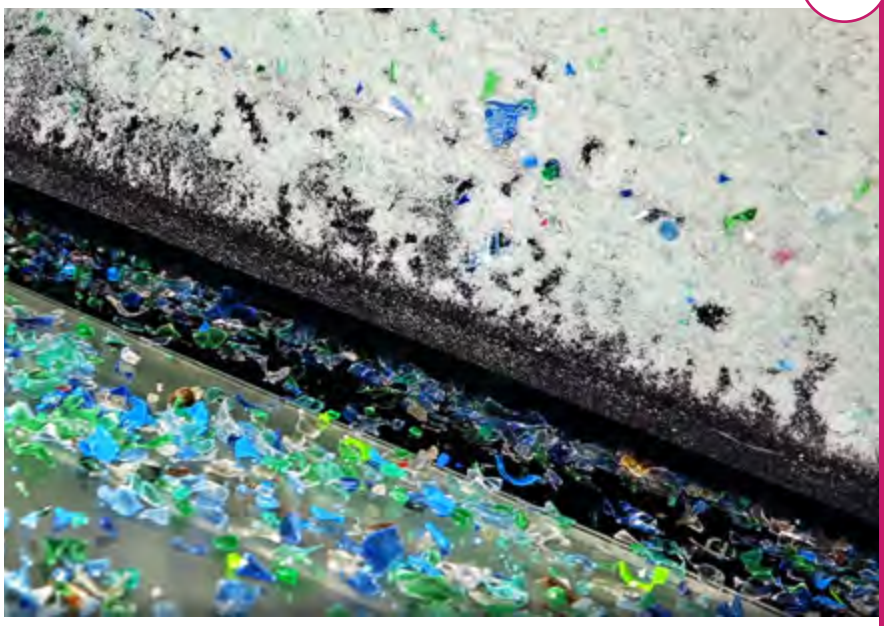
sowie von Folien aus den Bereichen Transport und Industrie. Seit der ersten Datenerhebung 1994 hat sich die Verwertung von 1,4 Millionen Tonnen auf 6,3 Millionen Tonnen mehr als vervierfacht.[58] Grund ist neben besseren Verwertungstechniken auch dass seit dem Jahr 2004 die energetische Nutzung ebenfalls als Verwertung zählt und somit statistisch miterfasst wird.

Energie- bzw. Ökobilanzuntersuchungen belegen, dass das werkstoffliche Recycling von Kunststoffabfällen anderen Verwertungswegen immer dann überlegen ist, wenn dabei Materialqualitäten erzeugt werden können, die Neuware substituieren. Gerade im Verpackungs- und Baubereich sowie bei der Landwirtschaft sorgen freiwillige Maßnahmen der Industrie dafür, sortenreine Abfallströme zu generieren und diese einer werkstofflichen Verwertung zuzuführen, so etwa die Fenster-Recycling-Initiative Rewindo[59] oder das Rücknahmekonzept für Erntekunststoffe ERDE[60] (Initiative Erntekunststoffe Recycling Deutschland).

Der Bedarf an Kunststoffrezyklaten wächst und neue Verfahren wie das chemische Recycling, deren Ziel die Rückgewinnung der chemischen Grundbausteine oder Basischemikalien zur Herstellung von Kunststoffen ist, werden aktuell viel als Lösung diskutiert. Es gibt eine Vielzahl von Forschungs- und Pilotprojekten, die von der industriellen Umsetzung jedoch aktuell noch entfernt sind.

Für die Erzeugung von Kunststoff wird immer weniger Energie benötigt. Zahlreiche Chemiecluster machen es möglich, dass beispielsweise Wärme, die an einer Stelle der Produktion erzeugt wird, an anderer Stelle wiedereingesetzt werden kann. Nebenprodukte werden zu wertvollen Rohstoffen für andere Produkte. Dies spart beträchtliche Mengen an CO_2-Emissionen. Darüber hinaus arbeitet die Branche weiter kontinuierlich daran, nachhaltige Rohstoffe in den Produktionsprozess zu integrieren.

Seit 2022 legt das Verpackungsgesetz in Deutschland für Kunststoffverpackungen aus Dualen- System-Sammlungen eine Verwertungsquote von mindestens 63 % fest. Des Weiteren sollen gemäß § 21 VerpackG zukünftig auch ökologische Aspekte der in Verkehr gebrachten Verpackungen berücksichtigt werden. Die Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister hat Standards entwickelt, die unter anderem als Anreiz für ein recyclingfähiges Produktdesign dienen sollen. Gleichzeitig sollen zukünftig auch ökologische Aspekte der in Verkehr gebrachten Verpackungen berücksichtigt werden. Um ambitionierten Vorgaben aus dem VerpackG zu erreichen, ist neben dem Öko-Design von Produkten und einer verbesserten Sortiertechnik vor allem die sortenreine Erfassung der Kunststoffabfälle an der Anfallstelle wichtig, um diese anschließend dem Recycling zuzuführen und zu verwerten. Zur Unterstützung und zur Verbesserung des Trennverhaltens startete im März 2020 die bundesweite Öffentlichkeitskampagne der dualen Systeme „Mülltrennung wirkt".



PET-Flakes in der Anlage, Quelle: Reiling

Mit einer weiter steigenden Menge an Rezyklaten muss auch die Entwicklung der Absatzmärkte einhergehen. Rezyklate unterliegen einer stark schwankenden Nachfrage. Treiber für den Einsatz von Rezyklaten sind vor allem Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie, die im Einsatz von Rezyklaten neben dem Umweltaspekt insbesondere eine Verbesserung des Image sehen und Vorgaben der EU umsetzen.

Eine wichtige Rolle bei der Steigerung des Einsatzes von Kunststoffrezyklaten spielt auch der öffentliche Beschaffungsmarkt, der durch eine stärkere Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Vergabe – auch bekannt als „Green Public Procurement" – incentiviert werden könnte. Zudem könnte die Einführung eines Recyclinglabels bei der Entwicklung von Recyclatmärkten hilfreich sein.

58 Conversio Market & Strategy GmbH: Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen, November 2022.

59 https://rewindo.de/, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

60 https://www.erde-recycling.de/, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

Einweg-Kunststoffbecher, praktisch im Moment, aber belastend für die Umwelt – ein Weckruf, unseren Durst nach Nachhaltigkeit zu stillen und zu wiederverwendbaren Alternativen zu greifen.

ChatGTP

Kunststoffe – weiter ein Top-Thema auch auf europäischer Ebene

Das Thema Kunststoffabfälle zählt weiterhin auf europäischer Ebene zu den Top-Prioritäten. In Europa fallen jährlich rund 29 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle an. Davon werden aktuell bereits etwa 75 % werkstofflich verwertet oder energetisch genutzt. Das Recycling von Kunststoffen stellt sich in den einzelnen Ländern Europas sehr unterschiedlich dar. Die Recyclingquoten von Kunststoffverpackungen reichen von unter 30 % bis über 70 %.[61]

Im Januar 2018 legte die EU erstmals eine „Strategie für Kunststoffe in einer Kreislaufwirtschaft“ [62] vor, mit dem Ziel, ab 2030 unter anderem die Recyclingfähigkeit aller Kunststoffverpackungen zu gewährleisten.

Mit dem europäischen Green Deal verfolgt die EU-Kommission das Ziel einer klimaneutralen EU. Dies soll durch eine nachhaltige Finanzpolitik (Taxonomie), eine Kreislaufwirtschaft (Ressourcen), die nachhaltige Landwirtschaft (farm to fork), eine saubere Industrie sowie Naturschutz (Biodiversität) erreicht werden. Der Green Deal umfasst dabei einen detaillierten Fahrplan, der neben der Gesetzgebung zum Klimaschutz auch eine neue EU-Industriestrategie, einen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft und eine Strategie für nachhaltige Produkte mit Fokus auf die Textil-, Bau-, Elektronik- und Kunststoffsektoren vorsieht.

Zur Bekämpfung von Plastikmüll im Meer verabschiedete die EU im Juni 2019 neue Vorschriften und führte eine Reihe von Maßnahmen in Bezug auf die zehn wichtigsten Einwegkunststoffe an europäischen Stränden sowie neue Anforderungen für Fanggeräte ein.[63]

Im November 2022 legte die EU neue Vorschläge für die Vorschriften zu Verpackungen und Verpackungsabfällen (EU Packaging and Packaging Waste Regulation) vor. Ziele sind die weitere Reduzierung des Anfalls von Verpackungsabfällen, die Förderung eines hochwertigen Recyclings und die Festlegung von verbindlichen Zielen zum Einsatz von recycelten Kunststoffen in Verpackungen.[64]

Neben den gesetzlichen Vorgaben und Bestrebungen der EU, bedarf es innovativer Aufbereitungs- und Recyclingtechnologien, um weiterhin qualitativ hochwertige Rezyklate herzustellen und die geplanten Ziele zu erreichen. Der Markt benötigt zudem Impulse und gegebenenfalls auch wirtschaftliche Anreize, damit Kunststoffrezyklate in der Produktion noch stärker eingesetzt werden können.

1.5.5 Fe-Metalle

Als Basis-Rohstoffe für eine hochtechnologisierte Industriegesellschaft sind das Eisen und die daraus hergestellten Stahl- und Gusserzeugnisse von wachsendem Stellenwert für die wirtschaftliche Entwicklung. Die vollständige Importabhängigkeit von Eisenerz aus Drittländern sowie die CO_2-Einsparung und Einsparung von Ressourcen liefern starke Anreize, den Einsatz von Schrott in der Stahlproduktion zu erhöhen und so die Abhängigkeiten auch im gesamtwirtschaftlichen Interesse zu verringern. Das Recycling von Metallschrotten ist im Vergleich zur Gewinnung und Verwendung von Primärrohstoffen sowohl wirtschaftlich als auch umweltfreundlich. Metallschrotte sind beliebig oft und nahezu ohne Qualitätsverluste wieder einsetzbar. Primärrohstoffe werden geschont, der Energieaufwand für den Abbau und die Aufbereitung wird gespart und die gleichzeitig damit verbundenen CO_2-Emissionen (in Deutschland jährlich bis zu 20 Mio. Tonnen durch den Einsatz von Schrott bei der Rohstoahlproduktion[65]) werden vermieden. So können durch den Einsatz einer Tonne (Kohlenstoff-) Stahlschrott 1,67 Tonnen CO_2 bei der Rohstahlproduktion eingespart werden.[66]

Schrottanfall und -sammlung

Die Rohstahlproduktion in Deutschland lag in den letzten 10 Jahren durchschnittlich bei rund 41 Millionen Tonnen pro Jahr. Der durchschnittliche Stahlschrotteinsatz lag in diesem Zeitraum bei rund 18 Millionen Tonnen.[67] Dies entspricht einer Einsatzquote von rund 45 %. Bedingt durch die wirtschaftlichen Auswirkungen der Corona-Pandemie sank die Rohstahlproduktion in den Jahren 2019 und 2020 deutlich und erreichte im Jahr 2021 mit 40,2 Millionen Tonnen wieder ein deutliches Plus im Vergleich zu 2019. Insgesamt stellt Deutschland rund ein Viertel der Stahlproduktion in der EU, gefolgt von Italien und Spanien.[68]

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 Rohstahl 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. Aufgrund der Transformation der Stahlindustrie hin zu einer klimaneutralen Produktion kommt dem DRI- (Direct Reduced Iron)-Verfahrens eine besondere Bedeutung zu.

61 Europäisches Parlament: Plastikmüll und Recycling in der EU: Zahlen und Fakten, https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181212STO21610/plastikmull-und-recycling-in-der-eu-zahlen-und-fakten, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

62 European Commission, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy (16.01.2018); https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?-qid=1516265440535&uri=-COM:2018:28:FIN, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

63 Europäisches Parlament: Plastikmüll und Recycling in der EU: Zahlen und Fakten, https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20181212STO21610/plastikmull-und-recycling-in-der-eu-zahlen-und-fakten, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

64 European Commission: Proposal for a revision of EU legislation on Packaging and Packaging Waste: Website: https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-packaging-and-packaging-waste_en, zuletzt geprüft am 17.05.2023.

65 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2022.

66 Fraunhofer Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMW) im Auftrag des BDSV: Schrottbonus - Externe Kosten und fairer Wettbewerb in den globalen Wertschöpfungsketten der Stahlherstellung, 2020.

67 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2022; BDSV.

68 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2022.

Metallschrottsortierung mit Bagger, Quelle: BDSV

Eisen- und Stahlschrott wird in Eigen-, Neu- und Altschrott unterschieden:

- Eigenschrotte sind in der Regel Kreislaufmaterialien, die in den Stahlwerken anfallen und dort durch Einschmelzen in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.
- Produktionsabfälle in der Industrie, die beispielsweise beim Zuschnitt und Stanzen anfallen, werden als sogenannter Neuschrott wieder eingeschmolzen.
- Darüber hinaus fallen große Mengen an sogenanntem Altschrott an, der sich aus nicht mehr genutzten Verbrauchsgütern (Konsumgüterschrott) und Industriegütern zusammensetzt. Nach Sortierung und Aufbereitung wird dieser wieder dem Rohstoffkreislauf zugeführt.

In den letzten sechs Jahren wurden jährlich etwa 8,0 bis 9,0 Millionen Tonnen Stahlschrott exportiert, dem stand eine jährliche Importmenge von etwa 4 bis 5 Millionen Tonnen gegenüber.[69] Das jährliche Delta von knapp 4 Millionen Tonnen zwischen Export und Import kann darauf zurückgeführt werden, dass in Deutschland die Einsatzmöglichkeiten von Stahlschrott durch den überwiegenden Anteil des Oxygenstahlverfahrens (Marktanteil rund 70 %) begrenzt sind und die Stahlschrottmengen durch Länder nachgefragt werden, die überwiegend das Elektrostahlverfahren einsetzen.

Aufbereitung

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

Sortenreiner, großstückiger Schrott wird durch Scheren, Pressen oder Brenner chargierfähig gemacht und kann als Sekundärrohstoff direkt in Stahlwerken und Gießereien eingesetzt werden. Konsumgüterschrott, der in der Regel aus komplexen Materialverbünden 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 in Deutschland aufbereitete Stahlschrott, der nicht in den Export geht, wird in den 21 in Deutschland aktiven integrierten Hütten- und Stahlwerken[70] eingeschmolzen, gegossen und gewalzt. Daneben wird Stahlschrott auch in Gießereien eingeschmolzen und bildet die Grundlage für neue Produkte und Erzeugnisse.

Um den weltweit ansteigenden Bedarf an Stahlrohstoffen decken zu können und das Ziel der Transformation der Stahlindustrie in eine klimaneutrale Industrie zu erreichen, wird dem Fe-Schrott in den kommenden Jahren eine besondere Bedeutung zukommen. Um die

69 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Stahlschrott-Außenhandel Statistischer Bericht, 2022.

70 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Fakten zur Stahlindustrie in Deutschland, 2022.

Qualitätsanforderungen der Abnehmerindustrien zu erfüllen, muss eine sortenreine Trennung zur Sicherstellung einer hochwertigen Verwertung und die Aussortierung von unerwünschten Begleitstoffen erfolgen. Die Einführung von Recyclingquoten kann den Einsatz von Sekundärrohstoffen fördern, reduziert CO_2-Emissionen und erhöht die Wettbewerbsfähigkeit umweltbewusster Kunden sowie der Stahlrecyclingwirtschaft.

Stahlproduzentenbeginnen ihre Produktionsverfahren umzustellen, um klimaneutral zu werden. Dabei spielt das wasserstoff- oder erdgasbasierte Direktreduktionsverfahren eine zentrale Rolle. Aus Eisenerz wird Eisenschwamm (Direct Reduced Iron (DRI) bzw. Hot Briquetted Iron (HBI)) erzeugt. Dieser wird anschließend im Elektrolichtbogenofen bzw. alternativen Schmelzaggregaten zusammen mit Schrott oder anderen Eisenträgern zu Rohstahl erschmolzen.[71] Die Verfahren zur Stahlherstellung sollen nicht nur positive Auswirkungen auf die Umwelt haben, sondern auch den technologischen Fortschritt fördern und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Stahl- und Stahlrecyclingindustrie sichern. Ein zentraler Aspekt dabei ist der Einsatz von umweltfreundlichem Stahlschrott.

[71] https://www.bvse.de/schrott-elektronikgeraete-recycling/pressemitteilungen-schrott/7459-gruener-stahl-braucht-hochwertigeren-schrott.html, zuletzt geprüft 21.06.2023.

Stahlproduktion und Schrottverbrauch in Deutschland
(in Mio. Tonnen)

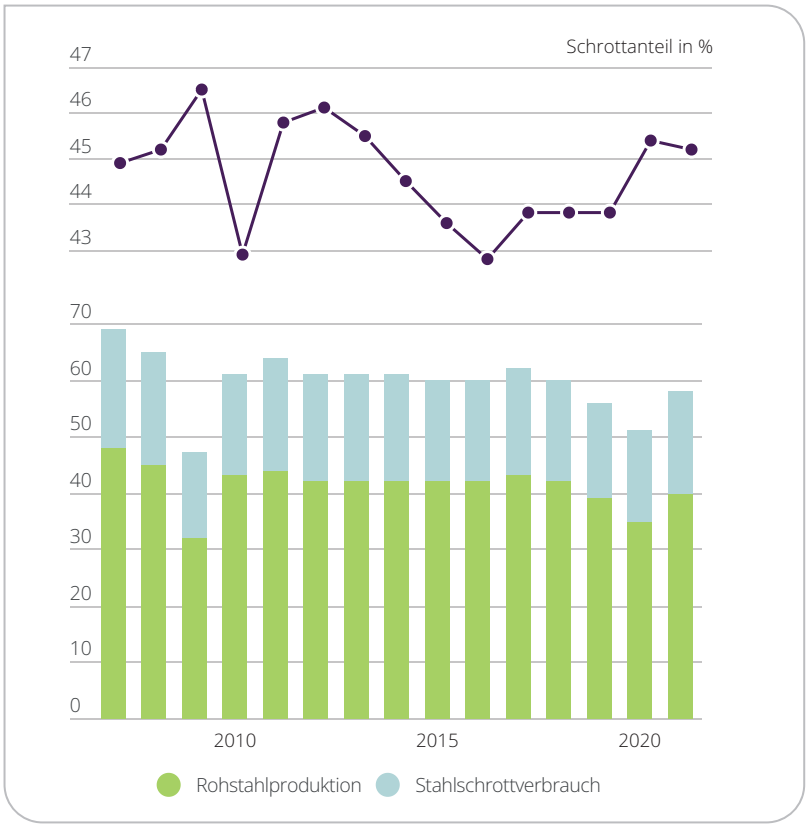


Abb. 27, Quelle: Wirtschaftsvereinigung Stahl, BDSV

Hauptverwendungsbereich für Ne-Metalle

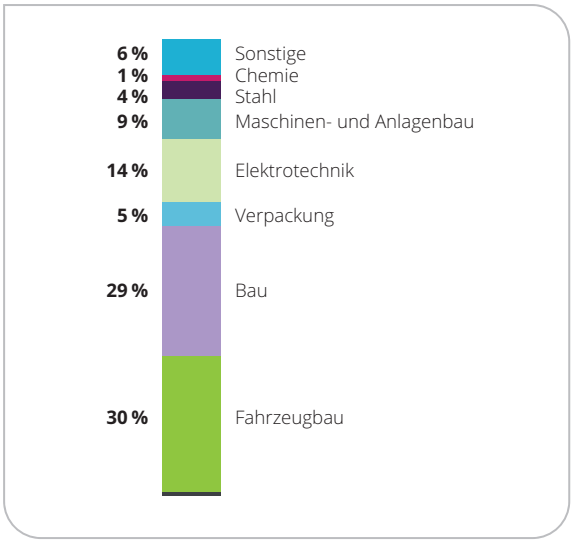


Abb. 28, Quelle: Umweltbundesamt, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020, September 2022

Die EU-weit einheitlichen verfahrensrechtlichen und materiellen Anforderungen an grenzüberschreitende Verbringungen von Abfällen regelt die EU-Abfallverbringungsverordnung, die derzeit novelliert wird. Aktuelle Diskussionen drehen sich u.a. um die möglichen Beschränkungen des Zugangs von Sekundärrohstoffen zu den internationalen Märkten. Befürchtet wird, dass das Ziel einer internationalen Kreislauwirtschaft aufgrund der aufwendigen Audit- bzw. Notifizierungsverfahren für Sekundärrohstoffe erschwert und der Einsatz von Primärrohstoffen in Drittländern statt reduziert, so gefördert wird. Die tatsächlichen Auswirkungen auf die Recyclingwirtschaft sowie den weltweiten Handel und den Export von Sekundärrohstoffen sind aktuell jedoch schwer absehbar.

1.5.6 NE-Metalle

Weltweit sind Gesellschaft und Industrie auf Metalle angewiesen und der Bedarf steigt. Denn insbesondere das Erreichen der Klimaziele ist eng mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und der Förderung der Elektromobilität verbunden. Beide Vorhaben erfordern eine kontinuierliche Versorgung mit Primär- und Sekundärmetallen. Die verarbeitende Industrie benötigt qualitativ hochwertige Metalle, die vom Metallhandel zur Verfügung gestellt werden. Dazu muss der Metallhandel global, schnell, flexibel und zuverlässig agieren.

Recyclinganteil in der NE-Metallindustrie in Deutschland in den Jahren 2010-2020 (in %)

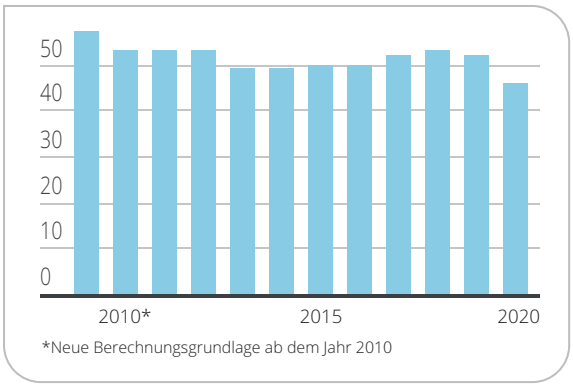


Abb. 29, Quelle: WirtschaftsVereinigung Metalle (WVMetalle), Metallstatistik 2020, November 2021

Der Handel mit Metallen aus dem Recycling wird als Altmetall- oder Sekundärmetallhandel bezeichnet. Der klassische Altmetallhändler ist jedoch vor allem Aufbereiter. Die Unternehmen verfügen über erhebliche Aufbereitungsleistung und sind ein unverzichtbarer Teil der Kreislaufwirtschaft. Der Metallhandel ist eng mit dem Metallrecycling verbunden, da die meisten Händler über einen Standort verfügen, an dem Metalle gesammelt, sortiert und aufbereitet werden.

Metallrecycling ist unverzichtbar, um die Klima- und Kreislaufwirtschaftsziele des europäischen Green Deal zu erreichen. Aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften können Metalle ohne Qualitätsverluste immer wieder recycelt werden. Produkte, die das Ende ihres Lebenszyklus (End-of-Life, EoL) erreicht haben, werden von Metallhandels- und Recyclingunternehmen wiederaufbereitet, sodass am Ende des Prozesses den Schmelzwerken die gewünschte Menge und Qualität an Metallen angeboten werden kann. Der Einsatz von Aluminium- und Kupferschrotten spart im Vergleich zur Primärerzeugung Ressourcen, Energie und CO_2 und reduziert die Abhängigkeiten von Primärrohstoffen wie Bauxit und Kupfererzen. Damit leistet die Metallhandels- und Recyclingwirtschaft einen entscheiden Beitrag für die Dekarbonisierung der verarbeitenden Industrie und verringert die Importabhängigkeit.

Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2020 rund 2,3 Mio. Tonnen NE-Metalle produziert, der Anteil der recycelten Metalle lag mit rund 1,0 Mio. Tonnen bei rund 46 %.[72] Während der größte Teil der aufbereiteten Metalle innerhalb der EU verbleibt, trägt der Export von Rohstoffen aus dem Recycling in OECD- und Nicht-OECD-Länder direkt zum Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage bei. Die Preise für Altmetalle orientieren sich dabei an den Metallbörsen wie der London Metal Exchange (LME).

Aluminium

Aluminium ist ein sehr weicher Werkstoff und durch seine vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten ein einzigartiger Industrierohstoff. Es wird vor allem in Form von Aluminiumlegierungen im Bauwesen, im Transport- und Verkehrswesen sowie bei Verpackungsmaterialien eingesetzt.[73] Aluminiumlegierungen stellen gleichzeitig die größte Herausforderung für die Metallrecyclingwirtschaft dar, denn einmal geschmolzene Legierungen lassen sich nur schwer wieder trennen. Mit metallurgischem Know-how ist es jedoch möglich, die Legierungen wieder in den Kreislauf zurückzuführen. Auf diese Weise kann jede Legierung wieder einer sinnvollen Verwendung zugeführt werden. Weltweit sind noch 75 % des jemals geförderten Aluminiums im Umlauf. In Deutschland lag die Rohaluminiumproduktion im Jahr 2020 bei knapp 1,1 Millionen Tonnen.[74] Der Anteil des recycelten Aluminiums lag bei rund 51 % (Primär: 529.000 Tonnen; Sekundär: 548.000 Tonnen)[75] und ist seit Jahren stabil. Es zeigt, dass die Industrie zuverlässig mit Aluminiumschrotten versorgt wird.

Der deutsche Außenhandel mit Aluminiumschrotten weist in den Jahren 2018 bis 2022 einen leichten Exportüberschuss auf, was darauf hindeutet, dass nicht alle in Deutschland aufbereiteten Mengen im Inland verarbeitet werden konnten und deshalb an ausländische Werke exportiert wurden. Die drei wichtigsten Abnehmerländer für deutschen Aluminiumschrott sind im Jahr 2022 Italien, Österreich und die Niederlande. Die drei wichtigsten Lieferländer für Aluminiumschrott nach Deutschland sind die Niederlande, Polen und Frankreich.

72 WirtschaftsVereinigung Metalle (WVMetalle),Metallstatistik 2020, November 2021.

73 https://www.vdm.berlin/wp-content/uploads/2022/01/VDM_Magazin_Nr-706_WEB_Einzeln-1-1.pdf. S. 13 bis 18., zuletzt geprüft am 21.06.2023..

74 WirtschaftsVereinigung Metalle (WVMetalle),Metallstatistik 2020, November 2021.

75 ebd.

Deutscher Außenhandel mit Aluminium- und Kupferschrotten in den Jahren 2018 bis 2022, (in Tonnen)

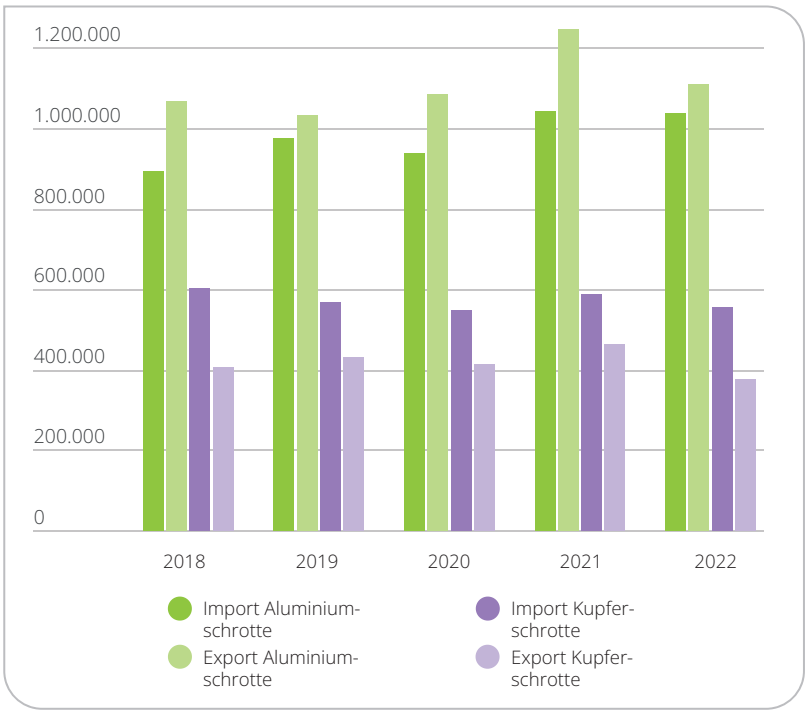


Abb. 30, Quelle: Destatis, eigene Darstellung

76 https://www.vdm.berlin/wp-content/uploads/2022/01/VDM_Magazin_Nr-705_WEB_JAN2022-1.pdf. S. 13 bis 15., zuletzt geprüft am 21.06.2023

77 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474, zuletzt geprüft am 21.06.2023.

Metallrecycling Kupferdraht, Quelle: TSR Recycling

Kupfer

Heute sind noch fast vier Fünftel des jemals geförderten Kupfers im Umlauf. Die Haupteinsatzgebiete für Kupfer sind mit 57 % Elektrotechnik/Energie, 15 % Bau, 9 % Automobil, 8 % Maschinenbau, 5 % Handel und 6 % Sonstige.[76] In Deutschland wurden im Jahr 2021 615.000 t raffiniertes Kupfer erzeugt. Der Anteil an Recyclingkupfer betrug 38 % (383.800 t Primärkupfer und 231.200 t Sekundärkupfer).

Der deutsche Außenhandel mit Kupferschrotten weist in den Jahren 2018 bis 2022 stets einen Importüberschuss auf, was darauf hindeutet, dass die deutschen Verarbeitungskapazitäten auch zu einem Großteil aus dem Ausland versorgt werden.

Die drei wichtigsten Lieferländer für Kupferschrott nach Deutschland sind die Niederlande, Frankreich und die Schweiz. Der Exportanteil hat im Jahr 2022 einen historischen Tiefstand erreicht. Die drei wichtigsten Abnehmerländer für deutschen Kupferschrott sind 2022 Polen, Belgien und die Niederlande.

Strategische Sondermetalle

Die EU-Kommission hat im Jahre 2020 eine Liste an „kritischen Rohstoffen" herausgegeben. Auf der Liste stehen Metalle wie Antimon, Wolfram oder Kobalt.[77] Sie sind beispielsweise wichtiger Bestandteil in Lithiumlonen-Akkus, Photovoltaikanlagen speziellen Legierungen oder Laserköpfen und somit unverzichtbar für die moderne Industrie und zahlreiche technische Anwendungen. Bei den gelisteten Metallen ist die Wirtschaft besonders auf Importe und den Aus- und Aufbau geeigneter Recyclingstrukturen angewiesen. Der Aufbau von Recyclingkapazitäten in diesem Bereich ist von strategischer Bedeutung, wird allein jedoch nicht ausreichen um den Bedarf zu decken. Zukünftig wird der Import von Primärrohstoffen weiterhin notwendig sein. Dementsprechend ist es wichtig, dass mittelständische Handelsunternehmen, die oft am Schnittpunkt von Import und Distribution der Produkte operieren, unterstützt werden. Die meisten kritischen Metalle sind weder über die Börsen noch über europäische Produzenten zu beziehen, sondern müssen am Weltmarkt eingekauft werden. Hier stehen die Unternehmen im Wettbewerb mit Marktteilnehmern aus vielen anderen Ländern.

Die Verwertung von Kupfer ist nicht nur ökonomisch sinnvoll, sondern auch ein umweltfreundlicher Weg, da sie altem Kupferschott neues Leben einhaucht und einen nachhaltigen Beitrag zur Schonung von Ressourcen leistet."

ChatGTP

Stoffrollen, Quelle: Envato elements

1.5.7 Textilien

Die Gebrauchttextilbranche ist mit zunehmenden Herausforderungen konfrontiert. Der Trend zu einer schnelllebigen Mode – „Fast Fashion" dauert seit einigen Jahren an. Zudem hat der Online-Handel über die Covid-19-Pandemie hinaus einen festen Platz im Konsumverhalten der Verbraucherinnen und Verbraucher gefunden. Dieser macht wiederum günstige aber auch schnelllebige Mode aus weiten Teilen des Globus zugänglich. Aus diesen beiden Entwicklungen resultiert eine zunehmend schlechte Qualität der Textilien durch synthetische Mischfaser in der Bekleidung.

Konsumverhalten und Lebensdauer der Textilien
Im Jahr 2021 kauften Verbraucherinnen und Verbraucher durchschnittlich 17 neue Kleidungsstücke. Die Inlandsverfügbarkeit von Bekleidungs- und Haustextilien sowie Schuhen wird in Deutschland für das Jahr 2021 auf rund 3,8 Milliarden geschätzt, wie der Statistik Report 2022 des Bundesverbandes des Deutschen Textileinzelhandels ermittelt hat. Darüber hinaus beträgt die durchschnittliche Lebensspanne eines Kleidungsstücks 6,2 Jahre[78].

Die Nachhaltigkeit von Textilien beginnt bereits bei ihrer Herstellung mit umweltfreundlichen Materialien und Herstellungsverfahren aber auch mit einer Produktion unter Beachtung von sozioökonomischen Aspekten wie Menschenrechte und die Bezahlung von fairen Löhnen.

Am Ende der Tragedauer wird über eine hochwertige Erfassung und Sortierung der Materialien eine weitere nachhaltige Nutzung ermöglicht.[79] Die Sammlung der Textilien und Schuhe erfolgt sowohl durch gewerbliche und gemeinnützige als auch durch kommunale Akteurinnen und Akteure. Dabei wird die Sammlung überwiegend über Altkleidercontainer realisiert. Ein weiterer Teil der Alttextilien und Schuhe wird über Straßensammlungen aber auch über Sozialkaufhäuser erfasst.

Hinzu kommt die wachsende Bedeutung der privaten Weitergabe von qualitativ hochwertigen Altkleidern, die die Quantität und Qualität der o.g. Sammelmenge beeinflusst. Eine unsachgemäße Nutzung von Textilien durch die Verbraucherinnen und Verbraucher während der Tragedauer und die bereits dargestellte niedrige Qualität führen zu einem verkürzten Lebenszyklus und einer teils unmöglichen Wiederverwendung sowie zu einem erschwerten Absatz der Sammelware nach der Sortierung. Dies hat insbesondere Auswirkungen auf die für die Bürgerinnen und Bürger kostenlose Sammlung, die eine gewisse wirtschaftliche Tragbarkeit aufweisen muss.

Zahlen und Fakten zum Abfallaufkommen und Wiederverwendung
Im Jahr 2018 fielen ca. eine Million Tonnen Altkleider in den privaten Haushalten in Deutschland an.[80] Nach der Sammlung werden die Alttextilien nach Art und insbesondere Qualität sortiert. Die Sortierung

78 Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (BTE) Statistik Report 2022 – Textil, Schuhe, Lederwaren, 2022.

79 Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (BTE): Statistik-Report 2022 – Textil, Schuhe, Lederwaren, 2022.

80 Umweltbundesamt: Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft, 2022.

erfolgt noch überwiegend händisch. Die Entwicklung moderner Technologien nimmt ständig zu und wird bei entsprechender Marktreife Einzug in die klassische Altkleidersortierung nehmen. Dies allerdings erst, wenn die weiterhin hohen Fehlerquoten bei der maschinellen Sortierung in die jeweiligen Klassen im Vergleich zur händischen Sortierung sinken. Die Qualifizierung und das Know-how der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter trägt neben der eigentlichen Zusammensetzung, der Qualität und der Einschätzung der Langlebigkeit der Sammelware sowie der Marktnachfrage in bedeutendem Umfang dazu bei, wie viele Gebrauchttextilien tatsächlich in ihrer ursprünglichen Form als Secondhandware weitergenutzt werden können.

Gebrauchte Textilien – mehr als nur Stoffreste, sie erzählen Geschichten, bieten nachhaltigen Stil und repräsentieren eine modische Reise, bei der Umweltschutz und Wiederverwertung Hand in Hand gehen.

Der Großteil der erfassten Alttextilien wird als Gebrauchttextilien weitergenutzt. Darüber hinaus werden Alttextilien stofflich zu Putzlappen weiterverarbeitet oder finden Einsatz in der Reißspinnstoffindustrie, wo diese zu Fasern beispielsweise für Malervlies und zu Dämmstoffen für die Autoindustrie aufbereitet werden. Ein geringer Teil wird energetisch verwertet oder fällt als Abfall im Rahmen der Sortierung an.[81]

Die insgesamt gesammelte Menge an Alttextilien übersteigt den Bedarf in Deutschland deutlich. Der Großteil der Textilien wird daher exportiert. Im Jahr 2022 ging ein Großteil der wiederverwertbaren Textilien nach Polen, Belgien, in die Niederlande, in die Vereinigten Arabischen Emirate und in die Türkei.[82]

Insgesamt wurden im Jahr 2022 rund 462 500 Tonnen Altkleider und andere gebrauchte Textilwaren exportiert. Umgerechnet auf die Zahl der Bevölkerung hierzulande entspräche das einer exportierten Menge gebrauchter Textilien von 5,5 Kilogramm pro Kopf im Jahr 2022.[83]

Politische Entwicklungen mit Auswirkungen auf die Alttextilbranche

Die Einführung der EU-weiten Getrenntsammlungspflicht von Alttextilien ab dem Jahr 2025, die bei der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes im Jahr 2020 auch ins deutsche Recht umgesetzt wurde, kann europaweit zu einem Anstieg der Mengen gesammelter Alttextilien führen.

Die kommunal verantwortete Getrenntsammlungspflicht von den in Deutschland etablierten und gut funktionierenden gewerblichen, gemeinnützigen und kommunalen Sammlungen wird bereits erfüllt. Hier wurde durch alle Beteiligten ein bundesweit flächendeckendes, lückenloses Angebot zur Annahme der Alttextil-Fraktionen geschaffen.

Darüber hinaus gewinnen Pläne auf europäischer Ebene zum Abfallende eines Produktes sowie ein Maßnahmenkatalog der EU, der u. a. die Einführung von Informationsanforderungen und einen digitalen Produktpass sowie die Entwicklung von Kriterien zur Unterscheidung zwischen Abfällen und bestimmten gebrauchten Textilwaren[84] beinhaltet an Bedeutung, deren Auswirkungen wiederum auf die Branche aktuell nicht absehbar sind.

Herausforderungen und Zukunftsfragen

Neben der Verlagerung bestehender Handelsstrukturen stellen sich für die deutsche Alttextilbranche viele Zukunftsfragen. Durch die zunehmende Digitalisierung der Welt wächst auch in den Abnehmerländern das Bedürfnis nach aktuellen Modetrends. Weitere wirtschaftliche und globale Entwicklungen wie Importverbote, Zollerhöhungen, Währungsschwankungen, Devisenknappheit, volatile Bankgebühren und sinkende Rohstoffpreise belasten zudem den Handel und die wirtschaftliche Situation der mittelständisch geprägten Unternehmen.

Mit innovativen Forschungs- und Entwicklungsprojekten können neue Märkte und Anwendungsfelder für die Textilrecyclingindustrie erschlossen werden, wie beispielsweise mit Hilfe des chemischen Recyclings von Textilfasern. Das Ziel, langfristig durch geeignete Recyclingverfahren, die Fasern der Textilien zurückzugewinnen, besteht weiterhin. Technologisch ausgereifte Konzepte existieren, sind aber aktuell wirtschaftlich nicht umsetzbar.

Die Fast-Fashion und Online-Handel-Entwicklung verstärken den Qualitätsrückgang bei Alttextilien und erschweren das hochwertige Recycling. Im Interesse eines hochwertigen und den Standards entsprechenden Textilrecyclings ist daher weiterhin ein konsequentes politisches und wirtschaftliches Handeln erforderlich.

(81) bvse: Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland, 2020.

(82) Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik, 2023.

(83) Destatis, Exportstatistik 2022, Pressemitteilung Nr. N019 vom 22. März 2023 (Nachweis: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_N019_51_32.html)

(84) Europäische Kommission: EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien, Brüssel, 2022

Textilrecycling. Quelle: istock

1.5.8 Altholz

Der nachwachsende Rohstoff Holz wird vielfältig genutzt. Er findet Verwendung in der Möbelindustrie, im Bauwesen sowie für Verpackungen. Dabei hat sich in der Holzwirtschaft eine effiziente Nutzung des Rohstoffes etabliert. So sind die bei der Schnittholzproduktion anfallende Hackschnitzel- und Sägespäne ein wichtiger Rohstoff sowohl für die Zellstoff- und Papierindustrie als auch für die Strom- und Wärmeerzeugung. Gleiches gilt für die weiterverarbeitende Industrie, in der Holzreste hochwertig – idealerweise stofflich – verwertet werden. Am Ende ihres Nutzungszyklus werden Holzprodukte zu einer werthaltigen Abfallfraktion, dem Altholz.

Das jährliche Gesamtpotenzial des Altholzaufkommens für Deutschland lag im Jahr 2021 geschätzt bei rund 9,8 Millionen Tonnen (dies beinhaltet einen Export von etwa 1,4 Millionen Tonnen und einen Import – insbesondere von Biomasse als Brennstoff, von etwa 1,8 Millionen Tonnen)[85]. Der Anfall ist konjunkturabhängig und in den letzten Jahren gesunken. 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.

[85] Umweltbundesamt, 2023: Aktuelle Nutzung und Förderung der Holzenergie Teilbericht zu den Projekten BioSINK und BioWISE; Climate Change 12/2022; https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktuelle-nutzung-foerderung-der-holzenergie, zuletzt geprüft am 21.06.2023.

[86] Döring, P.; Mantau, U. 2021: Altholz im Entsorgungsmarkt. Aufkommen und Verwertung 2020. Hamburg.

Die Kaskadennutzung von Holz

Abb. 31, Quelle: catech 2022 in Anlehnung an BMEL 2021e, basierend auf Strohmeyer (VHI), Meinlschmidt (WKI), Lüdtke (Thünen-Institut), 2020

Je nach Herkunft und Bearbeitungszustand wird Altholz in vier Kategorien untergliedert, die sich entsprechend ihrer Qualität für das Recycling oder die energetische Verwertung eignen. Stoffliche und energetische Verwertung gehen so Hand in Hand und bilden einen Teil der fünfstufige Abfallhierarchie idealtypisch ab. Abbildung 31 zeigt, wie die Kreislauf- und Kaskadenführung des Rohstoffs Holz vom bewirtschafteten Wald über die verschiedenen Stufen der stofflichen Nutzung und der abschließenden energetischen Verwertung idealtypisch aussieht.

Altholz, Quelle: Lobbe

Die Erfassung, Sortierung und entsprechende Aufbereitung sind die Voraussetzungen, um eine hochwertige Verwertung zu gewährleisten. Die getrennte Erfassung von Altholz an der Anfallstelle konnte in den letzten Jahren vor allem im Baubereich durch die Einführung des selektiven Rückbaus und der Pflicht zur Getrennthaltung nach Gewerbeabfallverordnung weiter gesteigert werden. Ein relevanter Teil des Altholzaufkommens wird mit Hilfe eines flächendeckenden Netzes an primär mittelständisch geprägten Sortier- und Aufbereitungsanlagen für die stoffliche oder energetische Verwertung vorbereitet. Diese haben in den letzten Jahren in die weitere Verbesserung der Sortier- und Aufbereitungstechnik investiert, so dass sich der Anteil der zur Verwertung geeigneten Althölzer weiter erhöht hat.

Im Bereich der stofflichen Verwertung ist neben der Verpackungsindustrie die Spanplattenindustrie der Hauptabnehmer für recyceltes Altholz. Im Jahr 2020 wurden hier nahezu 1,4 Millionen Tonnen Altholz eingesetzt[86]. Der Trend ist im Zuge der Etablierung der Kreislaufwirtschaft und der Schonung der Primärrohstoffe stark steigend. Neben dem stofflichen Einsatz von Altholz nutzt die Spanplattenindustrie stofflich nicht verwertbare Althölzer sowie eigene Späne und Abschnitte aus dem Herstellungsprozess zur eigenen Strom- und Prozesswärmeerzeugung in hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)-Anlagen und leistet somit einen weiteren wichtigen Beitrag für ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft. Neben der Spanplattenindustrie forschen und entwickeln bzw. investieren andere Branchen zunehmend in Produktionstechniken, die den Einsatz von aufbereitetem Altholz ermöglichen, um den Anteil stofflich verwerteten Altholzes zukünftig weiter zu steigern. So strebt die Industrie die stärkere Verwendung von Altholz zur Herstellung von Faserplatten an, die aktuell noch weitestgehend aus Frischholz hergestellt werden. Das Thema Bioökonomie kann für den Einsatz von Althölzern zusätzliche Potenziale bringen, da innovative Produkte und Verfahren nicht nur für reine Nebenprodukte aus der Säge- und Papierindustrie, sondern perspektivisch auch für den Einsatz von Althölzern erforscht und entwickelt werden.

Altholzaufbereitung, Quelle: DIE GRÜNEN ENGEL Entsorgung und Logistik GmbH

Als regenerativer und CO_2-neutraler Energieträger wird Altholz insbesondere in größeren Biomasse-[heiz]kraftwerken mit einer elektrischen Leistung von mehr als 5 MWel zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Dies sind in Deutschland Anlagen mit einer Gesamtkapazität von rund 7,6 Millionen Tonnen pro Jahr. Neben dem Einsatz von Altholz A I bis A IV werden anteilig auch eigene Produktionsreste, Landschaftspflege- und Industrierestholz eingesetzt. Aufgrund der politischen Anreize befinden sich viele neue Anlagen in Planung bzw. in der Genehmigung.

Die Nachfrage nach Altholz sowohl zur stofflichen Nutzung, als auch – nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Energiekrise - zur Energieerzeugung steigt. Auch wenn Holz eine erneuerbare Ressource ist, kann sie nur in begrenztem Umfang bereitgestellt werden. Daher steht der effiziente Umgang mit der Ressource Holz und auch Altholz und seiner Kaskadennutzung zunehmend im Mittelpunkt. Die möglichst effiziente Rohstoffnutzung von Altholz beginnt mit dem Ausbau der Getrennthaltung zur Steigerung der Quantität und Qualität der erfassten Altholzmengen, um den Rohstoff Holz auch möglichst lange im Wirtschaftskreislauf halten und nutzen zu können. Dies kann auch mit Hilfe von Leasing- oder Rücknahmesystemen erfolgen. Nach der möglichst umfassenden Erfassung der Altholzpotenziale ist der stofflichen Verwertung im Einklang mit der fünfstufigen Abfallhierarchie der Vorrang einzuräumen, denn in der stofflichen Verwertung hat Altholz durch den Speichereffekt und den Substitutionseffekt das größte Klimaschutzpotenzial. Soweit möglich ist die sogenannte Kaskadennutzung zu fördern, das heißt vorrangig stoffliche Verwertung des Altholzes. Erst wenn Altholz nicht mehr stofflich verwertet werden kann, ist es einer effizienten thermischen Verwertung zuzuführen.

Radlader im Einsatz, Quelle: Reiling

Der Koalitionsvertrag der Bundesregierung setzt auf die Förderung der Kreislaufwirtschaft als effektiven Klima- und Ressourcenschutz. Die rohstoffpolitischen Strategien sollen in einer „Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie“ gebündelt werden.

Ein weiteres Ziel des Koalitionsvertrages ist die Erarbeitung einer Nationalen Biomassestrategie (NABIS).[87] Diese soll ergänzend zur nationalen Bioökonomiestrategie und in Verzahnung mit der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie die Leitlinien für eine ressourcen- und umweltschonende Nutzung der Biomassepotenziale setzen. Im Fokus steht dabei eine auf möglichst langfristige Kaskadennutzung ausgelegte Kreislaufwirtschaft für Biomasse mit einer Priorisierung der stofflichen Nutzung. Erst mit Ende der Nutzbarkeit soll Biomasse einer energetischen Nutzung zugeführt werden.

Die aktuellen Überlegungen zur Novellierung der Altholzverordnung (AltholzV) greifen diese Punkte auf, sofern das Abfallende geregelt wird. So werden die Umsetzung der Abfallhierarchie, die Anpassung der technischen Anforderungen an die Aufbereitung, die Probenahme und Analyse sowie die Qualitätssicherung erwartet. Es besteht großer Bedarf an einer modernen, den Anforderungen der Transformation Rechnung tragenden Altholzverordnung, um die Wertschöpfungskette sachgerecht abzubilden und das Klimaschutzpotential durch Kaskadennutzung zu heben.

87 https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/nabis-eckpunktepapier-nationale-biomassestrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 21.06.2023.

1.5.9 Elektro-/Elektronikgeräte und Batterien

Elektro- und Elektronikaltgeräte enthalten wichtige Metalle und Edelmetalle sowie Seltene Erden. In den Hintergrund der Betrachtung tritt, dass Elektro- und Elektronikaltgeräte auch umwelt- und gesundheitsgefährdende Substanzen wie beispielsweise Kadmium und Quecksilber enthalten können. Die Erfassung und das Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten ist ein komplexer Gesamtprozess, der sowohl der Metallrückgewinnung 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 von Verbraucherinnen und Verbrauchern sogar zurücknehmen. Der Hersteller bleibt aber in jedem Fall für die Entsorgung und Verwertung der von ihm in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte verantwortlich. Nicht zuletzt sind auch die Verbraucherinnen und Verbraucher gefragt, Elektroaltgeräte ordnungsgemäß zurückzugeben.

Die „stiftung elektroaltgeräte register ®" (stiftung ear) ist die „Gemeinsame Stelle der Hersteller" im Sinne des ElektroG. Sie registriert die Hersteller von Elektro- und Elektronikgeräten und koordiniert die Bereitstellung von Behältnissen für Übergabestellen und die Abholung der Altgeräte bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern. Des Weiteren werden der stiftung ear ihr die im Kalenderjahr gesammelten und verwerten Altgerätemengen gemeldet.

Im Jahr 2021 wurden rund 1,00 Millionen Tonnen Elektroaltgeräte in Deutschland gesammelt, die mit rund 94 % mehrheitlich aus privaten Haushalten stammten. Die Sammelquote der erfassten Altgeräte lag im Jahr 2021 als Ergebnis des Durchschnitts der Jahre 2018, 2019 und 2020 bei 38,9 % (Nicht erfasst werden B2B Mengen.).[88]

88 Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/elektro-elektronikaltgeraete#wo-steht-deutschland, zuletzt geprüft am 10.05.2023.

89 https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

Elektrokleingeräte, Quelle: GWA

Die mit WEEE-Richtlinie ab dem Jahr 2019 geltende Sammelquote der Elektroaltgeräte von mindestens 65 % (Basis ist das gemittelte Gesamtgewicht der in den drei Vorjahren in Verkehr gebrachten Elektro- und Elektronikgeräte) wurde damit nicht erreicht. Für die Erreichung der geltenden ambitionierten Sammelquote von 65 % sind noch deutliche Anstrengungen zu unternehmen. Deutschland hat insbesondere bei der Erfassung noch einige Hürden zu nehmen. Kleingeräte werden häufig noch über die Restabfalltonne entsorgt, größere Elektroaltgeräte als Allgemeinschrott erfasst oder die Geräte bleiben – wie das Beispiel Handy zeigt – oft lange ungenutzt in den Haushalten liegen. Die Verbraucherinnen und Verbraucher und die Kommunen sind stärker einzubeziehen, und gefordert weiterhin über den nachhaltigen Umgang mit Altgeräten und dessen Entsorgung zu informieren um ein noch dichteres Sammelnetz zu errichten. Neue Nutzungskonzepte, wie Leasing und Sharing, aber auch einfachere Rückgabemöglichkeiten sind weiter auszubauen, um die Hürden der Erfassung zu verringern.

Die Qualität der Erfassung ist zu verbessern, sodass Beraubungen und Zerstörungen an den Altgeräten unterbunden werden. Eine besondere Herausforderung stellt die Erfassung von Geräten mit Lithium-Ionen Batterien dar, die eine hohe Brandgefahr bergen. Die Etablierung von Anreizsystemen für die umweltgerechte Entsorgung und Rückführung der Wertstoffe ist wichtiger Teil des Koalitionsvertrages.[99]

Elektro- und Elektronikaltgeräte, einst Wegbereiter technologischer Innovation, finden in der Kreislaufwirtschaft eine zweite Chance – durch Recycling und Wiederverwendung schlagen sie einen nachhaltigen Rhythmus für die Zukunft.

In den Behandlungsanlagen werden die Altgeräte demontiert, von den Schadstoffen entfrachtet, mechanisch zerkleinert und durch Sortiertechnologien und metallurgische Prozesse die Metalle voneinander getrennt. Die während des Behandlungsprozesses zurückgewonnenen Metallfraktionen werden anschließend in die Produktionskreisläufe zurückgeführt. Die WEEE gibt spezifische Quoten zur Verwertung (von der jährlich gesammelten Altgeräte-Masse sind je nach Gerätekategorie 75 bis 85 % zu verwerten) sowie für das Recycling und die Vorbereitung zur Wiederverwendung (von der jährlich gesammelten Altgeräte-Masse sind je nach Gerätekategorie 55 bis 80 % zur Wiederverwendung vorzubereiten oder zu recyceln) vor. Die Recyclingquote von Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium im Elektronikschrottbereich liegt deutlich über 95 %. Potenziale bestehen insbesondere bei der Rückgewinnung von seltenen Edel- und Sondermetallen aus Informations- und Telekommunikationsgeräten, die in den Einzelgeräten jeweils nur in sehr geringen Mengen vorkommen. Um die gesetzten Quoten zukünftig zu erreichen, sind daher noch einige Anstrengungen zu unternehmen. Dazu gehören die Forschung und Weiterentwicklung der Aufbereitungstechnologien sowie die Stärkung der Nachfrage und die Entwicklung von Märkten für zurückgewonnene Wertstoffe, die in Konkurrenz zu Primärmaterial stehen.

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 sowie Fahrzeug- und Industrie-Altbatterien.

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

Auf Grund des breiten Spektrums an Batterien existieren für jeden Batterietyp unterschiedliche spezifische Recyclingverfahren. Eine sortenreine Sortierung ist die Voraussetzung für ein erfolgreiches Recycling. Im Jahr 2021 wurden rund 257.100 Tonnen an Altbatterien, davon Blei-Säure-Altbatterien (201.600 Tonnen), Nickel-Cadmium-Altbatterien (1.045 Tonnen) und sonstige Altbatterien (54.600 Tonnen), einem speziellen Recyclingverfahren zugeführt. Daraus konnten 215.400 Tonnen Sekundärrohstoffe, vor allem Blei, Schwefelsäure, Stahl, Ferromangan, Nickel, Zink Cadmium und Quecksilber, wiedergewonnen werden und erneut zu Batterie- und Akkuherstellung verwendet werden. Die von der EU festgelegten Mindestziele für das Sammeln und Recyceln von Altbatterien wurden somit für das Jahr 2021 erreicht.[90]

Die Entsorgung von Batterien über den Restabfall ist trotz der potenziellen Rückgewinnnung der Wertstoffe aus der Schlacke, nicht richtig. Hier Bedarf es kontinuierlicher Aufklärungskampagnen, wie der „Batterie zurück"-Kampagne[91], die den Bürgerinnen und Bürgern die Herausforderung der Entsorgung, auch in Bezug auf Lithium-Ionen-Batterien näherbringt und sie hierfür sensibilisiert.

Neben der Erfassung stellt die Recyclingwirtschaft insbesondere fest verbaute Batterien vor Herausforderungen. Die Berücksichtigung der zukünftigen Rücknahme- und Recyclingmöglichkeiten eines neuen Produktes sollte bereits bei der Entwicklung (Design for Recycling) berücksichtigt werden und im Rahmen der Zulassung von neuen Produkten mit geprüft werden.

Im Dezember 2020 wurde durch die EU-Kommission im Rahmen des Europäischen Green Deals ein Entwurf für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 2019/1020 vorgelegt. Darin enthalten sind unter anderem die neue Definition für Gerätebatterien, Sammlungs- und Berichterstattungspflichten, die Erhöhung der Sammelquote von 45 % auf 65 % im Jahr 2025 und 70 % im Jahr 2030 sowie Mindestrezyklateinsatzquoten für Industrie- und Autobatterien sowie für Traktionsbatterien aus Elektrofahrzeugen.

90 https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altbatterien#im-jahr-2021-hat-deutschland-alle-von-der-eu-geforderten-mindestziele-erreicht, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

91 https://www.batterie-zurueck.de/, zuletzt geprüft am 01.06.2023.

Sammelmenge und -quote für Elektro-/Elektronikgeräte 2021
(in Tonnen)

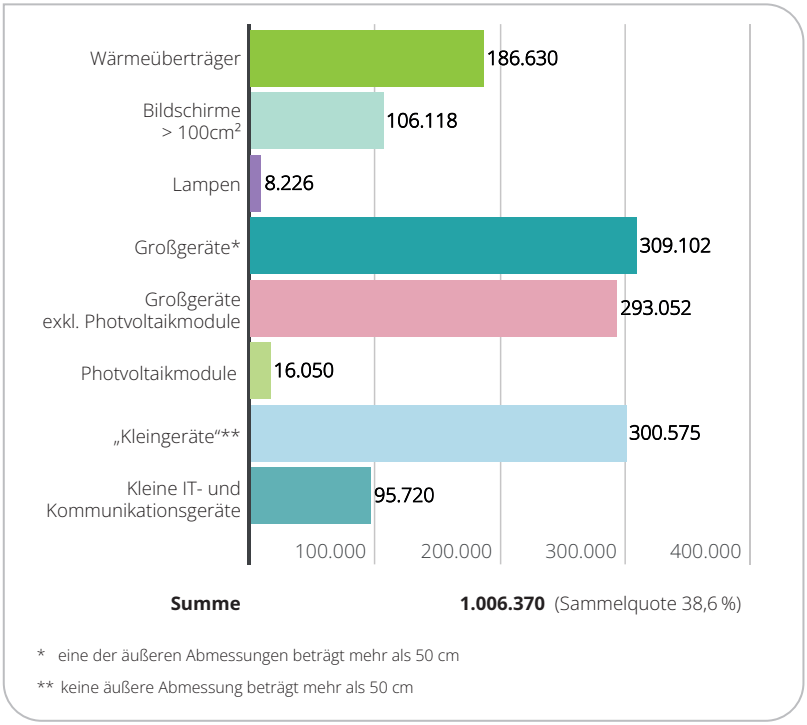


Abb. 32, Quelle: BMUV: Berichtspflicht gemäß Art. 16 Absatz 4 der Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE-Richtlinie) – Berichtsjahr 2020

1.5.10 Altfahrzeuge

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

Von den bundesweit vorhandenen rund 1.064 Demontagebetrieben wurden im Jahr 2020 insgesamt rund 410.000 Altfahrzeuge aus dem In- und Ausland behandelt.[92] Mit einer Gesamt-Verwertungsquote von 94 % im Jahr 2020 wurden die Vorgaben der EU rechnerisch erfüllt.[93] Seit 2015 sehen die EU-Vorgaben eine Quote von mindestens 95 % des durchschnittlichen Fahrzeuggewichts bei der Wiederverwendung und Verwertung bei allen Altfahrzeugen pro Jahr vor. Die Quotenvorgabe der EU für Wiederverwendung und Recycling liegt bei 85 %.

Die Datenlage weist allerdings deutliche Lücken auf. Rund 2 Millionen Gebrauchtfahrzeuge werden im Jahr 2020 in andere EU-Staaten, z. B. Rumänien, Niederlande und Frankreich exportiert. Der Export in Nicht-EU-Staaten ist in den letzten Jahren leicht rückläufig und lag 2020 bei rund 0,17 Millionen Gebrauchtfahrzeugen. 39 % davon gehen nach Westafrika und 19 % in Staaten der ehemaligen Sowjetunion (ohne Baltikum).[94] Der tatsächliche Verwendungszweck in den Zielländern ist aufgrund der teilweise mangelnden Qualität der Gebrauchtfahrzeuge meistens nicht bekannt. Für weitere rund 0,09 Millionen Altfahrzeuge ist der Verbleib statistisch nicht nachweisbar und wurde durch das BMUV und UBA abgeschätzt.[95]

Schätzungsweise 75 % des Gewichts eines Altfahrzeugs besteht aus Fe- und NE-Metallen. Die Altfahrzeuge werden nach der Demontage im anschließenden Schredderprozess verschiedenen Fraktionen getrennt. Endprodukte dieses Prozesses sind zum einen eine hochwertige Fe-Metallschrottfraktion, die direkt im Stahlerzeugungsprozess wieder eingesetzt werden kann, sowie Schredderrückstände. Die Schredderrückstände werden weiter aufbereitet mit dem Ziel NE-Metalle, wie Kupfer und Blei, und weitere Rohstoffe, wie Kunststoffe und Gummi, zurückzugewinnen.

92 BMUV/UBA: Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2020, 2022.

93 ebd.

94 ebd.

95 ebd.

Gepresste Altfahrzeuge, Quelle: TSR

Durchschnittliche Zusammensetzung eines PKW aus dem Jahr 2015 (in %)

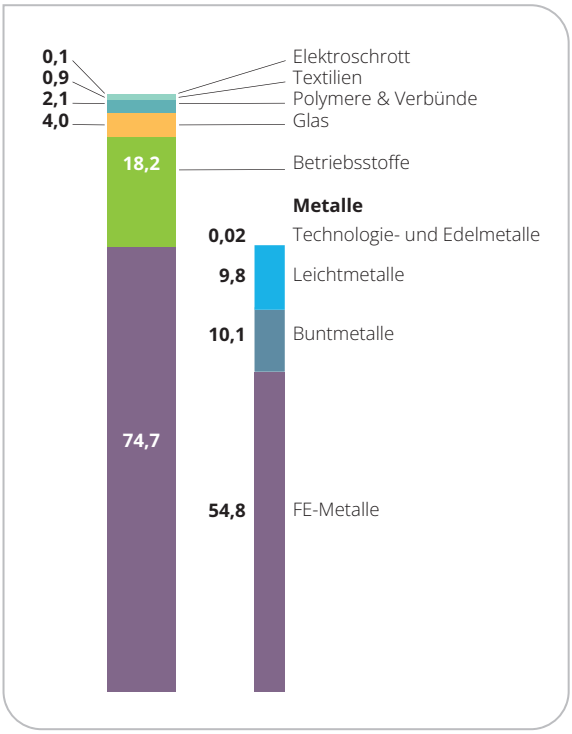


Abb. 33, Quelle: Faulstich, M./Prognos AG, Perspektiven des Altautorecyclings. Untersuchung im Auftrag der Scholz Recycling GmbH und der TSR Recycling GmbH & Co. KG, Mai 2018

Im Jahr 2020 fielen 513.000 Tonnen Schredderrückstände in Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung an, die zu 43 % energetisch und 47 % stofflich verwertet wurden.[96] Ein rein werkstoffliches Recycling oder die Nutzung der spezifischen Materialeigenschaften der darin enthaltenen Stoffe erfolgt nicht. Vielmehr erfolgt die Verwertung im Bergversatz oder im Rahmen von Deponiebaumaßnahmen.[97] Mit den Anforderungen zur Reduzierung des CO_2-Ausstoßes und der Reduzierung des Fahrzeuggewichtes haben sich die Anteile von Fe- und NE-Metallen im Fahrzeugbau leicht zu Gunsten der NE-Metalle, insbesondere Aluminium, verschoben. Zudem stieg der Anteil an hochfesten Stählen gegenüber anderen Stählen in den letzten Jahren sehr deutlich an.[98] Diese Entwicklungen sowie die zunehmenden Speziallegierungen und die Materialvielfalt und -kombinationen erhöhen den Aufwand für die Trennung der Materialien am Ende des Lebenszyklus. Dies stellt die Demontage- und insbesondere die Schredderanlagen vor neue Herausforderungen.

Durch die EU-Vorgabe, dass ab dem Jahr 2035 nur noch Neufahrzeuge ohne CO_2-Ausstoss in der EU zugelassen werden dürfen, werden Elektrofahrzeuge deutlich zunehmen und somit der Anteil an elektrischen (Motoren und Batterien) und elektronischen Komponenten in den Fahrzeugen stark ansteigen. Dies erfordert ein hohes Maß der Anpassungsfähigkeit der Recyclingwirtschaft, da über einen längeren Zeitraum Recyclingprozesse sowohl für Verbrennungsmotoren als auch Elektrofahrzeuge vorgehalten werden müssen.

Veränderungen ergeben sich zudem durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Fahrzeuge und den daraus zurückgewonnenen Fraktionen, u.a. fallen weniger Fe-Metalle durch den Wegfall des Motorblocks an und der Anteil an Kunststoffen wird zunehmen. Dies wird sich auch auf die Kosten- und Erlösstrukturen auswirken.

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.[99] 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 sowie einen Markt für kritische Rohstoffe aus Recycling, der die Kosten der Sortierung abbildet.

96 BMUV/UBA: Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2020, 2022.

97 UBA: Evaluierung und Fortschreibung der Methodik zur Ermittlung der Altfahrzeugverwertungsquoten durch Schredderversuche unter der EG-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG, Januar 2020.

98 Wirtschaftsvereinigung Stahl: Entwicklung der Materialanteile im PKW in Europa, 2015.

99 Molycorp Inc. 2010 – nach British geological Survey, rare Earth Elements, June 2010.

Altfahrzeuge, einst auf der Überholspur, finden in der Kreislaufwirtschaft eine nachhaltige Abfahrt – durch fachgerechtes Recycling und die Wiederverwertung von Materialien werden sie zu Umweltakteuren auf der grünen Straße.

ChatGTP

1.5.11 Altreifen

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) klassifiziert Altreifen als Abfall, wenn sie im deutschen Straßenverkehr nicht mehr gebraucht werden. Reifen und Gummi sind nicht gefährliche Abfälle, mit dem Schlüssel 16 01 03 (Reifen) und 19 12 04 (Kunststoff und Gummi). Gemäß KrWG sind Abfallerzeuger, -besitzer, -beförderer und -sammler von Altreifen nicht zur Führung von Registern verpflichtet. Für Transport, Sortierung, Lagerung und Verwertung der Altreifen besteht eine Anzeigepflicht, der zuständigen Behörde die Tätigkeit zu melden. Altreifenentsorgungsbetriebe können sich durch eine technische Überwachungsorganisation oder eine Entsorgergemeinschaft zertifizieren lassen, grundsätzlich ist eine Entsorgung der Altreifen ohne Zertifizierung möglich. Im Vergleich zu anderen Produkten, wie z. B. Verpackungen, Fahrzeuge, Batterien, Elektro- und Elektronikgeräte oder (Mineral-) Öle fehlen eindeutige Regelungen, um eine ordnungsgemäße und umweltgerechte Entsorgung der Altreifen zu regeln.[100]

Im Jahr 2021 fielen in Deutschland rund 464.000 Tonnen Altreifen an. Zusammen mit den Reifen aus der Fahrzeugverwertung und importierten Gebrauchtreifen wurden rund 538.00 Altreifen in Deutschland verwertet.[101] Bei der Produktion von Reifen und der späteren Verwertung der Altreifen werden alle relevanten Stufen der Abfallhierarchie bedient: Der Trend zu Niederquerschnittsreifen führt zu einem geringeren Rohstoffeinsatz und damit zu einer späteren Abfallvermeidung. Die Runderneuerung von Reifen (rund 25.000 Tonnen) entspricht der 2. Stufe der Abfallhierarchie: „Aufbereitung zur Wiederverwendung". An dritter und an vierter Stelle der Abfallhierarchie stehen die stoffliche und die energetische Verwertung.

Die stoffliche Verwertung in der Form von Granulaten und Gummimehl hat im Jahr 2021 den größten Anteil (rund 220.000 Tonnen) an der gesamten Verwertung der Altreifen ausgemacht. Für die stoffliche Verwertung ist es wichtig, zwischen den verschiedenen Reifentypen zu unterscheiden. Da Pkw-Reifen einen höheren Textilanteil als Lkw-Reifen haben, sind sie normalerweise schwieriger zu verwerten. Die aus der stofflichen Verwertung gewonnenen Granulate und Gummimehle werden bspw. für die Produktion von Kunstrasen, Asphalt, Sport- und Spielplatzmatten verwendet.

Bei der Herstellung von Asphalt ist die Verwendung von Gummimehlen aus recycelten Altreifen seit über 30 Jahren bekannt. Flächendeckend hat sich diese Anwendung leider bisher nicht durchgesetzt. Gründe hierfür sind unter anderem, dass Interessen der weiterverarbeitenden Erdölindustrie den Einsatz von

100 Umweltbundesamt, Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft, Abschlussbericht, April 2021; bvse - Fast vergessener aber sexy Stoffstrom: Sekundärrohstoffe aus Altreifen und -gummi

101 Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e. V., Altreifenverwertung in Deutschland, August 2022

102 Positionspapier des bvse-Ausschusses „Recycling Reifen und Gummi" zu Gummimodifizierung im Asphaltstraßenbau. Bonn, März 2021

Altreifen, Quelle: Breer

gummimodifiziertem Asphalt beschränken. Darüber hinaus schreiben Straßenbaubehörden die neuen Technologien nur zögerlich aus, gleichwohl es unterschiedliche und hochwertige Verfahren gibt, um geeignete Gummimehle für die Verwendung in Asphalten herzustellen.[102] Hier können für die Zukunft noch Potenziale für die stoffliche Verwertung von Altreifen erschlossen werden.

Altreifen sind ebenfalls gut geeignet für die energetische Verwertung in der Zementindustrie. Im Jahr 2021 wurden rund 166.000 Tonnen Altreifen in der Zementproduktion eingesetzt. Dies entspricht 30 % der gesamten Verwertungsmenge an Altreifen. In der Zementindustrie werden die brennbaren Anteile (Textil, Gummi etc.) verwendet.

Nicht vollständig abgenutzte Altreifen werden häufig exportiert, insbesondere nach Marokko, in die Türkei, nach Pakistan, Indien oder Südkorea. Im Jahr 2021 wurden insgesamt 67 000 Tonnen Altreifen zur Weiter- und Wiederverwendung exportiert.[103] Sie werden meist in Länder exportiert, die keine strenge Vorgaben für die Sicherheit von Reifen haben. Der Export von runderneuerten Reifen erreichte im Jahr 2021 eine Größenordnung von 55.000 Tonnen.

Obwohl die Strukturen für hochwertiges Recycling von Altreifen in Deutschland vorhanden sind, befindet sich die Altreifenentsorgung in einer schwierigen Situation.

Das fehlende wirtschaftliche Interesse kann zu illegaler Entsorgung und Ablagerung von Altreifen führen. Die niedrigen Preise auf dem Primärrohstoffmarkt für Kautschuk führen zu Problemen für die Verwertung von Altreifen, in der kautschukverarbeitenden Industrie.

Die Probleme in der Altreifenbranche werden durch die EU-Chemikalienverbotsverordnung REACH, die strengere Grenzwerte für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) vorgibt, weiter verschärft. Die Vorgaben gelten zwar nicht direkt für Reifen, aber für besondere Produktgruppen und Einsatzbereiche, in denen Altreifen potenziell verwertet werden könnten. Die in Reifengranulate enthaltenden PAK-haltigen Ruß- und Weichmacheröle beschränken die Anwendung in einer Reihe von Erzeugnissen und somit das Wachstumspotenzial für den Einsatz von Reifengranulaten.[104]

Das Recycling von Reifen und Gummi wird jedoch zunehmend durch rechtliche Hemmnisse erschwert. Gerade für die Vermarktung der hochwertigen Produkte, die beim Reifenrecycling entstehen, werden immer höhere abfallrechtliche und stoffrechtliche Hürden aufgebaut.[105] Um der Altreifenverwertung neue Perspektiven zu geben, werden Änderungen in der Regulierung, der Wirtschaft und in weiteren Bereichen notwendig sein (z. B. eine Altreifenverordnung). Es besteht ein Bedarf an einem flächendeckend funktionierenden Kontrollmechanismus, der eine umweltgerechte Entsorgung der Reifen sicherstellt. Da Reifen aus verschiedenen Stoffen auf-gebaut sind, spielen die Reifenhersteller eine wichtige Rolle für das Recycling. Sie können schon während der Designphase das spätere Recycling der Reifen erleichtern und sind daher stärker in die Kreislaufwirtschaft einzubinden. Um eine hochwertige Verwertung der Altreifen zu fördern, müssen die Entscheidungen auf präzisen Daten basieren und nicht allein auf Schätzungen, die nur auf dem Reifenersatzbedarf begründet sind.[106]

102 Positionspapier des bvse-Ausschusses „Recycling Reifen und Gummi“ zu Gummimodifizierung im Asphaltstraßenbau. Bonn, März 2021

103 Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e. V., Altreifenverwertung in Deutschland, August 2022

104 Umweltbundesamt, Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft, Abschlussbericht, April 2021; bvse - Fast vergessener aber sexy Stoffstrom: Sekundärrohstoffe aus Altreifen und -gummi

105 Positionspapier bvse-Ausschuss „Recycling Reifen und Gummi“ zum Ausbau eines nationalen Reifenrecyclings. Bonn, März 2021

106 vgl. hierzu: Positionspapier bvse-Ausschuss „Recycling Reifen und Gummi“, ebenda.

Die Verwertung von Altreifen ist ein umweltbewusster Kreislaufansatz, der nicht nur Altgummi in nützliche Ressourcen transformert, sondern auch zur Reduzierung von Umweltbelastungen beiträgt, indem er innovativ die Wege für nachhaltige Reifenprodukte ebnet.

ChatGTP

1.5.12 Mineralische Abfälle

Mineralische Abfälle stellen den größten Abfallstrom in Deutschland dar und seit 2010, unter anderem aufgrund der Konjunkturentwicklungen, stetig angestiegen. Der Abfallstrom unterteilt sich in nicht gefährliche und gefährliche mineralische Bau- und Abbruchabfälle sowie die sogenannten industriellen Nebenprodukte, zu denen insbesondere Flugaschen aus Kohlekraftwerken und Eisenhüttenschlacken zählen.[107]

Mineralische Bau- und Abbruchabfälle
Die nicht gefährlichen und gefährlichen Bau- und Abbruchabfälle haben im Jahr 2020 mit rund 221 Millionen Tonnen den bedeutendsten Anteil an den mineralischen Abfällen. Hierzu zählen mit 129 Millionen Tonnen der Bodenaushub (Boden und Steine, einschließlich Baggergut und Gleisschotter), gefolgt von Bauschutt mit 60 Millionen Tonnen, Straßenaufbruch mit rund 17 Millionen Tonnen sowie mineralische Baustellenabfällen mit rund 14 Millionen Tonnen.[108]

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.

Aufteilung der mineralischen Abfälle (in Mio. Tonnen)

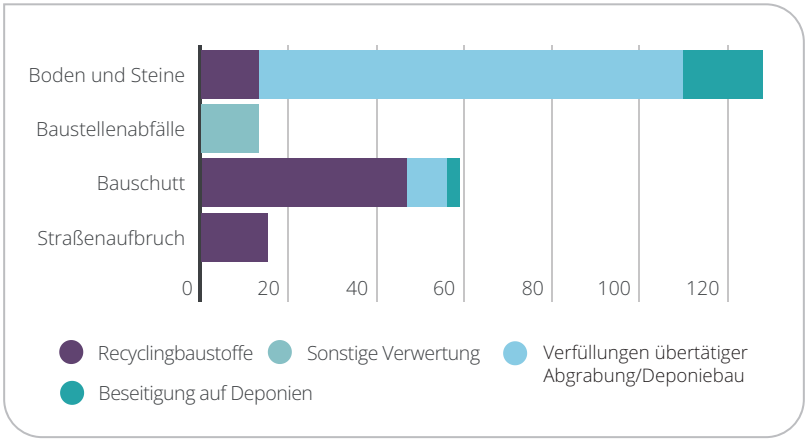


Abb. 34, Quelle: "Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V.: Mineralische Bauabfälle Monitoring 2020- Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020"

Durch Sortierung, Aufbereitung und Recycling von Bauschutt werden hochwertige Sekundärbaustoffe hergestellt, die die knapper werdenden Primärrohstoffe ersetzen können. Im Jahr 2020 wurden rund 77 Millionen Tonnen Sekundärbaustoffe hergestellt, was einem Recyclinganteil für die Fraktion Bauschutt von rund 79 % und in der Gesamtbetrachtung inkl. Bodenaushub von rund 35 % entspricht. Sekundärbaustoffe werden unter anderem in der Asphalt- und Betonherstellung, im Straßen- und Erdbau sowie im Garten- und Landschaftsbau eingesetzt.[109] Recyclingbaustoffe dürfen in der Regel nur geprüft, güteüberwacht und zertifiziert in Verkehr gebracht werden. In der Gütesicherung sind derzeit verschiedene, teils bundesweit (z. B. Bundesüberwachungsverband Bauprodukte e.V. (BÜV BauPro), BGRB Berlin, QUBA-Qualitätssicherung Sekundärbaustoffe GmbH) oder auf Länderebene (z. B. BÜV HRS, BÜV NW, BÜV Nord oder BAU-ZERT e.V, Qualitätssicherungssystem Recycling-Baustoffe Baden-Württemberg e.V.) organisierte Verbände und Organisationen tätig.

Von den rund 129 Millionen Tonnen Boden und Steine werden 75 % sowie 16 % der 60 Millionen Tonnen Bauschutt für die Verfüllung übertägiger Abgrabungen bei Wiedernutzbarmachungs- und Rekultivierungsmaßnahmen sowie für den Einsatz in technischen Bauwerken (z. B. Erdwälle, Dämme) bzw. im Deponiebau eingesetzt. Das entspricht rund 50 % der im Jahr 2020 erzeugten 221 Millionen Tonnen mineralischer Abfälle. Insgesamt kann eine durchschnittliche Verwertungsquote der genannten Fraktionen von rund 90 % für das Jahr 2020 festgehalten werden.[110]

Mineralische industrielle Nebenprodukte
Der Großteil der industriellen Nebenprodukte sind die Produkte aus der Braunkohlefeuerung. Dazu zählen Braunkohleflugaschen und REA-Gips, der eine hohe Qualität aufweist und als Alternative zum Naturgips in der Gips- und Zementindustrie oder auch als Düngemittel eingesetzt wird. Mit der Schließung der Kohlekraftwerke im Zuge der Energiewende wird das Aufkommen stark zurückgehen. Darüber hinaus fallen in Deutschland Hochofenschlacke und Stahlwerksschlacken an, die u.a. als Baustoffe für die Industrie und für den Straßen- und Brückenbau aufbereitet werden sowie beim Bau von Schleusen und Uferbefestigungen sowie als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Sie ersetzen somit wertvolle Primärressourcen.

107 Kreislaufwirtschaftsträger Bau e.V.: Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2020, Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2020, 2023

108 ebd.

109 ebd.

110 ebd.

Recyclingbaustoff aus Bauschutt, Quelle: Remex

Neue Entwicklungen

Im August 2023 ist die Mantelverordnung in Kraft getreten, die aus mehreren Teilen besteht, wie etwa der Ersatzbaustoffverordnung, der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Die Ersatzbaustoffverordnung regelt die Vorgaben für die Herstellung und den Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen (Sekundärbaustoffen) in technischen Bauwerken. Sie beinhaltet u.a. Vorgaben für die Güteüberwachung sowie eine einheitliche Materialklassifizierung und bringt für Bauvorhaben und Entsorger Verbindlichkeit und Planbarkeit. Die Ersatzbaustoffverordnung verrechtlicht die seit Jahrzehnten in der Produktion von Bauprodukten und Baustoffen bewährten Verfahren zur Qualitätssicherung bezüglich der umweltrelevanten Eigenschaften. Jedoch gibt es noch viele offene Fragen zur praktischen Umsetzung. Auch die Umstellung auf völlig neue Analyseverfahren und Materialklassifikationen stellt alle Beteiligten vor große Herausforderungen. Insbesondere im Bereich der mobilen Aufbereitung vor Ort ist derzeit noch mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand zu kalkulieren, der ggf. dazu führen wird, dass zukünftig mehr recycelbare Bauabfälle als nötig, in Verfüllungen verwertet oder in Deponien beseitigt werden.

Mit der im Sommer 2023 veröffentlichten und überarbeiteten DIN 1045-2 gibt es einige Neuerungen für den Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen in Beton: Unter anderem gibt es Erleichterungen beim Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen (bis zu 25 Vol.-%), ferner wird die Ausweitung des Anwendungsgebiets und der Einsatz von feinen Gesteinskörnungen (Betonbrechsand) bei der maximalen Zugabe von 45 Vol.-% ermöglicht.

In den letzten Jahren hat sich im Bereich Sekundärbaustoffe und deren Akzeptanz bereits viel getan. Neben der Einführung des Gütesiegels QUBA[111] gibt es eine Vielzahl an Recyclingbemühungen u.a. für Ziegel und gipshaltige Abfälle. Die Themen Urban Mining und Kartografierung der Baustellen werden zunehmend wichtiger und eingeführt. Aufwändigere und teurere Verwertungsverfahren, u.a. die Nassklassierung von Bodenaushub, Bauschutt oder Beton, wird aufgrund der knapper werdenden Primärressourcen rentabler und gewinnt an Attraktivität. Zudem erfolgt langsam ein Umdenken bei der Politik und den Genehmigungsbehörden in Richtung eines vermehrten Einsatzes von Sekundärbaustoffen. Getrieben wird das Umdenken auch vor dem Hintergrund der EU-Taxonomie.

Angesichts der Verknappung primärer Ressourcen gilt es, die Qualität der Sekundärbaustoffe im Hinblick auf ihre Einsatzmögllichkeit in Bauprodukten weiter zu verbessern und sicherzustellen, weitere Einsatzmöglichkeiten für qualitativ hochwertige und den Primärrohstoff absolut gleichwertige Sekundärbaustoffe zu erschließen und die Rahmenbedingungen für den Absatz und insbesondere die Akzeptanz von Sekundärbaustoffen weiter zu unterstützen und zu verbessern. Nur so können Primärrohstoffe substituiert werden.

111 https://quba-deutschland.de/

Bau- und Abbruchabfälle, die Ruinen vergangener Projekte, finden in der Kreislaufwirtschaft ein zweites Leben – durch effizientes Recycling werden sie zu Baustoffen, die den Grundstein für nachhaltige Zukunftsbauten legen.

ChatGTP

1.5.13 Klärschlamm

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

Kommunale Klärschlämme

Bundesweit sind im Jahr 2021 1,72 Millionen Tonnen TM[112] an kommunalen Klärschlämmen angefallen. Das aufkommensstärkste Bundesland ist Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 21 % (0,36 Millionen Tonnen TM), gefolgt von Bayern mit 17 % (0,29 Millionen Tonnen TM) und Baden-Württemberg mit rund 13 % (0,22 Millionen Tonnen TM).

Die Entwicklung der vergangenen 12 Jahre zeigt eine rückläufige Tendenz. Seit dem Jahr 2006 hat sich das Aufkommen an TM um 15 % bzw. rund 0,3 Millionen Tonnen TM verringert. Dieser Rückgang ist besonders in Nordrhein-Westfalen mit -26 %, Thüringen mit -21 %, Brandenburg mit -10 % und Sachsen mit -33 % prägnant, während beispielsweise Berlin einen deutlichen Zuwachs von +46 % aufweist.[113] Im Jahr 2021 war das Klärschlammaufkommen weiter rückläufig und betrug noch knapp 1,72 Millionen Tonnen TM. Ursächlich hierfür sind u. a. technische Entwicklungen, die zu Effizienzsteigerungen bei den Anlagen geführt haben, der Ausbau der anaeroben Schlammstabilisierung sowie die Verwendung effektiverer Abscheider.

Die kommunalen Klärschlämme wurden im Jahr 2021 mit nahezu 1,4 Millionen Tonnen TM (79 %) überwiegend thermisch in Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen behandelt bzw. in Kraftwerken, Zementwerken und Abfallverbrennungsanlagen mitverbrannt. Die verbleibenden 0,23 Millionen Tonnen TM (13 %) wurden stofflich verwertet, d. h. in der Landwirtschaft oder bei landbaulichen Maßnahmen eingesetzt.

Für die thermische Behandlung stehen aktuell 29 Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen zur Verfügung. Davon wurden im Jahr 2022 bundesweit 6 neue Anlagen mit einer Kapazität von 0,16 Millionen Tonnen TM in Betrieb genommen. Die Gesamtkapazität beläuft sich auf 0,96 Millionen Tonnen TM. Bis zum Jahr 2029 sollen weitere Monoverbrennungskapazitäten in Höhe von 1,16 Millionen Tonnen TM dazukommen.[114]

Standorte von Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen sowie Anlagen mit alternativen thermischen Behandlungsverfahren 2022

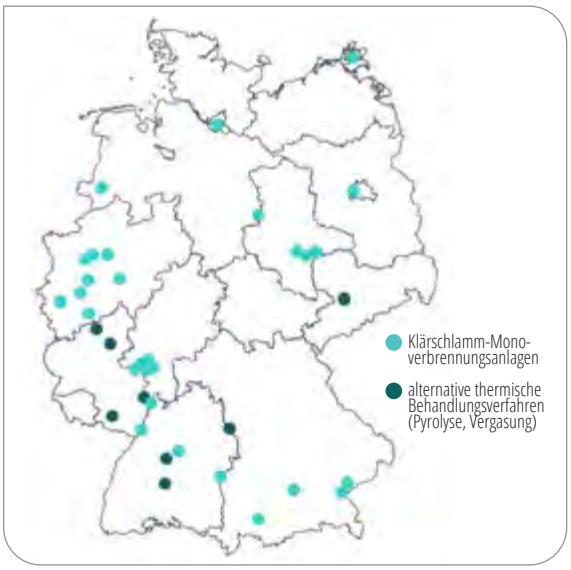


Abb. 36, Quelle: RWTH Aachen, Zusatzrecherchen Prognos AG (Kartengundlage GfK Geo-Marketing)

Klärschlammentsorgung aus der öffentlichen Abwasserbehandlung 2020 (Tsd. Tonnen Trockenmasse)

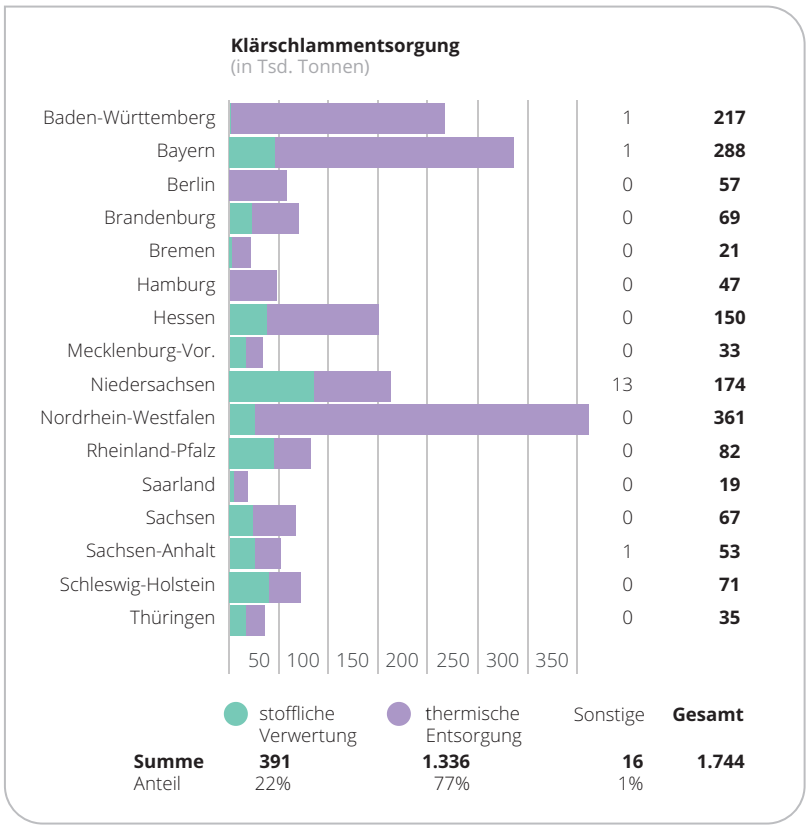


Abb. 35, Quelle: Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32214-0001)

112 Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32214-0001).

113 Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32214-0001).

114 Stark, Kirsten Julia; Allwicher, Isabell Maria, Evaluierung verfügbarer Kapazitäten thermischer Klärschlammbehandlung sowie zur Phosphorrückgewinnung, In: 5. Berliner Klärschlammkonferenz Berlin 2022-11-14 - 2022-11-15 https://rwth-aachen.sciebo.de/s/ldp34jXzj09R156, zuletzt geprüft am 19.04.2023.

Neben den klassischen Mono- und Mitverbrennungsanlagen werden Klärschlämme auch in sieben Anlagen mit alternativen thermischen Verfahren wie Vergasung bzw. Pyrolyse behandelt. Die Kapazität der Anlagen beträgt 11 Tausend Tonnen TM. Um die Reinigung kommunaler Abwässer kümmern sich in Deutschland mehr als 8.891 öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen. Diese werden in Abhängigkeit von der Anzahl der angeschlossenen Einwohnerinnen und Einwohner in verschiedene Größenklassen unterteilt.

Wasseraufbereitungsanlage, Quelle: envato elements

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 stand bundesweit im Jahr 2019 ein Netz von rund 2.773 nichtöffentlichen Betrieben mit eigenen Abwasserbehandlungsanlagen zur Verfügung, darunter 431 Anlagen mit ausschließlich mechanischer Behandlung, 1.751 Anlagen mit chemischer und/oder chemisch-physikalischer Behandlung sowie 907 Anlagen mit biologischer Behandlung (mit bzw. ohne zusätzliche[n] Verfahrensstufe[n]). Weitere 261 Anlagen wurden der Kategorie chemische und /oder chemisch-physikalische und biologische Behandlung zugeordnet.[115]

Kommunale Abwasseranlagen 2019

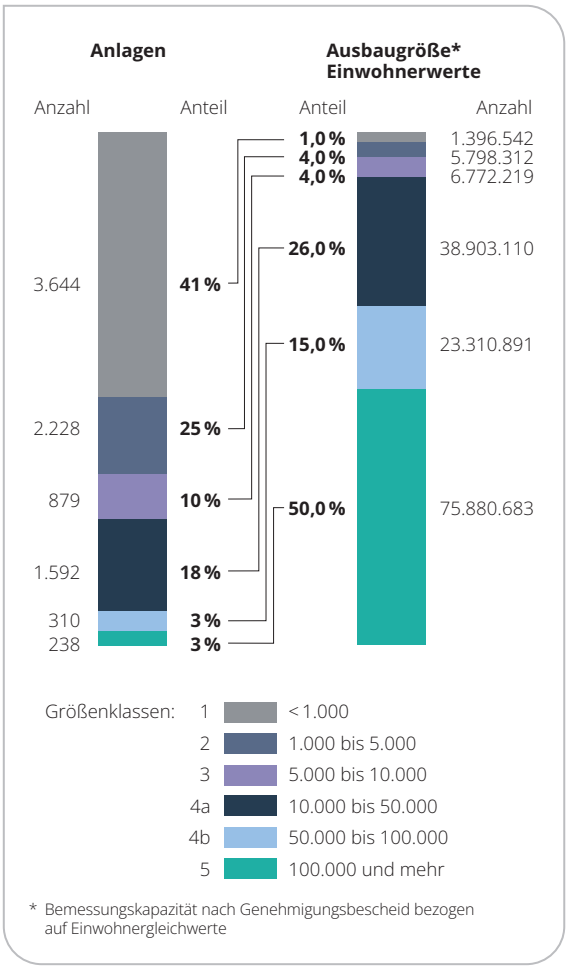


Abb. 37, Quelle: Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32214-0001)

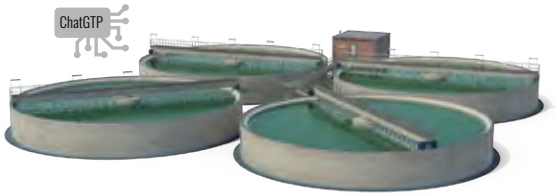
Im Jahr 2020 wurden insgesamt rund 1,04 Millionen Tonnen TM Schlämme aus der Behandlung von industriellen Abwässern behandelt, darunter knapp 0,48 Millionen Tonnen TM gefährliche Schlämme.[116] Der Anteil der thermisch behandelten Schlämme aus der industriellen Abwasserbehandlung belief sich in diesem Segment im Jahr 2020 auf 60 % (0,62 Millionen Tonnen TM). Damit hat sich der Anteil thermisch verwerteter Schlämme gegenüber 2016 (38 %) deutlich erhöht, während die deponierten bzw. im Deponiebau eingesetzten Schlämme mit 0,03 Millionen Tonnen TM und einem Anteil von 3 % nur noch eine untergeordnete Rolle einnehmen. Im Jahr 2016 betrug dieser Anteil noch 15 %.[117]

115 Statistisches Bundesamt, Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung 2019, erschienen am 14. März 2023.

116 Statistisches Bundesamt – Destatis, Tabelle 32111-0002.

117 Statistisches Bundesamt – Destatis, Tabelle 32111-0004.

Klärschlamm, einst als Abfall betrachtet, wird in der Kreislaufwirtschaft zum wertvollen Ressourcenpool, indem er durch innovative Verfahren in wiederverwendbare Substanzen umgewandelt wird, die neue ökologische Wege ebnen.



TetraPhos-Anlage Hamburg, Quelle: REMONDIS

Phosphatrückgewinnung

Phosphate sind für den Menschen ein wichtiger Baustein für den Zellaufbau und werden als Dünger für das Pflanzenwachstum eingesetzt. Von der EU wurde Phosphor auf die Liste der kritischen Rohstoffe gesetzt, da der Großteil des Phosphataufkommens außerhalb der EU (China, Afrika, Jordanien) vorkommt und derzeit 90 % importiert werden. In Deutschland ist Phosphor als ressourcenschutzrelevanter Stoffstrom im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)[118] klassifiziert.

Die Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung, die 2017 in Deutschland in Kraft getreten ist, zielt vor allem auf die Rückgewinnung von Phosphor aus dem Klärschlamm bzw. aus der Asche von Monoverbrennungsanlagen ab. Die Neuverordnung verbietet die bodenbezogene Verwertung in der Landwirtschaft für Klärschlämme aus Kläranlagen mit mehr als 100.000 angeschlossenen Einwohnerwerten ab 2029 (Größenklasse 4b) bzw. ab 2032 für Kläranlagen mit mehr als 50.000 Einwohnerwerten (Größenklasse 5). Bis Ende des Jahres 2023 müssen die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Sicherstellung der Phosphorrückgewinnung der jeweils zuständigen Behörde übermittelt werden. Hierbei gilt es zu entscheiden, ob die Rückgewinnung von Phosphor vor oder nach der Verbrennung erfolgen soll, und darüber hinaus, welches Rückgewinnungsverfahren gewählt wird. Die Anforderungen haben bereits zu einem Ausbau der Monoverbrennungskapazitäten geführt. Bundesweit gibt es mehrere Pro jekte, die eine thermische Klärschlammbehandlung mit eingeschlossener Phosphorrückgewinnung zum Ziel haben. Chancen werden auch der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammaschen eingeräumt. Das aktuelle Aufkommen an Monoverbrennungsaschen liegt bei rund 0,2 Millionen Tonnen. Hierfür gibt es noch keine ausreichenden Behandlungsmöglichkei- ten, aber bereits eine Vielzahl von Projekten, so dass ein Anstieg der Kapazitäten bis 2028 von aktuell 60.000 auf 200.000 Tonnen erwartet wird.[119]

Die Phosphorrückgewinnung, eine Schlüsselkomponente in der Kreislaufwirtschaft, schließt den Nährstoffkreislauf, indem sie das lebenswichtige Phosphor aus Abwässern zurückgewinnt und nachhaltig in die Landwirtschaft reintegriert.

ChatGTP

118 https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm, zuletzt geprüft am 19.04.2023.

119 Stark, Kirsten Julia; Allwicher, Isabell Maria, Evaluierung verfügbarer Kapazitäten thermischer Klärschlammbehandlung sowie zur Phosphorrückgewinnung, In: 5. Berliner Klärschlammkonferenz Berlin 2022-11-14 - 2022-11-15 https://rwth-aachen.sciebo.de/s/ldp34jXzj09R156, zuletzt geprüft am 19.04.2023.

Sonderabfalllogistik, Quelle: LOBBE

1.5.14 Gefährliche Abfälle

Von den 842 Abfallarten der novellierten europäischen Abfallverzeichnisverordnung sind 408 auf der Grundlage von Gefährlichkeitskriterien als gefährlich eingestuft worden. Die Bandbreite reicht dabei von A wie Altöle bis Z wie zytotoxische und zytostatische Arzneimittel.

Im Jahr 2021 wurden nahezu 26,8 Millionen Tonnen gefährlicher Abfälle in Abfallbehandlungsanlagen behandelt, darunter 2,5 Millionen Tonnen aus anderen Staaten.[120] Das entspricht einem Anteil von 9,2 % an der Summe der in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle.

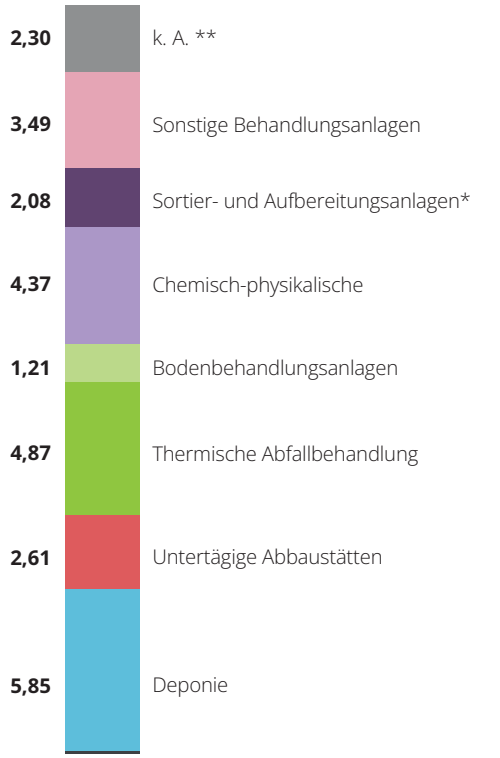
Der Umgang mit gefährlichen Abfällen ist auf bundesdeutscher Ebene u. a. mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz geregelt. Es bestehen umfassende Pflichten zur Kennzeichnung, Nachweisführung, Überwachung und Kontrolle vom Abfallerzeuger bis zur endgültigen Verwertung oder Beseitigung. Ferner besteht ein Verbot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

Zu den mengenbedeutsamsten Abfallarten zählen Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen und öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen (Kapitel 19 des Abfallartenkataloges) mit 9,2 Millionen Tonnen (34 %), gefolgt von Bau- und Abbruchabfällen (Kapitel 17) mit 8,4 Millionen Tonnen (31 %). Weitere relevante Mengen sind Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen (Kapitel 07) mit 1,5 Millionen Tonnen (6 %) bzw. Ölabfälle und Abfälle aus flüssigen Brennstoffe (Kapitel 16) mit 1,4 Millionen Tonnen (knapp 5 %).[121]

Die Komplexität und Toxizität der gefährlichen Abfälle stellen die Entsorgungswirtschaft vor spezifische Herausforderungen. Für ihre umweltgerechte und ressourcenschonende Behandlung steht bundesweit ein umfassendes Netzwerk unterschiedlicher Behandlungsverfahren, von der Ablagerung auf speziellen Deponien über thermische bis hin zu werk- und rohstofflichen Verwertungsverfahren zur Verfügung. Die mehr als 2.800 teilweise spezialisierten Behandlungs- und Entsorgungsanlagen verfügen über einen hohen technischen Standard und sind auch international anerkannt.

Die fünfstufige Abfallhierarchie, insbesondere der Vorrang des Recyclings vor Verwertung und Beseitigung, gilt grundsätzlich auch für gefährliche Abfälle. Viele enthalten neben einem oftmals kleinen Schadstoffanteil wertvolle Rohstoffe, die unsere Industrie dringend benötigt. Ein Recycling dieser Abfälle ist daher sinnvoll und auch möglich. Mit komplexen Verfahren in Hochtechnologie-Anlagen werden u. a. Lösemittel und Basisöle zurückgewonnen und Altöle wieder zu Hydraulik- oder Getriebeölen aufbereitet. Insbesondere flüssige und pastöse Abfälle werden in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen vorbehandelt (4,1 Millionen Tonnen im Jahr 2020) und die gefährlichen Inhaltsstoffe abgetrennt.

Entsorgungswege gefährlicher Abfälle 2021
(inkl. von aus dem Ausland angelieferter Abfälle; in Mio. Tonnen)



* Sortieranlagen, Demontagebetriebe für Altfahrzeuge, Schredderanlagen und Schrottscheren, Zerlegeeinrichtungen

** Differenzmenge, die aus Datenschutzgründen den einzelnen Entsorgungswegen nicht zugeordnet wurde

Abb. 38, Quelle: Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32111-0004); eigene Darstellung

120 Statistisches Bundesamt – Destatis, Tabelle 32111-0004.

121 ebd.

Nicht verwertbare gefährliche Reststoffe werden sicher für Mensch und Umwelt entsorgt. Im Jahr 2021 wurden 5,8 Millionen Tonnen (22 %) gefährlicher Abfälle auf Deponien abgelagert. Dies waren insbesondere Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten (1,4 Millionen Tonnen), kohlenteerhaltige Bitumengemische (1,1 Millionen Tonnen), sowie asbesthaltige Baustoffe (0,6 Millionen Tonnen), aber auch Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung (0,3 Millionen Tonnen). In untertägigen Abbaustätten wurden knapp 2,6 Millionen Tonnen verbracht. Mit 0,8 Millionen Tonnen machten hier Sonstige Abfälle (einschl. Materialmischungen) den größten Anteil aus. 18 % (knapp 4,9 Millionen Tonnen) der bundesweit behandelten gefährlichen Abfälle wurden thermisch beseitigt bzw. verwertet. Hierunter fallen beispielsweise Althölzer der Kategorie A IV mit etwas mehr als 1,3 Millionen Tonnen, aber auch Schlämme aus der Behandlung von industriellem Abwasser (0,3 Millionen Tonnen), sowie vorgemischte Abfälle (0,2 Millionen Tonnen). In spezialisierten Sonderabfallverbrennungsanlagen wurden 1,3 Millionen Tonnen beseitigt. Darüber hinaus werden gefährliche Abfälle – wie beispielsweise Altöle, Lösemittel oder Destillationsrückstände – auch von der Zementindustrie (rund 0,32 Millionen Tonnen in 2021)[122] eingesetzt. In MVA und EBS-Kraftwerken wurden 2021 rund 0,38 Millionen Tonnen gefährlicher Abfälle thermisch verwertet.[13]

Aufgrund der Komplexität, der teilweise nur in geringeren Mengen anfallenden Abfälle und des erforderlichen Spezialisierungsgrades der Behandlung ist eine regionale und auch international übergreifende Arbeitsteilung und Zusammenarbeit notwendig. So wurden 2019 rund 10,4 Mio. Tonnen gefährlicher Abfälle zwischen den einzelnen Bundesländern verbracht.[124] Aufgrund der spezifischen technologischen Verfahren für die Behandlung ausgewählter gefährlicher Abfälle erfolgt teilweise eine innerdeutsche Verbringung dieser Abfälle.

Rund 2,5 Millionen Tonnen[125] der in Deutschland im Jahr 2021 behandelten gefährlichen Abfälle entfielen auf Importe aus dem Ausland, vorrangig aus den Benelux-Ländern, Italien, Frankreich, Österreich, Dänemark und der Schweiz. Hierbei handelte es sich beispielsweise um Holz, das gefährliche Stoffe enthält, Abfälle aus der Abgasbehandlung und Filterstaub, Gleisschotter, Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle. 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 2021 insgesamt 1,12 Millionen Tonnen[126] und hat sich gegenüber dem Jahr 2015 verdoppelt. Das mit Abstand bedeutendste Empfängerland waren die Niederlande, gefolgt von Frankreich. Ein deutlicher Anstieg der Exporte wurde insbesondere bei kohlenteerhaltigen Bitumengemischen, Auskleidungen und feuerfesten Materialien aus metallurgischen Prozessen sowie Schlämmen, die Lösemittel enthalten beobachtet.

122 Verband der Zementindustrie (VDZ), Umweltdaten 2020.

123 ITAD, Jahresbericht 2020.

124 Statistisches Bundesamt, Sonderauswertung.

125 Statistisches Bundesamt, Destatis (Tabelle 32111-0002).

126 Umweltbundesamt, Statistik zur grenzüberschreitenden - Abfallverbringung (notifizierungspflichtige Abfälle).

Behandlungsmengen in bzw. aus anderen Bundesländern (2019)
(inkl. von aus dem Ausland angelieferter Abfälle; in Mio. Tonnen)

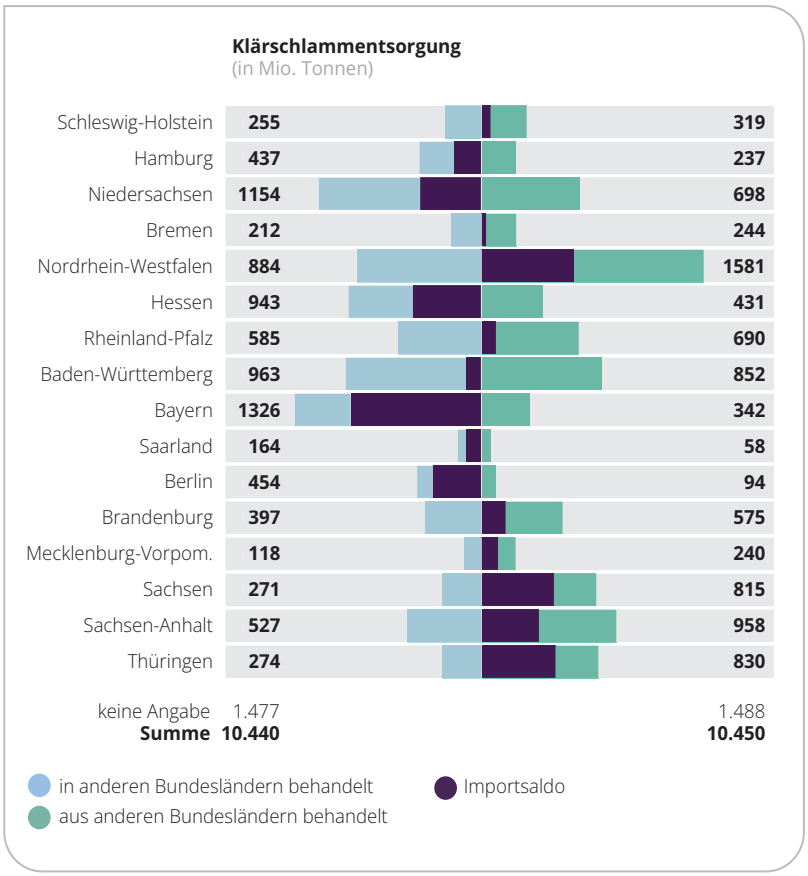


Abb. 39, Quelle: Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes

MVA Grossraeschen, Quelle: EEW

Der Umgang mit gefährlichen Abfällen steht auch in Zukunft vor neuen Herausforderungen. Diese stehen im engen Zusammenhang mit den sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise der Verschärfung im Chemikalienrecht und den damit einhergehenden Umschlüsselungen von nicht gefährlichen zu gefährlichen Abfällen, der im Juli 2019 novellierten Verordnung über persistente organische Schadstoffe[127] (POP-Verordnung) oder auch der 2020 novellierten Altölverordnung (AltölV)[128], mit der die europarechtlichen Vorgaben zu Altöl aus der Änderungsrichtlinie zur Abfallrahmenrichtlinie umgesetzt wurden. Die EU-POP-Verordnung dient u. a. der Umsetzung völkerrechtlicher Verpflichtungen insbesondere aus dem Bereich des globalen Stockholmer Übereinkommens. Sie regelt ein grundsätzliches Verbot der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung von Stoffen, die im Anhang I der Verordnung enthalten sind, die sowohl als gefährliche, als auch als nicht gefährliche Abfälle eingestuft werden. In Bezug auf die Bewirtschaftung von POP-haltigen Abfällen werden als mögliche Behandlungs- und Verwertungsverfahren die chemisch/physikalische Behandlung (D 9), die Verbrennung an Land (D 10), die Hauptverwendung als Brennstoff oder anderem Mittel der Energieerzeugung mit Ausnahme von Abfällen, die polychlorierte Biphenyle (PCB) enthalten (R 1), und die Verwertung/Rückgewinnung von Metallen und Metallverbindungen (R 4) genannt.

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

127 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1021&from=DE, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

128 https://www.gesetze-im-internet.de/alt_lv/BJNR023350987.html, zuletzt geprüft am 19.04.2023.

Die Altölverwertung, als ökologische Pionierarbeit, gibt gebrauchtem Öl eine neue Bestimmung, indem es durch raffinierte Prozesse zu Rohstoffen für neue Produkte wird und so den Weg in die nachhaltige Kreislaufwirtschaft ebnet.

ChatGTP

Organisation der Aufgaben und Leistungen der Kreislaufwirtschaft.

Die unterschiedlichen Aufgaben und Leistungen der Kreislaufwirtschaft werden in Deutschland in Zusammenarbeit von kommunalen und privaten Unternehmen sowie PPP-Gesellschaften erbracht. Die Unternehmen stellen mit unterschiedlichen Schwerpunkten die erforderlichen Kapazitäten und technischen Anlagen für die Abfallsammlung und den Transport, die stoffliche und energetische Verwertung sowie die Abfallbeseitigung zur Verfügung. Eine hochwertige Daseinsvorsorge ist hier das Ergebnis aus der bestmöglichen Kombination von Erfahrung, Effektivität und Wirtschaftlichkeit.

1.6.1 Strukturmerkmale der Marktteilnehmer

Bundesweit sind rund 10.000 kommunale[129] und private Unternehmen in der Kreislaufwirtschaft tätig (Stand 2021).[130] Sie beschäftigen rund 310.000 Erwerbstätige. Die Zahl der Unternehmen verteilt sich weitgehend homogen auf die verschiedenen Marktsegmente (rund 3.200 auf „Abfallbehandlung und -verwertung", rund 3.000 auf „Großhandel mit Altmaterialien" und rund 2.600 auf „Abfallsammlung, Transport und Straßenreinigung"). Nur das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft" fällt mit rund 1.200 Unternehmen deutlich kleiner aus. Im Vergleich zu den anderen Marktsegmenten handelt es sich hier im Schnitt um größere Unternehmen mit einer höheren Zahl an Erwerbstätigen. Im Gegensatz dazu finden sich im „Großhandel mit Altmaterialien" besonders viele Unternehmen mit vergleichsweise wenig Erwerbstätigen.

Insgesamt nimmt die Zahl der Unternehmen ab. Im Jahr 2010 waren es noch etwa 1.500 Betriebe mehr (-13 %). Am deutlichsten fällt der Rückgang in den beiden unternehmensstarken Marktsegmenten „Abfallbehandlung und -verwertung" (-16 %) und „Großhandel mit Altmaterialien" (-19 %) aus. Für die Branche ist die rückläufige Entwicklung bei der Zahl der Unternehmen jedoch kein schlechtes Zeichen. Da gleichzeitig die Zahl der Erwerbstätigen in allen Segmenten wächst, kann die Entwicklung vielmehr als Ausdruck einer wirtschaftlichen Konsolidierung eingeordnet werden.

Zwischen den Marktsegmenten bestehen teils deutliche Unterschiede in Bezug auf den Umsatz der Unternehmen. Die höchsten Umsätze werden im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung" erzielt. Der mittlere Umsatz liegt hier bei rund 14 Millionen Euro pro Unternehmen und 335.000 Euro je Erwerbstätigen, was insbesondere auf den Vertrieb von Sekundärmaterialien zurückzuführen ist. Die Unternehmen in den Marktsegmenten „Abfallsammlung, Transport und Straßenreinigung" und „Technik für die Abfallwirtschaft" sind mit durchschnittlich 10,7 bzw. 9,9 Millionen Euro weniger umsatzstark. Pro Erwerbstätigen liegt hier der Umsatz im Schnitt bei 287.000 bzw. 218.000 Euro. Die Umsätze des „Großhandels mit Altmaterialien" zeigen ein ambivalentes Bild. Auf Grund der hohen Anzahl an kleineren Unternehmen liegt der durchschnittliche Umsatz hier bei lediglich 6,6 Millionen Euro. Pro Mitarbeiten-

129 Inklusive kommunaler Eigenbetriebe sowie Anstalten öffentlichen Rechts.

130 Diese Zahl umfasst umsatzsteuerpflichtige Unternehmen sowie öffentlich-rechtliche Betriebe. Kleinunternehmen unter 22.000 Euro Jahresumsatz sind nicht berücksichtigt.

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

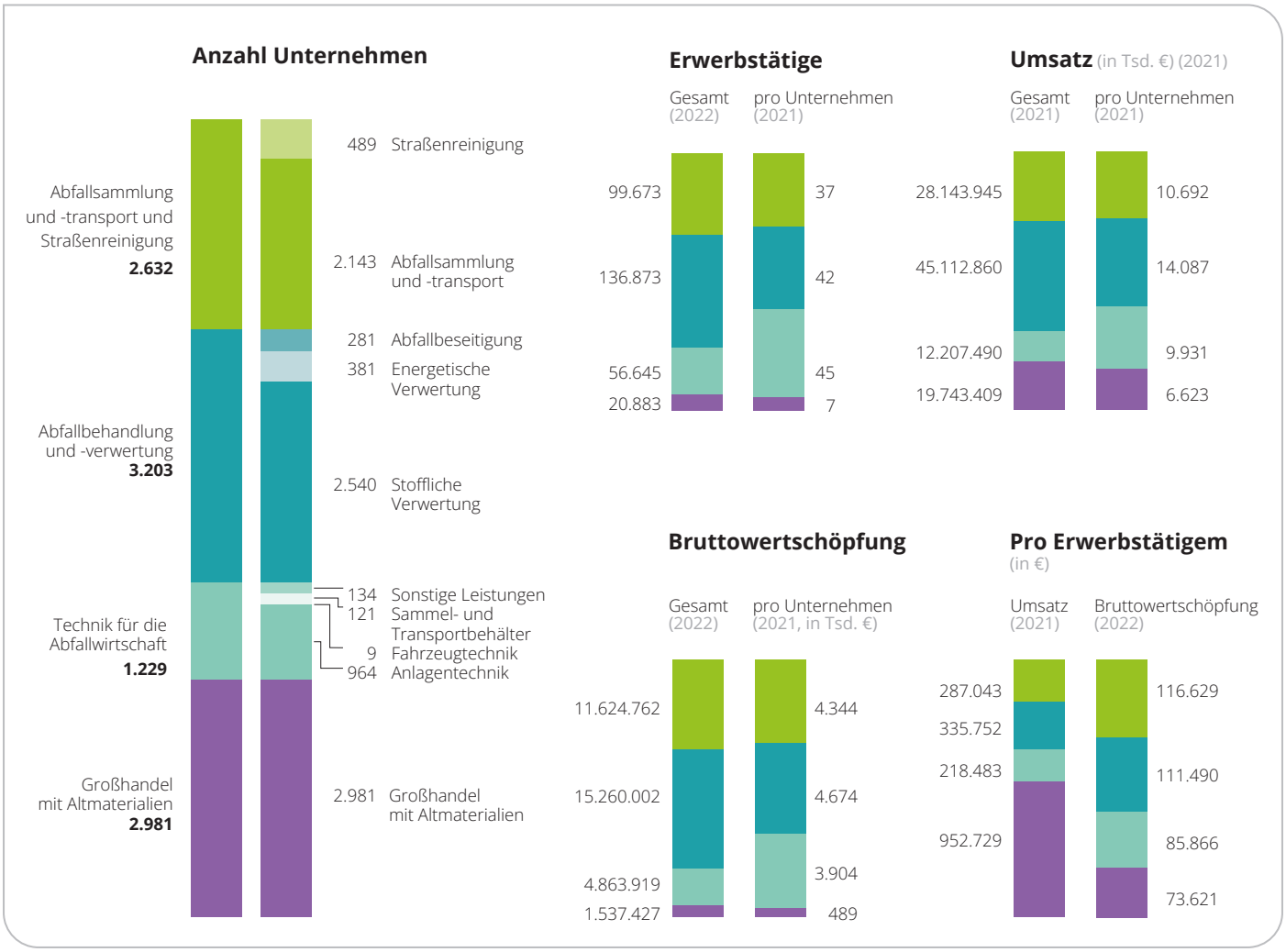


Abb. 40, Quelle: Sonderauswertung des Statistischen Bundesamtes

dem werden aber mit durchschnittlich 953.000 Euro sehr hohe Umsätze erzielt. Allgemein werden im Handel in der Regel sehr hohe Umsätze generiert.

Die Spannbreite der Umsatzwerte hängt stark mit den unterschiedlichen Vorleistungsbezügen in den Marktsegmenten zusammen. Die Bruttowertschöpfung (BWS) erlaubt daher eine treffendere Einordnung der wirtschaftlichen Beiträge der Betriebe. Mit rund 4,5 Millionen Euro pro Unternehmen bzw. 111.000–117.000 Euro je Erwerbstätigem fällt diese in den klassischen Marktsegmenten „Abfallsammlung, Transport und Straßenreinigung" und „Abfallbehandlung und -verwertung" am höchsten aus. Überraschenderweise liegt die Wertschöpfung in der „Technik für die Abfallwirtschaft" mit knapp 4 Millionen Euro pro Unternehmen und 86.000 Euro je Erwerbstätigem darunter. Für den „Großhandel mit Altmaterialien" relativiert sich das Bild, das bei der Betrachtung der Umsätze entstanden ist. Mit 512.000 Euro je Unternehmen und 74.000 Euro je Erwerbstätigen findet hier nur eine geringe Wertschöpfung statt.

Der deutlich überwiegende Teil der Unternehmen ist privatwirtschaftlich organisiert. Die Zahl der öffentlichen Einrichtungen und Unternehmen lässt sich lediglich für die abfallwirtschaftlichen Kernaktivitäten, d.h. die Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen sowie Rückgewinnung von Wertstoffen (Wirtschaftszweig 38) bestimmen. Sie liegt bei rund 600. Knapp 60 % dieser Unternehmen werden in einer privatrechtlichen Rechtsform (unter anderem GmbH) geführt, rund 40% als Eigenbetriebe, Zweckverbände oder Anstalten öffentlichen Rechts (AöR) geführt.[131] Betrachtet man die Aufstellung der Anzahl und Umsätze der kommunalen Unternehmen, so zeigt sich, dass die privatrechtlich organisierten Betriebe mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 19 Millionen Euro und die öffentlich-rechtlich organisierten Betriebe mit einem durchschnittlichen Umsatz von rund 30 Millionen Euro pro Unternehmen um den Faktor 2 bis 3 größer sind als die durchschnittlichen Umsätze privater Entsorgungsunternehmen. Dies bedeutet, dass die Anzahl der kommunalen Unternehmen zwar wesentlich geringer als die der privaten Unternehmen ist, ihre Marktposition aufgrund des Umsatzes in den jeweiligen Entsorgungsgebieten aber wesentlich stärker ist.

(131) Statistisches Bundesamt, Jahresabschlüsse der kaufmännisch buchenden öffentlichen Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) 2020.

1.6.2 Arbeitsteilung in der Kreislaufwirtschaft – Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen

1.6.2.1 Sammlung und Transport

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

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

Der *Teilmarkt Sammlung und Transport kommunaler Restabfälle* war in der Vergangenheit mehrheitlich in kommunaler Hand. Mit dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes im Jahr 1996 konnte eine zunehmende Liberalisierung und Privatisierung beobachtet werden. Dies führte zu einem deutlichen Rückgang des Anteils von kommunalen Entsorgungsunternehmen im Bereich Sammlung und Transport, der 2003 noch bei etwa 35 % (bezogen auf die Anzahl angeschlossener Einwohner) lag. In den folgenden Jahren hat sich der Marktanteil kommunaler Entsorgungsunternehmen wieder kontinuierlich erhöht und liegt aktuell bei rund 50 %. Gemischte öffentlich-privatwirtschaftliche Gesellschaften (PPP) haben einen Marktanteil von rund 9 %, wobei hierbei Gesellschaften mit einem mehrheitlichen Anteil öffentlicher Gesellschafter (> 50 %) dominieren.

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.

Flotte zur Sammlung von Abfällen, Quelle: AWG

Einen nur leicht geringeren Anteil haben kommunale Entsorgungsunternehmen auch in der Sammlung von Bio- und Grünabfällen bzw. Altpapier, Pappe und Kartonagen. Demgegenüber wird beispielsweise die Sammlung von Leichtverpackungen oder Glas vorwiegend von privaten Entsorgungsunternehmen durchgeführt, der Marktanteil liegt hier bei über 80 % bzw. 90 %.

Die von privaten Entsorgungsunternehmen und durch PPP-Gesellschaften durchgeführten Sammlungen erfolgen im Rahmen der Drittbeauftragungen sowohl durch große, überregional tätige 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 es die Ergebnisse der Ausschreibungen vermuten lassen.

1.6.2.2 Sortier- und Aufbereitungsanlagen

Im Marktsegment der Sortier-, Schredder- und Aufbereitungsanlagen haben sich überwiegend privatwirtschaftliche Strukturen etabliert. Der Marktanteil kann auf 85 % – 90 % geschätzt werden.[132] Unsicherheiten bestehen insbesondere bei den Kapazitätsangaben, die eine genauere Abgrenzung erschweren.

[132] Eigenrecherchen Prognos AG

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

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

In den vergangenen Jahren haben sich die Marktbedingungen auf Grund der Entwicklungen im Abfallrecht und in der Abfallwirtschaft stark verändert. Die Anforderungen an die Qualität der Sortierung und Aufbereitung steigen, Flexibilität sowie Innovationsbereitschaft und -fähigkeit sind notwendig. Zugenommen hat auch der administrative Aufwand. Darüber hinaus stehen viele der kleinen und mittelständischen Unternehmen vor einem Generationenwechsel. Insbesondere im Bereich der Sortier- und Aufbereitungsanlagen ist in den vergangenen Jahren daher eine zunehmende Marktkonzentration zu beobachten gewesen.

MBA-Sortierung, Quelle Thorsten Hübner

1.6.2.3 Mechanische bzw. mechanisch-biologische Behandlungsanlagen

Die mechanischen und mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen, die kommunale Restabfälle behandeln, verfügen über eine Gesamtkapazität von rund 5,3 Millionen Tonnen pro Jahr.

Von diesen werden 50 % (nahezu 2,6 Millionen Tonnen) von rein öffentlichen Unternehmen betrieben. Private Unternehmen und PPP-Gesellschaften übernehmen mit je 25 % die Verantwortung für den Betrieb der verbleibenden Anlagenkapazitäten.

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

1.6.2.4 Thermische Abfallbehandlungsanlagen

Der Betrieb der „klassischen" Müllverbrennungsanlagen (MVA) erfolgt durch kommunale und private Entsorgungsunternehmen sowie auch von Energieversorgern. Rund 44 % der Kapazitäten (9,1 Millionen Tonnen pro Jahr) werden von rein kommunalen Gesellschaften geführt. Private Unternehmen[133] haben einen Anteil von 29 % (6,0 Millionen Tonnen pro Jahr). Die verbleibenden Kapazitäten in Höhe von 5,6 Millionen Tonnen pro Jahr (27 %) werden von PPP-Gesellschaften geführt. Bei zwei Dritteln der in Besitz von PPP-Gesellschaften betriebenen Kapazitäten haben die jeweiligen kommunalen Gesellschafter eine Mehrheit, beim verbleibenden Drittel haben private Unternehmen einen Anteil von mehr als 50 %.

Die kommunal geführten Müllverbrennungskapazitäten befinden sich neben den Stadtstaaten Hamburg und Berlin sowie Thüringen (jeweils 100 % bezogen auf die Gesamtkapazitäten im Bundesland) insbesondere in Nordrhein-Westfalen und Bayern mit einem Anteil von 53 % (3,5 Millionen Tonnen pro Jahr) bzw. 86 % (nahezu 2,9 Millionen Tonnen pro Jahr). In diesen beiden Bundesländern wurden bereits in den sechziger Jahren von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern die ersten Abfallverbrennungsanlagen gebaut. Ein weiterer Zubau von MVA-Kapazitäten erfolgte in mehreren Bundesländern im Vorfeld des im Jahre 2005 in Kraft getretenen Deponierungsverbotes für unvorbehandelte Siedlungsabfälle.

Bedeutende Anteile der in der Hand von privaten Unternehmen befindlichen MVA-Kapazitäten sind mit einem Anteil an den Gesamtkapazitäten des jeweiligen Bundeslandes von 84 % in Baden-Württemberg (1,40 Millionen Tonnen pro Jahr) bzw. 80 % in Niedersachsen (1,39 Millionen Tonnen pro Jahr), gefolgt von Sachsen-Anhalt mit 64 % (1,14 Millionen Tonnen pro Jahr). In Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen werden die MVA ausschließlich privat betrieben.

133 Unternehmen mit ausländischen Investoren wurden den privaten Unternehmen zugeordnet

Marktanteile kommunaler und privater Entsorgungsunternehmen nach Bereichen

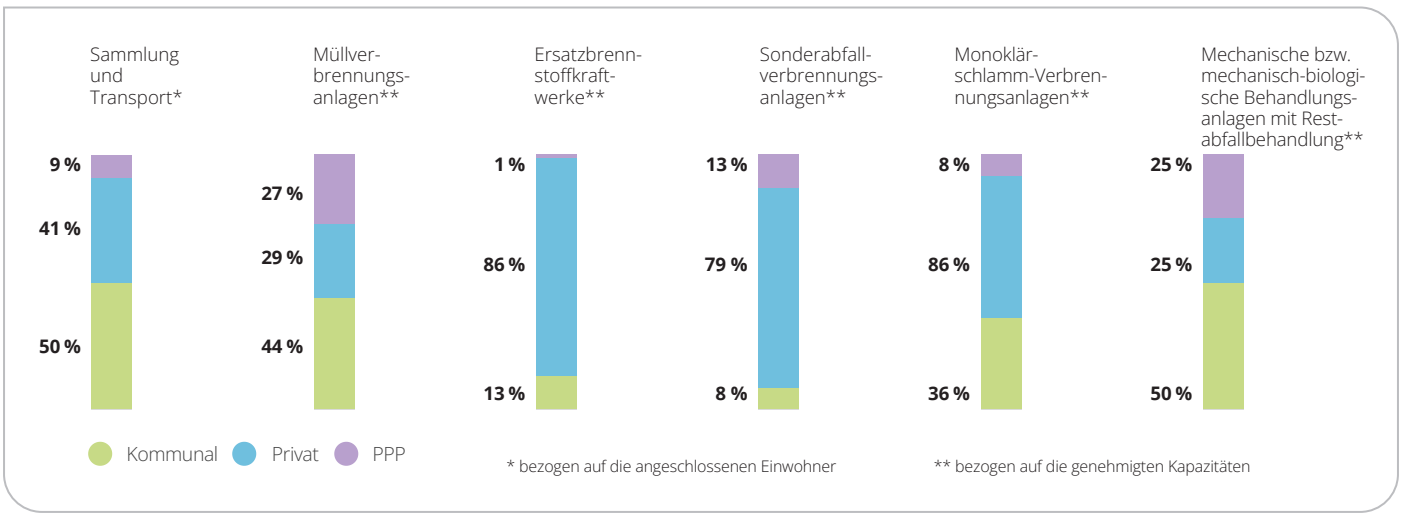


Abb. 41, Quelle: Marktbeobachtung Prognos, Remondis

Hochwertige Einsatzmöglichkeiten von HMV-Schlacke

In Zeiten zunehmender Rohstoffknappheit im Bausektor verschärft sich der Blick auf Hausmüllverbrennungsschlacken (HMV-Schlacken) als alternative Ressource für Mineralik und Metalle. So hat sich HMV-Schlacke über Jahre als Ersatzbaustoff mit vielen Anwendungsgebieten etabliert. Sowohl aus bautechnischer Sicht als auch mit Blick auf die Umweltvorgaben bietet sich der Einsatz im Straßenbau, Gewerbebau sowie im Deponiebau an. Der Einsatz von HMV-Schlacke trägt somit zur Substitution wertvoller mineralischer Primärrohstoffe bei.

Darüber hinaus werden bei der Aufbereitung von HMV-Schlacke wertvolle Metalle gewonnen. Diese Recyclingmetalle weisen gegenüber Metallen, aus der Gewinnung durch Abbau und Produktion mit primären Materialien eine wesentlich verbesserte Klimabilanz auf. Mit dem Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung am 01. August 2023 gibt es erstmals bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Anforderungen an die Herstellung und den Einbau von HMV-Schlacke für den Einsatz in technischen Bauwerken. Ein Schub für den Einsatz von HMV-Schlacke in den Anwendungsgebieten der EBV ist vor allem perspektivisch in Verbindung mit einer weitergehenden Regelung zum Abfallende zu erwarten.

HMV-Schlacke kann aber mehr: In den Niederlanden werden bereits Gesteinskörnungen aus HMV-Aschen mit CE-Kennzeichen für den Einsatz in Beton und Asphalt hergestellt. Auch in Deutschland sind neben den neuen gesetzlichen Rahmenbedingungen für einen der „traditionellen" Verwertungswege der HMV-Schlacke in den letzten Jahren mehrere Forschungsvorhaben erfolgreich angelaufen, die an unterschiedlichen Stellen untersuchen, wie die mineralische Fraktion von HMV-Schlacke mit innovativen Verfahren als Sekundärgesteinskörnung für die Beton- und Zementindustrie aufbereitet und eingesetzt werden kann. So zeichnen sich vielversprechende Einsatzmöglichkeiten sowohl als Zuschlagstoff und teilweiser Ersatz von Hüttensand und Klinker in der CO_2-intensiven Zementherstellung, als auch als Gesteinskörnung in der Betonherstellung ab. Die Verwertung von HMV-Schlacke durch die Zement- und Betonindustrie birgt damit ein erhebliches Treibhausgaseinsparpotenzial.

Es fehlt in Deutschland jedoch an den rechtlichen Grundlagen und entsprechenden Anpassungen der Normen für derartige Einsätze. Deshalb ist eine Befassung mit den Einsatzmöglichkeiten von HMV-Schlacken in gemischten Produkten durch den Gesetzgeber und die Normungsinstitutionen dringend erforderlich. Nur so können neben dem bereits bewährten Einsatz von HMV-Schlacke weitere Standbeine im Sinne der Circular Economy etabliert werden.

Im Rahmen von PPP-Gesellschaften geführten MVA befinden sich anteilsmäßig mehrheitlich 84 % in Hessen (1,04 Millionen Tonnen pro Jahr). Mit einigem Abstand folgen das Saarland mit 63 % (0,22 Millionen Tonnen pro Jahr) und Rheinland-Pfalz mit 49 % (0,44 Millionen Tonnen pro Jahr).

Die Funktion der ***Ersatzbrennstoff-Kraftwerke*** besteht vor allem darin, energieintensive Unternehmen (wie beispielsweise die Papierherstellung) oder Industrieparks mit Strom und (Prozess-)Wärme zu versorgen. Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, dass die Gesamtkapazitäten von rund 6,5 Millionen Tonnen pro Jahr zu 86 % (5,7 Millionen Tonnen pro Jahr) in der Hand von privaten Unternehmen liegen. Kommunal geführte Anlagen haben einen Marktanteil bezogen auf die Kapazitäten von 13 % (0,8 Millionen Tonnen pro Jahr) und befinden sich überwiegend in den nordwestdeutschen Bundesländern. Nur 2 % (0,1 Millionen Tonnen) der EBS-Kraftwerks-Kapazitäten werden im Rahmen von PPP-Gesellschaften geführt, bei denen die kommunalen Gesellschafter insgesamt die Mehrheitsanteile halten.

Im Bereich der ***Monoverbrennungsanlagen für kommunale Klärschlämme*** werden 36 % (mehr als 0,3 Million Tonnen TM pro Jahr) der Anlagenkapazitäten durch kommunale Unternehmen geführt. Der Anteil privater Betreiber liegt bei 56 % (mehr als 0,5 Million Tonnen TM pro Jahr). Die verbleibenden 8 % entfallen auf PPP-Gesellschaften. Bei dem aufgrund der gesetzlichen Begrenzung des Ausbringungsverbotes in die Landwirtschaft und der PhosphorrückgewinnungnotwendigenAufbau neuer Monoverbrennungskapazitäten engagieren sich sowohl private als auch kommunale Unternehmen.

1.6.2.5 Sonderabfallverbrennungsanlagen

Die Aufgaben der Sonderabfallverbrennung (SAV) bestehen insbesondere in der Ausschleusung von nicht recycelbaren gefährlichen Abfällen. Sie nimmt damit eine bedeutende Rolle als Schadstoffsenke ein.

Der Verantwortung für eine fachgerechte Entsorgung der gefährlichen Abfälle ist sich insbesondere die Industrie bewusst, die u.a. eigene SAV betreibt. So werden die genehmigten Kapazitäten mehrheitlich von privaten Betreibergesellschaften gehalten. Sie verfügen über einen Anteil von 79 % (nahezu 1,3 Millionen Tonnen). Diese befinden sich primär im Besitz der chemischen Industrie. 0,2 Millionen Tonnen der genehmigten Kapazitäten werden von gemischten PPP-Gesellschaften gehalten (13 %). Die verbleibenden 8 % (etwas mehr als 0,1 Millionen Tonnen) entfallen auf rein kommunale Betreibergesellschaften.

Datenvisualisierung, Quelle: envato elements

1.7. Datenverfügbarkeit und -qualität für die Darstellung der Kreislaufwirtschaft

Die Transformation der Kreislaufwirtschaft in Richtung einer umfassenderen Circular Economy ist ein laufender Prozess. Um dieses Ziel zu erreichen, werden naturgemäß auch die Fragestellungen, die an die und in der Kreislaufwirtschaft gestellt werden, immer komplexer und müssen in immer kürzeren Abständen beantwortet werden. Diesen Prozess, der eine Vielzahl von politischen, privaten und gesellschaftlichen Akteuren umfasst, im „Blindflug" zu planen, zu organisieren und zu monitoren wird nicht funktionieren können. Verlässliche Datengrundlagen gewinnen in dem Maße an zusätzlicher Bedeutung, in dem es um die Kreislaufführung von Stoffen und die Schnittstellen u. a. zu anderen Infrastrukturbereichen geht. Statistische Daten sind die Grundlage, um die Wirksamkeit von Strategien und Maßnahmen messen und anpassen zu können, Ziele zu justieren sowie Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zu erkennen.

Dabei geht es nicht nur um Daten, die „innerhalb" der Kreislaufwirtschaft erhoben werden, sei es beispielsweise für das Monitoring von Abfallaufkommen und -entsorgung, für die Sicherstellung der rechtskonforme Nachweisführung der Entsorgung von Abfällen oder für Investitionsentscheidungen. Es geht auch um Daten, welche die Kreislaufwirtschaft für die erfolgreiche Erfüllung ihrer Kernaufgaben, u. a. die Rückgewinnung von Ressourcen, benötigt, sowie um Daten, welche die Kreislaufwirtschaft ihrerseits anderen Akteuren zur Verfügung stellt und damit die branchenübergreifende Vernetzung ermöglicht.

Der Bedarf für eine hochwertige Datenbasis steigt, gleichzeitig müssen wir aber eine gegenläufige Entwicklung feststellen: Seit 1995 recherchiert Prognos Daten zum Abfallaufkommen und den Entsorgungswegen auf Kreisebene sowie die Entwicklung der standortbezogenen Anlagenkapazitäten. Diese bilden die Grundlage für unsere Prognosemodelle. Wir nutzen den Datenbestand in vielfältiger Weise und können daher aus Erfahrung sagen, dass bereits viele Daten zur Kreislaufwirtschaft vorliegen, sei es von Statistischen Ämtern oder Umweltämtern auf Bundes- oder Landesebene, von Genehmigungsbehörden, Verbänden etc. Damit verfügen wir in Deutschland schon über eine breite Basis an Informationen, aber: In Punkto Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit, Verfügbarkeit und Nutzungsmöglichkeiten, oder auch Zeitnähe der Aktualisierungen können wir mit den Anforderungen, die sich aktuell aus den Transformationsprozessen ergeben, nicht wirklich mithalten.

Bei der Vergleichbarkeit und der Nachvollziehbarkeit der Daten zur Kreislaufwirtschaft kommen wir nur langsam voran. Die teilweise unterschiedlichen Definitionen, Klassifizierungen und Methoden der Datenerhebung sind nicht immer oder manchmal nur schwer nachvollziehbar. Einheitliche Definitionen, Standards und Formate sind aber notwendig, um die von unterschiedlichen Akteuren erhobenen Daten zu einem Gesamtbild der Kreislaufwirtschaft zusammenzuführen zu können. Nur wenn diese Standardisierung gelingt, können Mehrfacherhebungen durch unterschiedliche Institutionen vermieden und die Belastungen für Berichtspflichtigen vermindert werden. Dies schafft Kapazitäten für weitere, dringend benötigte Daten, die künftig zusätzlich zu erheben sind.

Gleichzeitig stellen wir aber fest, dass die (öffentliche) Datenverfügbarkeit an wenigen Stellen besser, aber an vielen wichtigen Stellen geringer wird. Dies gilt nicht nur für die interessierte Fachöffentlichkeit, sondern teilweise auch für den Informationsaustausch von Behörden untereinander. Mit Verweis auf die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) geht auf einmal manches nicht mehr, was noch bis vor wenigen Jahren „normal" war.

Was nützt also eine umfassende Datenbasis, die nach wie vor auf aufwändigen Erhebungen beruht, wenn diese nur schwer oder mit deutlichen Verzögerungen nutzbar ist. Dabei ist Digitalisierung in der Kreislaufwirtschaft schon lange kein Fremdwort mehr, viele Probleme sind hausgemacht, da nicht aus der Sicht der Nutzer dieser Daten gedacht wird: Nehmen wir das Beispiel der Siedlungsabfallbilanzen. Die Daten zu den Siedlungsabfällen werden Jahr für Jahr differenziert von den Bundesländern auf regionaler Ebene veröffentlicht, in der Regel als PDF, manchmal auch mit Kopierschutz.

Ein echter Fortschritt sind die bundesweit zur Verfügung gestellten Daten des Statistischen Bundesamtes für die relevanten 15 Abfallarten aus den Siedlungsabfallbilanzen. Aber warum werden diese auf Ebene der Bundesländer bzw. der Kreise und kreisfreien Städte wieder auf 6 Abfallarten aggregiert, wo sie doch über die Bilanzen der Bundesländer öffentlich einsehbar sind? Viele Akteure verwenden nun sehr viel Zeit, diese differenzierten Daten aus den Siedlungsabfallbilanzen für weitere Auswertungen wieder in Excel zu überführen, weiter zu harmonisieren und weiter zu verarbeiten - was für eine Verschwendung an Ressourcen für die Aufbereitung und an Zeit bis zur Nutzung, da die Veröffentlichungszyklen auch noch unterschiedlich sind.

Die Qualität der Daten in der Kreislaufwirtschaft ist entscheidend, denn präzise und zuverlässige Informationen bilden das Fundament für effektive Ressourcenmanagementstrategien und ermöglichen somit einen reibungslosen Ablauf in nachhaltigen Wertschöpfungskreisläufen.

Aktuell beobachten wir, dass Daten, beispielsweise zum Abfallaufkommen, immer höher aggregiert werden und die Veröffentlichung bereits vorliegender Daten eingestellt wird, mal mit und mal ohne direkten Verweis auf die DSGVO. Durch jahrzehntelange Erfahrungen in der Datenrecherche und -analyse können wir Datenlücken teilweise (noch) durch Analogieschlüsse und Marktinformationen schließen. Sollte sich die beschriebe Entwicklung einer zunehmend eingeschränkten Transparenz weiter fortsetzen, ist absehbar, wo die Daten für die Nutzung bzw. Analyse durch Dritte, beispielsweise für anstehende Investitionsentscheidungen, nicht mehr aussagekräftig sind.

Bis zu einem gewissen Grad ist es verständlich, dass es für den allgemeinen öffentlichen Zugang Grenzen und klar definierte Rahmenbedingungen für den Zugriff geben muss. Wenn aber selbst politische Entscheidungsträger, die eine große Verantwortung für die Entsorgungssicherheit und die Steuerung der Transformation zu einer Circular Economy übernehmen müssen, keinen oder nur einen sehr begrenzten Zugang zu den erhobenen Daten bekommen, dann wirft das ein großes Fragezeichen auf das Verhältnis von Aufwand und Nutzen auf.

Wenn es also jetzt darum geht, die Rolle der Kreislaufwirtschaft und ihren Beitrag zum Ressourcen- und Klimaschutz zu quantifizieren, dann geht es u. a. auch um die Erhebung neuer Daten und ihrer Zusammenführung: Ein Beispiel von vielen ist der Datenbedarf für die Berechnung der so genannten „Zirkularitätsrate" (Circular Material Use Rate)[134], nicht nur auf Bundes- sondern auch auf regionaler Ebene und natürlich auch für spezifische Wertstofffraktionen.

Fazit:
Damit die Kreislaufwirtschaft sowohl ihre Aufgabe als Lieferant von Recyclingrohstoffen und Energie als auch ihre Funktion als Schadstoffsenke wahrnehmen kann, benötigt sie nachvollziehbare, vergleichbare und schnell verfügbare Daten und Informationen und das nicht nur auf nationaler, sondern mindestens auch europäischer Ebene.

Erstveröffentlichung: Dr. Bärbel Birnstengel / Dr. Jochen Hoffmeister, Daten zur Kreislaufwirtschaft – Es besteht Handlungsbedarf, In ENTSORGA 2, Mai 2023; mit freundlicher Genehmigung des ENTSORGA-Magazins

134 Die zirkuläre Verwendung von Materialien (Zirkularitätsrate) bestimmt das Verhältnis der zirkularen Verwendung von Materialien zu der gesamten Materialverwendung

1.8 Systeme zur Qualitätssicherung in der Kreislaufwirtschaft

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

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

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

Betriebe, die die dort definierten Voraussetzungen erfüllen, können sich als Entsorgungsfachbetrieb zertifizieren lassen. Das Zertifikat „Entsorgungsfachbetrieb" wird durch externe Sachverständige oder Entsorgergemeinschaften vergeben und ist zum z. B. 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 Entsorgergemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. (EdDE e. V.) sind rund 300 Betriebe als Entsorgungsfachbetrieb mit über 800 Standorten zertifiziert. Darüber hinaus gibt es branchenbezogene Entsorgergemeinschaften, die auf bestimmte Stoffe spezialisiert sind, wie bspw. die Entsorgergemeinschaft der Deutschen Stahl- und NE-Metall-Recycling Wirtschaft e. V. (ESN) mit fast 400 Mitgliedern. Zuverlässigkeit und Kompetenz der Entsorgungsfachbetriebe werden jährlich durch unabhängige Sachverständige geprüft.

Die Zertifizierung kann für verschiedene Tätigkeiten der Kreislaufwirtschaft erfolgen:

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

Zusätzlich können Zertifikate auch für Betriebe erstellt werden, die mit Abfällen handeln oder makeln. Die Zertifizierung eines Entsorgungsfachbetriebes bringt für Kundinnen und Kunden, Unternehmen und alle anderen Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner eine Reihe von Vorteilen. Sie ermöglicht den Entsorgungsunternehmen eine breite Akzeptanz bei Abfallerzeugern, Kundinnen und Kunden, Behörden und Verbänden. In der Branche ist die Zertifizierung als Standard etabliert und wird häufig bei Ausschreibungen als Kriterium für die Qualitätssicherung vorausgesetzt. Die Betriebe können im Rahmen der Zertifizierung ihre Abläufe (z. B. betriebliche Dokumentation, Versicherungsschutz, Genehmigungslage, Fach-

Mitarbeiter MVA Delfzijl, Quelle: EEW

und Sachkunde des Personals) überprüfen und gegebenenfalls verbessern, so dass zusätzlich auch ein hoher betriebsinterner Nutzen entsteht. Darüber hinaus entfallen einige Nachweispflichten gegenüber den Abfallbehörden.

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

Einige Betriebe der Kreislaufwirtschaft verfügen zum Teil noch zusätzlich über eine Zertifizierung eines Umweltmanagementsystems, die sich z. B. 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 z. B.

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

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

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

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

Die Gütegemeinschaft Rezyklate aus haushaltsnahen Wertstoffsammlungen e.V. kennzeichnet mit dem Gütezeichen %-Recycling-Kunststoff die Herkunft von Sekundärrohstoffen aus der haushaltsnahen Getrennterfassung. So wird dokumentiert, dass Kunststoffe aus dem Gelben Sack bzw. der Gelben Tonne (oder ähnlicher Systeme) hochwertig verwertet und in neuen Verpackungen und Produkten eingesetzt werden. Hierbei wird der genaue prozentuale Anteil ausgewiesen.

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

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 seit 2018 die Verpflichtung, über die nachhaltige Entwicklung zu berichten (CSR-RichtlinieUmsetzungs-Gesetz). Im November 2022 hat das EU-Parlament die „Corporate Sustainability Reporting Directive" (CSRD) beschlossen, welche die bestehenden Regelungen ersetzen wird. Die neuen detaillierteren Berichtspflichten gelten ab dem 01.01.2024 für Unternehmen, die bereits einer Berichtspflicht unterliegen. In den folgenden Jahren wird der Kreis an berichtspflichtigen Unternehmen stark ausgeweitet.

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.

Wirtschaftliche Bedeutung.

2

Dynamik

Die Kreislaufwirtschaft ist nach wie vor eine Wachstumsbranche. Stetig wachsende Anforderungen an die stoffliche und energetische Verwertung, steigende Standards für die Erzeugung von Sekundärrohstoffen und die damit einhergehenden technischen Innovationen führen zu einer positiven Entwicklung der wesentlichen wirtschaftlichen Indikatoren: Die Kreislaufwirtschaft erzielte im Jahr 2021 einen Umsatz von rund 105 Milliarden Euro (+ 47 % zu 2010) und beschäftigte im gleichen Jahr rund 310.000 Erwerbstätige (+ 11 % zu 2010). In der Kreislaufwirtschaft sind heute bundesweit fast genauso viele Personen beschäftigt wie in der Energiewirtschaft und fast viermal so viele Personen wie in der Wasser- und Abwasserwirtschaft. Die zunehmende Anzahl von Startups mit ihren innovativen Recyclingideen steht stellvertretend für die die fachliche Attraktivität der Kreislaufwirtschaft. Mit einer Bruttowertschöpfung von rund 32,7 Milliarden Euro im Jahr 2021 (+ 41 % zu 2010) ist die Branche ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in Deutschland.

Wertschöpfung

Die Kreislaufwirtschaft umfasst weit mehr als das Sammeln, Transportieren und Entsorgen von Abfällen – die Analysen des Statusberichtes zeigen, welche wirtschaftliche Bedeutung auch die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen der Technik und des Handels für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft haben. Von den rund 10.000 Unternehmen entfallen rund 5.800 Betriebe auf die klassischen Marktsegmente „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung“ sowie „Abfallbehandlung und -verwertung“. Knapp 1.200 Unternehmen zählt das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“. Weitere 3.000 Unternehmen sorgen im Bereich „Großhandel mit Altmaterialien“ für den Kreislauf der Sekundärrohstoffe aus der Abfallwirtschaft. Im Durchschnitt hat jeder Erwerbstätige in der Kreislaufwirtschaft im Jahr 2021 einen Umsatz von 340.000 € und eine Bruttowertschöpfung von 106.000 € erzielt.

Verflechtungen

Die deutsche Kreislaufwirtschaft ist seit vielen Jahren ein wichtiger Akteur im internationalen Handel mit Anlagen, Maschinen und Sekundärrohstoffen: Auf der einen Seite besteht in vielen Ländern der Welt ein großer Bedarf an Technologien und Verfahren, um eigene Entsorgungsstrukturen aufbauen zu können. Auf der anderen Seite werden zur Entwicklung der Volkswirtschaften zunehmend mehr Sekundärrohstoffe benötigt. Die Abfallgesetzgebung hat in Deutschland frühzeitig zu technologischen Innovationen geführt, die heute eine tragfähige Basis für den erfolgreichen Export bilden. Allein das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ hatte im Jahr 2022 ein Exportvolumen von 5,4 Milliarden Euro. Die wichtigsten Zielmärkte in diesem Bereich sind nach wie vor die Vereinigten Staaten, China, Polen sowie Frankreich. Sekundärrohstoffe, wie Metalle oder Kunststoffe, gehen hingegen mit einem Gesamtvolumen von 10,1 Milliarden Euro, wie auch in den Jahren zuvor, in erster Linie nach Belgien, Italien und in die Niederlande.

Wettbewerb

Besonders dynamisch entwickelt sich der Welthandel im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“. Der Wert der weltweit exportierten Maschinen und Anlagen stieg von knapp 29 Milliarden US-Dollar im Jahr 2010 auf fast 50 Milliarden US-Dollar im Jahr 2021. Nach wie vor genießt deutsche Technik in diesem Teilmarkt weltweit einen exzellenten Ruf. Allerdings stehen die deutschen Unternehmen unter einem sehr starken Wettbewerbsdruck. In den letzten zehn Jahren büßte Deutschland drei Prozent des Weltmarktanteils ein, der im Jahr 2021 bei nur noch 12 % liegt. China hingegen konnte seinen Anteil am Weltmarkt zwischen 2011 und 2021 von 18 % auf 30 % deutlich steigern.

Die Kreislaufwirtschaft – dynamisch und vielseitig.

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

Marktsegmente und Teilbereiche der Kreislaufwirtschaft

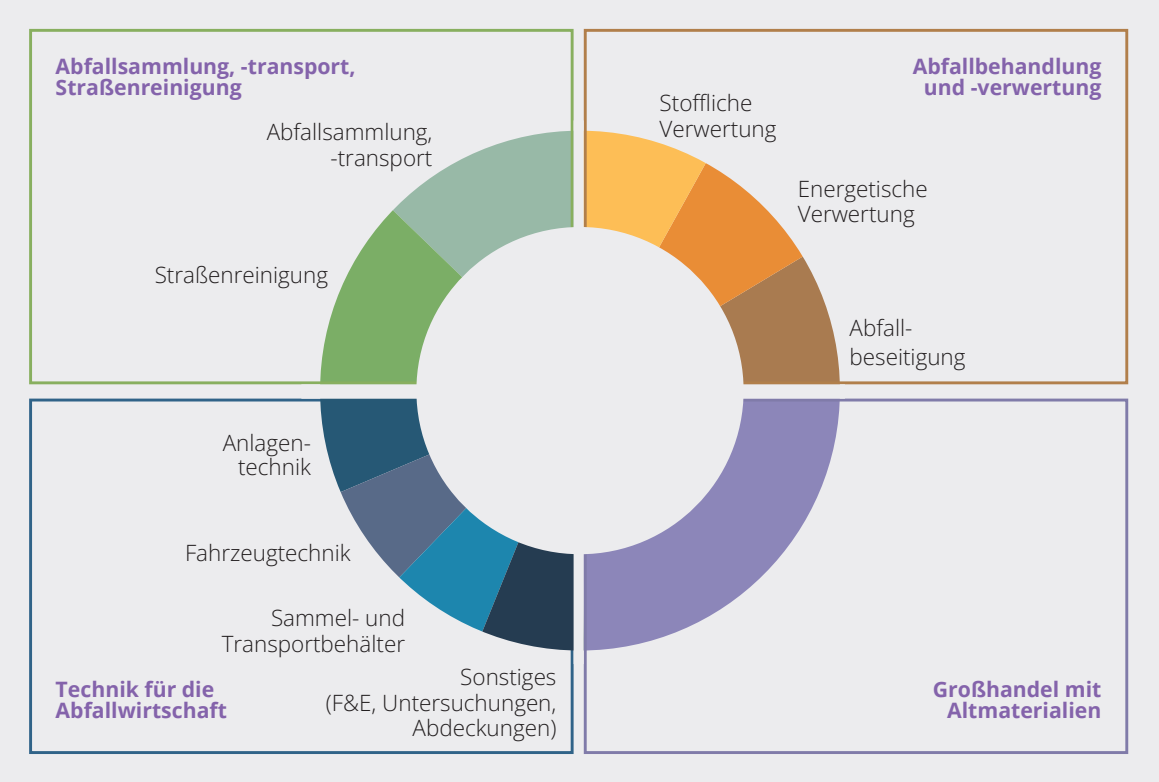


Abb. 42, Quelle: Prognos AG

Zur ökonomischen Erfassung der Leistungen der Kreislaufwirtschaft lassen sich die volkswirtschaftlichen Daten der statistischen Ämter heranziehen. Im klassischen Gefüge der Einteilung der Volkswirtschaft in Branchen und Wirtschaftszweige finden auch Entsorgungsdienstleistungen ihren festen Platz. Die Klassifikation der Wirtschaftszweige erfasst explizit die Aktivitäten der Abfallsammlung, der Abfallbehandlung sowie der Rückgewinnung von Wertstoffen und definiert damit die ökonomische bzw. statistische Sichtweise auf die Branche. Doch diese enge Perspektive wird der tatsächlichen Größenordnung der Kreislaufwirtschaft im Hinblick auf die Wertschöpfung und Erwerbstätigkeit nicht gerecht. Die Behandlung und Verwertung von Abfällen setzt entsprechende Maschinen und technische Anlagen voraus, die entwickelt, produziert, installiert und gewartet werden müssen. Darüber hinaus werden für die Abfallsammlung und -verwertung nicht nur Fahrzeuge und Behälter benötigt, sondern auch beispielsweise Großhändler, die die gewonnenen Sekundärrohstoffe wieder in den Produktkreislauf bringen.

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

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

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

Leistungsstarke Motoren der Volkswirtschaft.

Die Kreislaufwirtschaft erfüllt eine Reihe von zentralen gesellschaftlichen Aufgaben – und dies überaus erfolgreich. Das kontinuierliche Wachstum in den Kernbereichen und die steigende Zahl der Erwerbstätigen gehen einher mit einer stabilen Wertschöpfung. Steigende umweltpolitische Anforderungen und neue technologische Möglichkeiten lassen erwarten, dass sich der Gesamtmarkt der Kreislaufwirtschaft auch in Zukunft kontinuierlich weiter entwickeln wird. Regional und national.

2.2.1 Technik für die Abfallwirtschaft

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

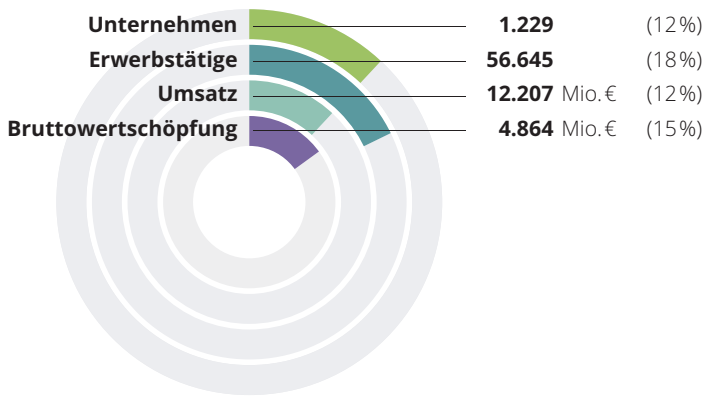
In den etwas über 1.200 Unternehmen dieses Marktsegments waren im Jahr 2022 über 56.000 Erwerbstätige beschäftigt. Damit umfasst das Marktsegment 18% l der Erwerbstätigen der Kreislaufwirtschaft. Die Entwicklung schwankte in den letzten Jahren, wobei 2019 ein Höchststand an Erwerbstätigen erreicht wurde. In den Jahren 2020 und 2021 ging die Anzahl vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie zurück, konnte sich im Jahr 2022 jedoch wieder erholen. Im Durschnitt wuchs das Segment seit 2010 jährlich um 0,5 %. Die Bruttowertschöpfung legte demgegenüber deutlich stärker zu und betrug 2022 fast 4,9 Milliarden Euro. Sie stieg im Zeitraum von 2010 bis 2022 um 2,3% p.a., also um insgesamt über 30 % im Vergleich zu 2010. Die Zahl der Unternehmen nahm dabei geringfügig ab.

Die Anlagentechnik stellt mit Abstand den wichtigsten Technologiebereich dar. 71 % der Erwerbstätigen stammen aus diesem Bereich, der sich seit 2010 moderat weiterentwickelte. Die stärker wachsenden Bereiche Herstellung von Sammel- und Transportbehältern (12 %) und sonstige Technik (8 %) nehmen einen geringeren Stellenwert ein. Auf den Technologiebereich Fahrzeugtechnik, der u.a. Aufbauten für Müllfahrzeuge und Kehrmaschinen umfasst, entfallen 9 %. Als einziger Bereich zeigt dieser eine rückläufige Erwerbstätigenentwicklung im Betrachtungszeitraum 2010-2022. Die Bruttowertschöpfung entwickelte sich jedoch positiv.

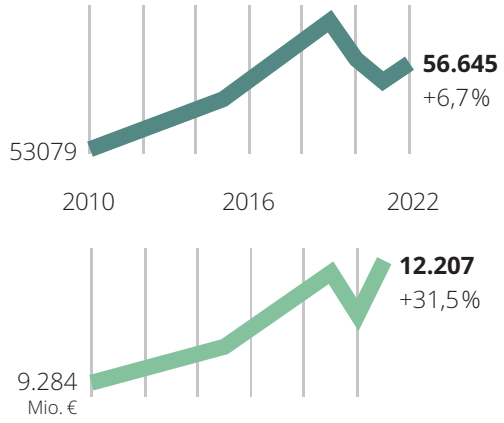
Die Struktur der Erwerbstätigen im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft" spiegelt die hohen Qualifikationsanforderungen in diesem Bereich wieder und hebt sich deutlich von den anderen Marktsegmenten ab. Der Anteil geringfügig Beschäftigter liegt hier bei unter 5 %. Im Vergleich dazu liegt dieser im Marktsegment „Großhandel mit Altmaterialien" bei über 13 %. Über ein Drittel der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind gemäß der Klassifikation der Berufe Spezialisten oder Experten, wie z. B. Techniker und Ingenieure. Diese sind mit besonders komplexen Aufgaben betraut. Das Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft" ist damit in besonderem Maße von der Qualifikation der Beschäftigten geprägt: Mit über 20% liegt der Anteil der akademischen Abschlüsse mehr als doppelt so hoch wie in den übrigen drei Marktsegmenten. Der Anteil weiblicher Beschäftigter steigt weiter an und liegt mittlerweile bei über 20 %.

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

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



Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz
(Zeitraum 2010 bis 2022)



Erwerbstätige, Umsatz: Stand 2021, Unternehmen, Bruttowertschöpfung: Stand 2022

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

2.2.2 Sammlung, Transport und Straßenreinigung

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

In diesem Marktsegment erzielte die Kreislaufwirtschaft 2022 eine Bruttowertschöpfung von über 11,6 Milliarden Euro. Die Zahl der Erwerbstätigen lag im selben Jahr bei knapp 100.000. Mit ca. 35 % der Bruttowertschöpfung und fast 32 % der Erwerbstätigen ist es das zweitgrößte Marktsegment der Kreislaufwirtschaft. Etwa 2.400 Unternehmen lassen sich über den Schwerpunkt des Unternehmenszwecks diesem Marktsegment zuordnen, wobei viele gleichzeitig auch im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung" tätig sind.

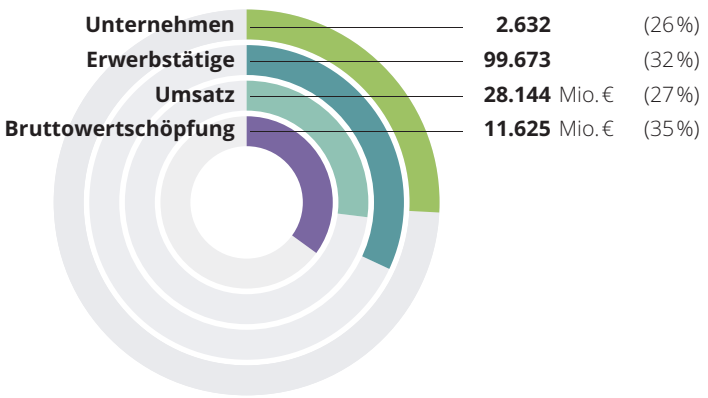
Die Zahl der Erwerbstätigen stieg in den letzten zwei Jahren deutlich an. Das Wachstum der Erwerbstätigen liegt bei 2,1 % p.a. und ist damit höher als in jedem anderen Marktsegment. Insbesondere der Wirtschaftszweig „Sammlung nicht gefährlicher Abfälle" hat im Zeitraum 2010–2022 einen starken Zuwachs verzeichnet. Auch die Bruttowertschöpfung (3,9 % p.a.) legte im Marktsegment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung" kräftig zu.

Die Tätigkeiten im Marktsegment werden mit rund 61 % überwiegend von ausgebildeten Fachkräften ausgeführt. Hilfskräfte haben einen Anteil von etwa 26 %. Damit bietet die Kreislaufwirtschaft insbesondere in diesem Marktsegment Arbeitskräften mit geringem Qualifikationsniveau eine Chance auf dem Arbeitsmarkt. Gleichwohl befindet sich mit über 90 % die überwiegende Mehrheit der Erwerbstätigen in vollwertigen sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnissen.

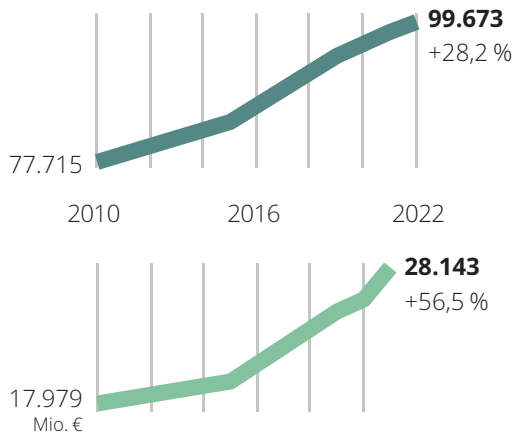
Die Sammlung von Abfällen ist der erste Schritt auf dem Weg zur nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, wo sorgfältig getrennte Ressourcen den Grundstein für effizientes Recycling und eine ressourcenschonende Zukunft legen.

ChatGTP

Anteile ausgewählter Indikatoren des Marktsegments „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung" am Gesamtmarkt Kreislaufwirtschaft



Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz
(Zeitraum 2010 bis 2022)



Erwerbstätige, Umsatz: Stand 2021, Unternehmen, Bruttowertschöpfung: Stand 2022

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

2.2.3 Abfallbehandlung und -verwertung

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

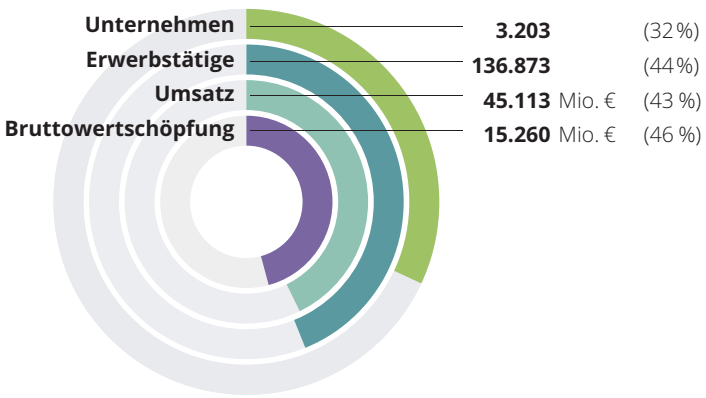
Mit fast 137.000 Erwerbstätigen stellt dieses Marktsegment die meisten Beschäftigten der Kreislaufwirtschaft (44 %). Knapp 62 % davon sind ausgebildete Fachkräfte. Der Anteil von Hilfskräften liegt bei rund 26 %. Ebenso wie im Marktsegment „Sammlung, Transport und Straßenreinigung" bestehen somit auch hier gute Chancen für Arbeitskräfte mit niedrigem Qualifikationsniveau. In diesem Marktsegment findet zudem eine hohe Leistung bei der Integration ausländischer Arbeitskräfte statt. Über 11 % der Beschäftigten haben einen Migrationshintergrund.

Die Entwicklung der Bruttowertschöpfung konnte, trotz konjunktureller Schwankungen in den Jahren der COVID-19-Pandemie, im Zeitraum 2010 bis 2022 insgesamt ein deutliches Plus verzeichnen (+2,7 % p.a., +37,1 % insgesamt). 2022 erreichte das Marktsegment eine Bruttowertschöpfung von über 15 Milliarden Euro. Die Zahl der Unternehmen sank in diesem Marktsegment hingegen besonders stark – zwischen 2010 und 2022 um mehr al 16 %. In Anbetracht der insgesamt positiven wirtschaftlichen Bilanz ist der Rückgang der Unternehmen unter anderem auf Konsolidierungsprozesse vor dem Hintergrund zunehmender qualitativer Anforderungen und des herrschenden Wettbewerbsdrucks zurückzuführen. Viele kleinere Unternehmen können häufig dem Investitionsdruck bei gleichzeitig fluktuierenden Sekundärrohstoffmärkten nicht standhalten.

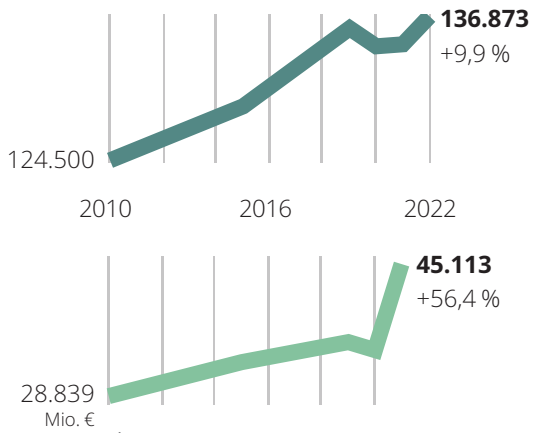
Das Marktsegment ist vor allem geprägt vom Teilbereich der stofflichen Verwertung, der 2022 fast 74 % der Erwerbstätigen und etwa 73 % der Bruttowertschöpfung ausmacht.

PET-Sortieranlage, Quelle: Reiling

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



Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz
(Zeitraum 2010 bis 2021 bzw. 2022)



Erwerbstätige, Umsatz: Stand 2021, Unternehmen, Bruttowertschöpfung: Stand 2022

Abb. 45, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

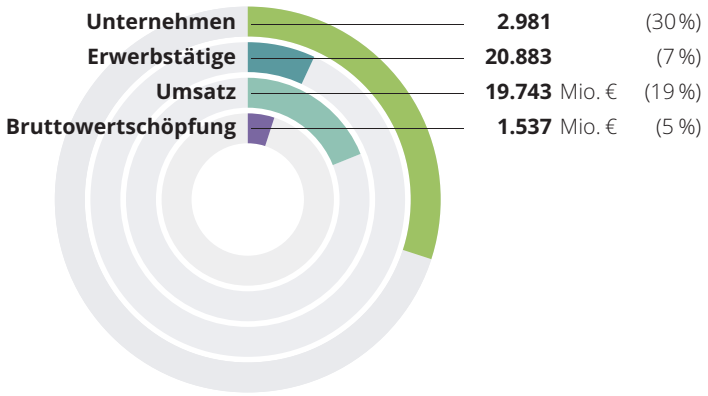
2.2.4 Großhandel mit Altmaterialien

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

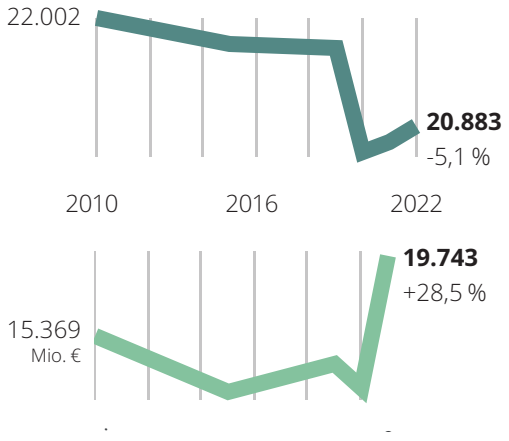
Das Marktsegment fällt im Vergleich zu den anderen Marktsegmenten der Kreislaufwirtschaft deutlich kleiner aus. Es umfasst 2022 rund 21.000 Erwerbstätige und eine Bruttowertschöpfung von 1,5 Milliarden Euro. Die Anzahl der Erwerbstätigen erlitt im Jahr 2020 einen Dämpfer und stagniert seitdem.

Die Bruttowertschöpfung wuchs davon unbeeindruckt kontinuierlich und spürbar (+4,1% p.a. von 2010 bis 2022). Die Anzahl der Erwerbstätigen wuchs in den letzten zwei Jahren leicht, nachdem 2020 ein deutlicher Rückgang um mehr als 1000 Erwerbstätige konstatiert wurde. Der seit 2010 kontinuierlich zu verzeichnende Trend der Konsolidierung der Unternehmenslandschaft scheint vorerst ein Ende gefunden zu haben, nachdem 2021 erstmals wieder ein leichtes Wachstum festgestellt werden konnte.

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



Entwicklung Erwerbstätige und Umsatz
(Zeitraum 2010 bis 2022)



Erwerbstätige, Umsatz: Stand 2021, Unternehmen, Bruttowertschöpfung: Stand 2022

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

Hinweise zur Methodik

Indikatoren zur Beschreibung der wirtschaftlichen Bedeutung

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

Die Gruppe der Erwerbstätigen umfassen sozialversicherungspflichtig Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte sowie Selbstständige. Auch Beschäftigte öffentlicher Unternehmen werden erfasst. Beamte können dagegen nicht berücksichtigt werden. Über das Abgrenzungsmodell der Kreislaufwirtschaft werden sowohl direkte (Leistungen der Abfallwirtschaft) als auch indirekte Arbeitsplätze (unter anderem Herstellung von Anlagen und technischer Ausrüstung, Installation, Handel) berücksichtigt. Die Daten zu den Erwerbstätigen in diesem Bericht beziehen sich auf das Jahr 2022. Aussagen zu den Strukturmerkmalen der Erwerbstätigen, wie Geschlecht, Alter oder Bildungsstand, beziehen sich lediglich auf die Erwerbstätigengruppe der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten.

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

Die Höhe der erwirtschafteten Umsätze wurde anhand der Umsatzsteuerstatistik ermittelt. Erfasst sind die gemeldeten Umsätze von Unternehmen, die einen jährlichen Gesamtumsatz von mindestens 17.500 Euro erwirtschaften. Unternehmen melden Umsätze in der Regel an ihrem jeweiligen nationalen Hauptsitz, was nicht zwangsläufig dem Ort der Leistungserbringung entspricht. Dies ist bei einem Vergleich der Bundesländer zu berücksichtigen. Darüber hinaus wurden ergänzend auf Basis der Statistik über die Jahresabschlüsse der öffentlichen Unternehmen auch die Umsätze steuerbefreiter öffentlicher Abfallwirtschaftsbetriebe berücksichtigt. Zusätzlich sind in den Umsatzdaten auch die Umsätze öffentlich-rechtlicher Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) enthalten. Die in diesem Bericht genannten Umsätze beziehen sich auf das Jahr 2021. 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 und öffentlich-rechtliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen (FEU) in den Analysen ergänzt.

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

2.2.5 Die Kreislaufwirtschaft im Überblick

In der Gesamtschau beschäftigt die Kreislaufwirtschaft – über die vier im Einzelnen dargestellten Marktsegmente hinweg – mehr als 314.000 Erwerbstätige. Die Branche entwickelte sich über den betrachteten Zeitraum von 2010 bis 2022 insgesamt weiter positiv. In diesem Zeitraum ist die Zahl der Erwerbstätigen um mehr als 36.000 gestiegen, dies entspricht einem Wachstum von durchschnittlich 1,0 % p. a. Die COVID-19-Pandemie sorgte 2020 kurzzeitig für einen Rückgang, der aber schnell wieder kompensiert werden konnte. 2022 fand nochmals eine deutliche Steigerung um mehr als 5.000 Erwerbstätige statt. Insbesondere die Bruttowertschöpfung zeigte mit 3,1 % p.a. ein hohes Wachstum. Sie erreichte 2022 knapp 33,3 Milliarden Euro. Die Anzahl der Unternehmen, die in der Kreislaufwirtschaft tätig sind, ist seit dem Jahr 2012 insgesamt rückläufig. Hier lässt sich mit besonderem Blick auf kleinere Unternehmen ein Konsolidierungsprozess feststellen.

Erwerbstätige in Schlüsselbranchen der Grundversorgung und ihre Entwicklung (2010und 2022)

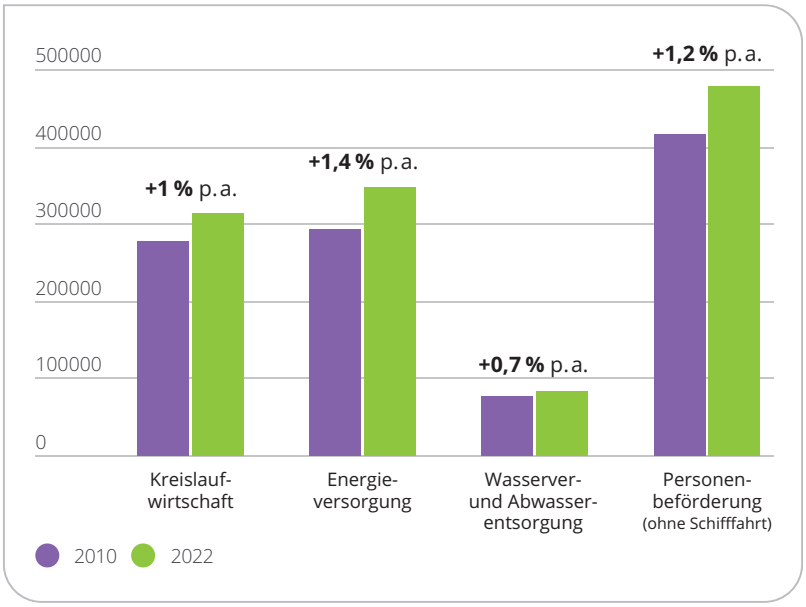


Abb. 47, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

2.2.6 Vergleich mit anderen Branchen

Die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft wird häufig unterschätzt. Dies liegt unter anderem an der eingeschränkten Betrachtung der Branche ohne Berücksichtigung des Marktsegmentes „Technik für die Abfallwirtschaft". In der hier dargelegten umfassenden Perspektive ist die wirtschaftliche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft mit über 314.000 Erwerbstätigen – insoweit etwa vergleichbar mit der Energieversorgung, die knapp 347.000 Erwerbstätige beschäftigt.

Im Vergleich zu anderen klassischen Infrastrukturbranchen liegt die Entwicklung der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Betrachtungszeitraum von 2010 bis 2022 im Mittelfeld. Mit einer Entwicklung von 1,0 % p. a. liegt die Kreislaufwirtschaft deutlich über der Wasserwirtschaft mit 0,7 % p. a., bleibt aber hinter der Entwicklung in der Energieversorgung mit 1,4 % p. a. und der Entwicklung in der Personenbeförderung (Schiene und Straße) mit 1,2 % p. a. zurück.

In diesen Entwicklungen spiegelt sich der starke, umweltpolitisch induzierte Ausbau der erneuerbaren Energien und des ÖPNV wider.

Die Kreislaufwirtschaft ist ein zentraler Bestandteil der technischen Infrastruktur und der Daseinsvorsorge. Die gesicherte Entsorgung zu wettbewerbsfähigen Kosten gehört auch zu den wichtigen Standortvorteilen der deutschen Wirtschaft. Neben den klassischen Aufgaben Erfassung, Sammlung und Transport trägt die stoffliche Verwertung der Abfälle zur Verringerung der Importabhängigkeit und der Kreislaufführung von Rohstoffen bei. Die energetische Nutzung der Abfälle leistet einen zunehmend wichtigeren Beitrag zur Umsetzung der Energiewende, vor allem im Bereich der Grundlast und der Sektorkopplung.

Entwicklung wirtschaftlicher Indikatoren der Kreislaufwirtschaft im Überblick

	2010	2015	2019	2020	2021	2022	*Entwicklung (in %)*	
							2010–2021 bzw. 2022	*p. a.*
Erwerbstätige	277.300	289.770	310.320	307.850	309.010	310.470	▲ 13,3	1,0
Umsatz (in 1.000 €)	71.472.000	74.937.220	85.976.680	83.583.350	105.207.700	-	▲ 47,2	3,6
Bruttowertschöpfung (in 1.000 €)	23.146.000	28.146.000	32.454.000	31.930.000	32.728.000	33.286.000	▲ 43,8	3,1
Unternehmen	11.500	11.040	10.390	9.930	10.040	-	▼ -13,1	-1,3

Abb. 48, Quellen: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt (Umsätze und Unternehmen sind einschließlich der öffentl. FEU)

International gefragte Lösungen.

Steigendes Umwelt- und Ressoucenbewusstsein, verschärfte Gesetze und Vorschriften sowie umfangreiche Förderprogramme – bei allen Unterschieden zwischen den Nationen und Weltregionen ähneln sich die Motoren, die den internationalen Markt für Kreislaufwirtschaft ankurbeln. Darüber hinaus zeigte die durch die Corona-Pandemie ausgelöste Rohstoffkrise, wie sinnvoll es ist, neben dem weltweiten (Sekundär-)Rohstoffhandel eine lokale Kreislaufwirtschaft aufzubauen. Bedarfsgerechte Maschinen, Anlagen und zum Teil auch Dienstleistungen stoßen somit auf eine oft globale Nachfrage. Die deutsche Kreislaufwirtschaftsbranche spielt hier vielfach in der Spitzengruppe mit. Eine der wichtigsten Plattformen zum Aufbau und zur Pflege internationaler Handelsbeziehungen ist die IFAT Munich, die Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser, Abfall- und Rohstoffwirtschaft.

2.3.1 Sprungbrett in die globale Kreislaufwirtschaft

Fließen hochwertige Rohstoffe nach ihrem Gebrauch in den Produktionskreislauf zurück, werden Primärstoffe geschont. Ein länderübergreifender oder gar interkontinentaler Handel mit Sekundärrohstoffen trägt dazu bei, räumliche Ungleichgewichte zwischen Angebot und Nachfrage auszugleichen. Parallel dazu ist es ökonomisch und ökologisch sinnvoll, in lokale Kreisläufe und Materialmärkte zu investieren. Schließlich lassen sich so z. B. Frachtkosten und Klimagasemissionen reduzieren sowie eine Wertschöpfung vor Ort und essentielle Beiträge zur Versorgungssicherheit generieren. Wie in globalisierten Märkten üblich, wird dabei gerne auf Technologien und Lösungen zurückgegriffen, die in anderen Teilen der Welt entwickelt wurden und dort ihre Tauglichkeit bereits bewiesen haben.

Um die Anbieter und Anwender zusammenzubringen und einen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen, braucht es moderne, leistungsfähige und umfassende Plattformen – wie die IFAT Munich. Bei der größten Umwelttechnologiemesse der Welt präsentieren alle zwei Jahre auf dem Münchener Messegelände Unternehmen der Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft ihre Innovationen und Strategien.

Aussteller und Besucher aus aller Welt
Etwa die Hälfte der zuletzt rund 3.000 Aussteller der internationalen Leitmesse kam aus Deutschland – unter ihnen viele mit Weltmarktführer-Status. Ansonsten waren die wichtigsten Ausstellerländer bei der letzten Ausgabe der Großveranstaltung Italien, Niederlande, Türkei, Österreich, Spanien, Großbritannien, Schweiz, Frankeich und Polen. Wichtige Ankerpunkte für ausländische Teilnehmer sind ferner die Gemeinschaftsstände. Hier waren in 2022 – neben vielen europäischen Märkten – auch Kanada, Japan, Südkorea und die USA vertreten.

Auch bei den insgesamt rund 119.000 Besuchern (2022) kamen rund 50 Prozent aus dem Ausland. Die Top Ten aus 159 Nationen bildeten – nach Deutschland – Österreich, Italien, Schweiz, Spanien, Niederlande, Tschechien, Dänemark, Israel, Polen und Rumänien.

Treffpunkt von Entscheidern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik
Die IFAT Munich führt Vertreter der öffentlichen Hand, der Industrie und des verarbeitenden Gewer-bes sowie der Kreislauf-, Wasser- und Abwasserwirtschaft zusammen. Außerdem zeigen zahlreiche renommierte Forschungseinrichtungen und aussichtsreiche Startups Wege für

IFAT-Messegeschehen, Quelle: ITAD

zukünftige Entwicklungen auf. Neben der Geschäftsanbahnung werden auf der Messe nationale und internationale Kooperationen gegründet oder weiter ausgebaut. Zu den gemeinsamen Zielen gehört eine Welt, in der Ressourcen optimal genutzt und wiederaufbereitet sowie möglichst vollständig in Kreisläufen geführt werden. Das gilt nicht nur für feste Abfälle, sondern beispielsweise auch für die Aufbereitung von industriellen und kommunalen Abwässern. Gerade vor dem Hintergrund des Klimawandels, der die in vielen Regionen der Welt bestehende Wasserknappheit weiter verschärft, ist der nachhaltige Umgang mit dem „blauen Gold" eine der großen Menschheitsaufgaben. Die IFAT Munich deckt daher auch das Thema Wasser in seiner ganzen Bandbreite ab: von der Versorgung mit Trink- und Brauchwasser über dessen Verteilung und Nutzung bis zur Aufbereitung und Kreislaufführung.

Internationales Messenetzwerk mit strategischen Knotenpunkten
Deutschland beansprucht eine Führungsrolle bei der internationalen Etablierung des Kreislaufgedankens und treibt weltweit nachhaltiges Handeln voran. Als Traditionsveranstaltung unterstützt die IFAT in München diese Ziele seit vielen Jahrzehnten. Um ihre Leistungen in den zukunftsträchtigen regionalen Märkten des Globus weiter auszurollen zu können, gibt es die IFAT mittlerweile außerdem an elf weiteren Standorten.

IFAT Publikum, Quelle BDE

- So ist sie in China, dem flächenmäßig drittgrößten Land der Erde, gleich vierfach mit einem Joint Venture vertreten. Die IE expo China in Shanghai gilt als die größte Messe für Umwelttechnologien in Asien. Sie bildet die Themen Wasser, Abfall, Luft und Boden ab. Neben der Schau in Shanghai legt die IE expo Chengdu den Fokus auf Westchina, während die IE expo Guangzhou und die IE expo Shenzhen im jährlichen Wechsel das Entwicklungspotenzial der Umweltschutzbranche in Südchina erschließen.

- Als global bevölkerungsreichste Nation hat auch Indien das Potenzial für mehr als einen IFAT-Schauplatz. Flaggschiff ist hier die IFAT India für Wasser, Abwasser, Abfall und Recycling in Mumbai. Auf den Norden Indiens konzentriert sich die IFAT Delhi in Neu-Dehli.

IFAT Außengelände, Quelle: Faun

- Als weiterer Fixpunkt im Asien-Engagement der IFAT wurde zu Beginn des Jahres 2023 eine langfristige Kooperation mit der Singapore International Water Week geschlossen. Die renommierte Messe in Singapur zeigt innovative Lösungen für eine wasserbewusste Welt.

- Eine Brückenfunktion zwischen den asiatischen und europäischen Märkten nimmt die IFAT Eurasia ein. Dazu passt die Metropole Istanbul/Türkei als Veranstaltungsort, der auf beiden Kontinenten liegt.

- Von Eurasien nach Afrika: Für die Region Subsahara-Afrika wurde im Jahr 2015 die IFAT Africa in Johannesburg/Südafrika installiert.

- Um auch dem aufstrebenden Markt für Umwelttechnologien in Brasilien und den anderen Nationen Süd- und Mittelamerikas eine eigene kontinentale Bühnen zu bieten, findet im April 2024 erstmals die IFAT Brasil in São Paulo statt.

In der Zusammenschau zeigt sich ein dichtes Messenetzwerk, das umfassende Chancen bietet, die wirtschaftliche und politische Zusammenarbeit für den Umwelt- und Klimaschutz weltweit voranzutreiben.

Aussteller- und Besucherstruktur der IFAT

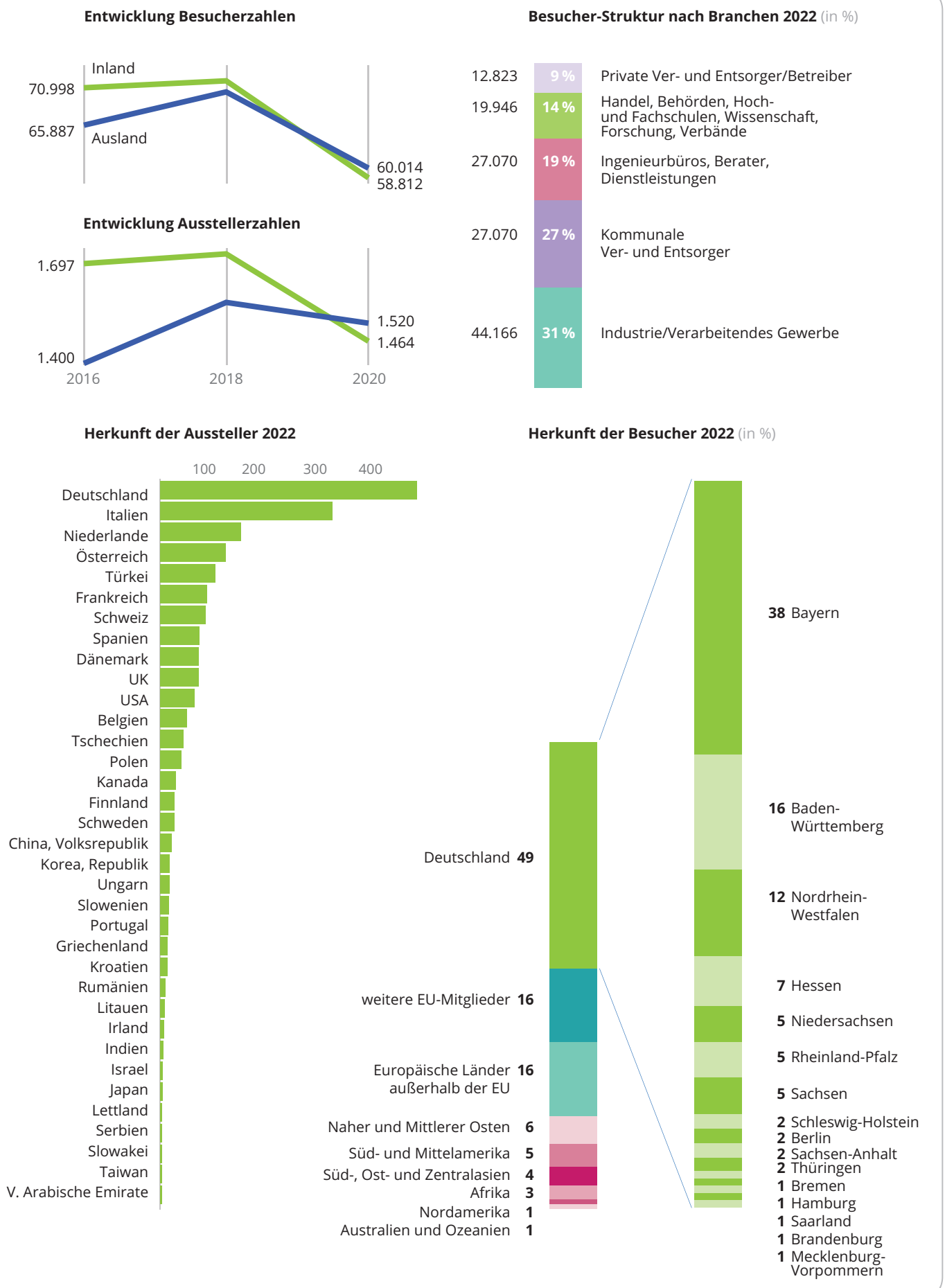


Abb. 50 Quelle: Messe München

2.3.2. Der Welthandel mit Produkten der Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft ist ein boomender Markt. Das zeigt sich auch in den Entwicklungen auf dem Weltmarkt. Insgesamt wurden im Jahr 2021 im Bereich der Kreislaufwirtschaft weltweit Industriegüter im Wert von mehr als 233 Milliarden US-Dollar gehandelt. An der Spitze stehen die USA mit einem Exportvolumen von über 39 Milliarden US-Dollar, Deutschland folgt mit rund 23 Milliarden US-Dollar auf Rang zwei.

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

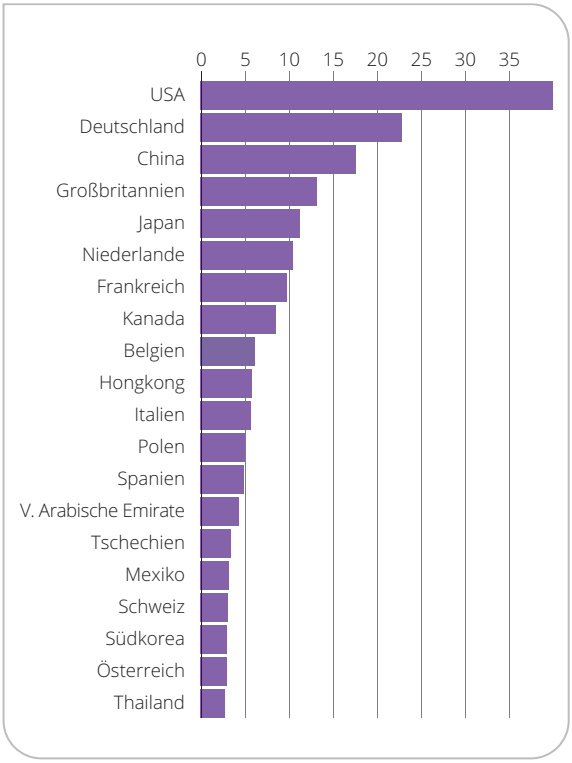


Abb. 50 Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

Besonders dynamisch entwickelt sich der Welthandel im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft". Der Wert der weltweit exportierten Güter legte von knapp 29 Milliarden US-Dollar im Jahr 2010 auf fast 50 Milliarden US-Dollar im Jahr 2021 zu. Nach wie vor genießt deutsche Technik in diesem Teilmarkt weltweit einen exzellenten Ruf. Allerdings stehen hiesige Unternehmen unter einem starken Wettbewerbsdruck. In den letzten zehn Jahren büßte Deutschland drei Prozentpunkte Weltmarktanteil ein. Dieser liegt im Jahr 2021 bei nur noch 12 %. China demgegenüber konnte seinen Weltexportanteil zwischen 2011 und 2021 deutlich von 18 % auf 30 % steigern.

Der größte Teil des Welthandels in der Kreislaufwirtschaft entfällt auf das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung". Die globalen Handelsströme umfassen hier Sekundärrohstoffe und recyclebare Abfälle, die 2021 ein Volumen von 183 Milliarde

Entwicklung der weltweiten Exportanteile im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft" nach Ländern

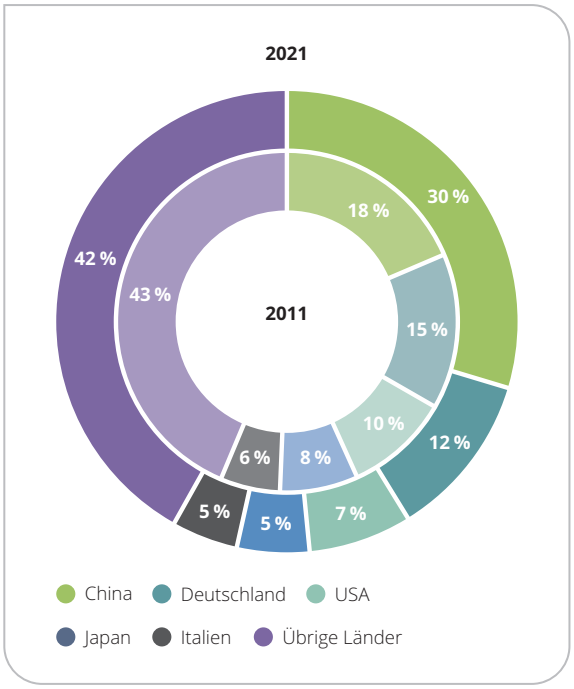


Abb. 51, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

US-Dollar umfassten. Die Vereinigten Staaten dominieren die Exporte in diesem Marktsegment mit 20 % Weltmarktanteil. Deutschen Unternehmen liegen mit einem Anteil von rund 9 % auf Rang zwei. China als Exporteur spielt beim globalen Handel in diesem Marktsegment eine lediglich untergeordnete Rolle.

Seit 2021 wird auf der EU-Ebene die Revision der EU-Abfallverbringungsrichtlinie beraten. Diese sieht zahlreiche Einschränkungen des freien Welthandels mit Stahlschrotten und anderen Recyclingrohstoffen vor. Diese werden von den betroffenen Recyclingverbänden sehr kritisch gesehen. Sie sehen dadurch die etablierte globale Zusammenarbeit bei vielen Recyclingrohstoffen, die eine effiziente Recyclingwirtschaft überhaupt erst ermöglicht, als gefährdet an.

Die Illustration auf der Seite 101 zeigt die internationalen Handelsströme von „Abfällen und Schrotten aus Eisen oder Stahl" und veranschaulicht, wie stark die internationalen Verflechtungen in diesem Bereich sind. Während durch den globalen Handel unterschiedliche Verfügbarkeiten, Bedarfe und Produktionskapazitäten in Einklang gebracht werden können, nimmt der weitere Ausbau und die qualitative Verbesserung des Recyclings in Deutschland einen hohen Stellenwert ein, um dem wachsenden Bedarf nach hochwertigen Sekundärrohstoffen der heimischen Stahlindustrie gerecht zu werden.

Waschwagen für Unterflurcontainer, Quelle TTC NL

Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

Beispiel: Abfälle und Schrotte von unedlen NE-Metallen

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

Metallrecycling, Quelle: TSR Recycling

Die globalen Handelsströme von Abfällen und Sekundärrohstoffen lassen sich gut am Beispiel von Abfällen und Schrott von Eisen und Stahl darstellen. Die nebenstehenden Karten geben einen interessanten Überblick über die wichtigsten Handelsbeziehungen. Für die Darstellung ausgewählt wurden die zehn größten Importeure dieser Abfallgruppe und ihre jeweils bedeutendsten Einfuhr- und Ausfuhrströme mit anderen Ländern. Deutlich wird dabei unter anderem der „Rohstoffhunger“ von Schwellenländern wie Indien, Türkei, Vietnam und Pakistan. Indien weist nicht nur das mit Abstand höchste Importvolumen (3,98 Mrd. USD), sondern auch den größten Importüberschuss auf. Im Jahr 2021 exportierte Indien Güter im Wert von lediglich 12 Mio. USD aus dieser Abfallgruppe. Ein ähnlich großes Gefälle zwischen Im- und Exporten verzeichnen die Türkei (Rang 2) Vietnam (Rang 5) und Pakistan (Rang 10). Die Türkei profiliert sich dabei insbesondere als "Eisen- und Stahlrecycler" der EU. Im Gegensatz dazu verzeichnen die USA und Deutschland, als zwei der größten Industrienationen, die höchsten Exporte und Exportüberschüsse. Die USA exportieren mit 7,57 Mrd. USD knapp dreimal so viel, wie sie importieren. Deutschland hingegen exportiert mit Gütern im Wert von 5,32 Mrd. USD im Vergleich nur doppelt so viel, wie es importiert.

Die zehn größten Importeure von „Abfällen und Schrotten von unedlen Metallen (ohne Schlacken, Aschen und Rückstände)“ im Jahr 2021 (in Mrd. USD)

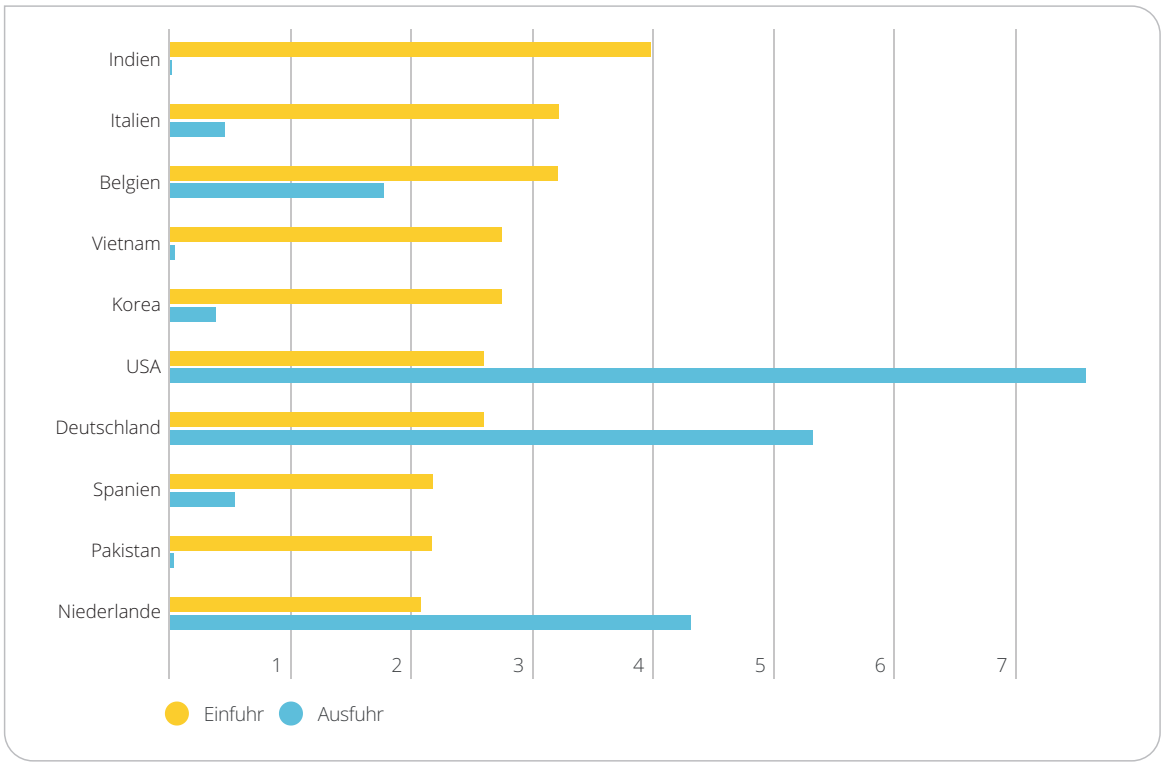
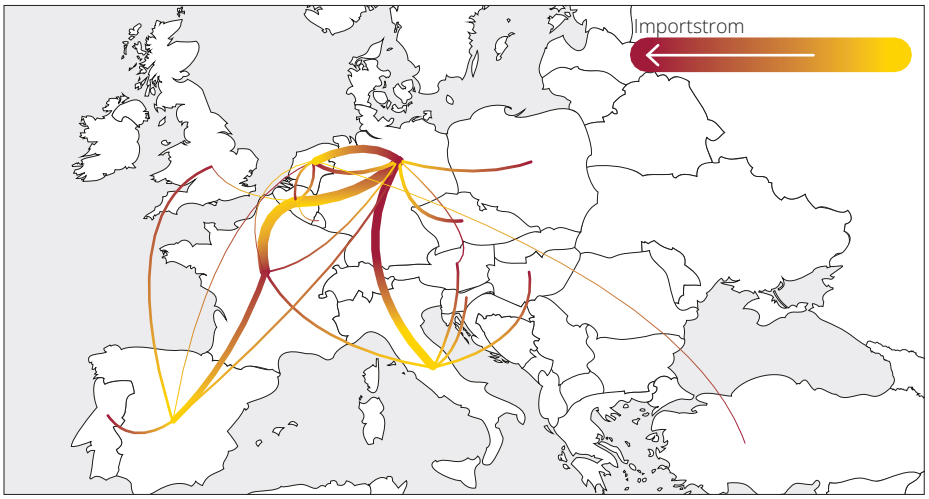
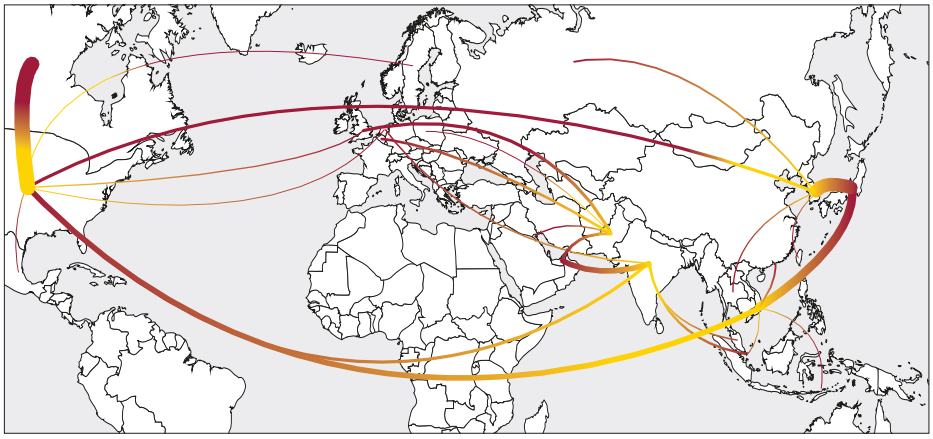
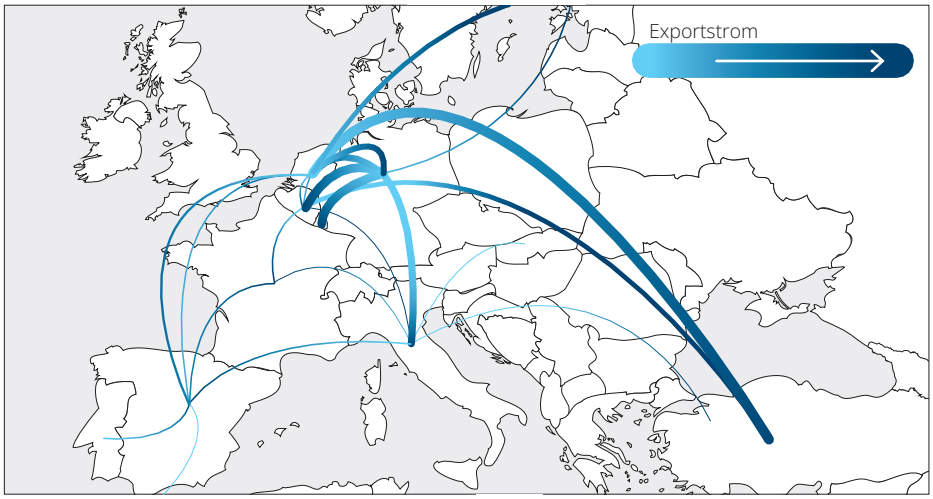


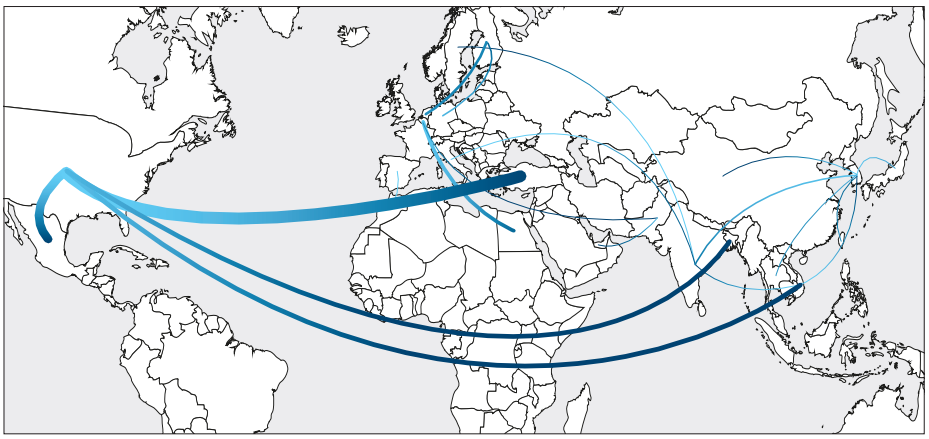
Abb. 52, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

Globale Handelsströme mit "Abfällen und Schrotten von Eisen und Stahl" im Jahr 2021 (in Mrd. USD)









Die fünf wichtigsten Importlieferanten von:		Die fünf wichtigsten Exportmärkte von:	
Indien		**Indien**	
V. Arab. Emirate	0,72	Schweden	0,01
USA	0,41	Bhutan	0,00
Singapur	0,32	Deutschland	0,00
Malaysia	0,23	Brasilien	0,00
Niederlande	0,18	Thailand	0,00
Italien		**Italien**	
Deutschland	1,07	Türkei	0,12
Österreich	0,37	Frankreich	0,07
Frankreich	0,30	Belgien	0,04
Ungarn	0,25	Indien	0,04
Slowenien	0,22	Slowenien	0,04
Belgien		**Belgien**	
Deutschland	1,34	Türkei	0,59
Frankreich	1,27	Ägypten	0,48
Niederlande	0,35	Niederlande	0,19
UK	0,07	Frankreich	0,18
Luxenburg	0,03	Pakistan	0,10
Vietnam		**Vietnam**	
Japan	1,08	Indien	0,02
USA	0,74	Südkorea	0,01
Australien	0,26	Taiwan	0,00
Hongkong	0,23	Frankreich	0,00
Singapur	0,06	Thailand	0,00
Südkorea		**Südkorea**	
Japan	1,67	Indien	0,18
USA	0,40	Japan	0,07
Russland	0,27	China	0,06
Thailand	0,16	Thailand	0,02
Taiwan	0,12	Taiwan	0,02
USA		**USA**	
Kanada	1,77	Türkei	1,46
Mexiko	0,33	Mexiko	1,08
UK	0,17	Vietnam	0,61
Niederlande	0,14	Bangladesch	0,59
Schweden	0,06	Taiwan	0,58
Deutschland		**Deutschland**	
Niederlande	0,50	Belgien	1,10
Tschechien	0,45	Italien	0,91
Polen	0,37	Niederlande	0,86
Frankreich	0,24	Luxemburg	0,44
Österreich	0,18	Finnland	0,29
Spanien		**Spanien**	
Frankreich	0,75	Portugal	0,19
UK	0,34	Marroko	0,05
Deutschland	0,28	Italien	0,05
Portugal	0,21	Frankreich	0,05
Niederlande	0,13	Niederlande	0,03
Pakistan		**Pakistan**	
UK	0,43	V. Arab. Emirate	0,02
V. Arab. Emirate	0,37	UK	0,00
Belgien	0,34	Niederlande	0,00
Kuweit	0,18	Oman	0,00
Polen	0,09	China	0,00
Niederlande		**Niederlande**	
Deutschland	1,02	Türkei	1,25
Belgien	0,30	Deutschland	0,75
Frankreich	0,11	Finnland	0,59
Türkei	0,06	Belgien	046
Spanien	0,06	Spanien	0,32

Abb. 53, Quelle: Prognos AG, Welthandelsmodell

2.3.3 Importe der deutschen Kreislaufwirtschaft

Deutschland ist für viele Staaten, insbesondere aus der EU, einer der bedeutendsten Handelspartner für Produkte und Sekundärrohstoffe der Kreislaufwirtschaft. Knapp 69 % der Gesamtimporte der deutschen Kreislaufwirtschaft von rund 16,1 Milliarden Euro werden aus nur zehn Ländern bezogen. Dabei zeigt sich vor allem die Relevanz innereuropäischer Wertschöpfungsketten und der innereuropäischen Arbeitsteilung. Die Nachbarländer Niederlande (2,33 Milliarden Euro), Polen (1,29 Milliarden Euro) und Frankreich (1,27 Milliarden Euro) belegen die Plätze eins, drei und vier bei den Importen von Produkten und Sekundärrohstoffen nach Deutschland. Daneben entwickelten sich die Vereinigten Staaten (1,31 Milliarden Euro) mit einer jährlichen Wachstumsrate von 8 % seit 2010 – dies ist die höchste Wachstumsrate der zehn wichtigsten Herkunftsländer – zum zweitwichtigsten Herkunftsland.

Importe der Kreislaufwirtschaft nach Deutschland 2022 (in Mrd. Euro)

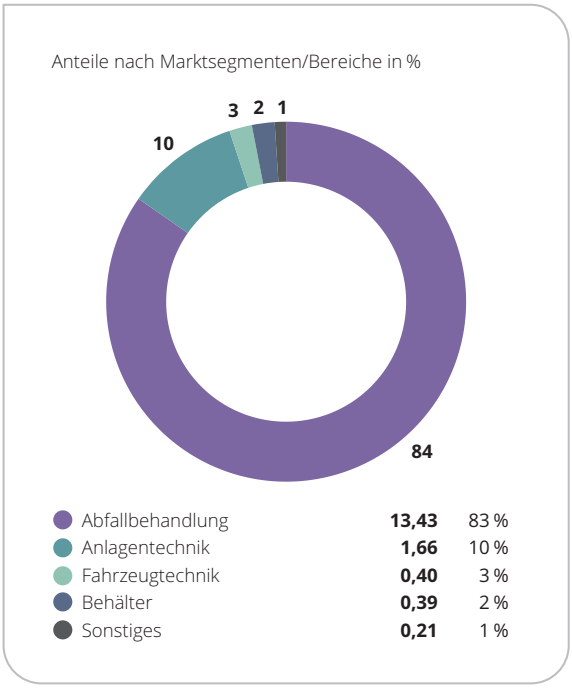


Abb. 54, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Den klaren Schwerpunkt der Importe bilden die Abfälle und Sekundärrohstoffe, die sich im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung" kumulieren (83,5 %). In Bezug auf technische Güter haben Importe im Technologiefeld der Anlagentechnik den höchsten Stellenwert (10,3 %). Importe in den Technologiefeldern Fahrzeugtechnik, Behälter sowie sonstige Produkte fallen demgegenüber deutlich geringer aus.

2.3.3.1 Importe im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft"

Technische Güter stellen den deutlich kleineren Teil der Importnachfrage der deutschen Kreislaufwirtschaft dar. Im Jahr 2022 beliefen sich die Importe auf ein Volumen von knapp 2,65 Milliarden Euro. Prägend sind dabei Produkte der Anlagentechnik (u. a. Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse sowie Trenn- und Sortieranlagen), auf die etwa zwei Drittel der Importe entfallen. Neben fertigen Produkten fließen dabei auch Vorleistungskomponenten für die hiesige Anlagenfertigung ein. Die Fahrzeugtechnik (Müllwagenaufbauten sowie Kehr- und Müllabfuhrwagen) nimmt die dritte Stelle bei den Importen technischer Güter ein, daneben zählen auch einfachere Produkte wie etwa Müllsäcke und andere Sammelbehälter zu diesem Marktsegment. Hervorzuheben ist das deutliche Wachstum des Importvolumens vieler technischer Güter für die Kreislaufwirtschaft, insbesondere im Technologiefeld der Fahrzeugtechnik (8,4 % p. a. seit 2010).

Die Liste der Top-Importprodukte im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft" wird mit großem Abstand von Instrumenten zur Abfallbehandlung und -analyse angeführt. Das Importvolumen nahm in den letzten Jahren stetig zu und lag 2022 bei fast 720 Millionen Euro. Es folgen Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen mit 395 Millionen Euro sowie Trenn- und Sortieranlagen im Wert von ca. 370 Millionen Euro. Der Import dieser Gütergruppen hat sich gegenüber 2010 mehr als verdoppelt (+162 % und 8,4 % p. a. bzw. +107 % und 6,2 % p. a.). Die Produktgruppe der Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier verzeichnet eine Verdreifachung des Importwertes (348 Millionen Euro, + 230 % gegenüber 2010 und 10,5 % p. a.). Annähernd eine Vervierfachung des Imports zeigt sich bei Umladeanlagen (130 Millionen Euro, + 286 % gegenüber 2010 und 11,9 % p. a.).

Interessant ist der Blick auf die Hauptherkunftsländer: Größter Exporteur von Technik für die Abfallwirtschaft nach Deutschland ist China. Die zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt lieferte im Jahr 2022 technische Abfallwirtschaftsgüter im Wert von knapp 295 Millionen Euro. Der Großteil davon liegt im Technologiefeld der Anlagentechnik (187 Millionen Euro), darunter insbesondere Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse, Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen sowie Trenn- und Sortieranlagen. Neben Gütern aus der Anlagentechnik bezieht Deutschland bedeutende Importvolumina an Fahrzeugtechnik (63 Millionen Euro) und Abfallbehältnissen bzw. Müllsäcken (37 Millionen Euro). Auf Platz zwei folgt die Schweiz (243 Millionen Euro), die vor allem Anlagentechnik (203 Millionen Euro) nach Deutschland exportiert. Dahinter folgen die USA (183 Millionen Euro), von denen schwerpunktmäßig Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse (113 Millionen Euro) bezogen werden.

Importgüter im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“

Importgüter (in 1.000 €)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*	
							2010–2022	*p. a.*
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	404.200	578.100	657.200	590.000	653.300	719.700	▲ 78	5
Trenn- und Sortieranlagen	179.000	295.400	356.500	279.500	321.200	369.600	▲ 106	6
Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen	151.000	231.800	311.600	287.200	362.900	395.400	▲ 162	8
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	105.300	236.100	267.500	277.900	270.500	347.800	▲ 230	10
Müllsäcke	132.300	188.400	206.800	202.000	230.200	279.100	▲ 111	6
Geomembrane zur Deponieabdeckung und -abdichtung	119.300	148.800	156.500	152.300	181.700	211.900	▲ 78	5
Umladeanlagen	33.800	69.200	105.500	96.300	110.300	130.300	▲ 286	12
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	65.500	75.600	87.600	82.200	97.500	107.500	▲ 64	4
Bestandteil thermische Abfallbehandlungsanlage	30.100	31.500	37.200	35.200	43.300	45.000	▲ 50	3
Demontage-, Zerkleinerungseinrichtungen für Abfall	14.800	24.600	32.400	22.500	30.000	21.800	▲ 47	3
Einrichtungen zum Agglomerieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	12.800	12.300	14.700	11.400	11.100	14.500	▲ 13	1
Gesamt	**1.248.100**	**1.891.800**	**2.233.500**	**2.036.500**	**2.312.000**	**2.642.600**	▲ **112**	**6**

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

Top-10 Herkunftsländer im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ 2022 (nach Technologiebereichen, in Mio. Euro)

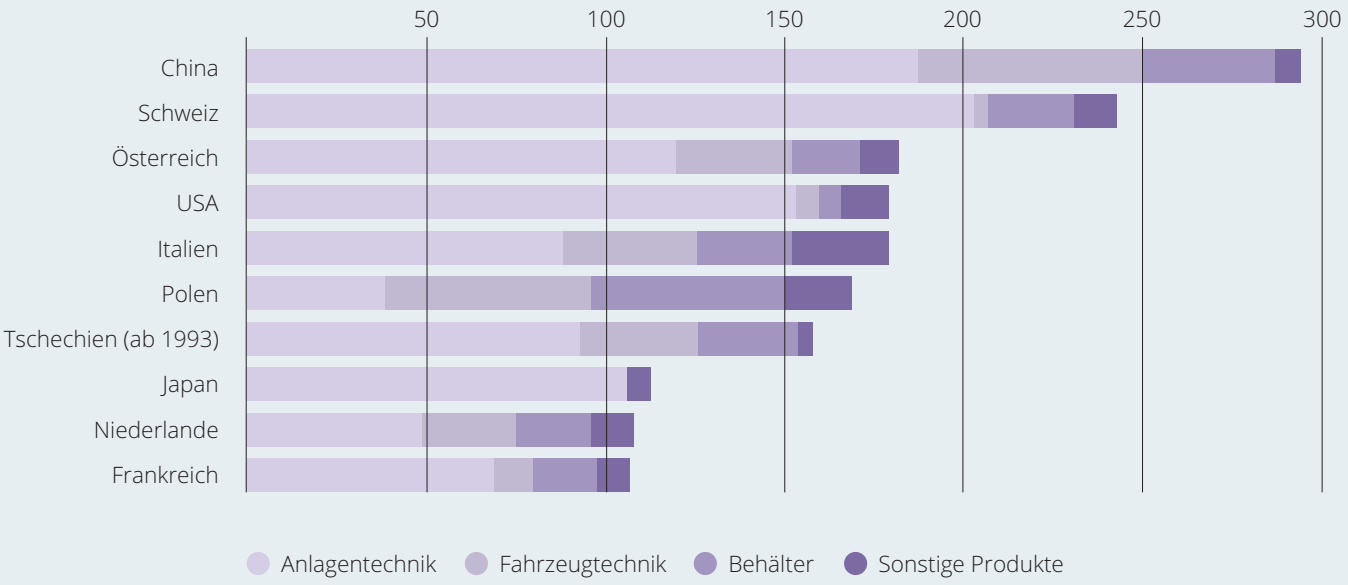


Abb. 56, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

2.3.3.2 Importe im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

Der internationale Handel mit Abfällen, Schrotten und Sekundärrohstoffen bildet den Schwerpunkt der Importe der deutschen Kreislaufwirtschaft. Mit rund 13,4 Milliarden Euro im Jahr 2022 entfielen ca. 83 % der Importe auf das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“.

Besonders Metallabfälle bestimmen das Importgeschehen. An der Spitze stehen Abfälle und Schrotte aus Kupfer, welche mit 3,64 Milliarden Euro ein Viertel des Importvolumens des gesamten Marktsegments ausmachen. Diese Kupferabfälle- und Schrotte setzen sich hierbei aus den Produkten „raffiniertes Kupfer“ (1,72 Milliarden Euro), „andere Kupferlegierungen“ (1,25 Milliarden Euro) und „Kupfer-Zink-Legierungen“ (673 Millionen Euro) zusammen. Der Import von Kupferabfällen wuchs von 2010 bis 2022 um durchschnittlich 3,4 % p. a. Kupfer gehört zu den wichtigsten Gebrauchsmetallen. Durch seine elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Korrosionsbeständigkeit findet es vielfältig Anwendung in der Industrie, unter anderem in Legierungen bei Maschinenanlagen, Rohren, Kabeln sowie der Elektrotechnik und Elektromobilität.

Top-5 Importgüter für das Marktsegment "Abfallbehandlung und -verwertung“ 2022 (in Mrd. Euro)

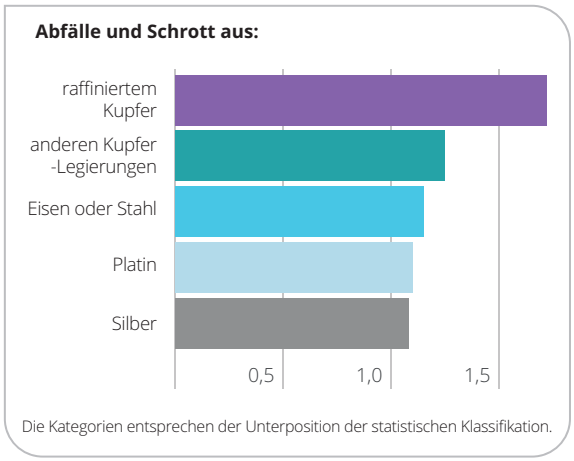


Abb. 57, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Top-10 Herkunftsländer im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2022 (in Mio. Euro)

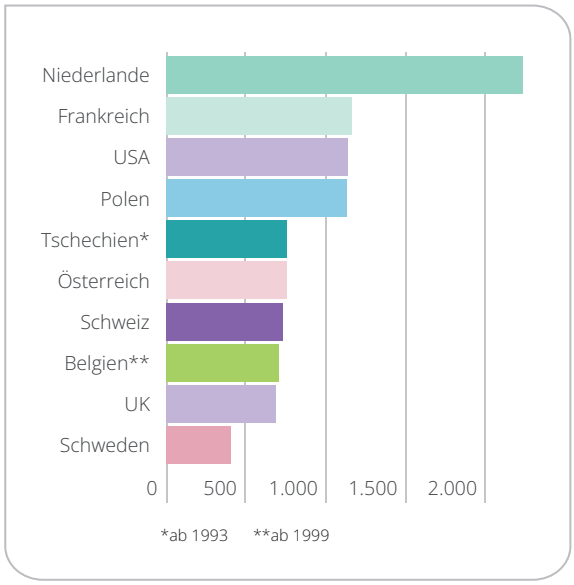


Abb. 58, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Die Abfallgruppe mit dem zweithöchsten Importwert sind die NE-Metalle, wobei diese Gruppe nur knapp 99.000 Tonnen am gesamten Importgewicht des Marktsegments „Abfallbehandlung und -verwertung“ (15 Millionen Tonnen) ausmacht. 2022 wurden NE-Metalle im Wert von 3,1 Milliarden Euro importiert, wobei Platin (1,1 Milliarden Euro), Silber (1,08 Milliarden) und Gold (340 Millionen Euro) die größten Importposten darstellten. Besonders die Importvolumina der NE--Metalle waren im Zeitraum von 2010 bis 2022 großen Schwankungen unterlegen. Im Jahr 2021 wurde ein Importwert von knapp 7,9 Milliarden Euro verzeichnet, was eine Differenz um ca. 4,8 Milliarden Euro zum Jahr 2022 bedeutete. Dennoch konnten die Importe bei den NE-Metallen 2022 im Vergleich zu 2010 um 12,1 % zulegen.

Die Abfall- und Schrottgruppe „Eisen und Stahl“ belegt den dritten Platz hinsichtlich des Importwerts im Marktsegment. Die Entwicklung der Eisen- und Stahlschrotte zwischen 2010 und 2022 war von einer stetigen Abnahme gekennzeichnet, 2021 und 2022 stieg das Importvolumen wieder und stabilisierte sich bei 2,2 Milliarden Euro. Auch die Importmenge schwankte in den letzten Jahren, wenn auch weniger stark als der Importwert, und betrug 2022 15,3 % weniger als 2010. Dennoch stellen Eisen- und Stahlschrotte gemessen in Tonnagen nach wie vor mit Abstand den höchsten Einfuhrposten der deutschen Kreislaufwirtschaft dar. 2022 wurden knapp 4,9 Millionen Tonnen importiert. Hierbei macht der Posten „Abfälle und Schrotte aus Eisen oder Stahl“ mehr als die Hälfte des Importwerts (1,15 Milliarden Euro) und des Importgewichts (2,89 Millionen Tonnen) der zugehörigen Abfallgruppe aus. Papierabfälle sind die erste nichtmetallische Abfallgruppe im Importwert-Ranking und rangieren mit 970 Millionen Euro auf dem vierten Platz, wobei die Importmenge mit 4,4 Millionen Tonnen nur knapp hinter den Eisen- und Stahlschrotten liegt und somit fast ein Drittel der gesamten Importmenge im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ einnimmt.

Aluminiumschrotte und Sekundäraluminium komplettieren die Top-5 der größten Importposten und kommen auf 488 Millionen Euro Importwert (3,6 % aller Importe im Marktsegment), bei einem gleichzeitig relativ niedrigem Mengenvolumen von 278.000 Tonnen (1,9 %). Aluminium kann ohne Verluste seiner Eigenschaften recycelt werden, weshalb sich die Schrotte einer großen Nachfrage erfreuen. Aluminium ist insbesondere in seiner Eigenschaft als vielseitig einsetzbares Leichtmetall ein zentraler Rohstoff für verschiedene Industriebranchen, unter anderem als Legierung im Flugzeug-, Schiffs- und Fahrzeugbau sowie in Verpackungen und Behältern.

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

Importgüter (in 1.000 €)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*	
							2010–2022	*p. a.*
Biologische Abfälle	61.000	79.000	115.500	133.100	130.500	182.700	▲ 36,2	3,9
Elektroschrott	7.500	30.300	3.000	3.700	14.900	8.300	▲ 2,4	0,3
Glasrecycling	16.800	24.100	28.500	29.000	29.900	36.200	▼ -27,9	-4,0
Holzabfälle	69.000	53.500	81.700	78.400	101.000	116.400	▲ 102,4	9,2
Industrieabfälle	17.400	30.700	28.700	24.800	28.000	35.300	▲ 24,6	2,8
Papierrecycling	434.700	425.900	497.700	434.600	842.500	970.300	▲ 17,4	2,o
Rauchgasentschwefelungs(REA)-Gips	6.600	7.200	8.900	9.100	10.300	11.800	▲ 23,6	2,7
Rückgewinnung von Aluminium	589.900	973.700	1.167.600	173.700	333.800	488.200	▲ 103,1	9,3
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	1.995.200	1.253.000	1.233.100	1.048.000	2.177.000	2.197.600	▲ 18,0	2,1
Rückgewinnung von Kunststoffen	157.400	224.700	209.100	150.700	214.100	307.200	▲ 34,1	3,7
Rückgewinnung von Kupfer	2.435.400	2.240.300	2.478.400	2.268.600	3.351.000	3.643.800	▲ 62,6	6,3
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	2.771.200	3.137.200	4.568.000	5.830.500	7.899.200	3.106.100	▲ 67,9	6,7
Runderneuerte Reifen	79.900	69.600	85.600	74.000	83.700	93.700	▲ 12,1	1,4
Siedlungsabfälle	1.200	900	900	1.000	1.700	1.900	▼ -56,0	-9,8
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	386.200	426.600	360.600	200	600	600	▼ -50,0	-8,3
Gesamt	**9.029.400**	**8.976.700**	**10.867.300**	**10.259.400**	**15.218.200**	**11.200.100**	▲ **24,0**	**2,0**

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

Importgüter im Marktsegment „Abfallbehandlung und Verwertung“ (in Tonnen)

Importgüter (in Tonnen)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*	
							2010–2022	*p. a.*
Biologische Abfälle	265.500	332.400	465.100	466.900	473.600	453.000	▲ 71	5
Elektroschrott	14.000	25.700	4.300	6.400	15.300	9.900	▼ -29	-3
Glasrecycling	362.400	510.800	546.200	623.900	602.900	631.300	▲ 74	5
Holzabfälle	1.247.400	1.181.100	1.181.400	1.196.900	1.297.200	1.072.500	▼ -14	-1
Industrieabfälle	122.900	290.800	132.100	96.400	95.800	101.800	▼ -17	-2
Papierrecycling	2.671.200	2.919.300	3.807.500	3.614.500	4.388.200	4.423.000	▲ 66	4
Rauchgasentschwefelungs(REA)-Gips	67.500	68.100	118.700	116.200	121.600	112.600	▲ 67	4
Rückgewinnung von Aluminium	500.900	790.100	976.100	181.700	253.400	278.300	▼ -44	-5
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	5.780.500	4.814.700	4.324.900	4.624.000	5.664.500	4.897.500	▼ -15	-1
Rückgewinnung von Kunststoffen	456.800	698.800	633.200	521.000	555.300	549.800	▲ 20	2
Rückgewinnung von Kupfer	623.900	603.800	596.000	548.300	589.100	559.500	▼ -10	-1
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	168.400	167.500	207.200	158.800	183.600	99.000	▼ -41	-4
Runderneuerte Reifen	68.500	62.000	67.300	65.400	68.500	70.000	▲ 2	0
Siedlungsabfälle	14.200	31.200	19.600	16.000	22.600	28.300	▲ 99	6
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	1.508.800	1.428.300	1.331.200	6.300	11.100	11.500	▼ -99	-33
Gesamt	**13.872.900**	**13.924.600**	**14.410.800**	**12.242.700**	**14.342.700**	**13.298.000**	▲ **4**	**0**

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

Vier der fünf wichtigsten Herkunftsländer für Abfälle und Sekundärmaterialien befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu Deutschland. Die Niederlande stellen dabei mit deutlichem Abstand den wichtigsten Lieferanten für die deutsche Verwertungsbranche dar. Der Importwert im Marktsegment „Abfallbehandlung und – verwertung" betrug 2022 rund 2,2 Milliarden Euro. Dieser speist sich vor allem aus Kupfer- und Eisenschrotten. Zu beachten ist dabei jedoch der so genannte „Rotterdam-Effekt", der die niederländische Exportstatistik verzerrt. Ein großer Teil der Importe aus Übersee nach Europa wird über den Hafen Rotterdam abgewickelt und von dort an andere EU-Länder, vor allem Deutschland, weitergeleitet. In der deutschen Außenhandelsstatistik werden diese Warenströme teilweise als niederländische Importe verzeichnet. Allerdings beliefern auch Frankreich, Polen und Tschechien den deutschen Abfall- bzw. Sekundärrohstoffmarkt in großen Mengen. Aus Tschechien stammen überwiegend Eisen- und Stahlschrotte, während der Import aus Frankreich vor allem von Kupfer dominiert wird. Der einzige außereuropäische Vertreter unter den Top-5 Herkunftsländern sind die USA. Hier wird der Handel durch die Gruppe der sonstigen NE-Metalle (u.a. Platin, Silber, Gold) geprägt.

Exporte der Kreislaufwirtschaft nach Deutschland 2022 (in Mrd. Euro)

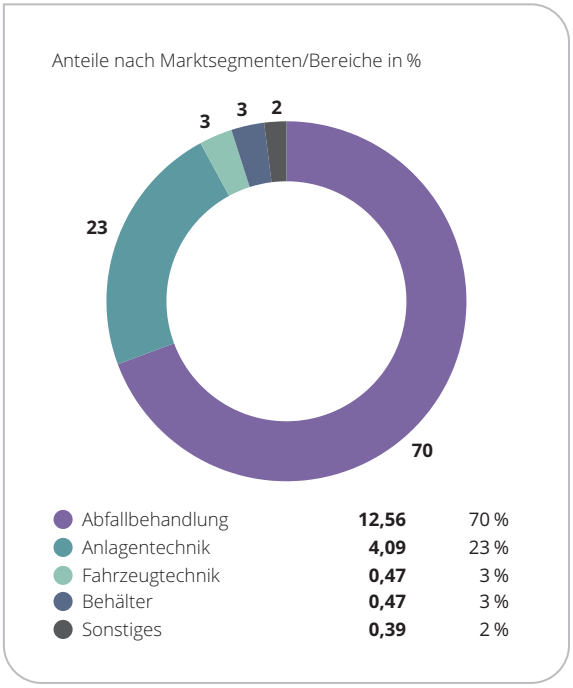


Abb. 61, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Sammlung in Hamburg, Quelle: Stadtreinigung Hamburg

2.3.4 Exporte der deutschen Kreislaufwirtschaft

Insgesamt exportierte die deutsche Kreislaufwirtschaft im Jahr 2022 Waren und Güter im Wert von knapp über 18 Milliarden Euro. Während Abfälle und Sekundärrohstoffe des Marktsegments „Abfallbehandlung und -verwertung" auch hier die größere Gruppe darstellen (70 %), nehmen Produkte des Marktsegments „Technik für die Abfallwirtschaft" mit insgesamt 30 % einen deutlich höheren Stellenwert ein als beim Import (16,5 %). Insbesondere der Bereich „Anlagentechnik" spielt mit knapp 23 % der Exporte eine wichtige Rolle.

2.3.4.1 Exporte im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft"

Im Jahr 2022 exportierte Deutschland Technik für die Abfallwirtschaft im Wert von über 5,4 Milliarden Euro und damit mehr als das 1,5-fache der Größenordnung des Jahres 2010. Mit einer jährlichen Zuwachsrate von 4,1 % weist der Export in diesem Marktsegment ein stabiles Wachstum auf einem hohen Niveau auf. Im Vergleich zu den Importen in diesem Marktsegment ergibt sich eine deutlich positive Handelsbilanz von knapp 2,8 Milliarden Euro.

Die Top-Exportprodukte im Jahr 2022 stammen aus dem Bereich der Anlagentechnik: Allen voran sind Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse (1,39 Milliarden Euro), Trenn- und Sortieranlagen (1,16 Milliarden Euro) sowie Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier (878 Millionen Euro) aus Deutschland weltweit nachgefragt. Aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik prägen Kehr- und Müllwagen(-aufbauten) den Export (467 Millionen Euro). Diese Produktgruppe hebt sich mit einem jährlichen Exportwachstum von 6,3 % nochmal von der insgesamt hohen Wachstumsrate des Marktsegments (+ 4,1 %) ab. Deutschland verfügt über eine differenzierte Abnehmerstruktur für Abfallwirtschaftstechnik. Den wichtigsten Absatzmarkt in diesem Marksegment stellen im Jahr 2022 die USA (683 Millionen Euro), gefolgt von China (597 Millionen Euro), dar. Die Nachfrage beider Länder fokussiert sich besonders auf Anlagentechnik (z. B. Analyseinstrumente), Trenn- und Sortieranlagen sowie Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier. Beide Länder stellen zugleich die Märkte mit dem höchsten absolu-

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

Exportgüter (in 1.000 €)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*		
								2010–2022	*p. a.*
Instrumente zur Abfallbehandlung und -analyse	849.300	1.146.500	1.435.300	1.250.700	1.326.300	1.388.700	▲	63,5	4,2
Trenn- und Sortieranlagen	812.600	1.067.800	1.187.800	905.900	1.012.200	1.162.000	▲	43,0	3,0
Müllwagenaufbauten und Kehr- und Müllabfuhrwagen	222.900	317.500	439.200	375.700	443.700	466.500	▲	109,3	6,3
Maschinen zur Bearbeitung von Altpapier	493.400	684.900	737.400	703.300	783.200	877.600	▲	77,9	4,9
Müllsäcke	187.600	231.100	262.600	261.100	285.300	319.000	▲	70,0	4,5
Geomembrane zur Deponie-abdeckung und -abdichtung	236.100	272.800	300.700	288.200	346.700	386.400	▲	63,7	4,2
Umladeanlagen	155.700	242.500	313.200	269.200	302.100	342.600	▲	120,0	6,8
Abfallbehälter aus Metall, Kunststoff und Papier	106.700	133.800	154.100	123.500	148.500	154.800	▲	45,1	3,1
Bestandteil thermische Abfall-behandlungsanlage	122.900	123.800	132.200	118.100	134.500	141.400	▲	15,1	1,2
Demontage-, Zerkleinerungs-einrichtungen für Abfall	91.500	117.900	153.400	125.400	124.000	109.400	▲	19,6	1,5
Einrichtungen zum Agglo-merieren, Pelletieren, Pressen und Mischen von Abfall	50.000	42.200	41.500	40.500	31.500	34.500	▼	-31,0	-3,0
Gesamt	**3.328.700**	**4.380.800**	**5.157.400**	**4.461.600**	**4.938.000**	**5.382.900**	▲	**61,7**	**4,1**

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

Top-10 Zielländer im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ 2022 (nach Technologiebereichen, in Mio. Euro)

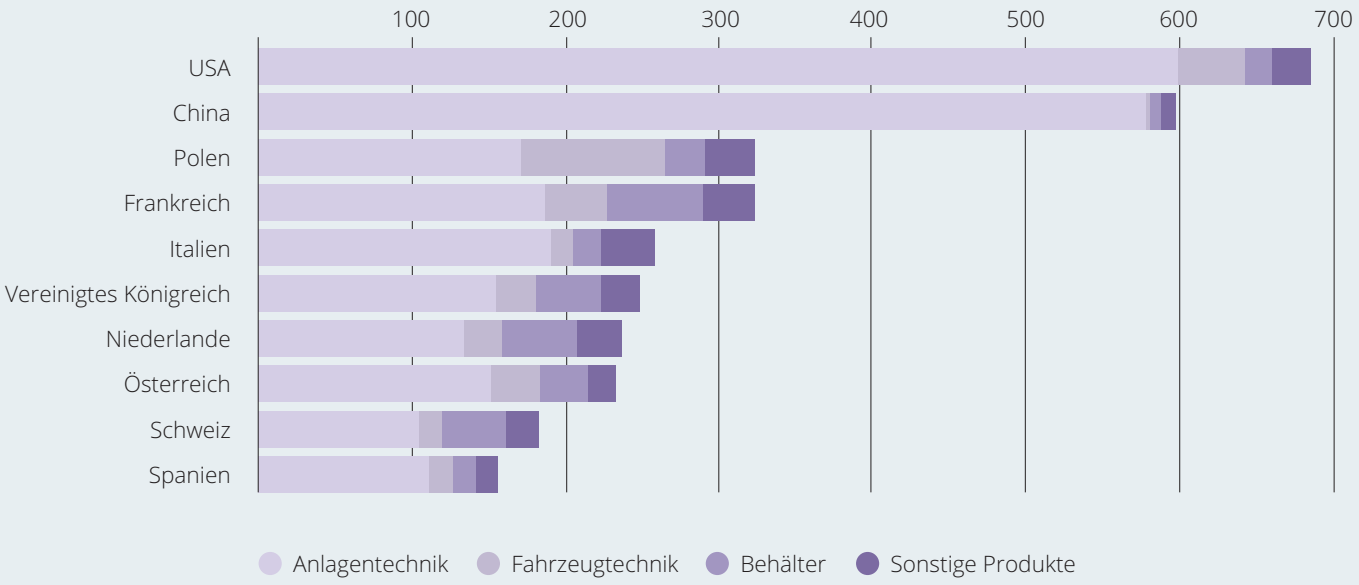


Abb. 63, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

ten Wachstum dar (+ 424 Millionen Euro bzw. + 236 Millionen Euro gegenüber 2010). Der drittwichtigste Absatzmarkt Polen (323 Millionen Euro) ist der, mit großem Abstand vor den zweitplatzierten USA, wichtigste Abnehmer für deutsche Fahrzeugtechnik in der Abfallwirtschaft (94 Millionen Euro). Darüber hinaus ist der polnische Markt von den Top-10 der Exportmärkte im Marktsegment mit dem höchsten prozentualem Exportwachstum gekennzeichnet (+ 182 % gegenüber 2010).

Frankreich, der mit einem Exportwert von 322 Millionen Euro viertgrößte Absatzmarkt, wird mit einer breiten Produktpalette bedient. Hier spielen auch einfachere Produkte wie Müllsäcke, Abfallbehälter oder Abdeckungen für Deponien eine bedeutende Rolle.

2.3.4.2 Exporte im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“

Abfälle, Schrotte und Sekundärrohstoffe haben insgesamt im Jahr 2022 mit einem Volumen von rund 12,56 Milliarden Euro (+ 30 % im Vergleich zu 2010) den größten Anteil an den Exporten für die Kreislaufwirtschaft ausgemacht. Die Exportwerte wuchsen seit 2010 um 2,2 % p. a., wobei in der jüngeren Vergangenheit große Schwankungen zu verzeichnen waren. So lag der Wert der Exporte 2020 bei 9,37 Milliarden Euro leicht unter dem Niveau aus 2010 (9,69 Milliarden Euro). Im Folgejahr stieg der Exportwert um 50 % auf 14 Milliarden Euro. Ausschlaggebend für die volatile Entwicklung des Exportwerts sind vor allem die wichtigsten Ausfuhrgüter: Eisen- und Stahlschrotte sowie Schrotte verschiedener NE-Metalle. Diese Entwicklung ist nicht zuletzt geprägt von Schwankungen der globalen Rohstoffpreise.

Top-5 Exportgüter für das Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2022
(Einzelposten in Mrd. Euro)

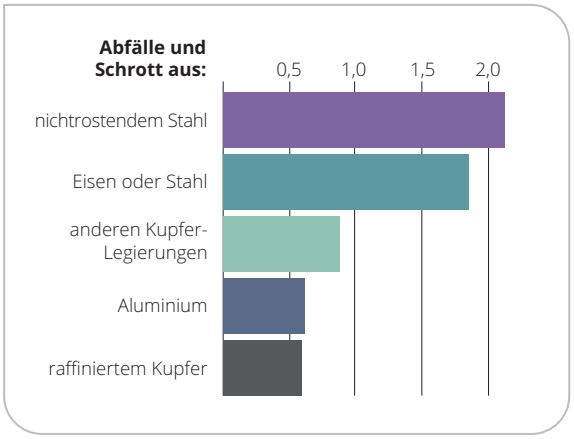


Abb. 64, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Der Export von Kupferschrotten und Sekundärkupfer kann ein leichtes Wachstum von durchschnittlich 0,94 % p. a. verzeichnen, obgleich der Exportwert in den einzelnen Jahren seit 2010 stark variiert. Im Vergleich zu 2010 sind hingegen die Exportwerte von Aluminiumschrotten und Sekundäraluminium (- 4,32 % p. a.) sowie von Kunststoffen zur Wiederaufbereitung (- 1,71 % p. a.) rückläufig. Beide Positionen gehen nicht nur im Wert, sondern auch in der exportierten Menge zurück. Mit Blick auf Kunststoffe zeigen sich hier die Folgen verschärfter Einfuhrrestriktionen verschiedener Abnehmermärkte, wie China und mehrerer südostasiatischer Länder.

Top-10 Zielländer im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ 2022
(in Mio. Euro)

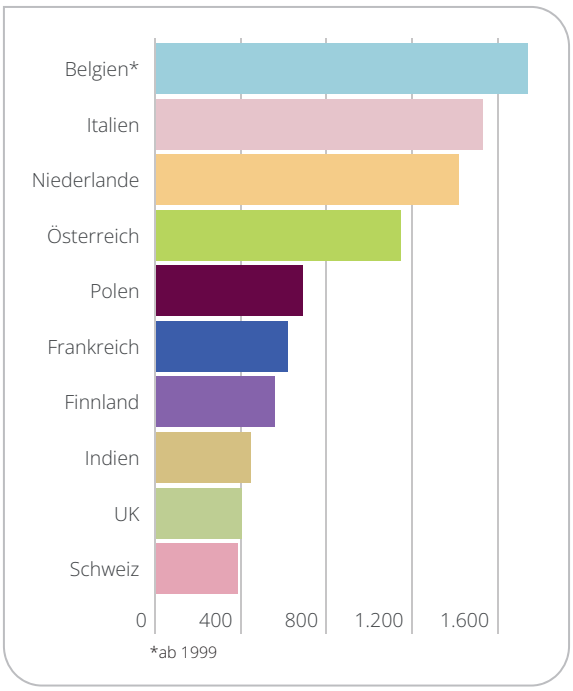


Abb. 65, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Die Ausfuhrströme im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung“ sind stark europäisch geprägt. Die sechs wichtigsten Handelspartner befinden sich in unmittelbarer geographischer Nähe. In die Niederlande, nach Belgien und nach Italien werden vor allem Eisen- und Stahlschrott in großen Mengen geliefert. Der Export der Eisen- und Stahlschrotte unterlag insgesamt starken Schwankungen, steigerte sich jedoch um durchschnittlich 1,9 % p. a. und wuchs im Vergleich zum Jahr 2010 insbesondere nach Italien und Österreich stark an. Im Gegensatz dazu zeigte sich in diesen beiden Ländern der allgemeine Trend einer abnehmenden Nachfrage nach Aluminiumschrotten bzw. Sekundäraluminium. Die größten Wachstumsmärkte im Marktsegment sind Italien (+795 Millionen Euro gegenüber 2010), Polen (+513 Millionen Euro gegenüber 2010) und Österreich (+421 Millionen Euro gegenüber 2010). Der wichtigste außereuropäische Markt für Abfälle, Schrotte und Sekundärrohstoffe ist Indien, welches mit einem Exportwert von 440 Millionen Euro den achten Platz der wichtigsten Absatzmärkte einnimmt. Hier nimmt der Export von Kupfer (162 Millionen Euro), Eisen und Stahl (130 Millionen Euro) den größten Stellenwert ein.

Exportgüter im Marktsegment „Abfallbehandlung und Verwertung“ (in 1.000 €)

Exportgüter (in 1.000 €)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*		
								2010–2022	*p. a.*
Biologische Abfälle	51.700	69.600	60.700	67.500	75.800	102.100	▲	3,9	0,3
Elektroschrott	6.900	6.800	11.700	12.800	9.700	2.400	▲	97,5	5,8
Glasrecycling	27.500	17.100	21.800	19.100	25.500	27.400	▼	-65,2	-8,4
Holzabfälle	33.400	47.100	51.800	54.500	65.200	79.000	▼	-0,4	0,0
Industrieabfälle	16.500	30.400	23.800	20.600	20.500	26.700	▲	136,5	7,4
Papierrecycling	379.700	357.800	288.500	216.300	326.200	336.200	▲	61,8	4,1
Rauchgasentschwefelungs (REA)-Gips	50.400	53.800	57.400	53.600	60.300	61.100	▼	-11,5	-1,0
Rückgewinnung von Aluminium	1.045.900	1.370.900	1.152.400	308.700	527.700	614.600	▲	21,2	1,6
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	3.782.500	2.861.000	3.074.300	2.782.800	4.301.800	4.749.200	▼	-41,2	-4,3
Rückgewinnung von Kunststoffen	473.900	508.800	368.800	268.500	313.700	388.100	▲	25,6	1,9
Rückgewinnung von Kupfer	1.837.100	1.447.800	1.341.200	1.317.700	2.148.900	2.046.800	▼	-18,1	-1,7
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	1.430.500	1.231.600	2.094.500	2.585.600	3.674.900	1.427.900	▲	11,4	0,9
Runderneuerte Reifen	148.700	144.000	154.100	145.600	184.000	201.400	▼	-0,2	0,0
Siedlungsabfälle	2.600	2.800	5.100	5.100	5.400	6.000	▲	35,4	2,6
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	404.600	533.200	585.500	-	-	-	▲	130,8	7,2
Gesamt	**9.691.900**	**8.682.700**	**9.291.600**	**7.858.400**	**11.739.600**	**10.068.900**	▲	**3,9**	**0,3**

Abb. 66, Quelle: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Exportgüter im Marktsegment „Abfallbehandlung und Verwertung“ (in Tonnen)

Exportgüter (in 1.000 €)	**2010**	**2015**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	*Entwicklung (in %)*		
								2010–2022	*p. a.*
Biologische Abfälle	591.400	486.000	435.400	498.300	618.200	544.600	▼	-7,9	-0,7
Elektroschrott	13.300	7.700	6.400	9.200	6.800	2.400	▼	-82,0	-13,3
Glasrecycling	379.200	150.400	202.300	183.800	205.100	174.000	▼	-54,1	-6,3
Holzabfälle	385.400	574.000	702.300	625.000	782.200	675.700	▲	75,3	4,8
Industrieabfälle	359.900	538.600	122.800	88.500	83.100	83.100	▼	-76,9	-11,5
Papierrecycling	2.866.000	2.541.000	2.306.200	1.910.300	1.667.500	1.507.800	▼	-47,4	-5,2
Rauchgasentschwefelungs (REA)-Gips	854.600	701.900	793.800	599.300	606.600	541.700	▼	-36,6	-3,7
Rückgewinnung von Aluminium	838.600	1.064.300	1.033.500	306.100	358.900	330.300	▼	-60,6	-7,5
Rückgewinnung von Eisen und Stahl	10.069.000	8.479.400	8.910.000	9.714.900	9.948.300	8.647.300	▼	-14,1	-1,3
Rückgewinnung von Kunststoffen	1.608.200	1.480.100	1.242.600	1.035.100	834.300	753.400	▼	-53,2	-6,1
Rückgewinnung von Kupfer	587.300	517.700	431.400	412.900	464.100	379.800	▼	-35,3	-3,6
Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen	151.000	153.000	158.000	133.600	147.900	109.300	▼	-27,6	-2,7
Runderneuerte Reifen	136.900	103.900	103.400	95.600	122.200	121.200	▼	-11,5	-1,0
Siedlungsabfälle	235.000	239.200	233.400	244.800	194.200	102.400	▼	-56,4	-6,7
Sonstige Abfälle + Rückgewinnung sonstiger Rohstoffe	2.162.400	2.555.200	2.456.400	-	100	100	▼	-100	-56,5
Gesamt	**21.216.000**	**21.449.600**	**20.718.300**	**20.216.600**	**13.973.100**	**19.899.800**	▼	**-6,2**	**-0,8**

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

Regionale Schwerpunkte der Märkte und Besonderheiten.

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

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

Abb. 68, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit und Statistisches Bundesamt

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

Insgesamt ist festzustellen, dass die Kreislaufwirtschaft in den meisten Bundesländern ein relevanter Wirtschaftsfaktor ist. Dies hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass bestimmte Leistungen der Kreislaufwirtschaft Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge sind und somit flächendeckend erbracht werden (müssen). Allerdings ist die Kreislaufwirtschaft in einigen Bundesländer besonders stark. Mecklenburg-Vorpommern (Spezialisierungsgrad von 2,56) und das Saarland (2,44) stechen hierbei hervor. In diesen beiden Bundesländern ist der ökonomische Stellenwert der Kreislaufwirtschaft mehr als doppelt so hoch wie im bundesweiten Durchschnitt. Die höchste Wachstumsrate bei der Bruttowertschöpfung in der Kreislaufwirtschaft weist jedoch Niedersachsen mit 4,5% p. a. im Zeitraum von 2010 bis 2022 auf. In Nordrhein-Westfalen – dem mit knapp 75.000 Erwerbstätigen größten Standort der Kreislaufwirtschaft in Deutschland – ist die Kreislaufwirtschaft mit einem Spezialisierungsgrad von 0,76 zwar unterdurchschnittlich ausgeprägt. Auffällig ist hier jedoch die hohe Konzentration der Bruttowertschöpfung. Knapp über ein Viertel der nationalen Bruttowertschöpfung der Kreislaufwirtschaft – und damit ungefähr so viel wie in den beiden anteilsmäßig nächst größten Bundesländern Bayern (14 %) und Baden-Württemberg (13 %) zusammen – wird in Nordrhein-Westfalen generiert.

Mit etwas Abstand folgen Bayern (rund 45.000 Erwerbstätige) und Baden-Württemberg (rund 41.000 Erwerbstätige). Im Vergleich zu ihrer starken allgemeinen Wirtschaftskraft ist der Anteil der Kreislaufwirtschaft an der Gesamtwirtschaft in beiden südlichen Bundesländer unterdurchschnittlich ausgeprägt Jedoch befindet sich die Kreislaufwirtschaft in Bayern und Baden-Württemberg auf einem soliden

Wachstumskurs (3,4 % und 3,1 % p. a.). Besondere Kompetenzen werden vor allem im Marktsegment „Technik für die Abfallwirtschaft“ deutlich. In beiden Ländern wird gut ein Viertel der Bruttowertschöpfung der Kreislaufwirtschaft in diesem Marktsegment erwirtschaftet.

Die Wachstumsraten der Bruttowertschöpfung in der Kreislaufwirtschaft sind nicht zuletzt von der jeweiligen gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in den Bundesländern geprägt. Dennoch zeigen sich auch hier interessante Besonderheiten. Die größten Zuwächse in der Erwerbstätigkeit erfährt die Kreislaufwirtschaft in Hamburg (+2,1 % p. a.) und in Niedersachsen (+2,1 % p. a.). In beiden Ländern ist dies vor allem auf die positive Entwicklung in den klassischen Kernbereichen der Abfallwirtschaft zurückzuführen.

Spezialisierungsgrad in der Kreislaufwirtschaft nach Bundesländern

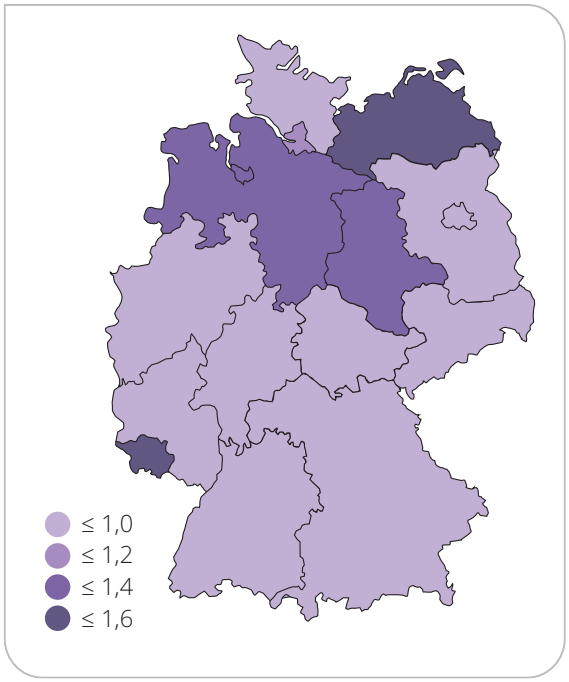


Abb. 69, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Verteilung der Umsätze der Marktsegmente nach Bundesländern

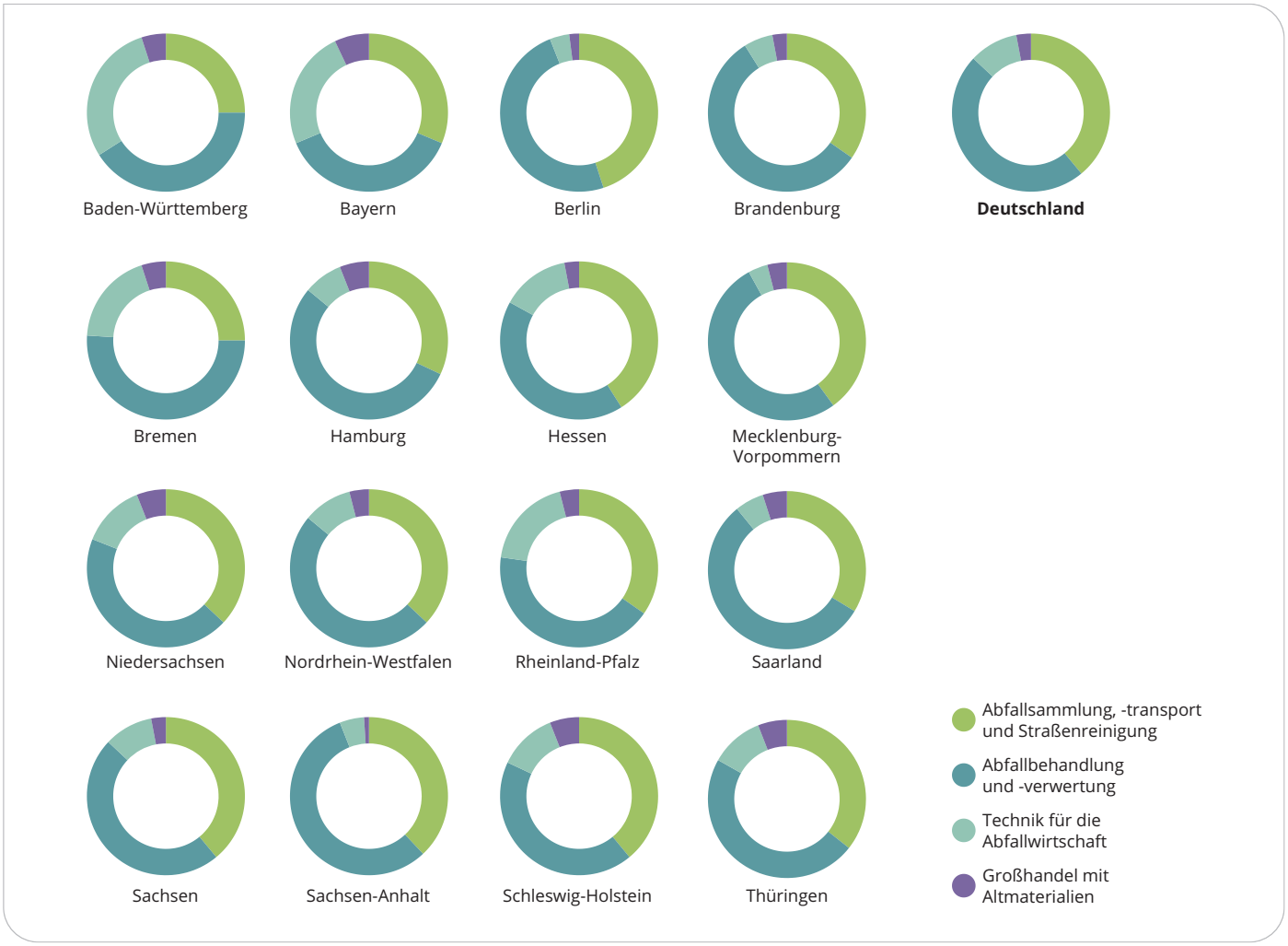


Abb. 70, Quellen: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes

Produktion, Quelle: Faun

Kreislaufwirtschaft 4.0

3

Innovation

Die technologisch anspruchsvollen und innovativen Industriegüter aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft „Made in Germany" sind auf dem Weltmarkt nach wie vor gefragt. Vor wenigen Jahren lag Deutschland bei den Patentanmeldungen noch hinter den USA und Japan an dritter Stelle. Mittlerweile hat Japan die USA überholt und China und Korea sind an Deutschland vorbeigezogen – ein deutliches Zeichen, dass die asiatischen Konkurrenten im Bereich Forschung und Entwicklung aufholen, auch wenn die Patente teilweise von unterschiedlicher Qualität sind. Der weltweite Wettbewerb um die besten Technologien nimmt offensichtlich zu. Wollen die deutschen Anbieter ihre aktuelle Weltmarktposition behalten, werden künftig weitere Anstrengungen notwendig sein, um im Innovationswettbewerb bestehen zu können. Mit einem Anteil von rund 1 % des Umsatzes sind die Innovationsausgaben der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zum Durchschnitt aller Branchen (3 %) in Deutschland eher gering. Allerdings haben diese sich im Vergleich zu 2018 bereits deutlich erhöht.

Gründung

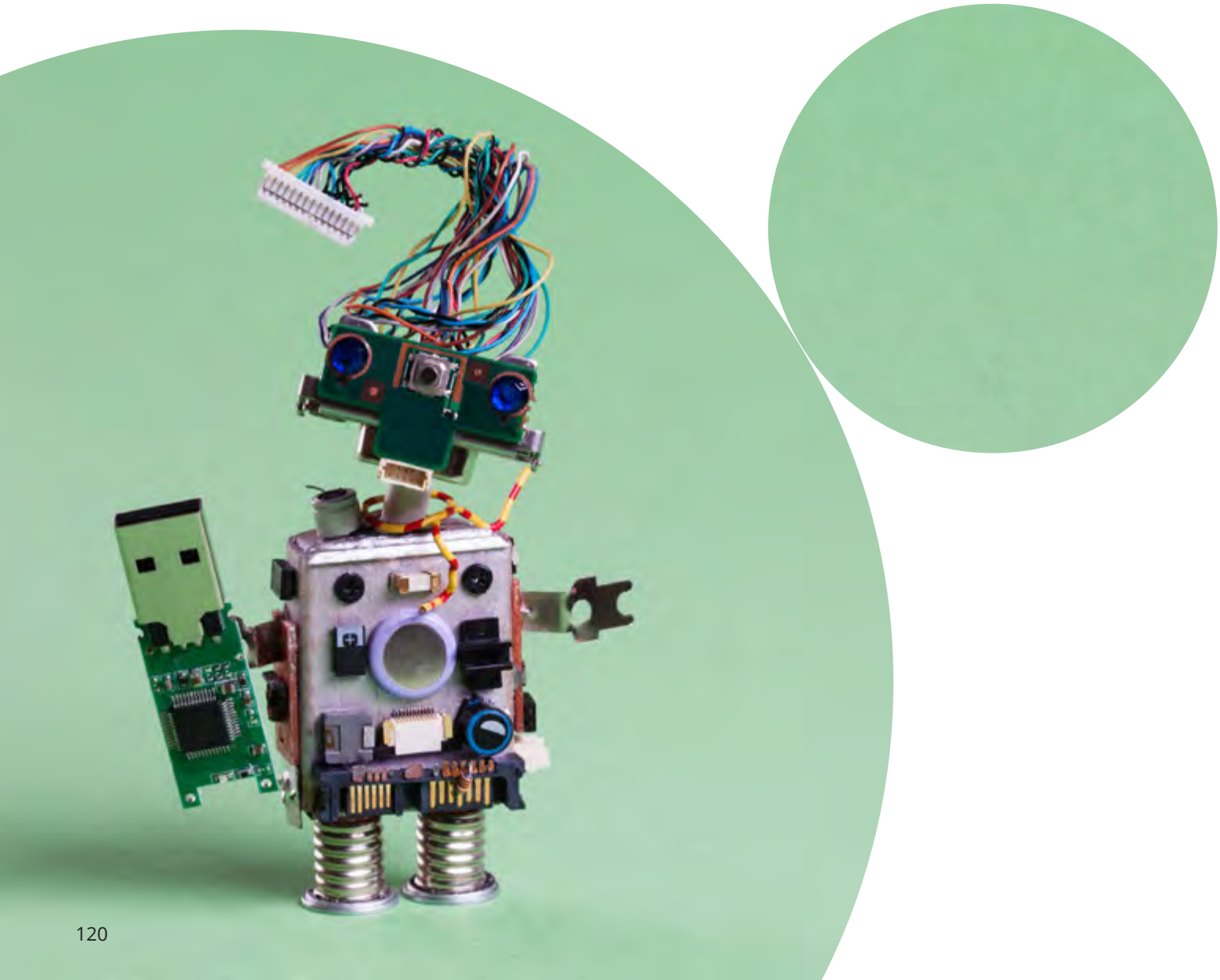
Die Förderung von Startups in der Kreislaufwirtschaft spielt eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von nachhaltigen und ressourceneffizienten Wirtschaftsmodellen. Die Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, den Verbrauch von Ressourcen zu minimieren, Abfälle zu reduzieren und Produkte sowie Materialien möglichst lange im Wertschöpfungskreislauf zu halten. Start-ups nehmen dabei zunehmend eine Schlüsselposition ein, indem sie innovative Lösungen und Geschäftsmodelle entwickeln, um diese Ziele zu erreichen. Ein zentrales Merkmal von Start-ups in der Kreislaufwirtschaft ist ihre Fähigkeit, bestehende Herausforderungen als Chancen zu betrachten. Diese Unternehmen setzen auf kreative Ansätze, um Produktlebenszyklen zu verlängern, Abfälle zu minimieren und Ressourceneffizienz zu maximieren. Start-ups entwickeln innovative Recyclingtechnologien, bieten Produkte als Dienstleistungen an, um die Lebensdauer zu verlängern, oder schaffen Plattformen für den Austausch und die Wiederverwendung von Materialien. Start-ups werden eine entscheidende Rolle bei der Transformation hin zu einer ressourceneffizienten und umweltfreundlichen Wirtschaft spielen.

Akzeptanz

Umfragen zu den angesehensten Berufen und die Reaktion der Bürgerinnen und Bürger während der Coronakrise zeigen: Die Müllwerkerinnen und Müllwerker, die für die Sammlung und den Transport des Abfalls zuständig sind, genießen in der Bevölkerung ein sehr hohes Ansehen. Mit 70 % Zustimmung liegt dieser Berufsstand nach einer Umfrage des Deutschen Beamtenbundes aus dem Jahr 2022 auf dem siebten Platz aller Berufsgruppen. Die Mülltrennung gehört zu den wichtigsten Beiträgen, die private Haushalte in Deutschland nach eigener Einschätzung für den Umweltschutz leisten. Insofern genießt auch das Recycling der Abfälle einen hohen Stellenwert, zumindest, was die Produkte und den Wiedereinsatz der Rohstoffe angeht. Weniger Akzeptanz hingegen besteht in der Bevölkerung für die Infrastruktur, die für das Funktionieren der Kreislaufwirtschaft notwendig ist. Seien es Sortier- und Aufbereitungsanlagen, Thermische Abfallbehandlungsanlagen oder auch Deponien. Ohne Verbesserung, Erweiterung und Neuplanung von Anlagen sind die wachsenden Aufgaben, die von der Kreislaufwirtschaft bewältigt werden müssen, nicht zu erreichen. Darum ist hier nicht nur ein Umdenken in der Bevölkerung erforderlich, sondern auch in der Kommunal-, Landes- und Bundespolitik.

Eine neue Welle von Innovationen durch Künstliche Intelligenz?

In einem wachsenden nationalen und internationalen Markt für Recyclingrohstoffe steigt der Druck, kontinuierlich für Innovationen zu sorgen. Sowohl die Mengen als auch die Qualitäten an Rezyklaten müssen der steigenden Nachfrage angepasst werden. Deutschland hat bei den Patentanmeldungen in Europa neben den USA nach wir vor noch eine führende Position. Aber wie lange noch? Der Megatrend „Digitalisierung" erzeugt eine eigene internationale Entwicklungsdynamik und eröffnet vielfältige Chancen in unterschiedlichen Innovationsfeldern der Kreislaufwirtschaft. Für einen weiteren Innovationsschub wird der Einsatz künstlicher Intelligenz im Bereich der Logistik, der Prozessoptimierung und der stofflichen Verwertung sorgen.



3.1.1 Patente als Indikator für die globale Wettbewerbsfähigkeit

Innovationen bleiben zentral für „Made in Germany". Dies zeigt die nachfolgende Analyse von in Europa angemeldeten Patenten: Nach den USA ist Deutschland der wichtigste Anmelder von Patenten in Europa. Deutschland meldet seit 2018 im Durchschnitt 14 % der Patente in der Kreislaufwirtschaft an (USA 22 %). Es folgen mit 10 % Japan und Frankreich mit 7 %. Aus China stammen in diesem Bereich inzwischen 3 % der Patentanmeldungen in Europa.

Innerhalb der Kreislaufwirtschaft gibt es deutliche Schwerpunkte von Innovationen. Mehr als die Hälfte aller Patente (56 %) beschreiben Innovationen bei der Stofflichen Verwertung. Auch hat der Anteil von Innovationen bei der Stofflichen Verwertung innerhalb der Kreislaufwirtschaft zugenommen (+ 2 %, 2014-17 zu 2018-21). Ein weiterer bedeutender Schwerpunkt ist die Anlagentechnik mit 21% aller Patente in Europa. Mehr als ¾ aller Patentanmeldungen innerhalb der Kreislaufwirtschaft entfallen auf diese beiden Schwerpunkte.

Seit 2017 zeigt die Patentierung im Bereich der Kreislaufwirtschaft eine abnehmende Tendenz. Dies kann auf eine Reife- und Sättigungsphase für etablierte Technologien hindeuten und gleichzeitig einen Beginn des stärkeren Einsatzes neuer Technologien markieren. Diese neuen Technologien führen wiederum zu einer neuen Innovations- und Wachstumsphase. Künstliche Intelligenz könnte eine neue Innovationswelle in der Kreislaufwirtschaft auslösen.

Künstliche Intelligenz (KI) hat längst in viele Maschinen, Anlagen und Prozesse Einzug gehalten. Die gegenwärtigen technologischen Durchbrüche lassen gleichzeitig das große Potenzial erkennen, dass KI zukünftig noch erschließen wird. Die beiden bisherigen Innovationsschwerpunkte Stoffliche Verwertung und Anlagentechnik könnten auch in Bezug auf die Künstliche Intelligenz eine bedeutende Rolle spielen.

In der Anlagentechnik hat Predictive Maintenance längst Marktreife erreicht, gleichzeitig ist das Potenzial noch sehr groß. Predictive Maintenance kann dazu genutzt werden, den Zustand von Anlagen und Ausrüstungen in der Abfallwirtschaft zu überwachen und vorherzusagen, wann Wartungsarbeiten erforderlich sein könnten, um Ausfälle zu vermeiden. Durch diese vorausschauende Wartung können Ausfälle verhindert und die Leistung von Abfallverarbeitungsanlagen optimiert werden.

Auch bei der stofflichen Verwertung von Abfall kann KI hilfreich sein. KI kann bei der Sortierung von Abfällen für das Recycling eingesetzt werden. Sie kann Bilderkennungsalgorithmen verwenden, um verschiedene Arten von Abfällen zu identifizieren und sie entsprechend zu sortieren. Hierbei können Bildverarbeitungs- und Objekterkennungstechnologien genutzt werden, um verschiedene Arten von Abfällen für das Recycling zu identifizieren und zu sortieren. Durch die Bilderkennung können z. B. verschiedene Arten von Plastik erkannt werden.

Patente in den Marktsegmenten der Kreislaufwirtschaft
(Durchschnitt der Jahre 2018 bis 2021, in %)

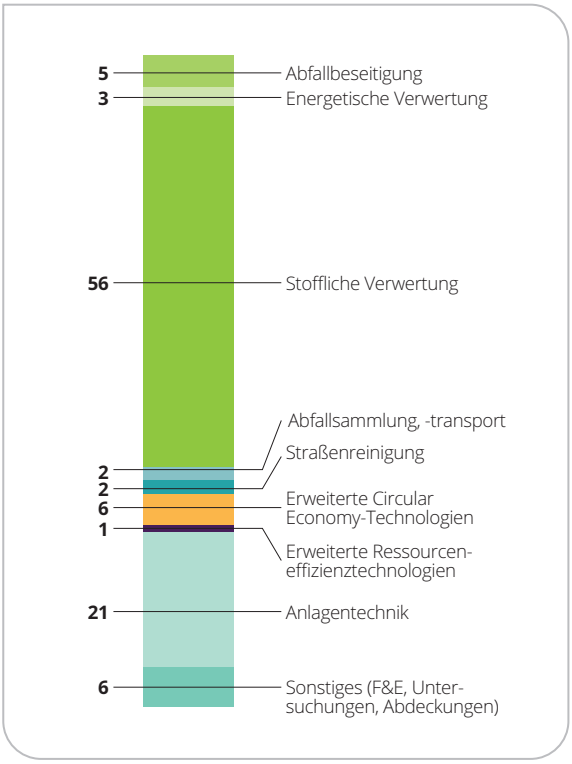


Abb. 71, Quelle: Prognos AG auf Basis des Europäischen Patentamtes

Auch der Energie- und Ressourcenverbrauch bei der Abfallverarbeitung kann noch weiter optimiert werden. Hierbei könnten z. B. Reinforcement Learning-Technologien unterstützen. Hierbei erlernt der Algorithmus Strategien. Für den Teil des Abfalls, der nicht stofflich verwertet werden kann, könnte KI auch bei der energetischen Verwertung unterstützen. KI kann in der Analyse von Abfallströmen eingesetzt werden, um die optimalen Materialien für die energetische Verwertung zu ermitteln. Unterstützen kann die KI bei der Überwachung und Optimierung von Verbrennungsprozessen in Kraftwerken. Dies wird u. a. durch das Start-up WASTEER, das abfallspezifisches Wissen und erhobene Daten mittels Künstlicher Intelligenz, vorangetrieben.

Neben der Verwertung könnte KI auch bei der Sammlung des Abfalls unterstützen. So können Sammelrouten optimiert und so Zeit und Treibstoff gespart werden. KI trägt bereits bei, Vorhersagen zu treffen, wann bestimmte Abfallbehälter voll sein werden, um den Sammelprozess effizienter zu gestalten. Verwendet werden dabei z. B. Machine-Learning-Algorithmen. So können Muster in großen Datenmengen erkannt werden, um Vorhersagen zu treffen und bessere Entscheidungen zu ermöglichen.

Patente im Bereich "Technik für die Abfallwirtschaft".

Der Anteil Deutschlands an den weltweiten Patenten im Bereich „Technik für die Abfallwirtschaft" hat sich nach den Ergebnissen des letzten Statusberichtes 2020 weiter verschlechtert. Während der Anteil im Jahr 2017 noch bei 10,9 % lag, wurden im Jahr 2020 nur noch 8,5 % aller Patente in diesem Technologiebereich in Deutschland angemeldet. Gegenüber dem Jahr 2017 bedeutet dies einen Rückgang um 2,4 %, gegenüber dem Basisjahr 2010 beträgt der Rückgang bereits 6,6 %. Kein anderes Land hat in beiden Zeitspannen einen höheren Rückgang der Patentanmeldungen zu verzeichnen.

Stark zugenommen haben die Anmeldungen vor allem in China und nunmehr auch in Korea. Gegenüber dem Jahr 2010 haben die Patentanmeldungen in China um 11, 8 % und in Korea um 5,4 % zugenommen. Während aber in China seit dem Jahr 2017 nur eine geringe Veränderung (-0,4 %) zu verzeichnen ist, nehmen die weltweiten Anteile Koreas innerhalb von nur drei Jahren um 4,7 % zu. Der Anteil der „Übrigen Länder" nimmt in diesem kurzen Zeitraum um 1,2 % zu, alle anderen Länder verlieren Anteile an den Patentanmeldungen, auch der bisherige „Spitzenreiter" Japan (-1,3 %). Während im Statusbericht 2020 noch die Entwicklung Chinas im Fokus stand, sollte aus deutscher Sicht ab jetzt auch die Technologieentwicklung in Korea aufmerksam beobachtet werden. Die Analyse basiert auf dem Vergleich qualitativ gleichwertiger Patente, dafür wurden als Basis nur internationale Patentanmeldungen nach PCT herangezogen. Als zweites Qualitätskriterium wurde die Anzahl der Zitationen je Patent ermittelt. Somit ist sichergestellt, dass die Ergebnisse nicht durch unterschiedliche nationale Gepflogenheiten beeinflusst worden sind.

Anteile von Ländern an den weltweit angemeldeten Patenten im Teilmarkt „Technik für die Abfallwirtschaft", 2010 und 2020 (in %)

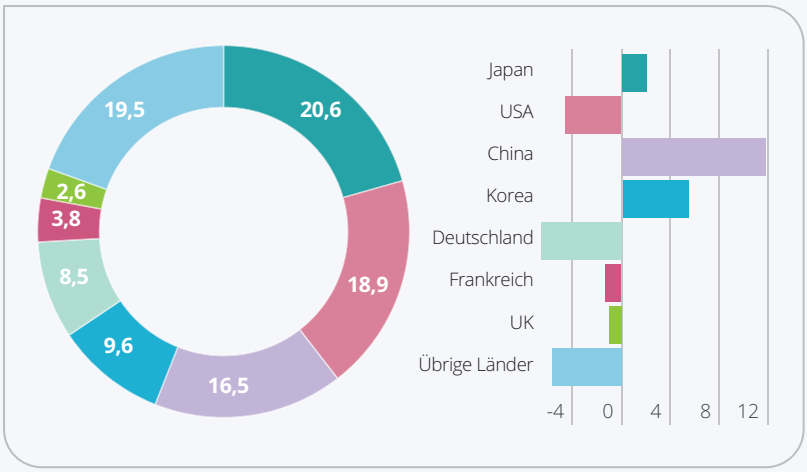


Abb. 72, Quellen: Prognos AG auf Basis des Europäischen Patentamtes

Kennzahlen zu den Innovationsausgaben für ausgewählte Branchen: Absolut, in Relation zum Umsatz, Anteil Unternehmen mit kontinuierlicher FuE sowie Innovatorenquote

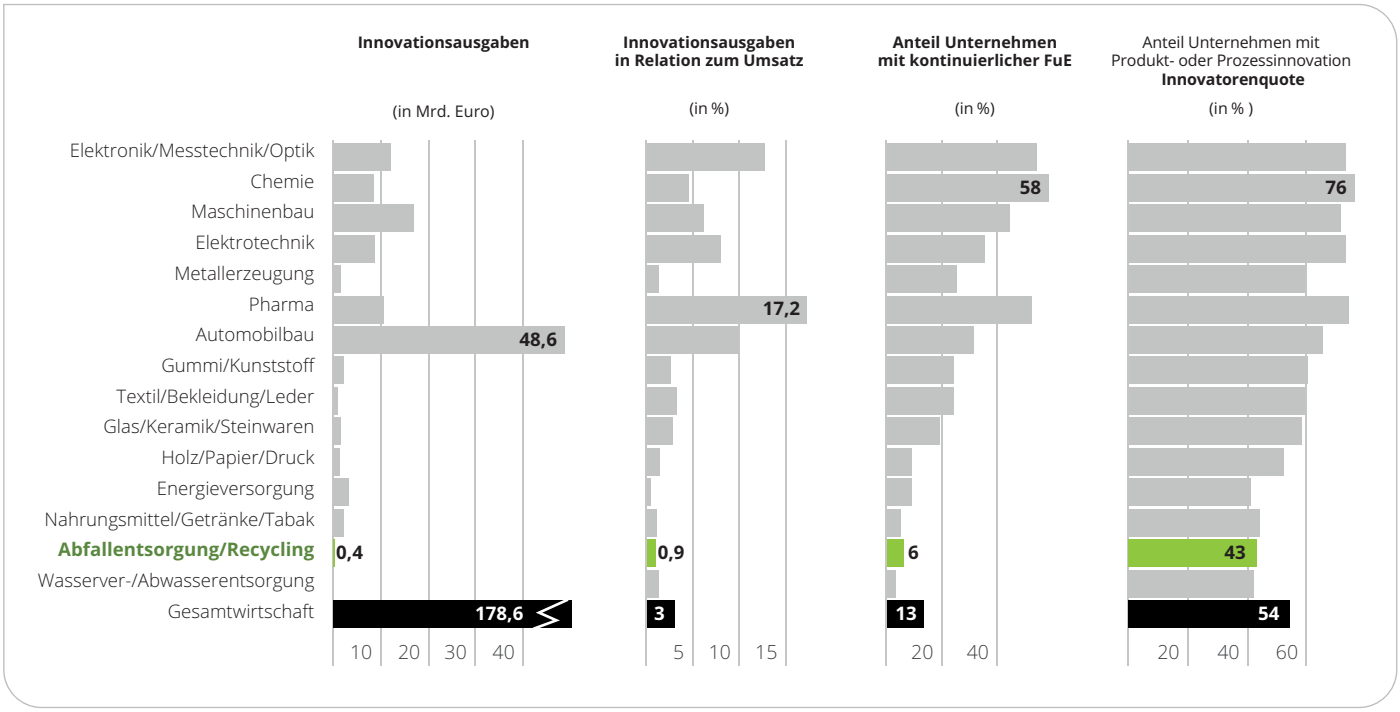
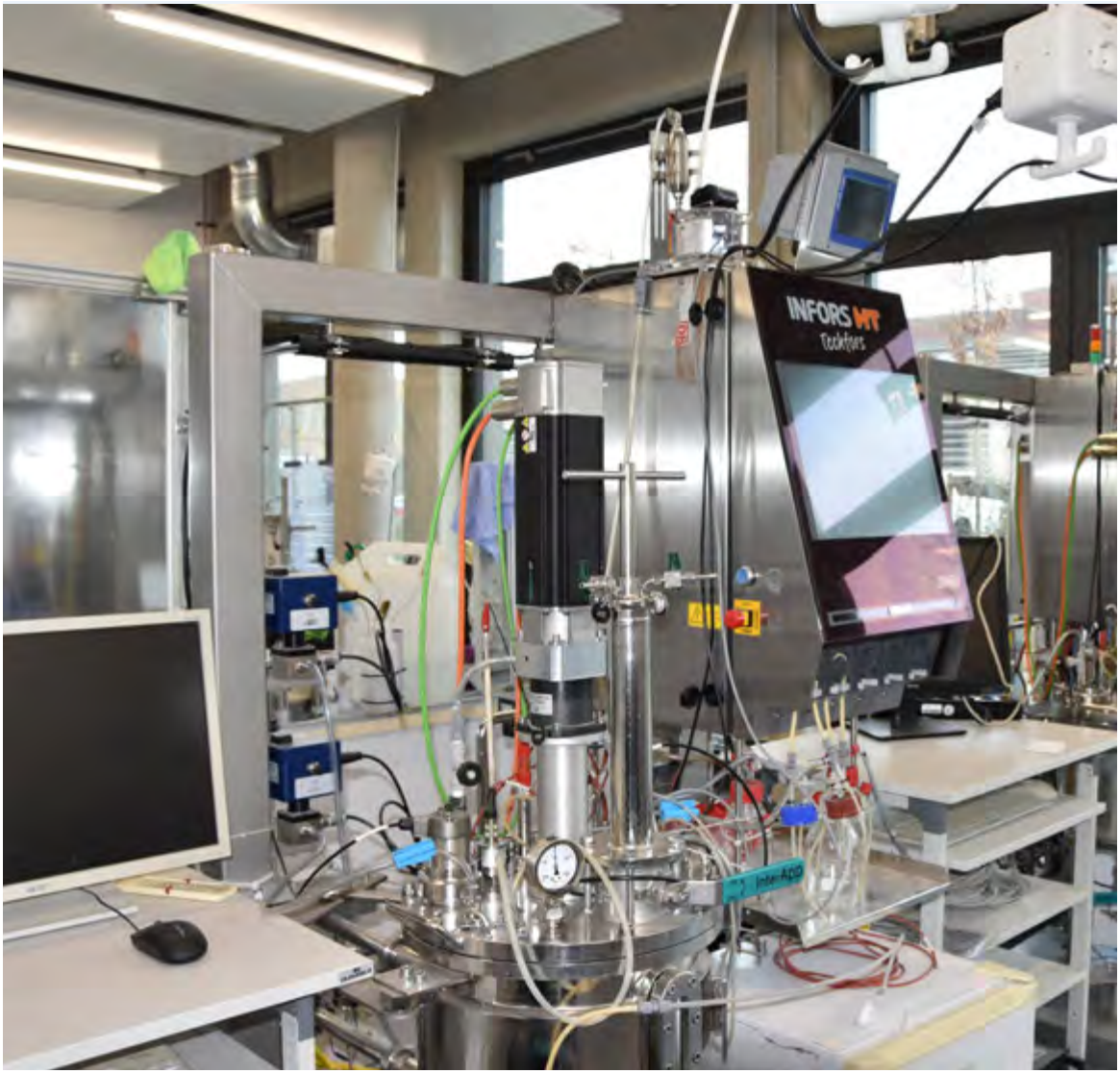


Abb. 73, Quellen: Prognos AG auf Basis des Statistischen Bundesamtes



Forschung Grüner Wasserstoff, Quelle: CERM

3.1.2 Aktivitäten der Branche im Bereich Forschung und Entwicklung

Die Kernbereiche der Kreislaufwirtschaft (Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung)[1] investierten 2021 in den Bereichen Forschung und Entwicklung rund 430 Millionen Euro.[2] Mit einem Anteil von rund 1 % des Umsatzes sind die Innovationsausgaben im Vergleich zum Durchschnitt aller Branchen (3 %) eher gering. Allerdings haben diese sich im Vergleich zu 2018 (0,6 %) deutlich erhöht.

Erfreulich ist auch die Innovationsbeteiligung. So hat sich der Anteil der Unternehmen mit Marktneuheiten auf 7 % erhöht und liegt damit sogar über dem Durchschnittswert aller Branchen in Deutschland (6 %).

Vor dem Hintergrund der unterdurchschnittlichen Innovationsausgaben sind die Innovationserfolge in den Bereichen Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung überproportional hoch. Der Umsatz mit Marktneuheiten liegt bei 2,4% (1% Innovationsausgaben). Im Vergleich dazu werden im Branchendurchschnitt 3,3 % des Umsatzes mit Marktneuheiten erzielt (3 % Innovationsausgaben). Ein ähnliches Bild zeigt sich beim Umsatz von Nachahmer Innovationen. Hierauf entfallen 6,8 % des Umsatzes in den Bereichen Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung (10,0 % Branchendurchschnitt). Bei der durchschnittlichen Stückkostensenkung durch Prozessinnovationen liegen die Bereiche Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung mit 3,3 % gleichauf mit dem Branchendurchschnitt.

Die Kreislaufwirtschaft umfasst weiterhin noch Branchen außerhalb der Bereiche Abfallsammlung, -behandlung und -verwertung. So berücksichtigen diese Kennzahlen noch nicht die Branchen des Marktsegments Technik für Abfallwirtschaft, die sich unter anderem im Maschinenbau sowie in der Elektronik/Messtechnik/Optik wiederfinden. Hier lassen sich insgesamt deutlich höhere Werte erkennen, die sich jedoch nicht ohne weiteres auf die Kreislaufwirtschaft übertragen lassen.

① Dies umfasst die Wirtschaftszweige 38-39: Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen, Rückgewinnung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen, sonstige Entsorgung

② Diese und die folgenden Kennzahlen in diesem Unterkapitel sind der ZEW-Innovationserhebung 2022 entnommen, vgl. Website: https://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/22/mip_2022.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

Technologische Fortschritte sichern die Märkte

Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft setzen jeden Tag auf neue Verfahren und Produkte, die zeigen, wie schnell aus innovativen Ideen Realität werden kann. Von der Erfassung bis zur Logistik, vom Recycling bis zur thermischen Behandlung werden in allen Bereichen der Kreislaufwirtschaft bestehende Abläufe optimiert und neue Technologien eingeführt. Die gemeinsamen Ziele sind gesteckt: Vermeidung klimaschädlicher Emissionen, Versorgung der Industrie mit Sekundärrohstoffen, alternative Energieerzeugung oder Schonung von Ressourcen.

3.2.1 Erfassung/Logistik

Im Bereich der Entsorgungslogistik beschäftigen sich aktuell viele Betriebe mit dem Einsatz alternativer Antriebssysteme sowie mit der konsequenten Digitalisierung der Prozesse im Unternehmen. Aber auch im Bereich der innovativen Entwicklung von Quartieren, der Abfallsammlung sowie in der Kommunikation mit den Bürgerinnen und Bürgern entwickelt sich die Branche stets weiter.

Alternative Antriebssysteme

Der Einsatz von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben im Fuhrpark von Abfallwirtschaftsbetrieben steht in vielen Kreisen, Städten und Gemeinden aktuell sehr weit oben auf der politischen Agenda. Die bundesweiten Klimaschutzziele, gesetzliche Anforderungen an die Beschaffung sauberer Fahrzeuge sowie die gestiegenen Kosten fossiler Kraftstoffe treiben die Anstrengungen in diesem Bereich stark voran. Batterieelektrisch betriebene Pkw sind bereits in vielen Unternehmen im täglichen Einsatz. Zunehmend werden auch erste schwere Nutzfahrzeuge (u. a. Abfallsammelfahrzeuge) mit batterieelektrischem Antrieb oder Brennstoffzellentechnik eingesetzt.

Batterieelektrische Fahrzeuge zeichnen sich durch ihren hohen Wirkungsgrad aus. Aufgrund der geringeren Reichweite und langen Ladezeit können zurzeit nicht alle Fahrzeugtypen durch batterieelektrische Fahzeuge ersetzt werden. Durch die technische Entwicklung bei der Ladekapazität und -leistung lässt sich die Reichweite durch Zwischenladung aber mehr und mehr erweitern. Bei längeren Fahrtstrecken oder zwingender kurzfristiger Einsatzbereitschaft eignen sich insbesondere Brennstoffzellenfahrzeuge oder mit Biomethan betrieben Fahrzeuge. Biogas aus Vergärungsanlagen kann durch eine Biogasaufbereitung zu Biomethan oder durch Dampfreformierung oder Pyrolyseverfahren zu Wasserstoff aufbereitet werden. Außerdem kann grüner Wasserstoff durch einen mit erneuerbarer Energie betriebenen Elektrolyseur hergestellt werden. Insbesondere für Spezialfahrzeuge ist auch der Einsatz von klimaneutralen E-Fuels, die durch herkömmliche Verbrennerfahrzeuge getankt werden können, denkbar.

Straßenkehrmaschine, Quelle FAUN

Viele Betriebe lassen zurzeit Machbarkeitsstudien erstellen, die den Weg hin zum klimaneutralen Fuhrpark aufzeigen. Bei der Entscheidungsfindung, welche Fahrzeug- und Antriebsarten sinnvoll eingesetzt werden können, müssen Aspekte wie die Anforderungen an die Fahrleistung, maximale Zuladungen, Tourenplanung, vorhandene Infrastruktur und Verfügbarkeit erneuerbarer Energien berücksichtigt werden. Die durch die Umstellung entstehenden Mehrkosten können zurzeit durch bestehende Förderprogramme bisher nur geringfügig aufgefangen werden. Zukünftige Preisentwicklungen im Bereich der unterschiedlichen Antriebsarten und der Treibstoffe werden die Marktentwicklung aber ebenso beeinflussen wie politische und gesetzgeberische Rahmenbedingungen.

Alternative Antriebssysteme bei der Müllentsorgung, sei es durch Elektrofahrzeuge oder wasserstoffbetriebene Flotten, zeigen nicht nur den Weg zur Reduzierung von Emissionen, sondern setzen auch einen nachhaltigen Maßstab für umweltfreundliche und effiziente Müllsammelprozesse

ChatGTP

Innovative Entwicklung von Quartieren
Bei der Planung neuer Quartiere im urbanen großstädtischen Umfeld werden verstärkt neue Gesamtkonzeptionen mit klimafreundlichen Lösungen für eine smarte und lebenswerte Stadt in den Fokus genommen.

Diese Konzeptionen beinhalten einerseits unkomplizierte, wohnortnahe und saubere Entsorgungsmöglichkeiten, die durch ihre smarte und moderne Gestaltung Interesse an der ganzen Bandbreite der Kreislaufwirtschaft bis hin zum Klima- und Ressourcenschutz wecken. Darüber hinaus werden Trends aus Mobilität, Digitalisierung sowie gesellschaftlichen Entwicklungen und neue Konsumtrends wie Wertewandel und Sharing Economy aufgegriffen.

Für die Getrennterfassung der Abfälle und Wertstoffe werden innovative Entsorgungssysteme, wie z. B. Unterflurcontainer mit Nutzerkennung und Füllgradsensoren für eine umweltschonende Leerung und Reduzierung der LKW-Bewegungen im Quartier, eingesetzt. Formen von Mikro-Logistik für die Einsammlung der Abfälle und Wertstoffe bieten Potenzial zur Verknüpfung von Ver- und Entsorgungsdienstleistungen bzw. für Reverse-Logistics für z. B. Pakete oder Gebrauchtwaren.

Durch Wertstoffzentren im Quartier in Form von City-Hubs werden Möglichkeiten zur Abgabe von Wert- und Schadstoffen sowie Gebrauchtwaren 24/7 geschaffen.

City-Hubs zur Abgabe von Wert- und Schadstoffen sowie Gebrauchtwaren 24/7, Quelle: SRH

Je nach Ausgestaltung können City-Hubs auch weitere Elemente einer innovativen Quartierskonzeption enthalten:

- Zentrale Anlaufpunkte für Ver- und Entsorgungsdienstleistungen
- Angebote für Re-Use- und Sharing Economy
- Repair-Café
- Räumlichkeiten für Bildungsveranstaltungen
- Verleihstationen von Geräten oder Lastenrädern
- Ausgangspunkt für Lieferservices
- und weitere

Digitale Plattformen ergänzen die Konzeptionen und dienen als Basis, um über vielfältige Themen rund um die Circular Economy zu informieren, aber auch, um Menschen zusammenzubringen und in ihrer Gemeinschaft zu stärken.

Für eine Realisierung innovativer und nachhaltiger Konzepte ist deren frühzeitige Berücksichtigung in die Planungsschritte der Quartierentwickler und eine enge Zusammenarbeit mit Investoren, Eigentümern und Mietern erforderlich.

Digitalisierung von Wertstoffhöfen
Die Digitalisierung von Wertstoffhöfen ermöglicht es Betrieben, den Kundinnen und Kunden einen verbesserten Service anzubieten und gleichzeitig eigene Prozesse zu optimieren.

Im Bereich der Zufahrt von Wertstoffhöfen kommen z. T. Sensoren zum Einsatz, mit deren Hilfe das Besucheraufkommen erfasst wird, wie z. B. in Duisburg. Auf dieser Basis können die Kundinnen und Kunden vor der Anlieferung die aktuelle Wartezeit bis zum Passieren der Eingangskontrolle oder eine Prognose für andere Anlieferungstage online abrufen. So können Besuche besser geplant und lange Wartezeiten vermieden werden. Für die Betreiber der Wertstoffhöfe können Auswertungen zur durchschnittlichen Verweildauer usw. bereitgestellt werden.

Damit sich die Kundinnen und Kunden vor Anlieferung einen schnellen räumlichen Überblick verschaffen und über die Entsorgungsmöglichkeiten informieren können, bieten einige Wertstoffhöfe auf Basis eines Digitalen Zwillings einen virtuellen Rundgang im Webbrowser an. Neben den Fahrwegen und Containerstandorten werden hierbei oft auch Informationen zu den im jeweiligen Container zu entsorgenden Gegenständen bereitgestellt. Dies ermöglicht den Kundinnen und Kunden auch eine optimale Beladung des Kofferraums.

Wertstoffhoff Paderborn, Quelle: Modulo

Digitale Wertstoffhöfe bieten Nutzenden die Möglichkeit, auch außerhalb der regulären Öffnungszeiten Wertstoffe zu entsorgen, so z. B. seit Anfang des Jahres 2023 im Kreis Coesfeld. Dazu ist mithilfe einer App eine personalisierte Terminbuchung unter Angabe der zu entsorgenden Wertstoffe notwendig. Entsorgt werden können dabei Wertstoffe, deren Abgabe ansonsten kostenlos ist. Im gebuchten Zeitfenster lässt sich das Eingangstor zu dem abgetrennten Self-Service-Bereich des Wertstoffhofs über die App durch Bluetooth-Signalaustausch öffnen. Für die Öffnung wird eine Gebühr fällig.

Neue Behältersysteme mit Füllstandsmessung und automatisierter Tourenplanung

Der Einsatz von Unterflurbehältern zur „Abfallsammlung im Untergrund" gewinnt insbesondere in Großstädten weiterhin an Bedeutung. Die Halb- und Vollunterflursysteme ermöglichen eine effiziente, barrierefreie, saubere und platzsparende Abfallsammlung. Es wird eine optische Aufwertung des Wohnumfeldes einschließlich einer Reduzierung der Lärmbelastung erreicht. Großes Interesse herrscht diesbezüglich daher bei der Wohnungswirtschaft oder bei der Quartiersplanung von Neubaugebieten und verdichteten Strukturen. Erste Betriebe, beispielsweise die BSR Berlin, bieten den Planern ein onlinebasiertes Planungstool zur Gestaltung der Behälterstandplätze. Die zunehmende Digitalisierung ermöglicht inzwischen weitere Ansätze, wie die technisierte Füllstandsmessung und automatische Übertragung der Füllstände in die Tourenplanung für eine bedarfsgerechte Abfuhr sowie auch für eine variable Gebührenabrechnung, z. B. bei Unterflurbehältern.

Assistenzsysteme für eine sichere Entsorgungslogistik

Um die Sicherheit in der Entsorgungslogistik konsequent zu erhöhen, finden bei Neubeschaffungen von Abfallsammelfahrzeugen umfassende Assistenzsysteme Einzug in die Standardausstattung, insbesondere Rechtsabbiegeassistenten, aber auch Rückfahrassistenten. Hierbei geht es im Wesentlichen darum, Hindernisse frühzeitig zu erkennen, den Fahrer davor zu warnen und gegebenenfalls auch automatisch in den Bremsvorgang einzugreifen. Je nach Einsatzbereich sind Kamera- und/oder Sensorsysteme im Einsatz, die sich auch im Automatisierungsgrad unterscheiden.

Störstofferkennung

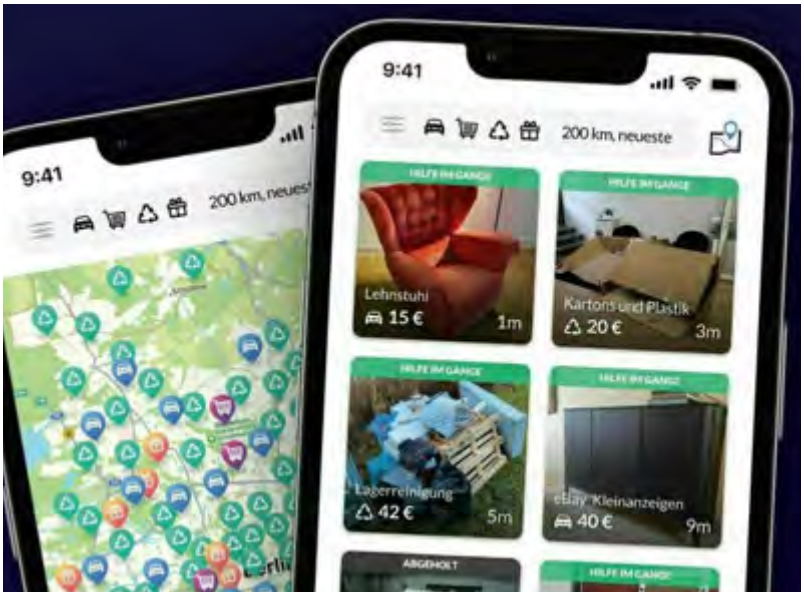
Zur Identifikation von Fremdstoffen in der Biotonne unmittelbar vor der Behälterleerung wird bereits seit den 1990er Jahren ein Metalldetektionssystem eingesetzt. Das System wurde inzwischen durch Digitalisierungselemente modernisiert und der Funktionsumfang erweitert. Verschiedene Hersteller haben Bilderkennungsverfahren unter Nutzung von künstlicher Intelligenz (KI) zur Erkennung von Fremdstoffeinträgen in der Biotonne bis zur Marktreife entwickelt. Je nach System erfolgt eine Überprüfung der sichtbaren Oberfläche des im Behälter befindlichen Bioabfalls oder eine Analyse des in die Schüttungswanne des Sammelfahrzeugs entleerten Materials. In einer nächsten Entwicklungsstufe soll eine Überprüfung der Bioabfallqualität durch die Analyse des fallenden Stroms während der Behälterleerung ermöglicht werden. Durch die Verchippung der Behälter besteht zudem die Möglichkeit, den Nutzerinnen und Nutzern des Behälters eine direkte Rückmeldung zur Trennqualität zu geben.

Störstofferkennung im Biomüll, Quelle: ZOELLER

Mobiles-Online-Auftragsmanagement

Um die Abläufe in der Entsorgungslogistik noch flexibler zu gestalten, stellen zunehmend Betriebe das Auftragsmanagement von einem analogen auf ein digitales online-Auftragsmanagement um (Beispiele: EAD Darmstadt, USB Bochum). Vorteile liegen insbesondere in der höheren Flexibilität bei der Verarbeitung von kurzfristigen Aufträgen z. B. im Containerdienst, bei der Sperrabfallsammlung, aber auch bei typischen Umleerverfahren. Darüber hinaus kann die Leistungsrückmeldung ohne Medienbrüche erfolgen, in deren Rahmen auftragsspezifische Erledigungsvermerke, aber auch mögliche Verhinderungsgründe erfasst werden können. Als branchenoffener Standard wurde hier die Aval Schnittstelle geschaffen. Diese wird für alle notwendigen Auftragsinformationen, zur Automatisierung des Informationsaustauschs über alle Prozessschritte angewendet und bedeutet daher Schnelligkeit und Präzision. Es ist ein branchenübergreifendes Gemeinschaftswerk des Mittelstandes, um im digitalen Wettbewerb erfolgreich zu sein.[3]

③ www.avalstandard.de, zuletzt geprüft: 18.12.2023.



Nachbarschaftshilfe per App: Abholung von alten Möbeln und Sperrmüll, Quelle: Tiptapp

Entsorgung on demand

Die Entsorgung on demand, also auf Anforderung, hält sowohl im gewerblichen als auch privaten Kontext mehr und mehr Einzug. Zur Disposition der Aufträge werden Softwarelösungen eingesetzt, die oftmals über integrierte Routing-Funktionen verfügen, um die tagesscharfe Auftragsliste in eine logistisch sinnvolle Reihenfolge zu bringen. In der Praxis steht hiermit i. d. R. das Ziel einer Reduzierung der zu-rückgelegten Kilometer (und damit auch der CO_2-Emissionen) oder der Fahrzeit oder einer Kombination von beidem im Vordergrund.

Die ehemals telefonische Benachrichtigung des Entsorgungsunternehmens zur Leerung oder zum Wechsel eines Containers wird heute häufig über Apps oder Online-Plattformen realisiert. Das Entsorgungsunternehmen nimmt den Auftrag automatisiert an und plant ihn für die nächste passende Tour ein. Die Kundinnen und Kunden werden automatisch per E-Mail oder App über den Leerungs- oder Wechseltermin informiert. Beispiele sind containerbestellung24, resourcify, wastebox, empto etc. Dieses Angebot richtet sich in erster Linie an Gewerbebetriebe, kann aber auch von privaten Kundinnen und Kunden in Anspruch genommen werden.

Nachhaltige Abholung aussortierte Kleidung mit dem E-Lastenrad an der Haustür, Quelle: textiltiger

Ein Beispiel für Entsorgung on demand, dass sich primär an Privathaushalte richtet, ist z. B. der „Textiltiger", der seit Februar 2022 Alttextilien aus Hamburger Haushalten (und Gewerbebetrieben) sammelt. Nutzerinnen und Nutzer können dazu kostenlos Abholtermine buchen. Eine KI-basierte Tourenplanung wird per App auf das Smartphone des Fahrers übermittelt, welcher die Alttextilien an der Haustür mit einem Lastenrad oder E-Van abholt und zur Zwischenlagerung in einem Mirco-Hub transportiert. Im ersten Jahr wurden bei mehr als 9.000 Buchungen über 300 Tonnen Material gesammelt.

Entsorgung on demand auf Basis von Nachbarschaftshilfe kann über die App „Tiptapp" abgewickelt werden, welche von der Berliner Stadtreinigung aktiv beworben wird. Über die App können sich Berliner Privathaushalte schnell und einfach miteinander vernetzen und in Eigeninitiative Fahrten zu den BSR-Recyclinghöfen organisieren. Dazu können Hilfesuchende eine Anzeige mit Informationen zum zu entsorgenden Gegenstand aufgeben und einen Betrag festlegen, den sie bereit sind für die Transporthilfe zu bezahlen. Privatpersonen können daraufhin den Transport zum Recyclinghof übernehmen und erhalten bei nachgewiesener Anlieferung den vereinbarten Betrag. Über die App, welche seit Mitte 2022 in Berlin eingesetzt wird, wurden Stand 2022 wöchentlich rund 50 – 60 Inserate abgewickelt.

Künftige Herausforderungen

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

3.2.2 Sortierung/Aufbereitung

Im Bereich der bereits hoch entwickelten Technologien der Kreislaufwirtschaft kommt den Sortier- und Aufbereitungstechnologien eine zunehmende Bedeutung zu. Die angestrebte erhöhte Rückführung von Wertstoffen in den Stoffkreislauf, sowohl im Bereich der Haushalts- als auch der Gewerbeabfälle, kann bei den erfassten Abfall- und Wertstoffgemischen nur durch Trennverfahren mit entsprechender Trennschärfe gelingen, bei denen differenzierte Materialströme in einer Qualität erzeugt werden, die die Anforderungen und Spezifikationen von Abnehmenden erfüllen und ein qualitativ hochwertiges Recycling ermöglichen. Herausforderungen stellen sich dabei insbesondere durch die Materialvielfalt, nicht trennbare Materialkombinationen und auch neue Materialien auf der Produktseite sowie der Zusammensetzung und Qualität der zu sortierenden Abfallgemische. Im Bereich der Verpackungsmaterialien sind durch die neuen erhöhten Vorgaben in Bezug auf die Recyclingquote der insgesamt erfassten Leichtverpackungen (mindestens 50 %) sowie der einzelnen Stoffgruppen insbesondere bei den Kunststoffen neue Wege in der Sortierung und Aufbereitung erforderlich.

Vorsortierung von Restabfällen

Die Rückgewinnung und Verwertung von Wertstoffen aus Restabfällen gerät zunehmend in den Fokus. Insbesondere für Kunststoffe, deren stoffliche Verwertung aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen bisher nicht umsetzbar war, eröffnen sich neue Vermarktungsmöglichkeiten. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Die Nachfrage nach recycelten Kunststoffen bietet neue Absatzmöglichkeiten sowohl in Richtung der chemischen als auch der mechanischen Verwertung, wodurch auch tiefergehende Aufbereitungsschritte wirtschaftlicher werden. Zur Wirtschaftlichkeit trägt auch das Brennstoffemissionshandelsgesetz bei, das ab 2024 zu einer Bepreisung von fossilen CO_2-Emissionen aus der Abfallverbrennung führt. Die Abtrennung und stoffliche Verwertung von Kunststoffen aus dem Restabfall, welche bei der Verbrennung den Großteil der fossilen CO_2-Emissionen verursachen, führt durch die Minderung der Treibhausgasemissionen auch zu einer Minderung der Kostenbelastung für die abgabepflichtigen Verbrennungsanlagen.

Erste Anlagen in Deutschland setzen künftig auf eine weitergehende Restabfallsortierung, wie z. B. das in Hamburg geplante Zentrum für Ressourcen und Energie (ZRE). Ab dem Jahr 2025 sollen hier jährlich rund. 323.000 Tonnen Abfall, davon 145.000 Tonnen Restabfall sortiert werden. Neben Eisen- und Nichteisenmetallen sollen Papier, Pappe und Kartonagen sowie Kunststoffe und Glas als Wertstoffe abgetrennt werden. Der nicht recyclebare Anteil des Abfalls soll thermisch verwertet werden.[4]

Die AVG Köln plant, die bisherige Vorsortierung des Restabfalls auf weitere Wertstoffe auszudehnen. Zukünftig sollen 3-D-Kunststoffe, wie Waschmittelflaschen, aussortiert und in die stoffliche Verwertung zurückgeführt werden. Auch Folien werden der Planung nach aussortiert und zunächst zu hochwertigem Brennstoff aufbereitet. Sobald für die Folien eine stoffliche Verwertung technisch und wirtschaftlich möglich ist, sollen auch diese stofflich verwertet werden. Aktuell laufen parallel dazu Forschungs- und Pilotvorhaben der petrochemischen Industrie. Das Genehmigungsverfahren ist erfolgreich abgeschlossen. Die Anlage wird Ende 2023 in Betrieb gehen.[5]

Auch viele weitere Unternehmen aus der Entsorgungsbranche prüfen zurzeit die Möglichkeit, Kunststoffe aus verschiedenen zur Verbrennung bestimmten Abfallströmen auszusortieren. Häufig finden diese Planungen in Kooperation mit Unternehmen aus der Chemiebranche statt, die sich einen Zugriff auf die gefragten Wertstoffe sichern möchten. So haben z. B. der MVA-Betreiber EEW und der Chemiekonzern Lyondell-Basell erklärt, eine langfristige strategische Partnerschaft zur Gewinnung und Verwertung von Kunststoffen aus Verbrennungsabfallströmen prüfen zu wollen.[6]

PET-Sortierband, Quelle: Reiling

Anlagen zur tiefergehenden Kunststoffsortierung und -aufbereitung

Derzeit werden in Deutschland mehrere Anlagen geplant, um aus Rest- und Gewerbeabfällen aussortierte Kunststoffe sowie Kunststofffraktionen aus LVP-Sortieranlagen, die bisher energetisch verwertet werden, weitergehend zu sortieren und aufzubereiten. Ein Beispiel ist die in Eicklingen bei Celle geplante neuartige Kunststoffaufbereitungsanlage des deutsch-niederländischen Joint Ventures Source Plastics GmbH, an dem der Chemiekonzern Lyondell-Basell beteiligt ist. Hier sollen ab Ende 2023 jährlich bis 60.000 Tonnen schwierig zu recycelnde Mischkunst-

④ Website: https://www.stadtreinigung.hamburg/zre/, zuletzt geprüft am 29.09.2023.

⑤ Dritter Sachstandsbericht zum Abfallwirtschaftskonzept der Stadt Köln, Website: https://ratsinformation.stadt-koeln.de/vo0050.asp?__kvonr=108447, zuletzt geprüft am 29.09.2023.

⑥ Website: https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/eew-baut-vorsortieranlage-fuer-kunststoffe-in-delfzijl-150223/, zuletzt geprüft am 29.09.2023.

Website: https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/eew-und-lyondellbasell-wollen-zusammen-abfaelle-vorsortieren-270323/, zuletzt geprüft am 29.09.2023.

Management von Plastikabfall, Quelle: CREM

stoffe, Folien und PO-Mix-Fraktionen aus der LVP-Sortierung für das chemische und werkstoffliche Recycling aufbereitet werden. Lyondell-Basell plant, die beim anschließenden chemischen Recycling entstehenden Pyrolyseprodukte zur Herstellung neuer Kunststoffmaterialien zu verwenden.[7]

Neue Separationsverfahren

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. Inzwischen ist eine hochentwickelte Sensorik in der Lage, auch schwarz eingefärbte Kunststoffe sortenrein zu trennen. Auch die Erkennung und Abtrennung von Glasbruch aus einem Abfallgemisch ist mittlerweile grundsätzlich möglich. Während diese Techniken langsam Einzug in die Praxis halten, geht die Entwicklung der Technologie weiter: Techniken wie Objekterkennung oder digitale Wasserzeichen werden die Recyclingquoten weiter erhöhen können.

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"). Die Verwendung von nur einer Stofffraktion für eine Verpackung oder ein Produkt statt eines Gemisches aus mehreren Materialien ist ein positiver und einfacher Ansatz in diese Richtung. Doch nicht immer kann oder soll auf die technischen Eigenschaften von modernen Mehrschichtverpackungen verzichtet werden. Ein aktueller „Design for Recycling"-Ansatz ist daher, bei der Herstellung von Mehrschichtfolien eine wieder lösbare Klebeschicht zwischen den einzelnen Layern zu verarbeiten. Diese speziellen Mehrschichtverpackungen könnten durch Nahinfrarot-Technologie aus dem Stoffstrom aussortiert und separat weiter aufbereitet werden. Durch eine Heißwäsche löst sich der Kleber und es findet eine Delamination der Stoffe statt.[8]

Bestrebungen, das Produktdesign hinsichtlich der Recyclingeigenschaften zu optimieren, gibt es auch bei anderen Abfallströmen, wie etwa bei Elektroaltgeräten oder Verbundwerkstoffen aus Carbon, deren Recycling derzeit ebenfalls noch große Probleme bereitet.

7 EUWID 48/2022, Website: https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/source-one-plastics-legt-grundstein-fuer-neuartige-kunststoffaufbereitung-291122/, zuletzt geprüft am 29.09.2023.

8 EUWID 20.2023; Website: Projekt zeigt erste Erfolge bei Trennung von PET/PE-Mehrschichtfolien (euwid-recycling.de), zuletzt geprüft am 29.09.2023.

3.2.3 Stoffliche Verwertung

Die stoffliche Verwertung ist bei vielen separat gesammelten Wertstofffraktionen bereits weitgehend etabliert, wie z. B. bei Metallen, Glas oder Altpapier. Durch den Einsatz der Sekundärrohstoffe bei der Herstellung neuer Produkte werden die Energie- und Klimabilanz deutlich verbessert, Primärrohstoffe eingespart, Umweltbelastungen reduziert und mit Blick auf die Arbeitsbedingungen bei der Rohstoffförderung ein Beitrag zu Nachhaltigkeit geleistet.

Verpackungsgesetz

Um die stoffliche Verwertung insgesamt und vor allem bei den Kunststoffen weiter zu steigern, wurden die gesetzlich vorgeschriebenen Mindestrecyclingquoten für die verschiedenen Verpackungsmaterialien mit dem am 01.01.2019 in Kraft getretenen Verpackungsgesetz erhöht. So wurde die geforderte Quote für werkstoffliche Verwertung von Kunststoffverpackungen zunächst auf 58,5 % und bis zum Jahr 2022 auf 63 % angehoben. Bei den Verpackungen aus Metall, Glas und Papier wurde die Recyclingquote auf 90 % erhöht. Darüber hinaus müssen im Jahresmittel mindestens 50 % der im gelben Sack beziehungsweise der gelben Tonne gesammelten Abfälle recycelt werden.

Um das Recycling zu erleichtern, ist ein nachhaltiges Verpackungsdesign der Produkte ausschlaggebend, welches bereits bei der Entwicklung der Verpackung die nachfolgenden Recyclingprozesse berücksichtigt. Auch dazu will das neue Verpackungsgesetz einen Beitrag leisten. So sollen die Lizenzentgelte für die Verpackungen stärker an ökologische Kriterien wie Recycling- und Sortiereigenschaften sowie den Einsatz von Rezyklaten gekoppelt werden. Somit sollen Anreize für die Hersteller geschaffen werden, Verpackungen recyclinggerechter und ressourcenschonender zu gestalten. Eine Studie[9] des Umweltbundesamtes kommt aber zu dem Schluss, dass das im Verpackungsgesetz formulierte ökonomische Lenkungsinstrument als unwirksam einzustufen ist und keine hinreichend wirksame finanzielle Anreizsetzung für ökologische Verpackungsgestaltung festzustellen ist. Daher fordern Marktteilnehmer die Einführung eines Fonds, welcher sich z. B. aus Einzahlungen von Herstellern speist, deren Verpackungen nicht recyclingfähig sind, und dessen Geld für den Ausbau von Sortier- und Recyclinginfrastruktur eingesetzt wird.[10] Somit bestehen weiterhin große Potenziale, Verpackungen recyclingfreundlicher zu gestalten und zukünftig noch mehr Materialien stofflich zu verwerten.

⑨ UBA Texte 118/2022: Überprüfung der Wirksamkeit des § 21 VerpackG und Entwicklung von Vorschlägen zur rechtlichen Weiterentwicklung

⑩ EU-Recycling Magazin 08/2022, Seite 13, https://eu-recycling.com/Archive/36819

⑪ https://www.rolandberger.com/de/Insights/Publications/Plastic-recycling-Exploiting-the-new-gold.html.

⑫ https://www.lbf.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/kunststoffverpackungen-wiederverwerten-neues-verfahren-entzieht-duftstoffe.html

PET-Ballenlager, Quelle: Reiling

Recycling von Kunststoffen

Größere Herausforderungen und Entwicklungsbedarfe bestehen weiterhin beim Recycling von Kunststoffen. Durch die hohe Nachfrage des Marktes nach Rezyklaten und strenger werdende Recyclingquoten ist Bewegung in den Markt gekommen. Dazu kommen zuletzt stark gestiegene Marktpreise für Kunststoff-Neumaterialien und -Rezyklate, welche, Analysen zufolge, auch in den kommenden Jahren auf einem hohen Niveau verbleiben werden.[11] In der Folge lassen sich auch tiefergehende und insbesondere energieintensivere Aufbereitungsschritte für Kunststoffabfälle, wie Heißwäschen, wirtschaftlich darstellen, wodurch mehr Kunststoffabfälle für eine werkstoffliche Verwertung in Frage kommen. Demgegenüber steht die zukünftige Herausforderung einen dauerhaften Absatzmarkt für Rezyklate zu generieren und die Akzeptanz dieser zu steigern.

Ein Problem von Rezyklaten aus dem Post-Consumer-Bereich ist ihr Geruch, der die Verwendung einschränkt. Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF hat ein neues Verfahren entwickelt, um Duftstoffe aus Kunststoffverpackungen zu entfernen. Das neue Verfahren basiert auf der Druckwasser-Extraktion. Es entfernt, bisher im Labormaßstab, den Tracer-Duftstoff Limonen aus kommerziellen HDPE-Verpackungen und kommt ohne organische Lösemittel aus. Darüber hinaus werden neben dem Duftstoff noch weitere Verunreinigungen und kurzkettiges HDPE aus den Proben entfernt, die ursprünglich in der Verpackung enthalten sind.[12]

Neben der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen und dem Recycling von Mischkunststoffen kann daas chemische Recycling eine Ergänzung darstellen. Dem chemischen Recycling wird die Möglichkeit der Ausschleusung von Schadstoffen sowie das Potenzial des Einsatzes schwierig werkstofflich recyclebarer oder stark verschmutzter Abfälle zugesprochen.[13] Das Umweltbundesamt definiert chemisches Recycling folgendermaßen: „Das chemische Recycling von Kunststoffen bezeichnet Prozessketten, in denen Polymere ganz oder teilweise in ihre Bestandteile zerlegt und diese anschließend stofflich zur Erzeugung neuer Polymere oder anderer Stoffe verwendet und [abgesehen von Nebenprodukten oder Reststoffen] nicht energetisch genutzt werden."[14] Demnach handelt es sich beim chemischen Recycling um eine (roh)stoffliche Verwertung, welche auch bei Recyclingquoten berücksichtigt werden kann. Hinsichtlich der Quoten im Verpackungsgesetz kann das chemische Recycling dazu beitragen, die im Jahresmittel geforderte Recyclingquote von 50 % für den gesamten Inhalt des gelben Sacks bzw. der gelben Tonne einzuhalten. Bezüglich der geforderten Quote von 63 % für die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffabfällen können chemisch recycelte Mengen aber nicht in Ansatz gebracht werden. Werden bei den chemischen Verfahren Kraft- oder Brennstoffe hergestellt, handelt es sich um eine energetische Verwertung.

Bisher existieren in Deutschland nur wenige Anlagen zum chemischen Recycling. Dabei handelt es sich häufig um Pilotanlagen oder Anlagen im halbindustriellen Maßstab. Die Menge an chemisch recycelten Kunststoffabfällen zur Gewinnung von Kunststoffrohstoffen betrug im Jahr 2021 gerade einmal 3 Kilotonnen und damit weniger als 0,1 % aller Post-Consumer-Kunststoffabfälle in Deutschland.[15] Dennoch gibt es Bewegungen im Markt und es folgen regelmäßig Ankündigungen von Entwicklungsvorhaben, Investitionen, strategische Partnerschaften oder Abnahmevereinbarungen. Experten rechnen auch weiterhin mit einem wachsenden Markt und einer größer werdenden Bedeutung des chemischen Recyclings. Neben Kunststoffen aus Verpackungs- und neuerdings Restabfällen geraten auch zunehmend andere Abfallarten in den Fokus, wie z. B. Alttextilien oder Kunststofffraktionen aus Altfahrzeugen und Elektroaltgeräten.[16]

13 https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/chemisches-recycling

14 UBA ReFoPlan Vorhaben „Abschätzung der Potenziale und Bewertung der Techniken des thermochemischen Kunststoffrecycling"

15 Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021: Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen, https://plasticseurope.org/de/knowledge-hub/stoffstrombild-kunststoffe-in-deutschland-2021/

16 https://320grad.de/2023/01/19/chemisches-recycling-welche-branchen-das-'groesste-interesse-zeigen/

Kreislaufwirtschaft und Recycling von mechanisch bisher nicht recyclebaren Kunststoffabfällen:

CARBOLIQ und die Entwicklung der Circular Liquid Resource (CLR)

Carboliq ist ein innovatives Unternehmen, das sich auf die Verarbeitung von Kunststoffabfällen spezialisiert hat, die bislang nicht mechanisch recyclebar sind und daher thermisch verwertet werden. Durch die Anwendung moderner Technologien wandelt Carboliq eine breite Palette von Kunststoffabfällen mit hohen, stark schwankenden Verschmutzungsgraden, in ein klimafreundliches, hochwertiges Erdöl-Ersatzprodukt um, welches als Circular Liquid Resource (CLR) vermarktet und damit in den Stoffkreislauf zurückgeführt wird.

Die Carboliq betreibt als Carbowest am Standort der Ecowest in Ennigerloh eine Pilotanlage. Seit dem Jahr 2021 erreichte die Anlage einen Output von 1.000 Tonnen CLR bei mehr als 7.000 Betriebsstunden, wodurch die kommerzielle Reife der Technologie bewiesen werden konnte. Die Anlage kann unterschiedliche kunststoffhaltige Abfallströme verarbeiten und dabei eine konstante Produkt-Qualität bei schwankenden Einsatzmaterialen gewährleisten. Die Belieferung von und der Einsatz bei mehreren industriellen Kunden aus der Petro-Chemie belegt dies.

Erfolge solcher Art wurden durch eine Zusammenarbeit mit Südpack weiter unterstrichen. Im Rahmen dieser Partnerschaft hat Carboliq gezeigt, dass die in Lebensmittelverpackungen verwendeten Multilayer-Folien effizient recycelt und Pyrolyse-Öl-Ausbeuten von bis zu 75 % erreicht werden können. Darüber hinaus wurden die am Standort erzeugten Ersatzbrennstoffe ebenfalls kontinuierlich zu CLR verarbeitet. Im nächsten Schritt wird eine kommerziell skalierte Demonstrationsanlage mit einem Output von 10.000 Tonnen pro Jahr geplant und gebaut.[17]

17 https://carboliq.com/de/technologie.html, zuletzt geprüft am 20.12.2023

Pilotanlage in Ennigerloh, Quelle: Carboliq

Was kostet Kreislaufwirtschaft?

Quelle: envato elements

Die Organisation und der Betrieb der gesamten Entsorgungsinfrastruktur hat naturgemäß seinen Preis. Der Leistungsumfang der Kreislaufwirtschaft ist durch die hohen Standards für die Behandlung der Abfälle und die Kreislaufführung der Rohstoffe sehr umfangreich: Müllabfuhr mit hohem Servicegrad, getrennte Sammlung von Wertstoffen, Herstellung von Rezyklaten, Kompostierung und Vergärung mit Energiegewinnung, Restmüll- und Sperrmüllentsorgung über Sortier-, Behandlungs- und Verbrennungsanlagen, Entsorgung von Schadstoffkleinmengen, Abfallberatung und vieles mehr.

Die Gebühren für die Abfallentsorgung unterliegen in vielen Städten und Landkreisen oftmals intensiven kommunalpolitischen Diskussionen. Dabei stehen häufig Aspekte wie Rechtssicherheit, Gebührengerechtigkeit, Demografie-Festigkeit, Kostendeckung, Stadtsauberkeit, Anreize zur Abfallvermeidung und zur getrennten Sammlung, Transparenz der Ausgaben und die Sozialverträglichkeit im Fokus.

Der rechtliche Rahmen ergibt sich insbesondere aus den Kommunalabgabengesetzen der Bundesländer in Verbindung mit den Landesabfallgesetzen. Unterschiedliche Systeme und unterschiedliche Erfahrungen in den Kommunen zeigen aber, dass es nicht die „eine" Gebührenstruktur gibt, die für alle Kommunen gleichermaßen passt sondern dass jeweils auf Basis der örtlichen Rahmenbedingungen adaptiert werden muss.

In Anbetracht des hohen Aufwandes und insbesondere im Vergleich zu sonstigen üblichen Ausgaben der Privathaushalte liegen die durchschnittlichen Kosten der privaten Haushalte für die Abfallentsorgung nach Berechnungen des INFA mit etwa 70 – 120 € je Einwohner und Jahr deutlich unter dem, was gemeinhin erwartet wird: Nach Umfragen des INFA werden die kommunalen Gebühren von den Bürgerinnen und Bürgern bis zu 5 mal so hoch eingeschätzt, wie sie in den jeweiligen Kommunen tatsächlich sind.

Rein rechnerisch bedeutet dieser Vergleich, dass die mittleren Kosten für die komplette Abfallentsorgung in den meisten Regionen Deutschlands deutlich weniger als 10 € pro Person und Monat betragen – oder weniger, als eine Zigarette oder ein Brötchen am Tag kosten.

Die Abfallgebühren setzen sich insgesamt aus drei verschiedenen Positionen zusammen:

- Kosten für die Sammlung und den Transport: ca. 30 %
- Kosten für die Abfallbehandlung und -verwertung: ca. 60 %
- Kosten für die Organisation und die Verwaltung: ca. 10 %

Kostensteigerungen sind für die Branche aus verschiedenen Gründen zu erwarten. Das Leistungsspektrum hat sich auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft mit der fünfstufigen Abfallhierarchie und zunehmenden Verpflichtungen in den Bereichen Abfallvermeidung und Wiederverwendung sowie getrennte Wertstoffsammlung und Recycling deutlich ausgeweitet. Zudem steigen die Kosten aufgrund höherer Energiekosten und auch höherer Umweltstandards (u. a. Umrüstung des Fuhrparks auf alternative Antriebe, Mehraufwand durch mehr baulich getrennte Radwege, steigende Verbrennungskosten infolge des Brennstoffemissionshandels ab 2024).

Permanent werden Anstrengungen unternommen, die Kosten und Gebührenhöhen unter Beachtung von Qualitäts- und Servicestandards zu reduzieren. Bei entsprechenden Reduzierungsoptionen (häufig verbunden mit einer Reduzierung des Servicegrades wie z. B. der Verlängerung der Leerungsrhythmen oder der Umstellung von Voll- auf Teilservice) wird den Entscheidungsträgern häufig deutlich, dass die Reduzierungspotenziale in € je Einwohner und Jahr vergleichsweise gering sind. Zum einen sind aufgrund der Höhe der Fixkosten, die in der Abfallwirtschaft bei bis zu 80 % liegen, die variablen Kosten relativ gering. Eine Reduzierung der variablen Kosten um beispielsweise 20 % würde sich dem entsprechend „nur" mit 4 % auf die Gesamt-Gebührenhöhe auswirken (also ca. 30 Cent je Einwohner und Monat). Aufgrund dieser relativ geringen spezifischen Auswirkungen auf die Gebührenhöhe wird (häufig) von Seiten der kommunalen Abfallwirtschaftsbetriebe Abstand von Maßnahmen genommen, die auf der einen Seite zwar Einsparpotenziale beinhalten, auf der anderen Seite jedoch zu einer Serviceverschlechterung für die Gebührenzahler führen oder andere Ziele, wie z. B. die Stadtsauberkeit, konterkarieren.

Finanzielle Anreize mit dem Ziel, Gebühren reduzieren zu können, haben bei den Bürgerinnen und Bürgern in der Regel den Effekt, kleinere Restmüllbehälter zu nutzen oder diese seltener entleeren zu lassen. Hier ist die Berücksichtigung einer Untergrenze (angemessenes Mindestbehältervolumen) sinnvoll und rechtlich möglich. Mit zu geringem Restmüllbehältervolumen sind Fehlwürfe z. B. in die Biotonne und die Erhöhung der Sperrmüll- und Litteringmengen oft die Konsequenz.

Eine Herausforderung bei dem Ziel einer stabilen Gebührengestaltung sind steigende Kosten. Gleichzeitig führen erfolgreiche Maßnahmen der Abfallvermeidung indes u. a. zu kleineren Abfallbehältern, welche aber wiederum die Haupteinnahmesäule der meisten Betriebe darstellen. Um einer daraus folgenden Spirale von Gebührenerhöhungen entgegenzuwirken, verfügen viele Betriebe über Gebührenmodelle mit Grund- und Leistungsgebühren, wodurch die örtlichen Kostenstrukturen besser widergespiegelt werden. Über die Grundgebühr erfolgt eine Beteiligung aller Gebührenschuldner an den Vorhaltekosten der abfallwirtschaftlichen Leistungen, unabhängig von der genutzten Behältergröße. Dadurch werden eine gerechtere Kostenverteilung sowie auch eine höhere Kostendeckungssicherheit und damit Gebührenstabilität erreicht.

Die kommunalen Abfallgebühren decken die Kosten für die Sammlung, den Transport und die Entsorgung sämtlicher Haushaltsabfälle mit Ausnahme der Verpackungen, also z. B. für Restabfall, Sperrmüll, Bioabfall sowie sonstige (Nichtverpackungs-)Wertstoffe. Die Kosten für die Sammlung, den Transport und die Verwertung von Verpackungsabfällen (Leichtverpackungen aus gelbem Sack bzw. Behälter, Pappen und Kartonagen, Behälterglas) werden über so genannte „Beteiligungsentgelte" gedeckt, die vom Hersteller für jede einzelne Verpackung an die Dualen Systeme zu entrichten sind und die Verbraucher bereits beim Kauf des Produktes/der Verpackung bezahlen. Im Jahr 2022 wurden rund 6,4 Mio. Tonnen Verpackungen lizensiert, darunter 2,3 Mio. Tonnen Glas, 2,3 Mio. Tonnen PPK und 1,8 Mio. Tonnen LVP.

An Lizenzentgelten haben die Dualen Systeme im Jahr 2022 nach unseren Hochrechnungen insgesamt rund 1,5 Mrd. € eingenommen, das bedeutet, dass den Bürgerinnen und Bürgern für die Verwertung ihrer Verpackungsabfälle zusätzlich zu den Abfallgebühren weitere Kosten von rund 17,4 € pro Jahr bzw. rund 1,5 € pro Monat entstehen.

Struktur der Konsumausgaben privater Haushalte 2022

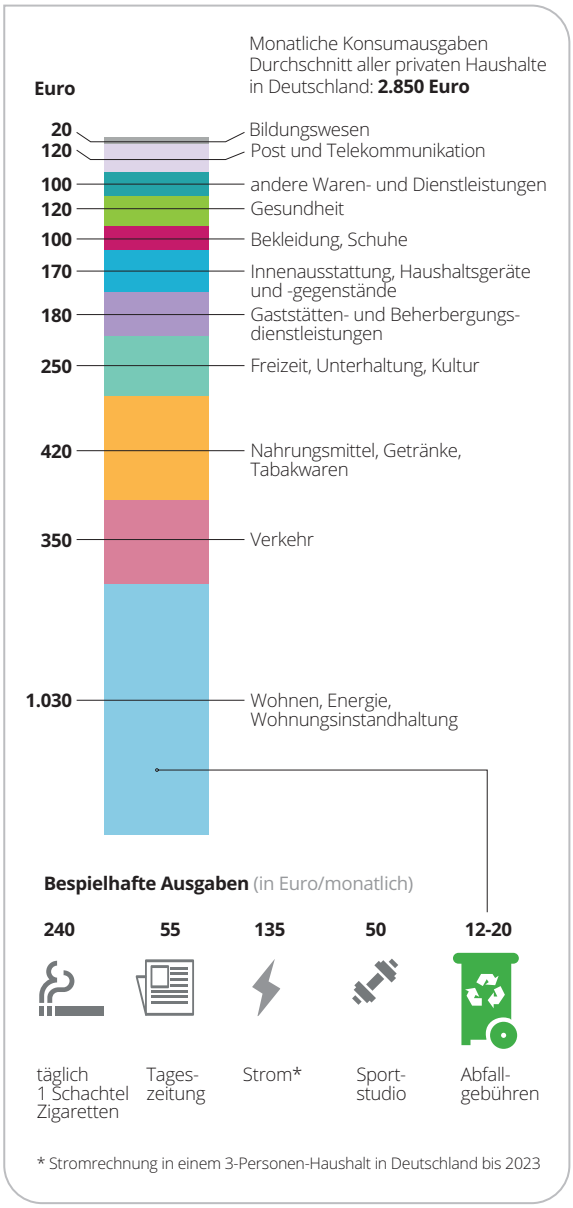


Abb. 74, Quelle: Destatis: Konsumausgaben privater Haushalte in Deutschland; Konsumausgaben privater Haushalte in Deutschland - Statistisches Bundesamt (destatis.de)

Verwertung von Bioabfällen

Bei der Verwertung von Bioabfällen ist ein Trend zum vermehrten Bau von Vergärungsanlagen zu verzeichnen. Die Bioabfallvergärung mit anschließender Rotte stellt eine Kaskadennutzung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetztes dar. Hierbei wird aus den Bioabfällen zuerst in einer Vergärungsanlage Biogas erzeugt, welches sich mittlerweile vielfältig nutzen lässt. Die anschließende Kompostierung der Gärreste erzeugt Kompost, welcher zur Düngung und Bodenverbesserung genutzt wird. Somit werden sowohl der Energiegehalt als auch die Nährstoffe der Bioabfälle genutzt.

Das erzeugte Biogas wird bisher vielfach in Blockheizkraftwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt. Die Aufbereitung zu Biomethan und Einspeisung in das Erdgasnetz ermöglicht demgegenüber eine standortunabhängige Verwertung. Dieser Ansatz wird auch für das Biogas der Bioabfallbehandlungsanlage der Berliner Stadtreinigungsbetriebe BSR gewählt, um das Biomethan als Dieselersatz zum Betanken der gasbetriebenen Abfallsammelfahrzeuge zu nutzen.

Auch im Rheinland, zunächst im Rhein-Erft-Kreis, nun auch in Köln, setzt man auf komprimiertes Biomethan als Antriebsform für Sammelfahrzeuge. Im Rahmen einer Partnerschaft zwischen der AWB Abfallwirtschaftsbetriebe Köln GmbH (AWB), der AVG Ressourcen GmbH (AVG), der GVG Rhein-Erft, der REMONDIS Rheinland und der RheinEnergie AG werden in den kommenden Jahren in Köln rund 100 mit klimaneutralem Biogas betankte Nutzfahrzeuge unterwegs sein. Dazu wurde im Jahr 2021 in Nachbarschaft zur AVG Ressourcen im Kölner Norden eine neue Biogastankstelle in Betrieb genommen. Ein weitere Biogastankstelle wurde bereits 2020 in Hürth eingeweiht. Die Tankstellen versorgen die Fahrzeuge der beteiligten Unternehmen der Abfall- und Wertstoffsammlung mit Biomethan, erzeugt durch Vergärung Kölner Bioabfälle. Aus jährlich bis zu 20.000 Tonnen Bioabfällen werden in der Anlage der AVG bis zu 1,2 Millionen Kubikmeter Biogas, welches aufbereitet in das Gasnetz eingespeist wird. Die CO_2-Einsparung beträgt pro Jahr rund 4.000 Tonnen, davon rund 2.100 Tonnen durch den Betrieb der neuen Tankstelle.[18]

Rohrleitung Biogas, Quelle AWG

Austrag Kompost, Quelle: Stadtreinigung Hamburg, Markus Contius

3.2.4 Energetische Verwertung

Die thermische Abfallbehandlung ist integraler Bestandteil der deutschen und europäischen Entsorgungswirtschaft. Die rund 100 Thermischen Abfallbehandlungsanlagen (TAB: Müllverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoff-Kraftwerke) sind Voraussetzung für eine funktionierende Kreislaufwirtschaft und leisten einen positiven Beitrag zum Klimaschutz, unter anderem durch Substitution fossiler Primärenergieträger in den Bereichen Strom bzw. Fern-Wärme/Prozessdampf. Zudem leisten diese einen Beitrag zum Ressourcenschutz durch die Verwertung von Metallen und mineralischen Ersatzbaustoffen aus den Verbrennungsrückständen. Darüber hinaus gewährleistet die thermische Abfallbehandlung durch ihre Funktion als Schadstoffsenke die Kreislaufführung von Rohstoffen, beispielsweise durch die energetische Verwertung von schadstoffbelasteten Sortierresten, bei der die Schadstoffe zerstört oder abgeschieden werden.

Im Jahr 2021 wurden von den Mitgliedsanlagen der ITAD Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. (ITAD) rund 25 Millionen Megawattstunden (MWh) Wärme und Prozessdampf abgegeben. Die TAB sind häufig der Haupteinspeiser in die regionalen Fernwärmesysteme. Neben der Wärme wurden weitere 10,3 Millionen MWh Strom von den ITAD-Mitgliedsanlagen produziert und davon 7,9 Millionen MWh ins öffentliche Netz eingespeist. Das entspricht dem durchschnittlichen Strombedarf von rund 2,5 Millionen Haushalten. Die Abwärmenutzung aus der thermischen Abfallbehandlung trägt durch die Substitution von fossilen Energieträgern somit auch zum

18 https://www.koelner.de/news/stadtleben/neue-biogastankstelle-in-betrieb-genommen/

19 https://www.avgkoeln.de/die-anlagen/stoffliche-verwertung, EUWID 23.2022

:

Klimaschutz bei. Mit der Rückgewinnung von Metallen aus der Schlacke liegt die Gesamtentlastung bei rund 7 Mio. t CO_2-Äquivalenten.

CO_2-Abscheidung

In den letzten Jahren stellt sich bei Verbrennungsprozessen zunehmend die Frage, wie CO_2 aus dem Abgas abgeschieden und genutzt oder gespeichert werden kann. Bekannt ist dieses Prinzip als Carbon Capture and Utilization (CCU) bzw. Carbon Capture and Storage (CCS). In mehreren Standorten findet in Pilotanlagen Carbon Capture statt. In den Niederlanden wird beispielsweise aus Rauchgas abgeschiedenes CO_2 in Gewächshäusern zur Beschleunigung des Pflanzenwachstums eingesetzt. In Deutschland wird CCU und CCS aktuell in einer Pilotanlage in Niedersachsen getestet. Zudem beschäftigen sich die meisten TAB-Betreiber intensiv mit dem Thema.

Der Zweckverband für Abfallwirtschaft Südwestthüringen (ZASt) lässt sich am Standort Zella-Mehlis den Bau einer hochmodernen Anlage zur Produktion von Methanol genehmigen. Geplant ist ein Elektrolyseur, der mit dem „Überschussstrom" aus der KWK-Anlage Wasserstoff herstellt, sowie eine Aminwäsche zur CO_2-Abscheidung aus dem Reingas der Abfallverbrennung. Mittels Methanol-Synthese kann aus dem Wasserstoff und dem CO_2 etwa 7.000 Tonnen regeneratives Methanol entstehen. Interessierte Kunden für das Methanol gibt es bereits, wie Marius Stöckmann vom ZASt mitteilt. Mit der Auslegung der Genehmigungsunterlagen für die komplexe Anlage wurde ein Meilenstein erreicht. Durch die Ausweitung der Anwendungsgebiete auf die Abfallverbrennung im Rahmen der aktuell laufenden Carbon Management Strategie der Bundesregierung besteht die reale Chance auch in Deutschland eine Pilotanlage zu installieren.

Wasserstoff aus der energetischen Abfallverwertung

Eine weitere klimafreundliche Sektorenkopplung können die TAB – neben der Energiewirtschaft – mit dem Verkehrssektor eingehen, u. a. durch die Gewinnung von Wasserstoff für Brennstoffzellenantriebe. In diesem Jahr gehört die Kompetenzregion Wasserstoff Düssel.Rhein.Wupper daher auch zu den Gewinnern des Wettbewerbs der „HyLand-Regionenförderung" des Bundesverkehrsministeriums.[20] Investitionen von rund 82 Millionen Euro sind in der „HyPerformer-Region Rhein-Ruhr" geplant. Vom Bund werden den drei Gewinner-Regionen Fördermittel von jeweils 15 Millionen Euro gewährt, vom Land Nordrhein-Westfalen werden für die geplanten Projekte der Region Rhein-Ruhr Mittel in gleicher Höhe bereitgestellt.

An wichtigen Knotenpunkten und Verkehrsadern sind Elektrolyseure zur Erzeugung von grünem Wasserstoff sowie Wasserstoff-Tankstellen für Lkw und Busse in Düsseldorf, Wuppertal, Essen, Gelsenkirchen und Dorsten geplant. Außerdem erlaubt die Lage der Tankstellen zum Teil einen späteren Pipelinezugang, mit dem ein wachsender Wasserstoffbedarf bedient werden kann.

Die Kompetenzregion Wasserstoff wird getragen durch die Initiative zahlreicher Partner, der sich bereits eine große Zahl an namhaften Unternehmen und Institutionen angeschlossen haben. Beteiligte aus der Branche sind neben der ITAD, insbesondere die Betreiber von TAB (AWG Abfallwirtschaftsgesellschaft Wuppertal , EGK Entsorgungsgesellschaft Krefeld, GMVA Gemeinschafts-Müll- Verbrennungsanlage Niederrhein, Kreis Weseler Abfallgesellschaft, Müllheizkraftwerk der Technischen Betriebe Solingen, Müllverbrennungsanlage Flingern der Stadtwerke Düsseldorf und MVA Bielefeld-Herford).

So planen die Stadtwerke Düsseldorf in diesem Zusammenhang die Errichtung einer Elektrolyse-Anlage mit einer Leistung von einem Megawatt auf dem Betriebsgelände der Stadtwerke. Diese soll 2026 in Betrieb gehen und beliefert dann eine Wasserstoff-Tankstelle der H2 MOBILITY, an der 20 Brennstoffzellen-Busse der Rheinbahn und Pkw betankt werden können. Die Stadtwerke Düsseldorf nutzen für die Erzeugung des Wasserstoffs Strom aus der benachbarten TAB. Das Projekt kann auf bis zu fünf Megawatt (MW) ausgebaut werden. Das entspricht einer Erzeugung von zwei Tonnen Wasserstoff pro Tag. Damit könnten dann bis zu 100 Busse pro Tag abgasfrei durch Düsseldorf fahren.[21]

Wasserstofftankstelle, Quelle FAUN

Die Stadtreinigung Hamburg errichtet in Hamburg Stellingen das Zentrum für Ressourcen und Energie (ZRE). Mit dem Projekt „Waste to Hydrogen for Hamburg" will sie gemeinsam mit den Verkehrsbetrieben Hamburg-Holstein, Wärme Hamburg, Gasnetz Hamburg und Hamburg Energie Strom aus der thermischen Verwertung von Abfällen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff einsetzen und auch Batterien für E-Mobilität aufladen. Eingebunden ist das Projekt in den 2021 von mehreren Unternehmen gegründeten Wasserstoffverbund Hamburg, der das Ziel hat, Hamburg grüner zu machen.[22]

[20] https://www.wsw-online.de/unternehmen/presse-medien/presseinformationen/pressemeldung/meldung/bundesministerium-setzt-weiter-auf-wasserstoff-aus-wuppertal/

[21] https://h2.live/newsfeed/wasserstoff-fuer-klimafreundliche-und-emissionsarme-mobilitaet-in-duesseldorf-stadtwerke-und-rheinbahn-investieren/

[22] https://www.stadtreinigung.hamburg/ueber-uns/pressemitteilungen/26-04-2021-wasserstoffverbund/

Klärschlammmonoverbrennung an Standorten von Thermischen Abfallbehandlungsanlagen

Ein neues Aufgabenfeld stellt die Klärschlammmonoverbrennung dar. Mit der Novelle der Klärschlammverordnung soll die Klärschlammausbringung auf Feldern weitgehend beendet und insbesondere Phosphor zurückgewonnen werden, um es in den Stoffkreislauf zurückzuführen. Ab 2029 wird die Phosphorrückgewinnung für Kläranlagen mit einer Ausbaustufe von mindestens 100.000 Einwohnerwerten verpflichtend. Ab dem Jahr 2032 gilt dies auch für Anlagen mit mindestens 50.000 Einwohnerwerten. Ab 2029 rechnet das UBA mit einer jährlichen Rückgewinnung von bis zu 40.000 Tonnen Phosphor, was etwa einem Drittel des Gesamtmarktes in Deutschland entspricht.[22] Mit dieser „Klärschlammwende" hat die Bundesregierung einen regelrechten Planungsboom für Klärschlammmonoverbrennungsanlagen ausgelöst Während die Kapazität zwischen 2015 und 2019 um 20 % auf etwa 515.000 Tonnen Trockensubstanz (TS) angestiegen ist, hat sich die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken, Zementwerken und Abfallverbrennungsanlagen sogar um drei Viertel auf 787.000 Tonnen TS erhöht.[23] Da bei der Mitverbrennung keine Phosphorrückgewinnung erfolgt, könnte diese zukünftig an Bedeutung verlieren.

Zum Vollzug der Klärschlammverordnung in den Landkreisen der Verbandspartner und darüber hinaus, plant der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen den Bau einer innovativen Klärschlammverwertungsanlage für die Behandlung von ca. 30.000 t/a Klärschlamm (TS) auf dem Betriebsgelände der TAB.

Die thermische Klärschlammverwertung liefert dabei nicht nur die phosphorreichen Aschen, sondern nutzt die Synergien zum Müllheizkraftwerk intelligent, um zusätzlich klimaneutrale thermische und elektrische Energie zu produzieren. Durch die erschlossene Fernwärmeinfrastruktur und weitere Synergiepotenzialen am Standort, wird das Projekt ab geplanter Inbetriebnahme in 2027 ein wesentlicher Baustein in der regionalen Wärmeplanung und –transformation.

Mono-Klärschlammverbrennungsanlage, Quelle: EEW

Die Verknüpfung des bestehenden Werks mit der neuen Anlage ermöglicht darüber hinaus, weitere Umweltprojekte mit Pilotcharakter anzugehen. Neben dem Ausbau der verfügbaren Flächen für PV-Stromerzeugung, werden Großwärmepumpen eingesetzt, womit die Auskopplung grüner, klimaneutraler Fernwärme auf ca. 100.000 MWh gesteigert werden kann.

Im Projekt spielt die Planung einer energieeffizienten CO_2-Auswaschung aus dem Rauchgas eine bedeutende Rolle, sodass durch die CCUS-Technik einen Beitrag zur Schliessung von Kohlenstoffkreisläufen leistet und somit sogar eine CO_2 Senke (negative Klimabilanz) entstehen kann Der Einsatz innovativer Prozesses ermöglicht sogar den Betrieb der energieintensiven CCUS-Anlage ohne wesentliche Verluste bei der Fernwärmeversorgung für die Städte Sindelfingen und Böblingen.[24]

Schlackenbunker, Quelle: EEW

22 UBA TEXTE 13/2019 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-19_texte_13-2019_phorwaerts.pdf

23 EUWID 49.2022

24 https://www.zvkbb.de/start

Rückgewinnung strategisch wichtiger Metalle

In 2021 haben die Interessengemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von Müllverbrennungsschlacken (IGAM) und die ITAD aktuelle Zahlen, Daten und Fakten rund um die Aufbereitung und Verwertung von Schlacken aus der thermischen Behandlung von Siedlungs- und Gewerbeabfällen (MVA und EBS-Kraftwerke mit Rostfeuerung) bei ihren Mitgliedern und Nichtmitgliedern abgefragt.

Die bundesweite Datenabfrage zu den relevanten Kenndaten im Bereich der Schlackenaufbereitung umfasste sowohl mineralische Stoffströme als auch Metalle. Die Zusammenstellung aktueller und repräsentativer Daten im Rahmen der gemeinsamen Verbändeumfrage dient folgenden Zielen:

- Darstellung der aktuellen Branchensituation hinsichtlich der Wiederverwertung von HMV-Schlacken in technischen Bauwerken.
- Darstellung des Beitrags der Metallverwertung aus der Schlackenaufbereitung zur Erfüllung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle.

Das Daten-Monitoring fand im Zeitraum Juni 2021 bis Ende 2021 auf Basis eines branchenspezifischen Fragebogens der Verbände IGAM und ITAD für das Berichtsjahr 2020 statt.

An der Umfrage beteiligten sich 36 von 37 Betreiber von Schlackenaufbereitungsanlagen. Für eine Anlage musste auf branchenspezifische Informationen und Abschätzungen zurückgegriffen werden. Somit deckt die Umfrage alle bekannten 37 Aufbereitungsanlagen in Deutschland ab. Die ermittelte Frischschlackenmenge lag bei gut 6 Millionen Tonnen und war im Vergleich zum Jahr 2017 marginal gesunken, die Gesamtmetallausbeute hingegen um knapp 3 % gestiegen. Insgesamt lag die Summe der abgetrennten reinen Metalle bei etwa 8 %. Durch die Verwertung dieser fast 500.000 Tonnen an reinen Metallen ergibt sich in Bezug auf den Klimaschutz eine Gutschrift von rund 1,6 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten.

Nach der Aufbereitung verbleiben etwa 77 % bzw. 4,7 Millionen Tonnen Fertigschlacke. Mit 64 % wird der Großteil dieser Schlacken auf Deponien als Baustoff verwertet. Dieser Anteil hat seit 2017 deutlich zugenommen. Die Verwendung von Schlacke in technischen Bauwerken hat hingegen abgenommen und lag im Jahr 2020 bei rund 17 %. Ebenfalls rückläufig ist die Beseitigung der Fertigschlacke auf Deponien, welche im Jahr 2020 nur noch 19 % ausmachte.

Entsorgungswege der aufbereiteten HMV-Schlacke
(Vergleich 2017*/2020, in Millionen Tonnen)

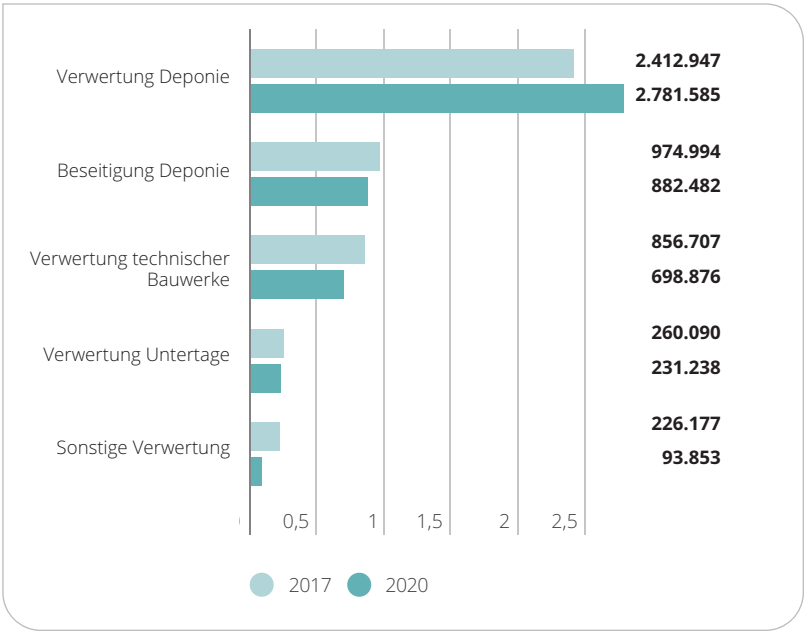


Abb. 75, Quellen: ITAD/IGAM, Umfrage – Aufbereitung von HMV-Schlacken, Stand: 3/2022

Schlackenaufbereitung 2020 (in Tonnen)

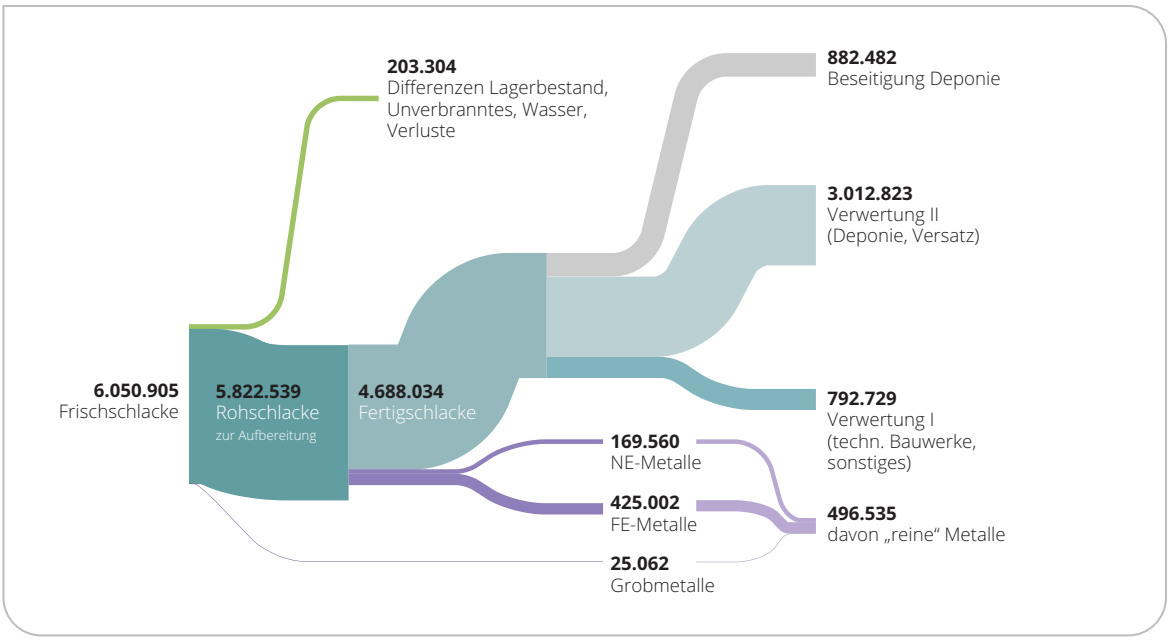


Abb. 76, Quellen: ITAD/IGAM, Umfrage – Aufbereitung von HMV-Schlacken, Stand: 3/2022

Freies Denken mit Wachstumspotenzial.

Die Startup-Szene ist innerhalb der Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren stark gewachsen und auch gezielt gefördert worden. Die Innovationsfähigkeit der Branche hat schon jetzt in den klassischen Bereichen wie dem Recycling von Stoffströmen, der Logistik oder der Anlagentechnik zu beachtlichen Fortschritten geführt. Digitale Systeme, verfahrenstechnische Innovationen, wissenschaftliches Denken und eine ökologische Umsetzung wachsen zusammen, um der gemeinsamen Verantwortung für ein umfassendes Recycling und die gesteckten Klimaschutzziele gerecht zu werden.

Wachstum und Innovationsfähigkeit der Kreislaufwirtschaft zeigen sich auch in der Entwicklung der Startup-Landschaft. Als Startups werden unternehmerische Neugründungen der letzten zehn Jahre mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen bezeichnet. Insgesamt wurden zwischen den Jahren 2013 und 2022 rund 2.000 Startups in der deutschen Kreislaufwirtschaft gegründet – etwa 200 bis 250 Startups pro Jahr. Bezieht man den Sektor Reparaturleistungen mit ein, wurden in dem Zeitraum sogar über 4.700 Startups gegründet. Insbesondere die Anzahl der Gründungen in diesem Sektor ist in den vergangenen Jahren stetig gewachsen.[25]

In Summe verzeichnet die Kreislaufwirtschaft inklusive Reparaturleistungen damit im Betrachtungszeitraum rund 400 Startups mehr als der Maschinenbau und mehr als doppelt so viele wie die Automobilwirtschaft. Mit Blick auf andere Versorgungsbranchen fällt der Vergleich zur Wasserwirtschaft besonders deutlich aus: Die Zahl der Startups, die sich mit Kreislaufwirtschaft und Reparatur beschäftigen, ist etwa zehn Mal so hoch. Die Gründungsintensität der Energieversorgungsbranche wird hingegen nicht erreicht. Sie liegt rund drei Mal so hoch wie die der Kreislaufwirtschaft.

3.3.1 Initiativen zur Förderung von Startups

Die kontinuierliche Zahl an Neugründungen von Unternehmen innerhalb der Kreislaufwirtschaft basiert auch auf einer umfangreichen Förderlandschaft. So sind in den letzten Jahren neben den allgemeinen Förderinitiativen des Bundes und der EU für Startups und Unternehmensneugründungen spezifische Förderprogramme bzw. Preise für Startups aus der Kreislaufwirtschaft heraus entwickelt worden, die zum Teil auch europaweit die Gründerszene ansprechen. Nachfolgend werden dazu verschiedene Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit genannt:

Green Alley Award
Der Green Alley Award wurde von der Landbell Group initiiert und ist Europas erste Auszeichnung für Startups in der Kreislaufwirtschaft: Er wird seit 2014 jährlich durchgeführt und fördert innovative Lösungen und Ideen in den Bereichen Ressourcenschonung, Rückgewinnung und Wiederverwertung von Ressourcen sowie Recycling-Management und CO_2-Einsparungen. Er bietet neben der Auszeichnung und einem Preisgeld auch strategische Unterstützung und Vernetzungsmöglichkeiten an. Bisher haben mehr als 600 Startups aus 52 Ländern, die ein Produkt, eine Dienstleistung oder eine Technologie entwickelt haben und kurz vor der Markteinführung stehen oder sich im Markt etablieren wollen, an dem Green Alley Award teilgenommen.[26]

Förderprogramm Techfounders
Im Rahmen eines 20-wöchigen TechFounders Accelerator Programms entwickeln die Startups ihre Ideen sowie ihr Geschäftsmodell mit einem Kooperationspartner aus der Industrie weiter. Das Accelerator Programm bietet Startups neben dem Kooperationsprojekt mit den Industriepartnern und einer Startfinanzierung auch ein umfassendes Coaching zu verschiedensten Themen wie Pitching, Business Case, HR, Sales & Marketing, Venture Capital und rechtlichen Themen sowie Kontakte zu hochkarätigen Mentoren. Das Programm steht Startups aus allen Ländern zur Verfügung.[27]

kraftwerk – city accelerator bremen
Dieses Programm unterstützt Startups von der Prüfung der Idee über einen Business Plan bis hin zur Gründung eines Unternehmens. Es hilft bei der Anbahnung von Kooperationen und stellt Kontakte zu anderen Startups und weiteren engagierten Unternehmen her. Es steht Ideen aus den Themen Energie, Industrie 4.0, Mobilität und Entsorgung/Recycling offen und hat eine Laufzeit von 14 Monaten. Die Schwerpunkte im Bereich Entsorgung liegen bei der thermischen Abfallverwertung, dem Recycling u. a. von glasfaserverstärkten Kunststoffen, Batterien, Gärresten, Gülle sowie der Klärschlammverwertung und Abwasserreinigung.[28]

U-START
U-Start ist ein Förderprogramm für Startups von Veolia. Es wendet sich an Unternehmen, die in den Feldern Erneuerbare Energien, Energiespeicherung, Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz neue Ideen entwickeln. Neben einer finanziellen Unterstützung werden u. a. die Prototypenfertigung, Co-Creation-Projekte unterstützt sowie der Zugang zu Testeinrichtungen und den Vertriebskanälen von Veolia zur Verfügung gestellt. Seit dem Start im Jahr 2016 wurden acht Startup-Calls durchgeführt und es konnten 13 Kooperationen mit Startups erzielt werden.[29]

Neben den Fördermöglichkeiten gibt es weitere Initiativen, die u. a. die Vernetzung von Startups fördern. Der Verband kommunaler Unternehmen e. V. (VKU) hat beispielsweise die Plattform „KommunalDigital" entwickelt. Hier vernetzt der VKU seine rund 1.500 Mitgliedsunternehmen unter anderem mit Startups und informiert über Zukunftstrends und Innovationen.

Das Netzwerk „StartGreen" ist eines der größten Netzwerke aus den Bereichen Cleantech und Green Economy und steht Startups, Investoren und Gründungsförderern zur Verfügung. Neben den Vernetzungsaktivitäten wird regelmäßig der „Start-Green-Award" vergeben, der im Jahr 2020 auch Startups aus dem Bereich Circular Economy auszeichnet.

25 Grundlage für die Analyse bildet die Unternehmensdatenbank Orbis. Anhand von Schlagworten wurden die Tätigkeitsbeschreibungen der Unternehmensneugründungen in Deutschland nach ihrem Bezug zur Kreislaufwirtschaft und ihres Startup-Charakters untersucht.

26 https://green-alley-award.com/, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

27 https://www.techfounders.com/, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

28 http://kraftwerk-accelerator.com/, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

29 https://www.veolia.de/ustart, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

3.3.2 Beispiele für innovative Startups

Die Startup-Szene ist im Bereich der Kreislaufwirtschaft sehr vielfältig und beschäftigt sich neben konkreten Produkten, Techniken und Prozessoptimierungen auch sehr umfassend mit den Themen Digitalisierung und Logistik.

Im Folgenden werden ausgewählte Startups der Branche aus den Bereichen

- Kreislaufwirtschaft,
- Logistik und Stadtreinigung sowie
- Verbraucher/Kennzeichnung

vorgestellt. Die dargestellten Beispiele bedeuten keine Wertung im Vergleich zu anderen hier nicht genannten Startups und haben ferner auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Startups aus dem Bereich Kreislaufwirtschaft

Agriportance[30]
"Agriportance" aus Münster betreibt eine digitale Plattform für Biomethan und vermittelt das Gas zwischen Produzenten und Abnehmern. Zum Vermittlungsprozess gehören Dienstleistungen, wie das Begleiten der Nachhaltigkeitszertifizierung. Die Produzenten und Abnehmer haben den vollen Überblick über die Zahlungsflüsse aller Seiten. Durch eine konsequente Digitalisierung der Prozesse und daraus resultierenden niedrigen Transaktionskosten ist das Geschäft für Biomethanproduzenten und -abnehmer Seiten profitabel.

ATNA Industrial Solutions[31]
Das junge Unternehmen ATNA Industrial Solutions GmbH hat sich zum Ziel gesetzt, das Brikettieren zu revolutionieren. Dank einer neuartigen Revolverpresse und einem mehrstufigen Pressprozess mit Vorverdichtung, Vorpressung, Hauptpressung und anschließender Auspressung können hohe Durchsätze bei geringem Energieverbrauch realisieren werden. Das Verfahren kommt mit wenig elektrischer Leistung aus. Weil Bauteile dabei geschont werden, fallen geringere Kosten für die Wartung an. Als Briketts können Späne und Stäube effizienter gelagert, transportiert oder weiterverarbeitet werden. Dadurch können Kosten gespart sowie neue Geschäftsfelder entwickelt werden.

boden & bauschutt[32]
Das Startup "boden & bauschutt" bietet eine Plattform zum Handel mineralischer Abfälle. Den Kern der Stoffstromplattform bildet ein Matching-Algorithmus, der anhand vorhandener Analytik automatisiert zu entsorgendes Material mit hinterlegten Verwertungsstellen abgleicht und im Falle einer Übereinstimmung eine Angebotsabgabe ermöglicht. Mit dem Ziel, neben Aufbereitungsanlagen, Recyclingplätzen und Deponien auch temporäre Baumaßnahmen als mögliche Verwertungsstandorte zu generieren, wird Erzeugern auf mittel- und langfristige Sicht eine hohe Anzahl von Möglichkeiten geboten, über "boden & bauschutt" bundesweit mineralische Abfälle in den Kreislauf zurückzuführen. Verwerter von Abfällen erhalten über "boden & bauschutt" nur Anfragen, die sie an ihren Standorten auch wirklich annehmen dürfen und möchten. Hierbei berücksichtigt das System auch individuelle chemische Grenzwerte/Parameter.

Circleback[33]
Das Startup "Circleback" bietet eine technische Lösung, um Herstellern von Konsumprodukten ein eigenes Verpackungs-Take-Back-Programm einzurichten. Konsumenten werden dazu mit einer Geldprämie belohnt, wenn sie Verpackungen von teilnehmenden Herstellern zu einer Circleback-Rückgabestelle bringen. Für die Rückgabestellen stellt das Startup z. B. Pfandautomaten oder eine Business App für Smartphones zur Verfügung, wodurch eine Rückgabe an das Personal in der Filiale und die Auszahlung an den Konsumenten erfolgen kann. Die so erfassten Verpackungs-

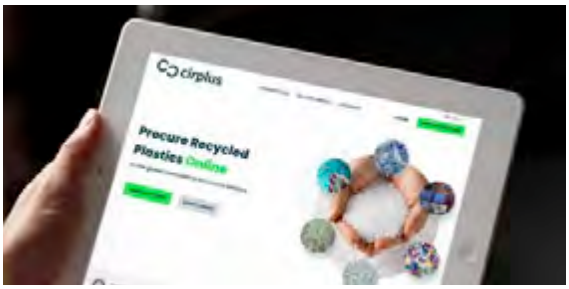
30 https://www.agriportance.com/

31 https://www.atna-solutions.com/

32 https://www.bodenbauschutt.de/

33 https://www.circleback.works/

abfälle sollen durch die separate Erfassung eine höhere Recyclingfähigkeit aufweisen und können von den teilnehmenden Herstellern zur Produktion neuer Verpackungen verwendet werden. Bisher nimmt die Kosmetikfirma Kneipp an dem Take-Back-Programm teil.



Cirplus[34]
Cirplus ist ein B2B-Marktplatz für Rezyklate und Kunststoffabfälle und wurde im Jahr 2022 als „bestes Startup" beim Greentech Festival ausgezeichnet. Das Unternehmen vernetzt Entsorger, Recycler und Produkthersteller weltweit. Durch die Plattform wird Unternehmen der zirkulären Kunststoffwirtschaft der Verrieb und die Beschaffung von Kunststoffabfällen und -rezyklaten vereinfacht, wodurch sich die Transaktionskosten senken und verlässliche Supply Chains schaffen lassen. Durch den neuen, von Cirplus mitentwickelten, Standard DIN SPEC 91446 existieren klare Richtlinien für die Klassifizierung und Beschreibung von recyceltem Kunststoff, was Käufern hilft sicherzustellen, dass sie die gewünschte Materialqualität erhalten.

Concular[35]
Seit 2020 setzt Concular auf die Entwicklung zirkulärer Materialströme auf Gebäudeebene. Das Team von Concular mit Expertinnen und Experten aus dem Bereich Beratung, Architektur, Softwareentwicklung, Ingenieurswesen transformiert die Immobilien- und Baubranche hin zu einer kreislaufgerechten, nachhaltigen Wirtschaftsweise und ist heute etablierte Marktführerin für zirkuläre Immobilien. Das Unternehmen bietet z. B. Beratung zu zirkulärem Bauen, dem zirkulären Rückbau und vermittelt Materialien, u. a. über einen eigenen Materialshop für gebrauchte Bauprodukte.

Gremac[36]
Gremac ist ein junges Unternehmen, dass Siebanlagen in der Kompaktklasse herstellt. Die Maschinen sind langlebig, zuverlässig und durch ihre modulare Bauweise flexibel einsetzbar. Außerdem hat das Unternehmen als erstes in Deutschland eine batteriebetriebene Siebmaschine in der Klasse bis 3.500 kg auf den Markt gebracht.

Startups aus dem Bereich Logistik und Stadtreinigung

Adhoc networks[37]
"Adhoc networks" bietet ein ganzheitliches System zur Füllstandsmessung von Containern, bestehend aus Hardware, Software und einem Service-Paket. Der Messsensor kann neben dem Füllstand auch weitere Werte wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit oder Geoposition erfassen. Die gemessenen Daten werden auf einer von anderen IT-Systemen unabhängigen Webplattform zur Verfügung gestellt. Das Abo-Modell umfasst nicht nur die Bereitstellung der Daten, sondern auch die Wartung und Reparatur der Sensoren. Eingesetzt wird das System bereits in Celle und Rendsburg-Eckernförde.

adiutaByte[38]
Das Startup "adiutaByte" aus Sankt Augustin bietet durch künstliche Intelligenz und Algorithmen gestützte Lösungen unter anderem im Bereich der Tourenoptimierung. Beispiele hierfür sind Revierplanungen, Analysen von GPS-Spuren oder das Extrahieren von Zusammenhängen aus Daten. Darüber hinaus bietet die Firma Komplettlösungen z. B. zur tagesaktuellen

34 https://www.cirplus.com/

35 https://concular.de/

36 https://www.gremac.de/

37 https://ad-hoc.com/

38 https://www.adiutabyte.de/

Tourenplanung. Dabei werden die Touren und Einsätze unter Berücksichtigung tagesaktueller Fahrtzeiten (z. B. Rush-Hour, Sperrungen) global optimiert. Zu den Kunden gehörten bisher u. a. die Stadtreinigung Hamburg, Berlin Recycling, aber auch Firmen aus anderen Branchen, wie z. B. der Pflege.

Angsa Robotics[39]

Das Münchener Startup "Angsa Robotics" bietet Roboter zur autonomen Müllentfernung auf Gras und Kiesflächen. Eine Künstliche Intelligenz erkennt die Müllobjekte, dabei werden Blätter, Steine und biologische Objekte ignoriert. Der Roboter sucht sich flexibel den besten Weg. Hindernisse und Personen werden automatisch erkannt und umfahren. Sicherheits-Sensoren und künstliche Intelligenz erkennen auch dynamische Hindernisse zuverlässig. Die Berliner Stadtreinigung und Angsa Robotics sind seit Anfang 2021 Kooperationspartner und gehen gemeinsam das Problem der zunehmenden Vermüllung an.

Sentinum[40]

Sentinum bietet smarte Lösungen für Kommunen und Unternehmen, angefangen von der Entwicklung eigener Sensoren bis hin zur Implementierung von intelligenten Webservices für Endanwender. Das Unternehmen hat sich auf energieautarke und drahtlose Sensoren auf Basis von energieeffizienten Kommunikationstechnologien spezialisiert und bieten skalierbare und preiswerte Produkte für die Smart City von morgen. Die Füllstandssensoren finden neben Unterflurbehältern und Glascontainern auch in Papierkörben oder Streugutkisten Einsatz.

[39] https://angsa-robotics.com/

[40] https://www.sentinum.de/

Ausblick

Startups denken Dinge neu und tragen mit ihren Ideen und Konzepten wesentlich zur Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft in Deutschland bei. Sie leisten damit einen Beitrag zur Ressourcenschonung, u. a. durch innovative Konzepte zum Einsatz von Rezyklaten oder natürlichen Substituten, sowie zur Senkung von CO_2-Emissionen. Hierbei zeigt sich, dass die Zusammenarbeit mit Startups auch für die Unternehmen und Betriebe der Kreislaufwirtschaft viele Vorteile bietet, wie

- die Nutzung der externen Innovationsstärke, Agilität und Schnelligkeit der Startups,
- das Experimentieren mit neuen Technologien,
- das Profitieren von branchenübergreifendem Kunden- und Daten-Know-how sowie
- dem Erschließen von Nischenmärkten und der Etablierung von neuen Vertriebskanälen.

Die hohe Anzahl an Startups sowie die verschiedenen Initiativen und Programme zur Unterstützung der Startups zeigen, dass diese als Chance für Innovationen in der Branche erkannt und ihre Integration auch zukünftig weiter unterstützt und ausgebaut werden soll.

Autonome Straßenreinigung, Quelle: Faun

Corona und Kreislaufwirtschaft.

Quelle: envato elements

Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland hat während der Corona-Pandemie die Entsorgungssicherheit flächendeckend aufrechterhalten und damit eindrucksvoll ihre Systemrelevanz unter Beweis gestellt. Sowohl das gesamte Krisenmanagement, die daraufhin angepasste Öffentlichkeitsarbeit, die umfassenden Sicherheitsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, aber auch die notwendigen organisatorischen Maßnahmen in den operativen Bereichen haben sich im Nachhinein als sehr erfolgreich erwiesen und zur Systemstabilität der Abfallentsorgung beigetragen.

Die Abfuhr der Abfälle der privaten Haushalte und des Gewerbes fand durchgehend statt, ebenso wie die Behandlung und Verwertung der Abfälle. Die Organisation dieser Leistungen wurde durch stark schwankende Mengen und die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen im Personalbereich für die kommunalen und privaten Entsorgungsunternehmen zu einer besonderen Herausforderung. Die Verbände der Kreislaufwirtschaft haben regelmäßig über die aktuellen Entwicklungen berichtet und die Ursachen für unerwartet aufgetretene Probleme erläutert. So wurde beispielsweise ausführlich über den großen Andrang auf den Recyclinghöfen berichtet. Viele Menschen haben beispielsweise die Zeit zu Hause genutzt, um „auszumisten", Neuanschaffungen zu realisieren oder zu renovieren.

Im Abfallaufkommen haben sich die coronabedingten Veränderungen der Lebens- und Arbeitsbedingungen in unterschiedlicher Form widergespiegelt. Viele Menschen sind in dieser Zeit zu Hause geblieben und haben dort konsumiert, Restaurants, Kantinen und viele Geschäfte blieben weitgehend geschlossen. Viele Betriebe haben die Produktion eingestellt oder im Rahmen der Kurzarbeit heruntergefahren. Gleichzeitig waren diese beiden Jahre aber auch geprägt durch hohe Temperaturen und geringe Niederschläge.

Welche Effekte haben diese unterschiedlichen Einflussfaktoren auf die Abfallmengenentwicklung in den Jahren 2020 und 2021 gehabt?

Die nachfolgenden Ergebnisse zu den Mengenentwicklungen während der Coronaphase geben die Ergebnisse einer Untersuchung wieder, die der Landesvorstand des VKU NRW Ende 2022 bei der INFA/Prognos in Auftrag gegeben hat.[157] Das Ziel des Auftrags bestand darin, erkannte und/oder vermutete Ursachen der Mitgliedsunternehmen der Landesgruppe NRW für die wahrgenommenen Mengenentwicklungen des Abfallaufkommens während der Corona-Zeit zu erheben und zu bewerten. Dazu wurde von IN-FA/Prognos im Dezember 2022 und Januar 2023 eine Umfrage bei den Unternehmen der Landesgruppe NRW zu den jeweiligen Mengenentwicklung vor, während und nach Corona und den vermuteten Ursachen durchgeführt. Die Analyse der Umfrageergebnisse hat u. a. zu den folgenden Ergebnissen und Bewertungen geführt:

- Das **Hausmüll- bzw. Restabfallaufkommen** hat sich während der Corona-Zeit deutlich erhöht, zwischen 2019 und 2021 um rund 5 %. Nach den Schätzungen der Teilnehmer liegt das Aufkommen im Jahr 2022 wieder unter dem Vor-Corona Niveau. Die Teilnehmer führten den Anstieg der Restabfallmengen im Wesentlichen darauf zurück, dass sich 2020 und 2021 viele Aktivitäten in den häuslichen Bereich verlagert haben, wodurch die Restabfallmengen gestiegen sind. Für den Rück-

157 INFA/Prognos: Abfallaufkommen vor, während und nach Corona - Analyse, Bewertung und Dokumentation der Umfrageergebnisse des VKU NRW. Untersuchung im Auftrag des Landesvorstandes VKU NRW, Februar 2023

gang der Mengen im Jahr 2022 sehen die Teilnehmer aber nicht nur eine „Normalisierung" der Lebensgewohnheiten, sondern auch weitere Entwicklungen verantwortlich: Der Ukraine Krieg habe in Verbindung mit der resultierenden Inflation zu einer deutlichen Reduzierung des Konsumverhaltens geführt. Beim Hausmüll sei erstmals wieder erkennbar gewesen, dass es ein "Sommerloch" gegeben habe. Mit Einsetzen der Ferienzeit sind die gesammelten Mengen deutlich eingebrochen.

- Das **Sperrmüllaufkommen** hat sich im ersten Corona-Jahr 2020 gegenüber dem Vorjahr um 7 % deutlich erhöht. In den Folgejahren sind die Mengen wieder deutlich gesunken und liegen heute fast 20 % unter dem Vor-Corona Niveau. Die Ursachen für diese Entwicklung werden durch die Teilnehmer wie folgt gesehen: Durch die Aufräumaktionen der Bürgerinnen und Bürger sowie das damit verbundene intensivere Konsumverhalten (Möbelkauf etc.) hat sich die Sperrmüllmenge in den Corona-Jahren deutlich erhöht. In einzelnen Regionen in NRW hat auch das Hochwasser des Jahres 2021 zu einem erhöhten Sperrmüllaufkommen geführt. Der Rückgang der Sperrmüllmengen wird darauf zurückgeführt, dass der "normale" Zyklus von Neuanschaffung und Entsorgung der ausgedienten Möbel etc. im Jahr 2020 einen besonderen Höhepunkt hatte und damit in diesem und wahrscheinlich auch in den nächsten Jahren unterbrochen sein wird. Im Jahr 2022 dürfte auch die Inflation zu einer verringerten Neigung zu Neuanschaffungen geführt haben.

- Die Mengen an **Bioabfällen** haben in den beiden Corona-Jahren deutlich zugenommen, sind aber im Jahr 2022 wieder zurückgegangen und liegen etwas über dem Niveau des Jahres 2019. Die Zunahme der Bioabfälle ist darauf zurückzuführen, dass die Menschen während der Corona-Zeit mehr zu Hause waren und dort die Mahlzeiten bereitet haben. Ferner haben auch weniger Urlaubsreisen stattgefunden. Der Rückgang der Bioabfallmengen wird von den Teilnehmern aber insbesondere auf die veränderten Wetterbedingungen zurückgeführt: Seit dem Frühjahr 2022 gibt es eine länger anhaltende Trockenheit und hochsommerliche Temperaturen. Die "normale" Vegetationsperiode wurde hierdurch stark eingeschränkt. (z. B. Rasenschnitt).

Die Corona-Jahre 2020 und 2021 haben nicht nur in der Kreislaufwirtschaft, sondern auch in anderen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens Spuren hinterlassen. Es zeigt sich in dem Betrachtungs-zeitraum sehr deutlich, welchen Einfluss

- die Veränderung der Lebensweise
- die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und auch
- das Klima

auf die Mengenentwicklungen haben können. Die Analysen zur Coronazeit haben wertvolle Hinweise auf die Wechselwirkungen zwischen dem Abfallaufkommen und den Rahmenbedingungen privater Haushalte geliefert. Die intensivere Beschäftigung mit den Megatrends Demografie, Wirtschaft und Klima könnte vor diesem Hintergrund belastbare Anhaltspunkte auch für die künftige Mengenentwicklung liefern.

Abfallaufkommen vor, während und nach Corona
(Veränderung in %, 2018=100)

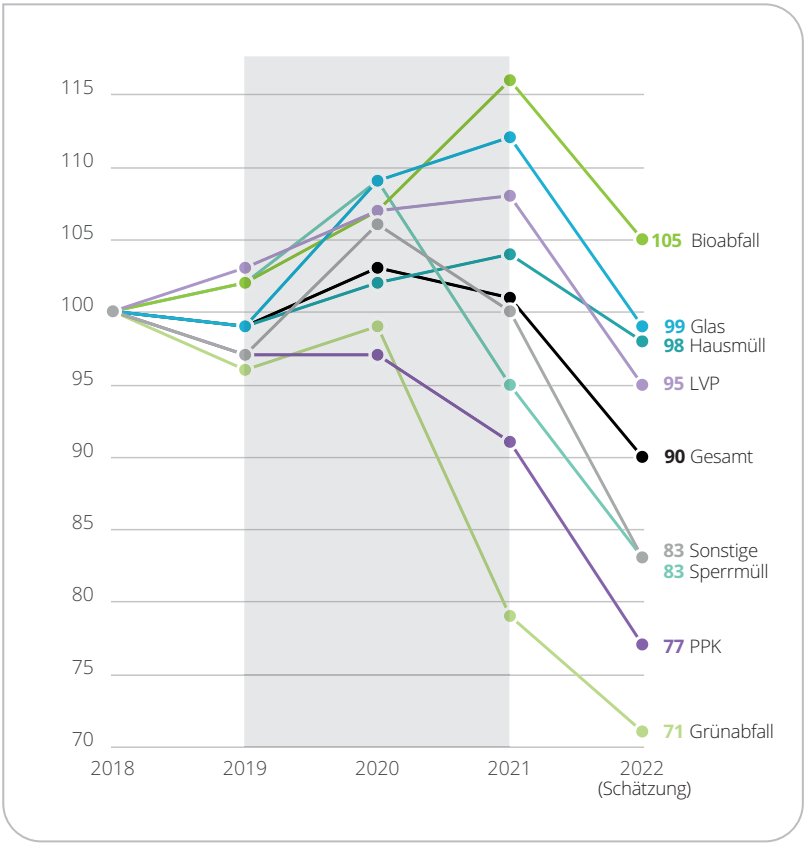


Abb. 77, Quelle: INFA/Prognos: Abfallaufkommen vor, während und nach Corona - Analyse, Bewertung und Dokumentation der Umfrageergebnisse des VKU NRW. Untersuchung im Auftrag des Landesvorstandes VKU NRW, Februar 2023

Die Branche der Frühaufsteher, Tonnenheber, Saubermacher, Klimaschützer und Umweltretter.

Der Fachkräftemangel in Deutschland ist auch in der Kreislaufwirtschaft deutlich spürbar. Die Branche reagiert mit umfassenden Aus- und Weiterbildungsangeboten in den unterschiedlichen Fachdisziplinen und bieten interessante Jobs in krisensicheren öffentlichen und privaten Dienstleistungsunternehmen. Dies gilt gleichermaßen für die gesamte Spanne von den Ungelernten bis hin zu den akademischen Arbeitskräften. Nach wie vor aber hat die Branche noch ein Imageproblem zu lösen. Die Ausrichtung der Kreislaufwirtschaft auf die gesellschaftlich relevanten Themen Abfallvermeidung sowie Klima- und Ressourcenschutz lassen allerdings ein weiter zunehmendes Interesse an einer Beschäftigung in der Kreislaufwirtschaft erwarten. Die Anerkennung der Branche seit 2020 als systemrelevanter Arbeitgeber unterstützt diese Entwicklung.

New Work

Im Zuge der Corona-Pandemie hat sich auch die Arbeitswelt verändert, unter anderem durch die Verlagerung von Präsenzarbeit hin zu mobilem Arbeiten und Home-Office. Welche Erfahrungen die kommunalen Betriebe mit neuen Formen der Arbeit gemacht haben, wurde im Jahr 2021 durch eine Online-Befragung[158] unter Mitgliedern der VKU Sparte Abfallwirtschaft und Stadtsauberkeit VKS sowie des dazu gehörenden Fördervereins erhoben. Demnach sind die Betriebsleiter der kommunalen Unternehmen mit der Arbeitsfähigkeit ihrer Betriebe auch in den Zeiten erschwerter Arbeitsbedingungen alles in allem zufrieden.

Nur in jedem dritten Unternehmen wird „New Work" für die Mitarbeitenden als sehr wichtig angesehen. Dennoch gibt es fast überall mindestens eine der Formen von „New Work". Flexible Arbeitszeiten und Home-Office sind in 90 % der Betriebe bereits eingeführt worden. Allerdings finden nur 8 %, dass der eigene Betrieb in Bezug auf Digitalisierung „sehr gut" aufgestellt ist.

Die erlebte erhöhte Flexibilität bleibt aus Sicht der Kommunalwirtschaft künftig bestehen. Auch nach der Corona-Situation erwarten die kommunalen Betriebe eine weitere Steigerung der Anzahl der Video-Konferenzen und der Nutzung mobiler Arbeitsformen. Auffällig ist die Einschätzung bei Geschäftsreisen: Hier erwartet niemand, dass diese in dem Maße wiederkommen, wie vor der Krise üblich.

Als der größte Vorteil neuer Arbeitsformen wird flexibleres Arbeiten genannt. Aber auch die Work-Life-Balance der Mitarbeitenden fällt positiver aus und die Mitarbeitenden Zufriedenheit steigt. Das Arbeiten wird effektiver und es wird Zeit gespart. Als Bedenken werden die eingeschränkten Sozialkontakte angeführt und Befürchtungen hinsichtlich Effizienzverlusten, schwieriger werdender Abstimmungen und mangelnder Arbeitseinstellung der Beschäftigten. Auch betriebliche Gründe oder fehlende technische Voraussetzungen werden als Argumente gegen die Einführung von Home-Office etc. genannt.

Bei den Herausforderungen wird an erster Stelle die Digitalisierung genannt, auch in Verbindung mit Aspekten wie der technischen Infrastruktur und dem Datenschutz. Daneben wird auch der Fachkräftemangel im Verbund mit dem demographischen Wandel als künftige Herausforderung gesehen.

Vergleicht man die vorliegenden Daten mit den Ergebnissen der ebenfalls teilnehmenden privaten Unternehmen, so zeigt sich, dass diese der Digitalisierung etwas offener gegenüberstehen und auch schon vor der Pandemie mehr Wert auf neue digitale Konzepte legten als die Kommunalwirtschaft. Außerdem sehen sie ihre Unternehmen eher für die technischen Anforderungen der Digitalisierung gewappnet. Auch haben sich die neuen Formen der Arbeit in den privaten Unternehmen etwas besser bewährt und Vertrauensarbeitszeit ist viel weiter verbreitet. In Bezug auf die anderen Ergebnisse lassen sich aber große Gemeinsamkeiten feststellen.

Aus heutiger Sicht zeigt sich, dass auch die kommunalen Unternehmen viel in ihre technische Infrastruktur investiert und nachgebessert haben. Mobiles Arbeiten ist in den meisten Betrieben etabliert und es existieren Betriebsvereinbarungen, die eine verlässliche Regelung zu mobiler Arbeit enthalten. Meist legen diese eine bestimmte Anzahl von Präsenz- und Home-Office-Zeiten sowie die Voraussetzungen für mobile Arbeitsformen fest. Videokonferenzen und Webmeetings sind zum normalen Arbeitsalltag geworden, aber auch Präsenzveranstaltungen und gemeinsame Gesprächsrunden im Büro werden wieder durchgeführt und auch von den Beschäftigten gewünscht. Geschäftsreisen finden wieder statt. Sie sind nicht unbedingt weniger als vor Corona, aber es wird genauer geprüft, ob diese notwendig sind oder ob auch eine digitale Lösung ausreicht.

158 https://www.lqm-marktforschung.de/wp-content/uploads/2021/02/VKU-FoeVer-New-Work-Fact-Sheet-210205.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

New Work in der Kreislaufwirtschaft verkörpert nicht nur eine innovative Arbeitsweise, sondern auch eine kollaborative Kultur, die Talente, Ideen und Ressourcen vereint, um nachhaltige Lösungen zu gestalten und die Zukunft der Kreislaufwirtschaft aktiv mitzugestalten.

ChatGTP

Fachkräftemangel

In den Betrieben mit den klassischen Dienstleistungsfeldern Abfallwirtschaft und Stadtreinigung gewinnt das Thema Fachkräftemangel zunehmend an Bedeutung. Daher beschäftigen sich bereits viele Betriebe mit Maßnahmen zur Gegensteuerung. Zwar sind regionale Unterschiede wahrzunehmen, jedoch sind insbesondere in den Bereichen Fahrerpersonal (Schwerlastkraftfahrzeuge mit Führerschein Klasse CI und C) sowie im Verwaltungs- und Ingenieurbereich erhebliche Anstrengungen notwendig, um in ausreichendem Maße Fachkräfte einstellen zu können. Auch in o. g. VKU-Studie wird der Fachkräftemangel an zweiter Stelle nach Digitalisierung bei den größten zukünftigen Herausforderungen der Betriebe genannt.

Hinsichtlich der Ansprache möglicher Bewerberinnen und Bewerber ist eine Veränderung erkennbar: Online-geschaltete Stellenausschreibungen über die eigene Homepage oder Stellenportale/Jobbörsen, Stellengesuche über soziale Medien sowie Kooperationen mit Schulen und Hochschulen, Trainee- und Praktikantenprogramme, Empfehlungsprogramme der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und gezielte Imagekampagnen werden zukünftig an Relevanz gewinnen. In Bayern haben die kommunalen Arbeitgeber das Stellenportal www.traumjob-vor-ort.de geschaffen, um dem steigenden Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Im Frühjahr 2022 waren bayernweit rund 4.000 offene Stellen gelistet, welche von Interessenten nach Tätigkeitsgebiet, Dienstverhältnis, Örtlichkeit und weiteren Möglichkeiten gefiltert werden können.

Stellenausschreibung der AWIGO[159]

159 AWIGO_StellenAZ_2022_Fahrer_Entsorgungsfahrzeuge_WEB_V03_221123_JP.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2023.

Um insbesondere dem Fahrermangel zu begegnen, bewerben die Betriebe der Branche ganz gezielt die Gruppe der Berufskraftfahrer (wie beispielsweise das Unternehmen Remondis) mit einem separaten Internetauftritt (www.remondis-fahrer.de), in dem alle wichtigen Informationen gebündelt dargelegt sind. Weitere Betriebe nutzen direkt Social-Media-Kanäle, um für freie Fahrerstellen zu werben.

Um das Berufsbild auch für Frauen attraktiver zu machen, gehen erste Betriebe in der Branche vergleichsweise unkonventionelle Wege. Hier ist z. B. die Kampagne www.megahappy.de des Zweckverbands Abfallwirtschaft Region Hannover zu nennen, die gezielt nur Frauen für den Bereich der Abfallwirtschaft angesprochen hat. In Berlin werden angepasste, flexible Arbeitszeitmodelle im gewerblichen Bereich getestet, die Alleinerziehenden und Teilzeitkräften eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie ermöglichen sollen.

Auch im Hinblick auf die Gewinnung von Auszubildenen werden vielerorts neue Wege gegangen. Die Betriebe der Branche präsentieren sich u. a. zunehmend im Social-Media-Bereich, auf Ausbildungsmessen und im Internet. In Wiesbaden wird beispielsweise eine Azubi-Kampagne mit Werbung auf den Abfallsammelfahrzeugen unterstützt. In Berlin gibt es ein Speeddating mit den Azubis des Betriebes.

Neben der Mitarbeitergewinnung muss ein verstärktes Augenmerk auch auf der Mitarbeiterbindung liegen. Neben der Ausschöpfung der tariflichen Möglichkeiten bei der Vergütung sind z. B. Angebote zur betrieblichen Altersvorsorge, Weiter- und Fortbildungsangebote (z. B. auch zum Berufskraftfahrer/in), Dienstfahrrad-Leasing, das betriebliche Gesundheitsmanagement und eine gezielte Nachfolgeplanung wichtige herauszustellende Merkmale.

Daneben ist insbesondere der wertschätzende Umgang mit den Mitarbeitenden ein entscheidendes Kriterium für zufriedene Angestellte und damit relevant für eine dauerhafte Mitarbeiterbindung. Führungskräfte können hierzu im Rahmen der Führungskräfteentwicklung geschult werden. Immer mehr Betriebe der Branche legen ihr Augenmerk auf eine ganzheitliche Personalentwicklung. Durch individuelle Programme, regelmäßige Feedback-Gespräche und standardisierte Personalentwicklungsprozesse wird die fachliche und persönliche Weiterentwicklung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterstützt.

Zu einer guten Führung von Mitarbeitenden gehört auch eine gute innerbetriebliche Kommunikation. Viele Betriebe habe daher Mitarbeiter-Apps wie Staffbase oder Beekeeper eingeführt, welche der Information als auch zur Kommunikation dienen, wie beispielweise in Berlin, Wiesbaden, Neu-Isenburg oder Münster.

Digitale Schulung am Fahrsimulator zur Erhöhung der Fahrsicherheit bei REMONDIS[160], Quelle: REMONDIS

160 Wenn Routine zur Lebensgefahr wird // REMONDIS Aktuell (remondis-aktuell.de), zuletzt geprüft am 02.08.2023.

In vielen Betrieben besteht mittlerweile ein breitgefächertes gesundheitsbezogenes Angebot. Dies reicht von der Übernahme von Beitragsanteilen für Fitnessstudios, über Gesundheitskurse im Betrieb oder Gesundheitstage inkl. personenspezifischer medizinischer Gesundheits-/Ernährungsberatung, über einen sogenannten Gesundheitspass (z. B. in Flensburg mit freiem Eintritt in das Schwimmbad, Ermäßigungen für Sauna und Spaßbad etc.), dem Angebot von Massagen, der kostenfreien Obstverteilung in der Kantine bis hin zur kostenlosen Bereitstellung von anonymen Beratungsleistungen zu allen Lebenslagen (Schulden, Drogen, Familie etc.).

Auch die Darstellung als familienfreundliches Unternehmen ist vielen potenziellen Arbeitnehmern in Zeiten von Work-Life-Balance ein wichtiges Gut. Hier bieten die Unternehmen der Branche ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine Vielzahl von Möglichkeiten. Diese reichen von der Vereinbarung von flexiblen Arbeitszeitmodellen über das Angebot von mobilen oder Homeoffice-Arbeitsplätzen für Verwaltungskräfte oder Mitarbeitende des Vertriebs bis hin zu flexiblen Wert- oder auch Lebensarbeitszeitkonten. Aber auch Aspekte zur besseren Vereinbarkeit von Familie und Beruf sowie der Pflege von Angehörigen gewinnen immer mehr an Gewicht.

Viele Betriebe stellen zunehmend ihren Beitrag zur Nachhaltigkeit und Umweltschutz heraus. Solche Kampagnen richten sich nicht nur an die Bürgerinnen und Bürger, sondern auch an potenzielle sowie bestehende Beschäftigte. Denn ob die eigene Arbeit als sinnstiftend wahrgenommen wird, spielt eine zunehmende Rolle bei der Arbeitgeberwahl, insbesondere bei der jüngeren Generation. Die AWIGO im Landkreis Osnabrück sucht daher in ihren Stellenausschreibungen ganz gezielt nach „Umweltrettern" und betont ihren Wandel vom Partner in Sachen Abfallwirtschaft hin zum Umweltdienstleister.

Viele Betriebe der Branche achten zunehmend darauf, die Vorzüge der Unternehmen deutlicher herauszustellen und benennen diese konkret auf der Homepage (z. B. sicherer Arbeitsplatz, familienfreundliche Arbeitszeiteinteilung, Weiterbildungsmöglichkeiten, Nachhaltigkeit, JobTicket etc.). Positiv hervorzuheben ist hierbei auch die Anerkennung als systemrelevante Beschäftigung seit 2020.

Analyse der Beschäftigtenstruktur in der Kreislaufwirtschaft

Im Zeitraum zwischen den Jahren 2010 und 2022 hat sich die Gesamtzahl der Erwerbstätigen (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte [svB], geringfügig Beschäftigte [gfB] und Selbstständige [S]) um 1,0 % p. a. von 277.000 auf 314.000 erhöht. Mit rund 136.000 Erwerbstätigen arbeiten die meisten Beschäftigten im Marktsegment „Abfallbehandlung und -verwertung". Den größten Zuwachs an Erwerbstätigen verzeichnet aber das Marktsegment „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung" mit 2,1 % p. a. Der Anteil der svB an den Erwerbstätigen der Kreislaufwirtschaft liegt bei insgesamt 90 % (Tendenz steigend) die gfB weisen einen Anteil von 7 % und Selbstständige einen Anteil von 3 % (beide Tendenz sinkend) auf.

Die Kreislaufwirtschaft bietet derzeit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ohne beruflichen Ausbildungsabschluss mit einem Anteil von über 13 % an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten überdurchschnittlich hohe Chancen. Im Marktsegment „Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung" sind es sogar rund 15 %. Beschäftigte mit anerkannten Berufsabschlüssen machen knapp 70 % der svB der Kreislaufwirtschaft aus. Der Anteil an Akademikern liegt mit 10 % deutlich unter dem Durschnitt anderer Branchen. In den letzten Jahren hat diese Gruppe aber vor dem Hintergrund der zunehmenden Technologisierung und Spezifizierung der Branche stark zugenommen. Im Marktsegment „Technik für die Kreislaufwirtschaft" liegt die Akademikerquote bereits bei knapp 21 %.

Die Betrachtung der ausgeführten Tätigkeiten kommt zu einem ähnlichen Bild: Der Anteil der „Helfer" an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in der Kreislaufwirtschaft beträgt knapp 22 % - im Vergleich zu einem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt von rund 16 %. Der Anteil von „Fachkräften" liegt mit 60 % etwa auf dem Niveau der Gesamtwirtschaft, während der Anteil der „Spezialisten" (10 %) und „Experten" (8 %) unter den bundesweiten Werten von jeweils 14 % liegt.

Der Anteil der Frauen an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten liegt mit knapp 18 % erheblich niedriger als der gesamtwirtschaftliche Anteil von 46 %, steigt jedoch kontinuierlich an. In den Marksegmenten „Technik für Abfallwirtschaft" mit 21 % und „Großhandel mit Altmaterialien" mit 27 % werden höhere Frauenanteile verzeichnet. Beschäftigungsmodelle in Teilzeit fallen mit derzeit 8 % ebenfalls gegenüber den branchenübergreifenden 30 % sehr gering aus. Sie haben über die letzten 10 Jahre jedoch deutlich zugenommen, die Branche zeigt sich allgemein flexibel und offen für moderne Arbeitszeitmodelle. Bedeutend ist auch die Integrationsleistung der Kreislaufwirtschaft: Der Anteil von Ausländern an den svB liegt bei rund 12 % und steigt seit dem Bezugsjahr 2010 jährlich um 6,4 % an.

Die Analyse der Erwerbstätigen zeigt, dass die Kreislaufwirtschaft überdurchschnittlich viele Arbeitsplätze für gering qualifizierte Arbeitskräfte und für Arbeitskräfte mit anerkanntem Berufsabschluss bietet. Parallel zur Veränderung der Arbeitslandschaften in Deutschland und zu den zunehmenden Anforderungen an die Qualität der stofflichen und energetischen Verwertung sowie den damit verbundenen technologischen Vorleistungen findet auch eine starke Zunahme des Bedarfes an Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit höher qualifiziertem bzw. akademischem Berufsabschluss statt. Vor diesem Hintergrund steigt in den letzten Jahren auch der Anteil an weiblichen Erwerbstätigen und der Teilzeitmodelle bei den Arbeitgebern der Kreislaufwirtschaft deutlich an.

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft nach Marktsegmenten und Bereichen (2010–2022)

Marktsegment / Bereich	ohne berufl. Ausbildungsabschluss 2010	2022	Anteil (%) 2022	p. a.	mit anerkanntem Berufsabschluss 2010	2022	Anteil (%) 2022	p. a.	mit akademischem Berufsabschluss 2010	2022	Anteil (%) 2022	p. a.	Ausbildung unbekannt 2010	2022	Anteil (%) 2022	p. a.
Abfallsammlung, -transport und Straßenreinigung	**14.249**	**13.039**	**14,5**	**-0,7**	**38.257**	**63.436**	**70,7**	**4,3**	**3.034**	**6.531**	**7,3**	**6,6**	**12.681**	**6.778**	**7,5**	**-5,1**
Abfallsammlung und -transport	9.445	9.346	14,3	-0,1	25.626	45.843	70,3	5,0	1.934	4.544	7,0	7,4	9.835	5.434	8,3	-4,8
Straßenreinigung	4.803	3.694	15,0	-2,2	12.632	17.593	71,5	2,8	1.100	1.986	8,1	5,0	2.846	1.343	5,5	-6,1
Abfallbehandlung und -verwertung	**21.085**	**17.598**	**14,1**	**-1,5**	**62.468**	**87.556**	**70,1**	**2,9**	**5.717**	**9.814**	**7,9**	**4,6**	**20.411**	**9.933**	**8,0**	**-5,8**
Stoffliche Verwertung	14.925	12.658	13,8	-1,4	46.257	64.012	69,6	2,7	4.303	7.149	7,8	4,3	16.761	8.136	8,8	-5,8
Energetische Verwertung	3.481	2.779	15,0	-1,9	9.166	13.250	71,5	3,1	801	1.502	8,1	5,4	2.063	1.012	5,5	-5,8
Abfallbeseitigung	2.679	2.161	15,0	-1,8	7.045	10.294	71,5	3,2	614	1.162	8,1	5,5	1.587	786	5,5	-5,7
Technik für die Abfallwirtschaft	**6.456**	**4.660**	**8,8**	**-2,7**	**31.516**	**34.614**	**65,6**	**0,8**	**7.055**	**11.382**	**21,6**	**4,1**	**3.928**	**2.145**	**4,1**	**-4,9**
Fahrzeugtechnik	533	337	7,1	-3,7	3.679	3.006	63,0	-1,7	860	1.181	24,8	2,7	380	247	5,2	-3,5
Sammel- und Transportbehälter	1.259	969	14,8	-2,2	3.449	4.524	69,2	2,3	325	670	10,3	6,2	589	372	5,7	-3,8
Anlagentechnik	4.371	3.047	8,2	-3,0	23.077	25.142	67,5	0,7	4.960	7.714	20,7	3,7	2.557	1.344	3,6	-5,2
Sonstiges (F&E, Untersuchungen, Abdeckungen)	292	307	7,2	0,4	1.312	1.942	45,7	3,3	910	1.816	42,8	5,9	403	183	4,3	-6,4
Großhandel mit Altmaterialien	**1.885**	**1.490**	**9,8**	**-1,9**	**10.271**	**11.319**	**74,7**	**0,8**	**666**	**1.452**	**9,6**	**6,7**	**2.357**	**897**	**5,9**	**-7,7**
Kreislaufwirtschaft gesamt	**43.675**	**36.788**	**13,0**	**-1,4**	**142.513**	**196.925**	**69,7**	**2,7**	**16.473**	**29.179**	**10,3**	**4,9**	**39.377**	**19.753**	**7,0**	**-5,6**

Abb.78, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Struktur der Erwerbstätigen in der Kreislaufwirtschaft im Vergleich zur Gesamtwirtschaft (in %)

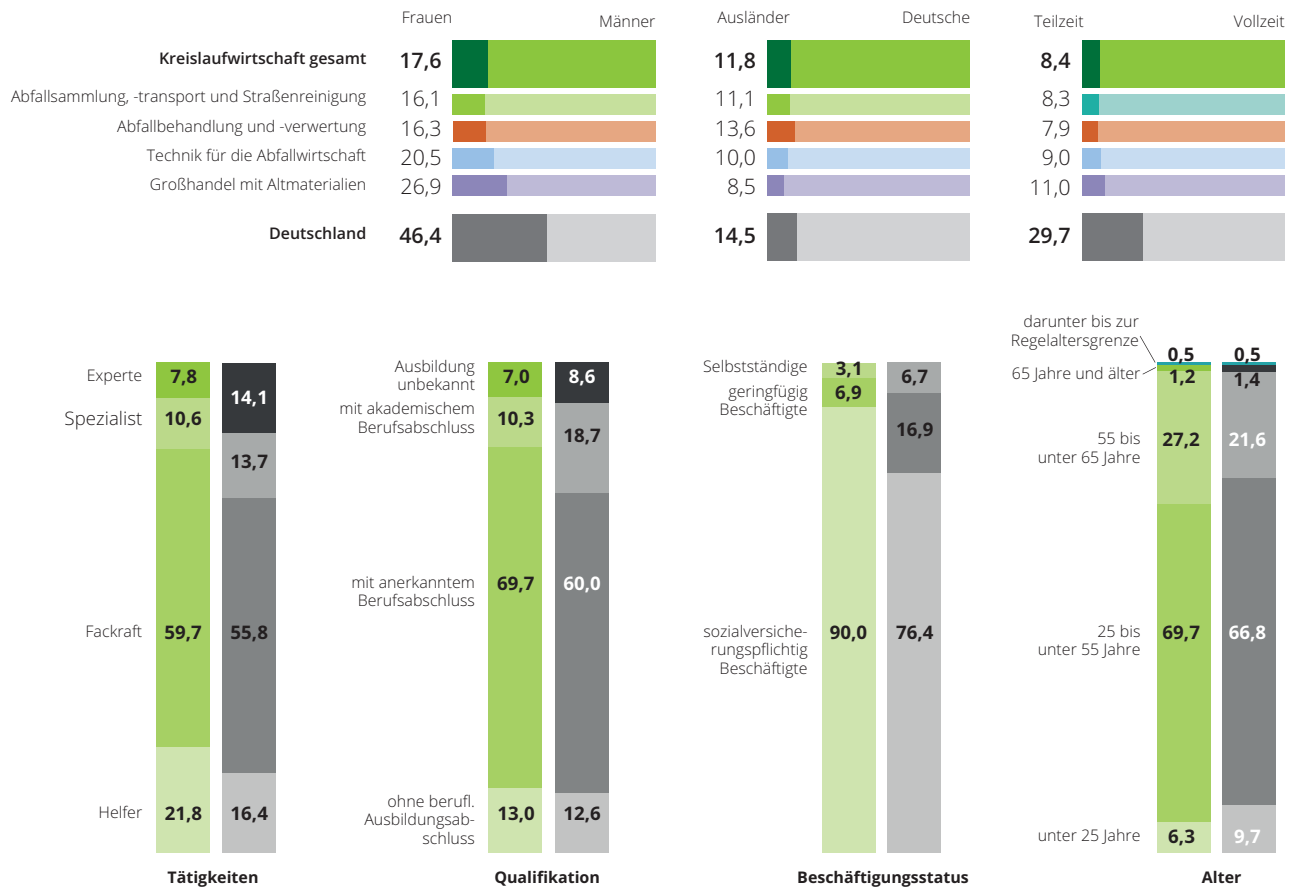


Abb.79, Quelle: Prognos AG auf Basis der Bundesagentur für Arbeit

Zukunftsaufgaben der Kreislaufwirtschaft

4

Rohstoffe

Natürliche Ressourcen sind die Grundlage für die Herstellung von Produkten, für die Erzeugung von Energie und die Erbringung von Dienstleistungen. In Deutschland wurden im Jahr 2019 für die Wirtschaft rund 900 Millionen Tonnen Rohstoffe abgebaut, dazu kommt ein weiterer Import-/Exportüberschuss von weiteren 240 Millionen Tonnen. Ein großer Teil der Ressourcen steht nur begrenzt zur Verfügung, deshalb ist ihr Schutz, insbesondere für zukünftige Generationen, von besonderer Bedeutung. Die derzeitigen Rohstoffpreise spiegeln nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten und die Umweltbelastungen bei der Gewinnung wider, damit fehlen weitere und wichtige Anreize zur Schonung der Primärressourcen. Das gemeinsame Ziel muss also 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.

Circular Economy

Das Recycling von Abfällen ist einer der zentralen Bestandteile der Circular Economy, einer EU-weiten Strategie, die darauf abzielt, über veränderte Produktions-, Konsum- und Gebrauchsgewohnheiten eine nachhaltige Produktionsweise von Gütern und eine Kreislaufführung von Ressourcen das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Wichtige Voraussetzung dafür ist das intelligente Design von Produkten, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu gewährleisten. Das Recycling hat jedoch auch technische, ökologische und wirtschaftliche Grenzen, die es zu beachten gilt: Eine 100%ige Verwertung von getrennt erfassten Wertstoffen ist für viele Materialien weder möglich noch wirtschaftlich sinnvoll. Schadstoffe gilt es zudem auszuschleusen und zu verhindern, dass diese im Kreislauf mitgeführt werden. Ohne ein hochwertiges Recycling können die Ziele der Circular Economy nicht erreicht werden. Dafür muss sichergestellt werden, dass der steigenden Menge an Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt gegenübersteht.

Energieerzeugung

Im Rahmen der Kreislaufwirtschaft zielt die Energieerzeugung darauf ab, Abfälle nicht nur zu minimieren, sondern auch die darin enthaltene Energie effizient zu nutzen. Diese Form der Energiegewinnung ist ein zunehmender Bestandteil einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Energieerzeugung. Neben der Energiegewinnung aus der thermischen Abfallbehandlung und der Verwertung von organischen Abfällen und wird die künftige Erzeugung von Solar- und Windenergie auf den Altstandorten einen weiteren wichtigen Beitrag zur Energieerzeugung leisten.

Klimaschutz

Nach der nationalen Treibhausgasinventur sind die Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft seit 1990 von 38 Millionen Tonnen CO_2e um 75 % auf nur noch 4,3 Millionen Tonnen CO_2e im Jahr 2022 gesunken. Wesentliche Ursache dafür war die Schließung von Deponien für die Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle im Jahr 2005. Darüber hinaus tragen viele weitere abfallwirtschaftliche Maßnahmen zum Klimaschutz bei: Weitere 60 Millionen Tonnen CO_2e werden jährlich allein durch das Recycling und den Einsatz von Sekundärrohstoffen vermieden. In Bezug auf den Klimaschutz ist jeder Sekundärrohstoff grundsätzlich einem Primärrohstoff überlegen, da er mit weniger Energieaufwand hergestellt wird. Durch die Steigerung der Energieeffizienz, die Substitution von Primärenergieträgern sowie die Nutzung von Sonne und Wind auf abfallwirtschaftlich geprägten Flächen werden neben der Auskopplung von Strom-, Fern- und Prozesswärme in den energetischen Abfallbehandlungsanlagen von der Kreislaufwirtschaft nicht nur wichtige Beiträge zur Energiewende geleistet, sondern auch zur weiteren Verringerung von Treibhausgasemissionen. Viele Investitionen in die technische und organisatorische Optimierung der Kreislaufwirtschaft führen gleichzeitig auch zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

Begrenzte Ressourcen erfordern vorausschauendes Handeln.

Die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch gehört zu den wichtigsten Zielen einer nachhaltigen Entwicklung. Im Jahr 2023 fiel der „Erdüberlastungstag“, also der Tag, an dem die Weltbevölkerung so viele Ressourcen beansprucht hat, wie die Ökosysteme erneuern können, auf den 22. August. Der Erfolg aller Strategien zur Schonung der Ressourcen wird schlussendlich einserseits von der Reduzierung des Primärressourcenverbrauches und andererseits von der Qualität der Erfassung, des Recyclings und der tatsächlichen Nachfrage nach Recyclingprodukten durch Unternehmen, Behörden und private Haushalte abhängig sein. Das bedeutet schon seit vielen Jahren: Global denken – lokal handeln.

4.1.1 Schonung der Ressourcen – Verantwortung für künftige Generationen

Wir leben in einer planetar begrenzten Welt der Ressourcenverfügbarkeit. Das Konzept der „planetaren Grenzen" ist von Johan Rockström entwickelt worden, der dafür mit dem Deutschen Umweltpreis ausgezeichnet worden ist. Die Erde ist eine Kugel, so dass Inhalt, Fläche, Atmosphäre sowie Quellen und Senken von Ressourcen zwangsläufig begrenzt sind. Die Weltbevölkerung und das weltweite Bruttosozialprodukt wachsen unverändert, gleichermaßen wachsen auch der Gebrauch mineralischer, metallischer und organischer Ressourcen, der Verbrauch fossiler Energieträger und der Ausstoß von Treibhausgasen. Als resultierende Größe dieser Entwicklungen steigt seit vielen Jahren zwangsläufig auch die Erderwärmung.

Planetare Grenzen setzen dem Leben auf der Erde und seiner Entwicklung jedoch absolute und nicht verhandelbare Grenzen, die beim Klimawandel, der Biodiversität, der Landnutzung und den biogeochemischen Kreisläufen bereits überschritten wurden und nur in sehr langen Zeiträumen, wenn überhaupt, reversibel sind.

Natürliche Ressourcen sind die Grundlage für die Herstellung von Produkten und für die Erzeugung von Energie, welche ebenfalls für die Herstellung von Produkten benötigt wird. Die Nutzung ist mit vielfältigen Umweltwirkungen verbunden. Natürliche Ressourcen stehen nur begrenzt zur Verfügung, deshalb ist ihr Schutz, auch für zukünftige Generationen, von existenzieller Bedeutung. Die Steigerung der Ressourceneffizienz reduziert die Umweltbelastungen, wird die Wettbewerbsfähigkeit innovativer Wirtschaftsbranchen stärken und damit auch neue und zukunftsfeste Arbeitsplätze schaffen.

Bislang kompensiert der sogenannte „Rebound-Effekt" sehr viele der erzielten Effizienzfortschritte. In vielen Bereichen der Industriegesellschaft sind große Effizienzfortschritte zu verzeichnen gewesen. Viele dieser Fortschritte führen zu einem geringeren Energie- und Rohstoffverbrauch je Produkteinheit. Eine höhere Stückzahl führt in der Summe jedoch wieder zu Mehrverbrauch und damit zum Rebound-Effekt. Da die derzeitigen Rohstoffpreise (noch) nicht die zukünftigen Rohstoffknappheiten widerspiegeln, fehlt häufig der notwendige Anreiz zur Einsparung von Ressourcen.[1]

Es stellt sich also die Frage, wie viel materielles Wachstum es in einer materiell begrenzten Welt tatsächlich geben kann. Das gemeinsame Ziel globaler und lokaler Aktivitäten wird demnach darin bestehen müssen, den Ressourcenverbrauch nachhaltig vom Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Dazu kann und wird die Kreislaufwirtschaft einen wichtigen Beitrag leisten.

Die durch den Angriff Russlands auf die Ukraine und die darauffolgenden Sanktionen ausgelöste Energiekrise hat in deutlicher Art und Weise die Abhängigkeit unserer Wirtschaft und damit unserer Lebensgrundlagen von Ressourcen aus dem Ausland aufgezeigt. Dies gilt nicht nur für die Energieversorgung, sondern perspektivisch betrachtet besonders für die für Zukunftstechnologien wie Elektroautos und Solaranlagen benötigten kritischen Rohstoffe wie Lithium. Die Schwierigkeiten, die im vergangenen Jahr alle zu spüren bekommen haben, haben ein neues Bewusstsein für die Notwendigkeit eines möglichst effizienten und ressourcenschonenden Umgangs mit Rohstoffen geschaffen. Dies kann als Katalysator für die Entwicklung hin zu einer Circular Economy betrachtet werden.

4.1.2 Europäische Initiativen und Aktivitäten zur Kreislaufführung von Rohstoffen

Im Rahmen des 2020 von der Europäischen Kommission erneuerten Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft wurde ein Schwerpunkt auf nachhaltiges Produktdesign, besonders bei ressourcenintensiven Produkten, gesetzt. Neben der Verankerung von Nachhaltigkeitskriterien wie Langlebigkeit, Reparatur- oder Recyclingfähigkeit setzt die Strategie auch auf die Stärkung der Verbraucherrechte sowie auf das Kreislaufprinzip in Produktionsprozessen aller Sektoren. Ebenso ist der Ausbau des europäischen Abfallrechts sowie eine Halbierung der Menge nicht-recycelter Siedlungsabfälle bis 2030 vorgesehen.

Mit dem im Dezember 2019 von der Europäischen Kommission veröffentlichten Green Deal[2] wurden verschiedene Initiativen und Maßnahmen zur Förderung des effizienten Umgangs mit Ressourcen vorgestellt, die durch einen Übergang zu einer kreislauforientierten Wirtschaft erreicht werden sollen. Von den im Rahmen des Green Deal von der Kommission vorgeschlagenen Maßnahmen und Strategien sind aus der Ressourcen-Perspektive die folgenden von zentraler Bedeutung:

- Die neue Industriestrategie[3], mit dem sogenannten Aktionsplan kritische Rohstoffe[4] (September 2020) beinhaltet Maßnahmen zur Reduktion der Abhängigkeit von kritischen Primärrohstoffen durch kreislauforientierte Ressourcennutzung. Im März 2023 stellte die Europäische Kommission einen Entwurf des EU-Gesetzes über kritische Rohstoffe vor, den "Critical Raw Materials Act". Dieser enthält Zielvorgaben zur Gewinnung und Verarbeitung von kritischen Rohstoffen innerhalb der EU. So sollen zukünftig mindestens 10 % des Verbrauchs der Union an strategischen Rohstoffen in der EU abgebaut werden und 15 % aus Recycling stammen. Der Entwurf sieht außerdem vor, dass maximal

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.

② https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640, zuletzt geprüft am 08.12.2023

③ https://ec.europa.eu/germany/news/20200310-neue-industriestrategie_de#:~:text=Die%20EU-Kommission%20hat%20heute%20%28Dienstag%29%20eine%20neue%20Strategie,der%20Motor%20f%C3%BCr%20Wachstum%20und%20Wohlstand%20in%20Europa., zuletzt geprüft am 8.12.2023

④ Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament,den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Widerstandsfähigkeit der EU bei kritischen Rohstoffen: Einen Pfad hin zu größerer Sicherheit und Nachhaltigkeit abstecken, Brüssel zuletzt geprüft am 8.12.2023

Plastik- versus Recyclingbecher, Quelle: istock

65 % der Einfuhren eines einzelnen strategischen Metalls in die EU aus einem einzigen Land stammen. Dies soll die Abhängigkeit von einzelnen, oftmals politisch instabilen, Ländern reduzieren.[7]

- Seit der Erneuerung des Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft hat die Europäische Kommission diesen mit weiteren Vorschlägen und Zielen bezüglich nachhaltigem Produktdesigns mit dem Ziel einer Verringerung der Ressourcenabhängigkeit konkretisiert. So sollen wiederverwendbare Verpackungen in Zukunft klar gekennzeichnet werden und Unternehmen einen bestimmten Prozentsatz ihrer Produkte in wiederverwendbaren oder nachfüllbaren Verpackungen anbieten müssen. Außerdem geplant ist die Einführung eines digitalen Produktpasses, der Konsumentinnen und Konsumenten auf einfache und schnelle Art und Weise über die Nachhaltigkeit und Recycelbarkeit eines Produktes informiert.

4.1.3 Nationale Initiativen und Aktivitäten

Das wichtigste Projekt auf nationaler Ebene bezüglich Ressourcenschutz ist das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm (Progress). Dieses soll dazu beitragen, die Ziele der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu erreichen, Produkte und Konsum ressourcenschonender zu gestalten und die Kreislaufwirtschaft auszubauen.[5] ProgRess wurde im Jahr 2012 von der Bundesregierung beschlossen. Im Jahr 2016 erfolgte die erstmalige Fortschreibung des Programmes mit ProgRess II und am 17. Juni 2020 wurde vom Bundeskabinett ProgRess III verabschiedet.

Das Ressourceneffizienzprogramm basiert auf 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. Die Abhängigkeit der Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland vom Primärrohstoffverbrauch ist schrittweise zu verringern, die Kreislaufwirtschaft ist weiterzuentwickeln und auszubauen.
4. Die nachhaltige Ressourcennutzung ist durch eine gesellschaftliche Orientierung an einem qualitativen Wachstum langfristig zu sichern.

Die Bundesregierung hat mit ProgRess beschlossen, alle vier Jahre über die Entwicklung der Ressourceneffizienz in Deutschland zu berichten, die Fortschritte zu bewerten und das Ressourceneffizienzprogramm unter Berücksichtigung aktueller umweltpolitischer Herausforderungen fortzuentwickeln. Im Rahmen von ProgRess III sind vier Neuerungen aufgenommen worden:

- Zur Erreichung der Klimaschutzziele wird der Beitrag der Ressourceneffizienz betont.
- Potenziale und Risiken der Digitalisierung für die Ressourceneffizienz werden betrachtet.
- Das Thema „Mobilität“ wird unter Ressourceneffizienzaspekten betrachtet.
- Es erfolgt die Kennzeichnung prioritärer Maßnahmen.

5 https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Ressourceneffizienz/progress_iii_programm_bf.pdf, zuletzt geprüft am 8.1.2.2023

Seit Veröffentlichung des letzten Statusberichtes Kreislaufwirtschaft ist keine weitere Fortschreibung des Programms erfolgt, da noch keine vier Jahre vergangen sind. Das Wuppertal Institut arbeitet zusammen mit Prognos und weiteren Partnern an einer Analyse und (Weiter-)Entwicklung von Umsetzungsmechanismen und Politikansätzen zur Stärkung und Aufwertung des Programms (PolRess III).

Mit der Wahl einer neuen Regierung im Jahr 2021 haben die Themen Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz neue Beachtung gefunden. So ist im Koalitionsvertrag eine „Nationale Kreislaufwirschaftsstrategie" angekündigt, in der rohstoffpolitische Strategien gebündelt werden, um einen effektiven Klima- und Ressourcenschutz zu fördern. Mit einer Veröffentlichung der Strategie ist allerdings nicht vor Mitte 2024 zu rechnen.

Im März 2023 hat der Bundestag das ebenfalls im Koalitionsvertrag angekündigte Einwegkunststofffondsgesetz erlassen, welches Hersteller von Einwegkunststoffprodukten zu einer Abgabe verpflichtet, die vom Umweltbundesamt verwaltet und zur Sensibilisierung und Abfallbeseitigung genutzt werden soll.

Kreislaufwirtschaftsstrategie

Im Dezember 2021 hat die Ampelkoalition in ihrem Koalitionsvertrag eine „Nationale Kreislaufwirschaftsstrategie" angekündigt, in der bestehende rohstoffpolitische Strategien gebündelt werden sollen.[6] Übergeordnetes Ziel soll es dabei sein, den Verbrauch von Primärrohstoffen zu senken und geschlossene Stoffkreisläufe zu schaffen. Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie soll dabei einen einheitlichen Rahmen setzen, der bei Design for Circularity beginnt, und in neuen Wegen zur hochwertigen Kreislaufführung von Stoffen mündet. Im Frühjahr 2023 startete diesbezüglich ein Dialogprozess mit wissenschaftlicher Begleitung.[7]

Flankierende Entwicklungen gibt es auch auf der Landesebene. So ist beispielsweise auch laut Koalitionsvertrag von CDU und Grünen in Nordrhein-Westfalen eine umfassende Kreislaufwirtschaftsstrategie geplant, die die nationale Strategie ergänzen soll.[8]

4.1.4 Nationale und internationale Kompetenzen für den Ressourcenschutz

Die Akteure und Unternehmen der Kreislaufwirtschaft werden die Schonung der natürlichen Ressourcen unterstützen und aktiv die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen dafür weiter verbessern. Zur Umsetzung der verschiedenen Ansätze und Strategien des Ressourcenschutzes bedarf es allerdings der Zusammenarbeit einer Vielzahl von weiteren Akteuren, auch über die Kreislaufwirtschaft hinaus. Zu den wichtigen nationalen und internationalen Kompetenzträgern und Multiplikatoren im Bereich des Ressourcenschutzes zählen unter anderem:

VDI Zentrum Ressourceneffizienz (VDI ZRE)[9] Das VDI ZRE ist das nationale Kompetenzzentrum zur Ressourceneffizienz und wird maßgeblich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz gefördert. Es entwickelt Instrumente und Arbeitsmittel, die insbesondere kleine und mittlere Unternehmen in allen industriellen Branchen beim Erkennen und Umsetzen ihrer Ressourceneffizienzpotenziale unterstützen. Dazu zählen Ressourcenchecks, Kostenrechner, Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen, Branchenstudien, Filme sowie VDI-Richtlinien.

Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU)[10] Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU) berät das Umweltbundesamt mit konkreten Vorschlägen zur Weiterentwicklung der Ressourcenpolitik und dem Ziel, dem Ressourcenschutz in Deutschland und Europa mehr Gewicht zu verschaffen. Themenschwerpunkte von 2021 bis 2024 sind Circular Economy Indikatoren und Design sowie die Rolle des Recyclings im Kontext der Circular Economy.

German RETech Partnership (RETech)[11] RETech ist das Netzwerk deutscher Unternehmen und Institutionen der Entsorgungs- und Recyclingbranche für den Export von innovativen Technologien und den internationalen Know-how-Transfer. Die Vereinigung möchte den Marktanteil von Konzepten, Dienstleistungen und Technologien aus Deutschland und die Standards der Kreislaufwirtschaft international erhöhen und weiterentwickeln. RETech wirkt in Arbeitskreisen zu verschiedenen Regionen in aller Welt mit und veröffentlicht die Erkenntnisse als Länderprofile und auf Konferenzen.

Circular Economy Coalition for Europe (CEC4Europe)[12] CEC4Europe ist ein europäisches Netzwerk von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Ressourcenmanagement und Kreislaufwirtschaft. Es arbeitet mit führenden Unternehmen zusammen, um Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie der Öffentlichkeit faktenbasierte Informationen zur Verfügung zu stellen. Im Januar 2023 veröffentlichte CEC4Europe zusammen mit Deloitte den „Circularity Gap Report 2023", welcher Lösungen für das Problem des Ressourcenverbrauchs außerhalb der planetaren Grenzen aufzeigt.

6 Sozialdemokratische Partei Deutschlands, Bündnis 90/Die Grünen, Freie Demokraten (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021-2025.,

7 Bundesministerium für Umwelt, Natur, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Rede von Bundesumweltministerin Steffi Lemke beim BDI Klimakongress „Circular Economy: Kommt die Kreislaufwirtschaft endlich in Gang?", zuletzt geprüft am 29.03.2023.

8 CDU NRW und Bündnis 90 / Die Grünen (2022): Zukunftsvertrag für Nordrhein-Westfalen, Koalitionsvereinbarung von CDU und GRÜNEN 2022–2027.

9 www.ressource-deutschland.de

10 https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru

11 https://www.retech-germany.net/, zuletzt geprüft am 8.12.2023

12 www.cec4europe.eu/, zuletzt geprüft am 8.12.2023

ECERA – European Circular Economy Research Alliance Gegründet wurde ECERA im Januar 2018 von führenden europäischen Forschungs- und Technologieorganisationen mit Schlüsselkompetenz in der Circular Economy. Es ist ein freiwilliges Kooperationsnetzwerk mit dem Ziel, das bestehende Fachwissen im Bereich Circular Economy zu bündeln und eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen, die die Strategie unterstützt.[13]

⑬ https://vito.be/en, zuletzt geprüft am 8.12.2023

PACE – Platform for Accelerating the Circular Economy Gegründet wurde PACE während des Jahrestreffens des Weltwirtschaftsforums 2018 und stellt eine weltweite Plattform für Unternehmen und Organisationen dar, die den Übergang hin zur Kreislaufwirtschaft beschleunigen wollen. Ziel ist das Testen von Best-Practice-Beispielen und deren schnelle Umsetzung. Es werden aktuell 18 Projekte aus den vier Schwerpunkten Elektronik & Investitionsgüter, Kunststoffe, Lebensmittel & Landwirtschaft sowie Textilien & Mode umgesetzt. Zudem arbeitet PACE an übergreifenden Geschäftsmodellen, Innovationen und regionalen Netzwerken.[14]

⑭ https://pacecircular.org/, zuletzt geprüft am 8.12.2023

European Raw Materials Alliance[15] Die European Raw Materials Alliance wurde Ende September 2020 im Rahmen der neuen Industriestrategie gegründet. Sie adressiert industrielle Akteure entlang der Wertschöpfungskette – EU-Mitgliedstaaten, Regionen, Forschungsinstitute, Investoren, Nichtregierungsorganisationen und Vertreter der Zivilgesellschaft. Die Allianz verfolgt das Ziel, den Zugang zu nachhaltigen Ressourcen zu sichern. Bis 2030 soll die Produktion von Rohstoffen sowie deren Zirkularität verbessert werden.

⑮ https://erma.eu/, zuletzt geprüft am 8.12.2023

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Die BGR ist die zentrale Forschungs- und Beratungseinrichtung der Bundesregierung auf dem Gebiet der Geowissenschaften und Rohstoffe. Als solche veröffentlicht sie jährlich einen Bericht über die Rohstoffsituation in Deutschland sowie einen Energiebericht. Die vom BGR herausgegebenen Daten stellen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung hin zu einer nachhaltigeren Rohstoff- und Energieversorgung dar.

4.1.5 Die Bedeutung „kritischer" Rohstoffe

Als nachhaltige Industriegesellschaft setzen wir mittlerweile alle technisch einsetzbaren Elemente des Periodensystems inklusive der Seltenen Erden ein, so z. B. in elektronischen und optischen Geräten, Sensoren und Brennstoffzellen. Auch in modernen Hybrid-Kraftfahrzeugen sind mindestens acht Elemente aus der Gruppe der sogenannten Seltenen Erden, wie Neodym oder Cerium enthalten.

Besonders Technologien, welche in Zukunft eine tragende Rolle in unserer Gesellschaft spielen werden, wie z. B. Erzeugungsanlagen für erneuerbare Energien oder E-Autos sind auf bestimmte kritische Rohstoffe angewiesen. Dadurch wird der kreislaufartigen Nutzung dieser Rohstoffe in der Zukunft nicht nur aus klimatischen, sondern auch aus Aspekten der Versorgungssicherheit und einer möglichst unabhängigen Wirtschaft eine wichtige Bedeutung zukommen.

Der Bedarf steigt weltweit und das nicht nur in den Industrie-, sondern auch Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien. Die ohnehin angespannte Verfügbarkeit spitzt sich durch den protektionistischen Umgang mit den kritischen Rohstoffen noch zu, da oft nur wenige Länder entsprechende Vorkommen besitzen. Auf europäischer Ebene wurde mit der im November 2008 veröffentlichten „Rohstoffinitiative" erstmals die Problematik der Rohstoffabhängigkeit in einen länderübergreifenden europäischen Kontext gestellt. Im März 2023 legte die Europäische Kommission einen Gesetzesvorschlag vor, welcher diese Problematik durch die Einführung von Zielvorgaben bezüglich des Recyclings von kritischen Rohstoffen sowie eine Steigerung der Förderung dieser innerhalb der EU vorsieht.

Somit rückt die Rolle der Kreislaufwirtschaft weiter in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung. Für die Erfüllung der vorgeschlagenen Zielvorgaben bezüglich des Recyclings kritischer Rohstoffe bedarf es allerdings weiterer Verbesserungen der Recycling-Technologie. Außerdem müsse ein beständiger Markt für recycelte Materialien geschaffen werden, um die Rentabilität für Recycler zu gewährleisten, so der Generalsekretär von EuRIC, dem europäischen Verband der Recyclingindustrie. Während die Recyclingraten bei einigen klassischen Metallen wie Eisen, Kupfer und Aluminium weltweit bereits über 50 % liegen, besteht für sogenannte „High-Tech-Metalle" und die „Seltenen Erden" noch ein deutlicher Nachholbedarf. So beträgt der Recyclinganteil bei den wirtschaftsstrategischen Elementen wie Tantal, Indium und Neodym noch unter einem Prozent.

Damit die Kreislaufwirtschaft ihrer künftigen Rolle als „umfassender" Rohstofflieferant gerecht werden kann, bedarf es weiterer innovativer Verfahren von Erfassungs- und Aufbereitungssystemen, die eine Rückgewinnung auch kleinster Mengen an kritischen Rohstoffen ermöglichen. Ein deutlich stärkeres Augenmerk ist im Rahmen des Ökodesigns nicht nur auf den sparsamen Einsatz und Verbrauch sowie die mögliche Substitution von wertvollen Rohstoffen zu legen, sondern auch auf die Recyclingfähigkeit der Produkte am Ende des Lebenszyklus.

Restverfügbarkeit und Versorgungslage kritischer Rohstoffe (Stand 2019)

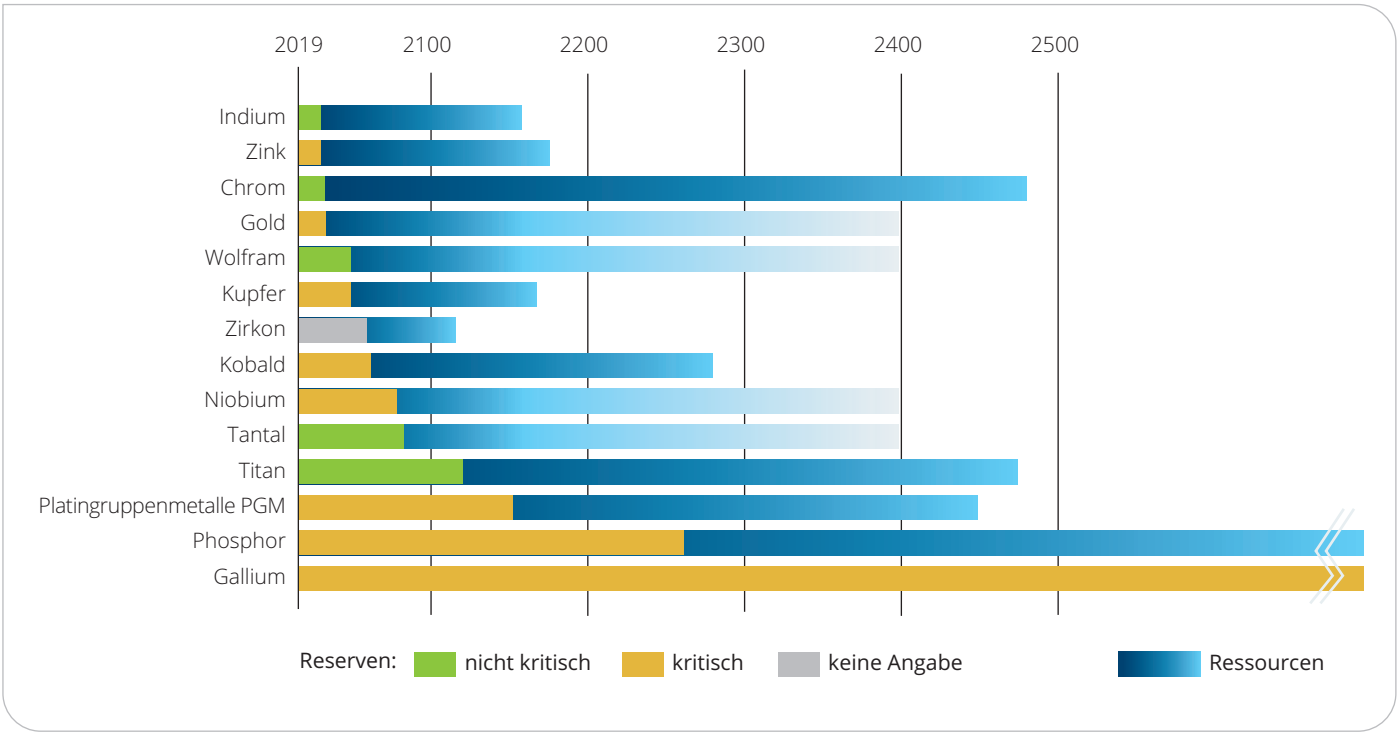


Abb. 80 , Quelle: REMONDIS

Recyclingrate und Substituierbarkeit von kritischen Rohstoffen (Stand 2013)

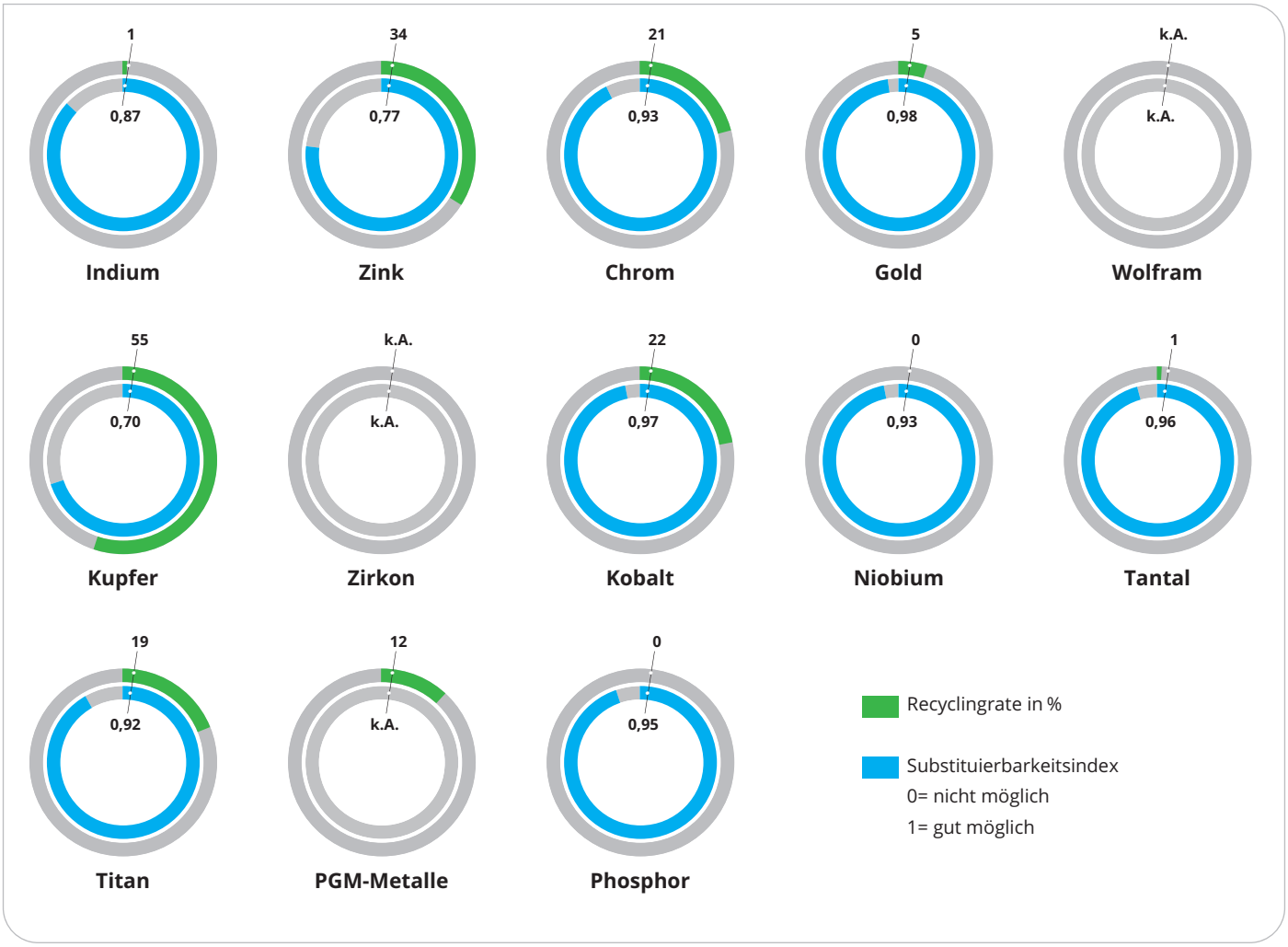


Abb.81 , Quelle: European Commission

Circular Economy: Vision einer nachhaltigen Ressourcenwirtschaft

Das Recycling von Abfällen ist ein zunehmend wichtiger Teil der Kreislaufwirtschaft. Die Zukunft der Kreislaufwirtschaft aber liegt in der Einbindung in eine weitaus umfassendere Vision der Ressourcenschonung, der Schließung von Produktkreisläufen und eines nachhaltigen Verbraucherverhaltens. Damit das Gesamtsystem optimiert werden kann, muss der Fokus auf die Produktkreisläufe gerichtet werden. Design for Recycling, Reparaturfähigkeit, Wiederverwendung, Leasing und Sharing Economy benötigen auch eine Veränderung der gesellschaftlichen Wertvorstellungen, so wie sie sich auch in den Zielvorstellungen der Circular Economy widerspiegeln.

4.2.1 Steigender Stellenwert des Recyclings

Das Recycling von Abfällen hat in Deutschland vor dem Hintergrund der abfallwirtschaftlichen Zielhierarchie aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der grundsätzlich größer werdenden Nachfrage nach Sekundärrohstoffen auf den nationalen und internationalen Märkten bereits einen hohen Stellenwert erlangt, gleichwohl es in bestimmten Teilmärkten immer wieder zu Nachfrageproblemen kommt. Nicht zuletzt durch aktuelle Entwicklungen wie Störungen von Lieferketten, die durch den Krieg in der Ukraine veränderte weltpolitische Situation sowie den massiven Sanierungs- und Investitionsbedarf, der für ein Erreichen der Ziele im Klimaschutz erforderlich ist, nimmt die Gewinnung hochwertiger Sekundärrohstoffe an Bedeutung zu. Potenziale für zusätzliches Recycling in Deutschland sind vorhanden und müssen daher in den nächsten Jahren weiter ausgeschöpft werden. Dabei müssen Aspekte wie Hochwertigkeit, Schadstoffentfrachtung und Ökoeffizienz berücksichtigt werden.

4.2.2 Abfallvermeidung und Recycling als Schwerpunkt neuer Produktionsweisen

Es sind eine Reihe von Studien und Veröffentlichungen erschienen, die sich mit einer veränderten Wirtschaftsweise bzw. Güterproduktion sowie ihren Wirkungen auf die Ökonomie, die Ökologie, die Lebensräume und den Menschen beschäftigen. Im Hinblick auf die positiven Wirkungen der sogenannten „Circular Economy“ wird dabei häufig die Studie der Ellen MacArthur Foundation zu Grunde gelegt. Diese kommt zu dem folgenden Ergebnis: „Ein ökonomischer Wandel hin zum Wirtschaftsmodell der „Circular Economy“ würde Europa unter Ausnutzung neuer Technologien wirtschaftliche Vorteile in Höhe von etwa 1,8 Billionen Euro bis zum Jahr 2030 bescheren – rund 900 Milliarden Euro mehr als unter Beibehaltung des „linearen“ Entwicklungspfades“.[16] In der EU wird davon ausgegangen, dass der am 11. Dezember 2019 beschlossene europäische „Green Deal“ neben einer Erhöhung des Bruttoinlandsproduktes bis 2030 zur Schaffung von ca. 700.000 neuen Arbeitsplätzen beitragen wird.[17] Allerding verdeutlicht der seit 2018 von Circle Economy herausgegebene „Circularity Gap Report“, dass die Zirkularität der globalen Wirtschaft sinkt. War die Weltwirtschaft 2018 noch zu 9,1 % zirkulär, sank diese Rate bis 2023 auf 7,3 %. Gleichzeitig stellte der Report fest, dass in den sechs Jahren seit 2018 der Erde mehr Primärrohstoffe entnommen wurden als im gesamten 20. Jahrhundert.[18] Gleichzeitig könnten zirkuläre Maßnahmen bereits in den vier Schlüsselbereichen Ernährung, bebaute Umwelt, Industriegüter sowie Mobilität und Transport den Großteil der negativen Auswirkungen auf den Planeten adressieren.

Aufbereitetes Altholz, Quelle: Reiling

Grundzüge der Circular Economy

Die Circular Economy orientiert sich an dem weitgehenden Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, keine Rohstoff-, Nährstoff- und Wertverluste zuzulassen. Ein vereinfachtes bzw. „idealtypisches“ Modell der Circular Economy in Bezug auf die Kreislaufwirtschaft besteht aus den folgenden Wertschöpfungsstufen:

Zu Beginn des Produkt- bzw. Rohstoffkreislaufes steht ein nachhaltiges Produktdesign (Design for Recycling). Das heißt: Produkte werden ganz oder überwiegend aus Sekundärrohstoffen hergestellt, enthalten keine Schadstoffe und können nach Gebrauch problemlos recycelt werden. So sind beispielsweise Verpackungen, die nur aus einem Material bestehen, besser zu recyceln als jene, die aus verschiedenen Komponenten bestehen.

- Die Herstellung von Produkten erfolgt abfallarm bzw. abfallfrei. Produktionsausschuss und Fehlproduktionen werden direkt wieder dem Recycling bzw. der Grundstoffproduktion zugeführt. Neue Technologien kommen zum Einsatz, beispielsweise 3-D-Drucker. Über Rücknahmesysteme und Leasingkonzepte bleiben die Hersteller im Besitz ihrer Produkte bzw. der darin enthaltenen Rohstoffe.

- Produkte werden im Wesentlichen mit Sekundärrohstoffen hergestellt. Sie sind langlebig, reparaturfähig, modular und bestenfalls können Teile wiederverwendet werden. Ein namhafter Hausgerätehersteller ist aktuell dabei, in Spanien und Belgien ein Rücknahmesystem für Haushaltsgeräte aufzubauen, in dem ausgetauschte Geräte von den Händlern zurückgeholt und anschließend zentral auf ihre Reparaturfähigkeit geprüft werden. Die instandgesetzten Geräte werden anschließend in Sozialkaufhäusern verkauft.

15 Ellen MacArthur Foundation/ McKinsey Center for Business and Environment: „Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe“, 2015; Accenture: Wertschöpfung statt Verschwendung; Kienbaum Management Consultants GmbH/ EPEA Internationale Umweltforschung GmbH: Potenzialanalyse einer zirkulären Wertschöpfung im Land Nordrhein-Westfalen; McKinsey & Company: Mapping the benefits of a circular economy.

16 https://circularity-gap.world/, zuletzt geprüft am 22.01.2024

17 Circle Economy (2023): Circular Economy Gap Report 2023, zuletzt geprüft am 29.03.2023.

- Konsumentinnen und Konsumenten müssen umdenken. Das beginnt bei der Akzeptanz von Produkten aus Sekundärrohstoffen (cremeweiß statt reinweiß) und endet bei Verpackungen, die auf ihre Grundfunktionen reduziert und, wo möglich, im Mehrwegverfahren eingesetzt werden.

- Teilen und mieten statt besitzen. Menschen verzichten zugunsten gemeinschaftlicher Anschaffungen auf privates Eigentum. Ausleihsysteme für Baugeräte und Werkzeuge werden zunehmend beliebter. Gemietete oder geleaste Maschinen und Geräte sind hochwertiger, halten länger und weisen einen höheren Ausnutzungsgrad auf. Die Vermieter haben zudem ein großes Interesse an wenigen Reparaturen und einem geringen Wartungsaufwand. Mit der Sharing Economy entsteht eine völlig neue Wirtschaftsbranche mit einer Vielzahl von Arbeitsplätzen. Mithilfe des Internets wird so Mobilität organisiert, werden Waren getauscht, Lebensmittel vor dem Verfall gerettet oder für getragene Kleidung neue Besitzer gefunden.

- Am Ende des Lebenszyklus werden die Produkte einer Entsorgungsinfrastruktur zugeführt, die durch eine getrennte Erfassung mit anschließender Sortierung die Basis für ein hochwertiges Recycling der Materialien und damit einen funktionierenden Rohstoffkreislauf bildet. Die Kreislaufwirtschaft wird untrennbarer Bestandteil der Rohstoffwirtschaft.

Für ein Industrieland wie Deutschland ist die Gewinnung bzw. Sicherung der Ressourcen aus den nicht mehr benötigten Produkten wichtig und notwendig. Eine Vielzahl von Unternehmen hat diese Problematik erkannt und für sich den Einstieg in die zirkuläre Wirtschaft bereits beschlossen. Ein intelligentes Produktdesign unterstützt dabei nicht nur die Ressourceneffizienz, sondern ist auch Voraussetzung für eine hochwertige Verwertung der verwendeten Materialien.

4.2.3 Forschung, Initiativen und Aktivitäten zur Circular Economy auf Europäischer Ebene

Die Circular Economy als Chance für die nachhaltige Transformation von Städten und Regionen

Die Circular Economy beinhaltet ein großes Potenzial zur Reduzierung von Umweltschäden, zur Steigerung der Material- und Energieeffizienz und schafft neue Möglichkeiten sowohl für Unternehmen als auch Kommunen. Regionen und Städte spielen eine wesentliche Rolle, wenn es darum geht, zu einer wirksamen Rückgewinnung aller Materialien beizutragen, die lokal verarbeitet und konsumiert werden. Mit der „Circular Cities and Regions Initiative“[20] will die Europäische Kommission daher die zirkuläre Transformation in Städten und Regionen vorantreiben und fördert die Umsetzung sogenannter "Circular Systemic Solutions“. Das besondere an diesen systemischen Lösungen ist, dass entlang von Wertschöpfungsketten und den jeweils relevanten Akteuren holistische Lösungen adressiert werden.

Agglomerationsräume treiben das zirkuläre Wirtschaften voran. Strukturstarke Ballungsräume ermöglichen die Entwicklung und Verbreitung notwendiger Dienstleistungssysteme und die gemeinsame Nutzung entsprechender Ressourcen. Dies steht in einem engen Zusammenhang mit der Fähigkeit, Unternehmen anzuziehen, die innovative Technologien und zirkuläre Geschäftsmodelle entwickeln. So gelingt es aufgrund der Größenvorteile auch dort relevante Mengen an Sekundärrohstoffen zurückzugewinnen, wo sich nur geringe Anteile in den Abfallströmen befinden. Industriegebiete bieten die Chance, mehrere Stufen der zirkulären Wertschöpfung auf einem vergleichsweise kleinen Raum zu vereinen, von der Herstellung der Produkte über die Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen bis hin zum Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen und zurückgewonnener Energie (industrielle Symbiose). Insbesondere für traditionelle Industriestandorte ergeben sich dank der Verfügbarkeit von Industriegrundstücken, alten Fabriken und anderen Einrichtungen Chancen für eine erfolgreiche Revitalisierung. Aufgabe der Politik – und hier insbesondere der Kohäsionspolitik – sollte es jedoch sein, einer Vergrößerung der territorialen Disparitäten entgegenzuwirken.

18 https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF. zuletzt geprüft am 29.03.2023.

19 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS). Grundlagen für einen Prozess zur Transformation hin zu einer zirkulären Wirtschaft, zuletzt geprüft am 21.04.2023

20 European Commission: Circular Cities and Regions Initiative, zuletzt geprüft am: 31.03.2023

-

Circular Economy und Kreislaufwirtschaft – ein Beitrag zur Begriffsabgrenzung

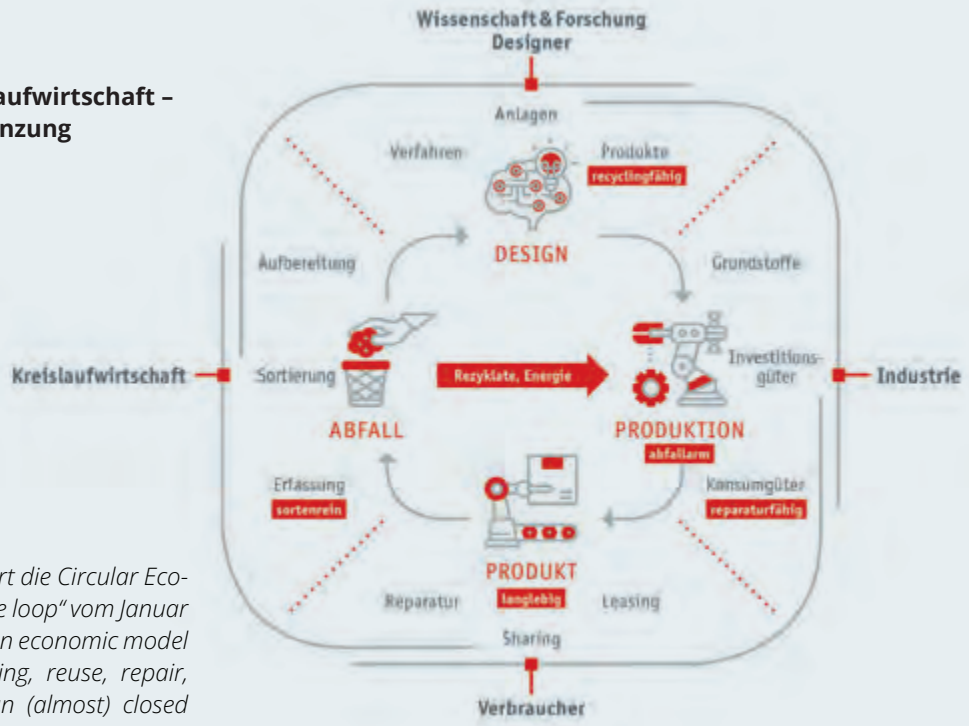


Abb.82 , Quelle: Prognos AG

Das Europäische Parlament definiert die Circular Economy in seinem Briefing „Closing the loop" vom Januar 2016 wie folgt: "Circular economy: an economic model based inter alia on sharing, leasing, reuse, repair, refurbishment and recycling, in an (almost) closed loop, which aims to retain the highest utility and value of products, components and materials at all times."

Damit geht das Verständnis der Circular Economy der EU über die naheliegende deutsche Übersetzung „Kreislaufwirtschaft" hinaus. Der Begriff „Kreislaufwirtschaft" hat sich spätestens mit der Einführung des „Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes" im September 1994 im deutschen Sprachgebrauch etabliert. Nach deutschem Verständnis soll die Kreislaufwirtschaft die Entsorgung und die Kreislaufführung von Rohstoffen organisieren und sicherstellen, ist aber vom Gesetzgeber nicht mit dem Anspruch versehen worden, ein visionäres „Wirtschaftsmodell" für Deutschland zu sein bzw. zu entwickeln. Sehr häufig wird davon gesprochen, so auch vom UBA, dass die Abfallwirtschaft „für den gesamten Abfallkreislauf verantwortlich [sei]: von der Abfallvermeidung über die Wiederverwendung und Verwertung bis hin zur Beseitigung.

Hierbei wird jedoch übersehen, dass es sich bei der Kreislaufwirtschaft auf Bundes- und Landesebene um eine Fachplanung mit eigentlich engen Kompetenzen handelt. Der Bund verfügt nach Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG über die konkurrierende Gesetzgebungszuständigkeit für die Abfallwirtschaft. Landesrechtliche Vorschriften sind somit nur in den Bereichen möglich, die nicht schon durch Bundesrecht erfasst sind. Die Landesabfallgesetze betreffen daher im Wesentlichen nur Fragen des Vollzugs. Somit stellt sich u. a. die Frage, wie die Kreislaufwirtschaft dafür Sorge tragen soll, dass die Bürgerinnen und Bürger tatsächlich Abfälle vermeiden. Entscheidend sind vielmehr vorgelagerte rechtliche Vorgaben für die Produktion, die Lebensdauer und die Verpackung von Konsumprodukten.
Für alle notwendigen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und rechtlichen Veränderungen, die eine Kreislaufwirtschaft nach deutschem Verständnis in eine Circular Economy nach europäischem Verständnis transformieren, fehlen sowohl der Fachplanung auf Bundes- und Landesebene wie auch den öffentlichen und privaten Unternehmen der Entsorgungswirtschaft die Kompetenzen und Instrumente. Um Themen wie Design for Recycling, den Anspruch auf Reparaturfähigkeit von Produkten, Substitutionsquoten oder die Förderung von Leasing- und Sharing-Modellen zu implementieren, braucht es neben der Kreislaufwirtschaft einen breiten gesellschaftlichen und politischen Konsens zur Einführung des „Wirtschaftsmodells" Circular Economy und damit die breite Unterstützung auch anderer Politikbereiche auf Bundes- und Landesebene. Auf diese Weise kann sich in den nächsten Jahren in Deutschland aus der reinen Kreislaufwirtschaft ein deutlich umfassenderes Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell entwickeln, mit Vorteilen für die Wertschöpfung, den Ressourcenverbrauch und das Klima.

Hierbei kann ein Blick über die Grenze in die Niederlande hilfreich sein: Der Transformationsprozess läuft hier bereits seit dem Jahr 2016. Die Circular material use rate lag 2021 in den Niederlanden bei 33,8 %, in Deutschland betrug der Wert nur 12,7 %. Bis zum Jahr 2050 möchte die niederländische Regierung unter breiter Einbeziehung der Behörden, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eine vollständige Circular Economy erreichen.

Schlackelagerung, Quelle: Breer

Sammlung in Europa, Quelle: istock, envato elements

Für ländliche Regionen liegt eine große Perspektive eindeutig in der zirkulären Bioökonomie. Sie verfügt über das Potenzial, die wirtschaftliche Entwicklung ländlicher Gebiete insbesondere im land- und forstwirtschaftlichen Sektor (z. B. Lebensmittelverarbeitung, biobasierte Industrien, Bioenergie) zu fördern. Auch für ländliche Regionen kann die Transformation hin zu einer Circular Economy jedoch nur über die Etablierung von systemischen zirkulären Lösungen erreicht werden. Der Frage, wie dies gelingen kann, widmet sich in einem aktuellen Forschungsprojekt das Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung (BBSR).[21]

Unabhängig davon, ob es sich um einen ländlichen Raum, ein Ballungsgebiet oder eine Großstadt handelt: Essenziell für eine erfolgreiche und systemische Umsetzung der Circular Economy ist das voneinander Lernen und Vernetzen. In den letzten Jahren haben sich dabei einige regionale wie internationale Plattformen und Formate herausgebildet, bei denen Akteurinnen und Akteure der Circular Economy gemeinsam an der Verbreitung erfolgreicher Lösungen und Konzepte arbeiten. Beispiele sind der Circular Economy Hotspot, der 2022 das erste Mal in Deutschland stattfand[22], das World Circular Economy Forum[23] oder der Cradle-to-Cradle Congress[24]. Neben diesen übergeordneten, großen Konferenzen bietet die European Circular Economy Stakeholder Platform[25] einen Überblick über themen- und regionalspezifische Austauschformate.

Die EU als Motor der Entwicklung

Die Europäische Kommission hat den Ansatz der Circular Economy in den letzten Jahren maßgeblich vorangetrieben. Mit der Veröffentlichung des ersten Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft 2015[26], der im Kreislaufwirtschaftspaket von 2018 enthaltenen Überarbeitung des Rahmens der Abfallgesetzgebung sowie der Europäischen Kunststoffstrategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft[27] wurden bereits einige wichtige Maßnahmen angestoßen und in nationales Recht überführt. Mit der Überarbeitung der Abfallgesetzgebung wurde beispielsweise ein EU-weites Recyclingziel von 65 % für Siedlungsabfälle und 70 % für Verpackungsabfälle sowie weitere spezifische Ziele für verschiedene Verpackungsfraktionen eingeführt, die im Juli 2018 in Kraft getreten sind. Zudem wurde eine neue, Outputbasierte Berechnungsmethode für das Recycling von Siedlungsabfällen festgelegt.[28] Für Einweg-Getränkeflaschen wurde eine Mindestquote zur Getrenntsammlung festgelegt. Aber auch die Anforderungen an den Wiedereinsatz von Recyclingrohstoffen steigen. Im Ende November 2022 vorgelegten Entwurf der neuen EU-Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfälle schlägt die EU-Kommission beispielsweise vor, den bisherigen Rezyklatanteil von 30 % bei Einweggetränkeflaschen bis 2040 auf 65 % zu erhöhen.[29]

21 ,Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2023): Kreislaufwirtschaft für die ländliche Entwicklung - Potenziale in Deutschland und Europa, abrufbar auf der Website: /www.region-gestalten.bund.de/ zuletzt geprüft am 21.01.2024

22 https://www.circularhotspot.nrw/.zuletzt geprüft am 29.03.2023.

23 https://circulareconomy.europa.eu/platform/en news-and-events/all-events/world-circular-economy- forum-2023-wcef2023. zuletzt geprüft am 02.07.2023.

24 https://c2c-congress.org/. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

25 European Union (o.J.): European Circular Economy Stakeholder Platform. abrufbar unter: https://circulareconomy.europa.eu/platform/en. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

26 https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

27 https://euresource.html?uri=cellar:2df5d 1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed 71a1.0002.02/DOC_2&format=PDF. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

28 Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt (Text von Bedeutung für den EWR); https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32019L0904. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

29 https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-packaging-and-packaging-waste_en. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

Recyclingverpackung, Quelle:Sasha Pestano @unsplash

Die seit Ende 2019 amtierende Kommission verstärkte ihre Ambitionen zur Umsetzung einer Circular Economy in Europa nochmals. Im Rahmen des Green Deals wurde mit dem neuen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft[30] 2020 ein weiteres Maßnahmenpaket angekündigt, dass auf ein nachhaltigeres Design von Produkten, eine Stärkung der Position von Verbraucherinnen und Verbrauchern in Bezug auf die Reparaturfähigkeit und Lebensdauer sowie die Stärkung des Kreislaufprinzips in Produktionsprozessen abzielt.

Die Maßnahmen sollen dabei an zentralen Wertschöpfungsketten ansetzen:

- Elektronik und IKT,
- Batterien und Fahrzeuge,
- Verpackungen,
- Kunststoffe,
- Textilien,
- Bauwirtschaft und Gebäude,
- Lebensmittel, Wasser und Nährstoffe.

Als zentrale Maßnahme des neuen Aktionsplanes hat die Kommission im März 2022 ein Vorschlagspaket zur Initiative für nachhaltige Produkte[31] veröffentlicht. Danach soll die Ökodesign-Richtlinie durch eine neue Verordnung ersetzt werden, die auch Vorgaben zu Recyclingfähigkeit, Rezyklateinsatz, verlängerter Nutzungsdauer, Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Produkten enthält und auf eine größere Bandbreite von Produkten Anwendung finden soll. Der Fokus liegt dabei auf Produkten der im neuen Aktionsplan identifizierten Wertschöpfungsketten. Eine weitere wichtige Neuerung der Initiative für nachhaltige Produkte ist der digitale Produktpass. Dieser soll Verbraucherinnen und Verbrauchern einerseits die Bewertung nachhaltiger Produkte vereinfachen und anderseits wichtige Informationen für die Reparierbarkeit und das Recycling der Produkte bereitstellen.

Wie die Sharing Economy zum Ressourcenschutz beitragen kann

In Deutschland verfügen etwa 99 % aller Haushalte über eine eigene Waschmaschine, in der Schweiz hingegen sind es nur etwa 70 % aller Haushalte. Dies liegt in erster Linie daran, dass in vielen Mehrfamilienhäusern die Waschmaschinen von den Mietparteien gemeinschaftlich genutzt werden. Würden in Deutschland Waschmaschinen im gleichen Grad gemeinschaftlich genutzt wie in der Schweiz, gäbe es in Deutschland etwa 11,8 Millionen Waschmaschinen weniger – das wären 825.000 eingesparte Tonnen Stahl, Kupfer, Kunststoffe und andere Ressourcen.

30 https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF. zuletzt geprüft am 04.04.2023

31 Europäische Kommission (30.3.2022): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Nachhaltige Produkte zur Norm machen.

Zirkuläre Produkte

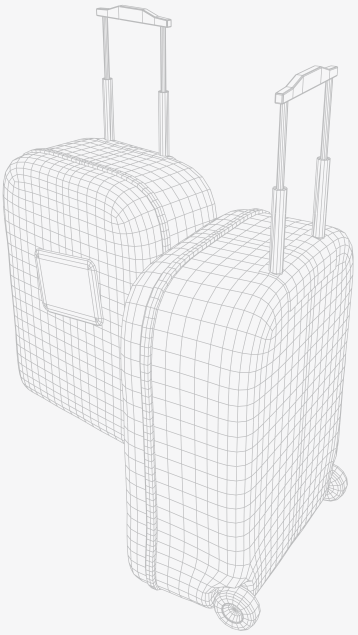
In einer Welt, in der Umweltschutz und Nachhaltigkeit immer wichtiger werden, gewinnen zirkuläre Produkte und Geschäftsmodelle zunehmend an Bedeutung. Die Kreislaufwirtschaft stellt einen Ansatz dar, der nicht nur die Umwelt schont, sondern auch die Wirtschaft stärkt. Die ganzheitliche Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus steht im Vordergrund. Alle Prozesse, von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis hin zur Nutzung und Entsorgung werden beachtet. Ziel ist es, mit zirkulären Produkten den Ressourcenverbrauch zu minimieren, Abfälle zu vermeiden und Emissionen sowie Umweltauswirkungen zu minimieren.

- *Bereits beim Produktdesign wird Zirkularität mit bedacht. Der Einsatz von wiederverwendbaren oder recycelten Materialien sind wichtige Erfolgsfaktoren für eine Kreislaufwirtschaft. Zudem sollten Rohstoffe und Materialien umweltfreundlich und ressourcenschonend ausgewählt werden.*
- *Ein weiteres zentrales Merkmal zirkulärer Produkte ist die Gestaltung langlebiger und reparierbarer Produkte. Die Möglichkeit, Produkte leicht zu reparieren und Teile auszutauschen, fördert die Produktlebensdauer und senkt zeitgleich die Anzahl an Neukäufen, was wiederum den Einsatz an Rohstoffen und Ressourcen senkt.*
- *Des Weiteren werden Produkte und Materialien so konzipiert, hergestellt und genutzt, dass sie am Ende ihrer Lebensdauer recycelt, wiederverwendet oder auf andere Weise in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden können. Die fünfstufige Abfallhierarchie (Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, Verwertung, Beseitigung) kann hierbei als Orientierung dienen. Pfand- und Rücknahmesysteme erhöhen die Zirkularität von Produkten und Materialien zusätzlich.*
- *Auch neue Geschäfts- und Nutzungsmodelle tragen zu einer Kreislaufwirtschaft bei. Das Teilen von Produkten (Sharing Economy), bspw. Vermietung und Leasing von Produkten, senkt den Einzelbesitz und steigert die Effizienz der Ressourcennutzung.*

Neue Technologien und Innovationen unterstützen die Transformation hin zur Kreislaufwirtschaft. Ein Beispiel die Zirkularität von Produkten zu erhöhen und zu unterstützen ist der digitale Zwilling, der eine virtuelle Repräsentation eines physischen Objekts darstellt. Digitale Zwillinge können reale Objekte und Prozesse simulieren, überwachen und analysieren und tragen dazu bei, die Effizienz und Nachhaltigkeit eines physischen Produkts zu verbessern, sowie die Transparenz zu erhöhen.

Unternehmen können durch den Einsatz von digitalen Zwillingen den gesamten Lebenszyklus eines Produktes nachverfolgen und analysieren. Bereits beim Produktdesign können somit beispielsweise die Emissionen eines Produktes vorab simuliert und optimiert werden. Der digitale Zwilling kann darüber hinaus Daten zu Ressourcen, von der Gewinnung über die Produktion, bis hin zur Entsorgung speichern und ermöglicht so eine genaue Rückverfolgung von Produkten und Materialien in der Lieferkette. Dies trägt zu mehr Transparenz bei, indem wichtige Daten und Informationen zum Produkt während des gesamten Lebenszyklus erhalten bleiben und nach der Produktion nicht verloren gehen. Die zusätzlichen Informationen zur Produktzusammensetzung erleichtern die Recyclingprozesse am Ende der Lebensdauer eines Produktes. Ebenso profitieren die Verbrauchinnen und Verbraucher von den zusätzlich verfügbaren Daten und einer erhöhten Transparenz. Dies ist unter anderem für Shared Economy Ansätze von Vorteil.

Digital Twin, Quelle: Shutterstock



Technologien für zirkuläre Produkte spielen eine Schlüsselrolle in der Umsetzung nachhaltiger Kreislaufwirtschaftskonzepte, indem sie innovative Lösungen bieten, um Materialien effizient zu recyceln, wiederverwenden und den Lebenszyklus von Produkten zu verlängern.

ChatGTP

4.2.4 Notwendige Schritte zu einem besseren und effizienteren Recycling

Der erfolgreiche Weg zu einer perspektivisch funktionierenden Circular Economy kann nur über die Optimierung auf allen Stufen der Wertschöpfungskette, beginnend beim Produktdesign, über den Produktionsprozess, die Nutzung, die Sammlung bis zum Recyclingprozess führen. Dies impliziert neben technischen, regulatorischen und organisatorischen Maßnahmen auch die Notwendigkeit, Verhaltensweisen zu ändern. Zudem ist ein effizienteres Recycling kein Selbstzweck. Im Sinne der Circular Economy muss sichergestellt werden, dass die Sekundärrohstoffe so hochwertig sind, dass sie schadlos in den Wirtschaftskreislauf eingeführt werden können.

Die aktuellen Diskussionen über notwendige Maßnahmen für ein besseres und effizienteres Recycling sind sehr komplex und umfassend. Die nachfolgenden Aspekte und Beispiele stellen daher eine begrenzte Auswahl dar:

- **Design for Recycling konsequent und umfassend berücksichtigen:** Die entscheidende Voraussetzung für einen erfolgreichen Recyclingprozess ist die Recyclingfähigkeit der Produkte und Verpackungen selbst. Nur Rohstoffe aus Produkten, die sich wieder in ihre Komponenten und Materialien zerlegen lassen, können adäquat recycelt und wiedereingesetzt werden. Durch das „Design for Recycling" können ressourcenschonende Produkte entwickelt werden, die sowohl ökologische wie auch ökonomische Vorteile bieten. Dafür muss die konkrete Zusammenarbeit von Designern, Produzenten und Unternehmen der Recyclingwirtschaft verbindlich und nachhaltig implementiert werden. Probleme in der Materialzusammensetzung, die gleich am Anfang des Produktkreislaufes vermieden werden können, müssen am Ende nicht mit großem Aufwand gelöst werden. Im Verpackungsbereich zeigt beispielsweise der *Runde Tisch zum Eco Design von Kunststoffverpackungen*[32] was getan werden muss, damit der eigentliche Recyclingprozess funktionieren kann und Materialkreisläufe letztendlich geschlossen werden können. Dabei geht es u. a. darum, Kunststoffverpackungen so zu designen und zu produzieren, dass sie möglichst aus Monomaterialien bestehen, von Verbraucherinnen und Verbrauchern als Kunststoffverpackung erkannt und in die entsprechenden Separaterfassungssysteme zurückgeführt werden können, sowie auch für die Sensorbasierten Technologien in den Sortieranlagen erkennbar sind. Wichtig ist, dass die aufgestellten Kriterien für alle Materialien gleichermaßen gelten, damit es nicht zu einer Verlagerung in weniger gut recycelbare Materialien kommt.

Datentransparenz und -verfügbarkeit erhöhen: Im engen Zusammenhang mit dem Design for Recycling wird die Notwendigkeit der Informationsbereitstellung über verschiedene Kennzeichnungssysteme diskutiert. Hierzu gehört u. a. die Einführung eines so genannten *„Recyclinglabels"*, das Transparenz über die eingesetzten Recyclingstoffe und deren Anteil geben soll und so zur Veränderung des Konsumverhaltens der Verbraucherinnen und Verbraucher beitragen kann. Großes Potenzial wird auch in der Einführung *digitaler Produktpässe* gesehen, die im Rahmen der Initiative für nachhaltige Produkte[33] vorgesehen sind. Produktpässe können beispielsweise Informationen zu eingesetzten Rezyklaten oder zur Wiederverwertbarkeit liefern. In einem Designprint hat das BMU im Juni 2021 zusammen mit Vertreterinnen und Vertretern aus Forschung, Politik und Industrie einen Prototyp für einen digitalen Produktpass für Batterien in der Elektromobilität entwickelt.[34] Darüber hinaus wird intensiv daran gearbeitet, den Zugang zu relevanten Informationen für Sortier- und Recyclingprozesse zu ermöglichen, beispielsweise durch den Einsatz *digitaler Wasserzeichen* oder *chemischer Tracker* auf Verpackungen, die es Sortieranlagen ermöglichen sollen, Informationen zu Material und Nutzung der entsprechenden Verpackungen auszulesen. Die digitale Methode des *„Building Information Modeling (BIM)"* zur Planung, Errichtung und Bewirtschaftung von Gebäuden ermöglicht eine detaillierte Dokumentation durch den Bauträger bereits beim Bau. Dies verbessert nicht nur das laufende Instandhaltungsmanagement und verlängert somit die Nutzungszeit von Gebäuden und Infrastruktur, sondern erleichtert auch das Recycling nach dem Abbruch. Dabei sollte es sowohl um die verwendeten Materialien als auch um die Art des Einbaus im Hinblick auf die Rückgewinnung von Rohstoffen gehen. Ab 2020 ist die BIM-Planung in Deutschland bereits im Bereich der Verkehrsinfrastruktur vorgeschrieben.

- **Verbrauchernahe sortenreine Trennung und Erfassung fördern:** Für ein qualitativ hochwertiges Recycling ist die sortenreine Trennung und Erfassung für die meisten Wertstoffe[35] an der An-

Design for Recycling, Quelle: istock

32 https://ecodesign- packaging.org/. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

33 Europäische Kommission (30.3.2022): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts-und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Nachhaltige Produkte zur Norm machen

34 https://www.bmuv.de/digitalagenda/produktpass/pkw-batterie. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

35 Eine Ausnahme bildet hier beispielsweise das Recycling von Metallen.

Digitaler Produktpass, Quelle: istock

fallstelle bei privaten Haushalten sowie in Industrie und Gewerbe unbedingte Voraussetzung. Die sortenreine Trennung und Erfassung sowie Sammlung muss ***verbrauchernah*** ausgestaltet werden, damit diese mit einem immer schnelleren und flexibleren Alltag kompatibel ist. Nur so kann sie neben dem Ziel des hochwertigen Recyclings von Wertstoffen zudem die Verschleppung von Stör- und Schadstoffen verringern. Digitale Lösungen, wie die App der RecycleMe GmbH, die in Österreich ein Belohnungssystem für die Rückgabe von PET-Flaschen und anderen Verpackungen betreibt,[36] sowie eine ***Stärkung der Herstellerverantwortung*** sind zwei Möglichkeiten, um Produkte am Ende des Lebenszyklus möglichst umfassend und weniger beschädigt und verschmutzt dem Recycling zuzuführen.

- **Mit gleichen Maßstäben messen:** Der Markt für Sekundärrohstoffe ist international und folgt den Regeln von Angebot und Nachfrage. Die national geltenden Umwelt- und Recyclingstandards müssen auch international eingefordert und nachgewiesen werden. Exporte von beispielsweise Elektro- und Elektronikaltgeräten bzw. Altfahrzeugen in Länder, welche die erforderlichen Standards nicht einhalten können, sind zu unterbinden. Nur so können negative Folgen für Mensch und Umwelt sowie ein damit einhergehender Verlust bzw. eine Minderwertigkeit von wertvollen Sekundärrohstoffen vermieden werden. Zudem können diese Mengen nur dann in die Quotenberechnung einbezogen werden, wenn das Recycling den geltenden Maßstäben innerhalb Deutschlands entspricht. Zu berücksichtigen ist, das die Produktverantwortung auch für die Rücknahme aus dem Ausland gilt und ebenfalls in die Quotenberechnung einfließt.

- **Steigerung der Attraktivität von Sekundärrohstoffen für einen erfolgreichen Absatz:** Sekundärrohstoffe bzw. Produkte mit Rezyklateinsatz konkurrieren immer mit der entsprechenden Primärware. Die Vorbehalte gegenüber Produkten mit Rezyklatanteilen sind immer noch hoch, „Neues" wird dem „Alten" vorgezogen. Alle Anstrengungen, das Recycling effizienter und qualitativ hochwertiger zu machen, bringen jedoch nicht die gewünschten Erfolge im Klima- und Ressourcenschutz, wenn die Sekundärrohstoffe nicht oder nur begrenzt wieder in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt werden. Hier gilt es in erster Linie ***Unsicherheiten*** über den Einsatz von Sekundärrohstoffen bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern ***auszuräumen*** und ihre Attraktivität zu erhöhen. Neben ***Aufklärung und Beratung*** gehört die Schaffung von ***Rechtssicherheit*** beim Einsatz von Sekundärrohstoffen dazu. Eine wichtige Rolle kommt neben einem von den Primärrohstoffpreisen entkoppeltem Rezyklatmarkt den ***Quoten*** (z. B. Mindestrezyklateinsatzquoten) als Zielmarken für die langfristige Förderung zu. Auf die Quoten wird im nachfolgenden Kapitel separat eingegangen.

- **Handlungsspielräume der öffentlichen Hand nutzen:** Die öffentliche Hand kann zur Schaffung von Absatzmärkten für Recyclingprodukte einen wichtigen Beitrag leisten. Dies wurde bereits auf den Konferenzen der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro und für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg hervorgehoben. Die nachhaltige Beschaffung hat Eingang in die Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 der Vereinten Nationen[37] gefunden und ist mit Mindestkriterien und Monitoringpflichten auch Bestandteil des Kreislaufwirtschafts-Aktionsplanes der EU-Kommission vom März 2020.[38] In Deutschland ist die Vergabepraxis der öffentlichen Hand im § 45 Kreislaufwirtschaftsgesetz verankert. Mit der

36 https://320grad.de/2022/06/30/belohnungs-app-fuer-recycling-wird-auf-ganz-oesterreich-ausgeweitet/. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

37 Sustainable Development Goal Nr. 12.7

38 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0021&from=DE zuletzt geprüft am 04.04.2023.

39 z. B. Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (VgV), Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB), Vergabe- und Ver-tragsordnung für Leistungen (VOL), Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)

Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes wurde eine Bevorzugungspflicht für recycelte Produkte gegenüber Neuanfertigungen für die öffentliche Hand gesetzlich verankert. Weiterführende Regelungen finden sich in weiteren Vergabevorschriften.[39] Darüber hinaus gibt es Vorschriften auf Länderebene sowie interne Vorschriften des Bundes zur nachhaltigen Beschaffung. Ziel ist es u. a., dass der öffentliche Bedarf nach Möglichkeit verstärkt über Recyclingprodukte gedeckt wird. In der Praxis wird das „Green Public Procurement", das umweltfreundliche Beschaffungswesen, jedoch noch immer nicht zufriedenstellend umgesetzt. Nachhaltigkeitskriterien werden noch zu wenig als Mindestanforderung im Sinne eines Ausschlusskriteriums an Lieferungen und Leistungen formuliert, selbst die Möglichkeit der Einbindung von Nebenangeboten durch die öffentlichen Beschaffungsstellen, um umweltfreundliche Varianten in Vergabeverfahren einzubeziehen, wird noch zu wenig genutzt.[40] Einige Verbände der Kreislaufwirtschaft fordern daher u. a. die Einführung einer Berichts- oder Nachweispflicht für den Einsatz von Sekundärrohstoffen bei der öffentlichen Hand sowie eine Begründungspflicht bei Nichteinsetzen.[41]

Die Komplexität der notwendigen Schritte zu einem besseren und effizienteren Recycling erfordert die Erarbeitung von Rohstoffstrategien auf Bundes- und Länderebene, die absehbar technologisch notwendige Entwicklungen, den Bedarf der Wirtschaft an Sekundärrohstoffen, die Leistungsfähigkeit der Recyclingwirtschaft aber auch die Akzeptanz der Verbraucherinnen und Verbraucher aufeinander abzustimmen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz und die Effektivität des Recyclings energetische, technische, ökologische und wirtschaftliche Grenzen haben, die es zu beachten gilt. Eine 100 %ige Wiedergewinnung der in den Abfällen enthaltenen Wertstoffe ist weder technisch möglich noch wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll. Für eine realistische Prognose der Mengen aus dem Recycling und die wirtschaftliche sowie technologische Ausrichtung des Gesamtsystems müssen die jeweiligen Grenzen berücksichtigt werden.[41] Die derzeit vom BMUV entwickelte nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) stellt somit eine wichtige Chance dar, die richtigen Weichen für die flächendeckende Umsetzung einer Circular Economy zu stellen.

(40) Umweltbundesamt: Rechtsgutachten umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, 2019

(41) https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/06-Publikationen/04-Broschueren/1706_Forderungskatalog_A4_Kunststoffrecycling_screen.pdf. zuletzt geprüft am: 04.04.2023.

(41) 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 Pehnelt, BIFAS: „Duale Systeme im Spiegel volkswirtschaftlicher Bewertung". Vortrag auf den 25. Köllner Abfalltagen, November 2016.

Die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS)

Im Dezember 2021 hat die Ampelkoalition in ihrem Koalitionsvertrag eine „Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie" angekündigt, in der bestehende rohstoffpolitische Strategien, wie das deutsche Ressourceneffizienzprogramm, die Bioökonomiestrategie oder die nationale Leichtbaustrategie gebündelt werden sollen. Übergeordnetes Ziel soll es dabei sein, den Verbrauch von Primärrohstoffen zu senken und geschlossene Stoffkreisläufe zu schaffen. Zirkuläres Wirtschaften soll alle Phasen von Produktlebenszyklen betrachten und auch den Einsatz von Sekundärrohstoffen sowie die Produktgestaltung für höhere Lebensdauen und Reparierbarkeit enthalten. Damit orientiert sich die Ampelkoalition am Begriff der Circular Economy wie er im Aktionsplan Kreislaufwirtschaft der EU definiert ist und der über den bisherigen Begriff der Kreislaufwirtschaft im Kreislaufwirtschaftsgesetzt hinaus geht. Das Grundlagenpapier des BMUV definiert für die Strategie u. a. die folgenden Handlungsfelder:

- *Kunststoffe,*
- *öffentliche Beschaffung,*
- *Fahrzeuge und Batterien,*
- *IKT und Elektrogeräte,*
- *zirkuläre Produktionsprozesse,*
- *Metalle,*
- *Gebäude,*
- *Bekleidung und Textilien.*

Im April 2023 begann ein Verbändedialog zur Entwicklung der nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie mit wissenschaftlicher Begleitung in einem UBA-Forschungsprojekt. Die Strategie wurde im Laufe des Jahres 2023 erarbeitet und soll Mitte 2024 beschlossen werden.

Flankierende Entwicklungen gibt es auch auf der Landesebene. So ist beispielsweise auch laut Koalitionsvertrag von CDU und Grünen in Nordrhein-Westfalen eine umfassende Kreislaufwirtschaftsstrategie geplant, die die nationale Strategie ergänzen soll.

Altpapier, Quelle: Alfonso Navarro @unsplash

4.2.5 Quoten als Zielmarken für die langfristige Förderung des Recyclings

Ein wichtiges Element, um die Circular Economy weiter voranzutreiben und insbesondere auch den erreichten Fortschritt zu messen, sind Quoten einschließlich eines Monitoringsystems. In der Gesetzgebung sowohl auf europäischer als auch nationaler Ebene wurden diverse Recyclingquoten definiert, die den Anteil der tatsächlich aus dem Abfall recycelten, also stofflich wiederverwendeten Mengen im Verhältnis zum Gesamtaufkommen festlegen. Prominente Beispiele sind die Vorgaben für einzelne Verpackungsmaterialien oder den Anteil der stofflich verwerteten Siedlungsabfälle. Unterschiedliche Definitionen und Systemgrenzen erschweren den Vergleich bzw. führen zu einer Überschätzung der tatsächlichen Recyclingeffekte.

Dies ist beispielsweise der Fall bei der Berechnung der sogenannten Recyclingquote für Siedlungsabfälle. Einen relevanten Einfluss hat hier der eigentliche Messpunkt. Bisher wurde der Input in eine Sortier- und Aufbereitungsanlage und damit der Punkt der „Zuführung" zu einem Aufbereitungsverfahren als Messpunkt für die Recyclingquote akzeptiert. Im Rahmen der Novellierung der Abfallrahmenrichtlinie[42] wurde dieser Messpunkt so angepasst, dass lediglich die Abfälle, die tatsächlich einem Recyclingverfahren zugeführt werden, zur Berechnung berücksichtigt werden. Nicht mehr berücksichtigt werden dagegen Störstoffe, die im Rahmen einer Vorbehandlung aussortiert werden, oder Materialien, die von der Recyclinganlage abgelehnt werden. Neben der definitorischen Abgrenzung der Systemgrenzen und der Festlegung von geeigneten Messpunkten zählt die aktuelle Verfügbarkeit statistischer Datengrundlagen zu den großen Herausforderungen, um entsprechende Indikatoren auch nutzen zu können.

Der Indikator „Recyclingquote" ist für den tatsächlichen Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen aufgrund der Systemgrenzen noch nicht ausreichend. Hier gehen die Diskussionen weiter.

Die Ressourcenkommission am Umweltbundesamt hat hierzu beispielsweise schon im Jahr 2019 die Einführung einer sogenannten „Substitutionsquote" vorgeschlagen.[43] Diese gibt das Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf den insgesamt genutzten Materialaufwand (Primärrohstoffe und Sekundärrohstoffe) an. Mittlerweile wird auch die EU-Kommission im Rahmen der EU-Verpackungsverordnung PPWR (Packaging & Packaging Waste Regulation) verbindliche Rezyklateinsatzquoten zwischen 10 und 35 % für alle Kunststoffverpackungen ab dem Jahr 2030 vorsehen.
Der Ansatz von Substituions- bzw. Wiedereinsatzquoten birgt einige Herausforderungen, wie die Bereitstellung von ausreichend nachhaltigen Material oder die Vermeidung von unerwünschten Stoffstromverschiebungen.

42 https://eur-lex.eu- ropa.eu/legal-content/ DE/TXT/PDF/?uri=CE- LEX:32019D1004&from=EN. zuletzt geprüft am: 04.04.2023.

43 Position der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU), Substitutionsquote - Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft!, Juli 2019,

„Der Indikator Substitutionsquote sollte …

- … die Material- bzw. Rohstoffmenge messen, die als Sekundärmaterial bzw. Sekundärrohstoff in die Produktion oder die Verarbeitung rückgeführt wird und dort Primärrohstoffe ersetzt.
- … auf Ebene der einzelnen Materialien/Elemente ausgewiesen werden, kurzfristig auf nationaler Ebene, langfristig auf produkt(gruppen)spezifischer Ebene.
- … die Qualität des Recyclings berücksichtigen, so dass eine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Primärmaterial mit welcher Funktion ersetzt wird.“ [44]

Die Substitutionsquote berücksichtigt integrativ auch das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum. In Bezug auf Produkte, Werkstoffe oder Elemente sowie die nationalen und internationalen Systemgrenzen sind auch hier noch weitere methodische Fragen zu beantworten. Im Papier der Ressourcenkommission wird die aktuelle Substitutionsquote für Deutschland auf durchschnittlich 15 % über alle Stoffströme z. B. von Aluminium, über mineralische Bau- und Abbruchabfälle bis Zink, geschätzt und ist zwangsläufig noch sehr niedrig, misst den Recyclingerfolg aber absolut und damit ehrlich und zukunftsorientiert.[45]

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch die Europäische Kommission mit dem im Rahmen des Aktionsplanes für die Kreislaufwirtschaft veröffentlichten Monitoringsystems, welches die Fortschritte in Richtung Circular Economy auch quantitativ sichtbar machen soll. Das Monitoringsystem zur Circular Economy definiert die „Verwendungsrate von recyceltem Altmaterial“ (EOL-RIR) als einen Indikator. Dieser misst den in der Produktion eingesetzten Anteil an Sekundärrohstoffen. Allerdings sind typische Kreislaufmaterialien der Industrie, wie beispielsweise Schrotte, die innerhalb der Produktion anfallen und als „Neuschrott“ unmittelbar wieder in den Kreislauf geführt werden, hier nicht berücksichtigt.

Mit dem Indikator „Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe“ (CMU) soll demgegenüber der Anteil des zurückgewonnenen und wieder in die Wirtschaft eingespeisten Materials angezeigt werden. Eine höhere Nutzungsrate belegt somit, dass mehr Sekundärmaterialien Primärmaterialien ersetzen. Im Jahr 2021 betrug die CMU für Deutschland 12,7 % und lag damit knapp über dem EU-Durschnitt von 11,7 %. Deutschland liegt also im Mittelfeld der EU-Mitgliedstaaten. Spitzenreiter sind die Niederlande mit einer CMU von 33,8 %.[46]

Bei allen Diskussionen um Quoten und deren Berechnungsmethodik als Grundlage für eine belastbare Fortschrittskontrolle und Vergleichbarkeit dürfen weitere Erfolgsfaktoren nicht außer Acht gelassen werden. So ist sicherzustellen, dass für die steigende Menge an Wertstoffen und Rezyklaten auch ein gleichermaßen wachsender Absatzmarkt geschaffen und eine Überproduktion vermieden wird. Die dafür notwendige Qualität der Wertstoffe und Rezyklate muss dabei Vorrang vor der reinen Quantität der Ergebnisse haben. Das erfordert auch neue Investitionen in die Entwicklung von recyclingfähigen, langlebigen, schadstofffreien Produkten und hochwertigen Recyclingverfahren sowie den Ausbau des Recyclings in den Mitgliedstaaten.

Die Circular Economy ist keine reine Strategie des Verzichtes oder der Einschränkung, sondern liefert das gemeinsame Verständnis und die Orientierung für vielfältige Entwicklungen, die derzeit vielerorts stattfinden: Verbraucherinnen und Verbraucher, Designer, Industrie, Dienstleister, Handel, Entsorger, Start-ups und eine Vielzahl von weiteren Akteuren sind aktuell dabei, den Ansprüchen an eine nachhaltigere Lebensweise mit passenden Produkten und Dienstleistungen zu entsprechen. Eine zunehmende Sensibilisierung für die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen unserer Konsumgewohnheiten führt zu einer positiven Dynamik und hin zu einer Circular Economy, die auch einen wichtigen Einfluss auf die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft ausüben wird.

(44) Position der Ressourcenkommission am Umweltbundesamt (KRU), Substitutionsquote - Ein realistischer Erfolgsmaßstab für die Kreislaufwirtschaft!, Juli 2019,

(45) https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-res- sourcen/ressourcenkommission-am-umweltbundesamt-kru. zuletzt geprüft am 04.04.2023

(46) Eurostat, Circular material use rate https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_srm030. zuletzt geprüft am 04.04.2023.

Gepresste Karossen, Quelle: bvse

Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Rohstoffversorgung

In den letzten Jahren ist das Thema der Rohstoffversorgung verstärkt in die öffentliche Diskussion gerückt. Die Nachfrageverschiebungen während und nach der Corona-Pandemie, sowie der Ukraine-Krieg haben nicht nur die starke Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten aufgezeigt, sondern auch, dass eine starke (einseitige) Importabhängigkeit für die Versorgung von verschiedenen Rohstoffen als kritisch zu betrachten ist. Das Bewusstsein für die Risiken, die mit strukturellen Lieferabhängigkeiten einhergehen, wurde deutlich geschärft. Deutschland sollte deshalb die Abhängigkeiten bei der Rohstoffversorgung langfristig reduzieren. Die Kreislaufwirtschaft leistet dabei durch die stoffliche Verwertung und Kreislaufführung einen Beitrag zur Reduzierung von diesen Abhängigkeiten.

4.3.1 Rohstoffbedarf im Überblick

Eine gesicherte Rohstoffversorgung ist ein zentrales Kriterium für die verlässliche Produktion von Unternehmen und damit zentral für die deutsche Wertschöpfung und den Wohlstand unserer Gesellschaft. Die Kreislaufwirtschaft kann dabei aus mehreren Aspekten einen Beitrag leisten. Ein zentraler Punkt ist die Verringerung von (Import-)Abhängigkeit. Deutschlands eigener Abbau von Primärrohstoffen ist zwar bei den Steine- und Erdenrohstoffen größtenteils durch heimische Lagerstätten abgedeckt, jedoch gibt es bei Metallen, einzelnen Industriemineralen, sowie den Energierohstoffen mit Ausnahme der Braunkohle eine sehr große Importabhängigkeit.[47] In Deutschland findet insbesondere so gut wie kein primärer Abbau von Metallen mehr statt, sodass die deutsche Importabhängigkeit für Metallerze und -konzentrate bei annähernd 100 % liegt.

Die Kreislaufwirtschaft verringert diese Abhängigkeit, da durch das Recycling Sekundärrohstoffe auf nationaler Ebene zur Verfügung stehen und dadurch weniger Primärrohstoffe importiert werden müssen. Jegliche Fortschritte der Kreislaufwirtschaft, wie beispielsweise die Steigerung der Recyclingquoten führt somit dazu, dass der Verbrauch an Primärrohstoffen weiter gesenkt werden kann. Die Verwendung von Rezyklaten als Ersatz von Primärrohstoffen führt auch zu geringeren Umweltauswirkungen, da Abbauflächen sowie Deponieflächen reduziert werden und die Erzeugung von Rezyklaten weniger energie- und CO_2e-intensiv ist.

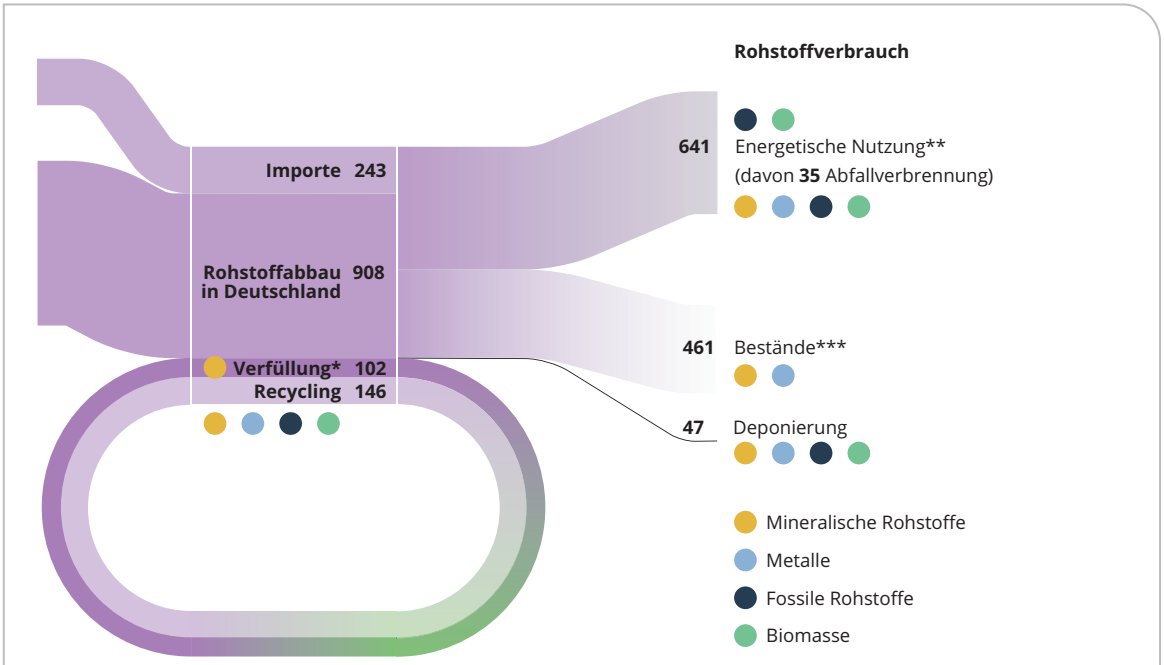
Insgesamt wurden in Deutschland im Jahr 2019 circa 908 Millionen Tonnen Rohstoffe abgebaut. Der Import von Rohstoffen betrug 680 Millionen Tonnen im Jahr 2019. Die Exporte betrugen hingegen nur 437 Millionen Tonnen, so dass Deutschland einen klaren Importüberschuss von 243 Millionen Tonnen an Rohstoffen aufweist. Die Kreislaufwirtschaft könnte dazu beitragen, diesen Importüberschuss zu verringern. Eine reine Betrachtung der Im- und Exportmengen greift jedoch zu kurz, weil viele Zwischenprodukte in Deutschland zu Endprodukten weiterverarbeitet werden und sich daraus eine indirekte Rohstoffabhängigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette ergibt. Das bedeutet, dass auch die Vorketten der Im- und Exporte mitbetrachtet werden sollten. Unter Beachtung dieser Vorketten importiert Deutschland Güter im Umfang von rund 1,8 Mrd. Tonnen Rohstoffäquivalenten und exportiert rund 1,4 Mrd. Tonnen Rohstoffäquivalente.[48] Auch hier ergibt sich wieder ein Importüberschuss.

Bei der Betrachtung der direkten Rohstoffflüsse bilden hingegen der Rohstoffabbau und die Nettoimporte den Ausgangspunkt. Durch beide zusammen standen 2019 insgesamt 1.151 Millionen Tonnen an Rohstoffen in Deutschland zur Verfügung. 641 Millionen Tonnen an fossilen Brennstoffen sowie Biomasse wurden dabei 2019 für die energetische Nutzung verwendet. Der Rohstoffbestand, der in Gebäuden, Infrastrukturen und langlebigen Gütern im sogenannten „anthropogenen Lager" gebunden ist, umfasst mineralische Rohstoffe, sowie Metalle und betrug im Jahr 2019 insgesamt 461 Millionen

47 BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2022): Deutschland – Rohstoffsituation 2021 .

48 Dittrich, Monika; Limberger, S; Ewers, B.; Stalf, M.; Knappe, F., Vogt; R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland. im Auftrag des NABU.

Direkte Rohstoffflüsse durch die deutsche Wirtschaft nach Rohstoffgruppen 2019 (in Mio. Tonnen)



* Mineralische Abfälle /z.B. Bauschutt) werden u.a. zur Verfüllung von Gruben und Tagebauten eingesetzt. Ein Teil wird außerm deponiert.
** Rohstoffe werden beim Bau von Häusern, Straßen etc. eingesetzt und fallen erst in Jahren oder Jahrzehnten als Abfall an.
*** Energetische Nutzung umfasst Energiegewinnung (Kohle, Erdöl, etc.) sowie Nutzung von Pflanzen und Tierfutter für Lebensmittel und die Abfallverbrennung (nochmal gesondert ausgewiesen).

Abb. 83, Quelle: NABU Bundesverband 2021; Umweltbundesamt: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022, Dezember 2022, © Prognos AG 2023

Tonnen. Bei der Abfallverwertung wurden im selben Jahr 47 Millionen Tonnen an mineralischen Abfällen der Deponierung zugeführt und 102 Millionen Tonnen für die Verfüllung genutzt. Außerdem wurden 35 Millionen Tonnen der Abfälle verbrannt. Durch das Recycling wurden weiterhin 146 Millionen Tonnen an Rohstoffen verwertet, die der Volkswirtschaft wieder als Sekundärrohstoffe zur Verfügung stehen.[49]

Zusätzlich zu dieser allgemeinen Betrachtung der direkten Rohstoffflüsse in Deutschland ist es einführend wichtig, die Rohstoffnutzung in Deutschland detaillierter zu betrachten. Statistisch gesehen gibt es mehrere relevante Größen, die die Rohstoffnutzung von Deutschland beschreiben. Der Rohstoffverbrauch (DMI = engl.: direct material input) ist dabei ein zentraler Indikator für die Rohstoffnutzung. Der DMI wird gesondert nach abiotischen und biotischen Rohstoffverbrauch für Deutschland erfasst. Wichtig zur Einordnung ist, dass der DMI die Entnahme und Verwertung von Primärmaterial für ökonomische Aktivitäten wie Produktion und Konsum misst. Somit wird nur der primäre Rohstoffverbrauch betrachtet und die Verwendung von Sekundärmaterialien findet keine direkte Berücksichtigung. Indirekt führt eine stärkere Verwendung von Sekundärrohstoffen natürlich dazu, dass weniger Primärrohstoffe verwendet werden.

49 Umweltbundesamt: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022, Dezember 2022.

50 Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (2022).

Entwicklung des abiotischen und biotischen Rohstoffverbrauchs (DMI) in Deutschland (gegenüber 2000 =100)

Abb. 84, Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, © Prognos AG 2023

Biotische Rohstoffe sind pflanzlichen oder tierischen Ursprungs und umfassen beispielsweise Nahrungs- und Futtermittel. ***Abiotische Rohstoffe*** umfassen Metallerze, nicht metallische Mineralien und fossile Rohstoffe. Metalle umfassen dabei die Basismetalle, wie Eisen oder Kupfer, sowie Technologie- und Edelmetalle. Den mineralischen Rohstoffen können beispielsweise die vor allem in der Bauindustrie eingesetzten Massenrohstoffe Kies, Sand und Schotter zugeordnet werden, aber auch verschiedene Salze sowie Industriemineralien. Fossile Rohstoffe sind hingegen klassischerweise Erdöl, Erdgas, Kohle und Torf. Aus Sicht der Kreislaufwirtschaft sind die beiden abiotischen Kategorien Metalle und mineralische Rohstoffe relevant, da fossile Rohstoffe in der Regel bei der Nutzung verbrannt werden und somit nicht recycelt werden können. Bei den ***biotischen Rohstoffen*** können hingegen Produkte aus Holz oder Pflanzenfasern zum Teil im Kreislauf geführt werden, wie beispielsweise Pappe oder Papier. Der ***abiotische Rohstoffverbrauch*** hat trotzdem insgesamt eine größere Bedeutung und ist auch mengenmäßig deutlich relevanter. So betrug der abiotische Materialverbrauch im Jahr 2020 insgesamt 1,23 Mrd. Tonnen, während der biotische Materialverbrauch nur 350 Mio. Tonnen umfasste.[50]

Abbildung 84 zeigt, wie sich der abiotische und biotische Materialverbrauch innerhalb der 20 Jahre von 2001 bis 2020 entwickelt hat. Dabei wird deutlich, dass der Verbrauch von ***abiotischen Rohstoffen*** seit 2000 leicht abgenommen hat. In Jahr 2020 liegt der Verbrauch bei 88 % des Referenzwertes von 2001. Für ***biotische Rohstoffe*** zeigt sich hingegen eine deutliche Zunahme des Verbrauches um 18 % im gleichen Zeitraum mit einem Höchstwert von 124 % des Referenzwertes im Jahr 2014.

Gleichzeitig ist der Materialverbrauch im Verhältnis zum volkswirtschaftlichen Output in diesem Zeitraum stark gestiegen. Dies wird durch die Rohstoffproduktivität gemessen, was konkret beschreibt, wie viel Bruttowertschöpfung mit Hilfe der Rohstoffe geleistet wird. Im Vergleich zum Basisjahr ist die abiotische Rohstoffproduktivität um knapp 30 % angestiegen. Gleichzeitig werden bei steigenden realen Bruttoinlandsprodukt von Jahr zu Jahr jedoch auch mehr Güter und Produkte produziert, was den Materialverbrauch erhöht. Auch in Zukunft ist zu erwarten, dass es zwar weitere Effizienzgewinne bei der Rohstoffnutzung geben wird, diese allerdings durch weiteres Wirtschaftswachstum ausgeglichen werden. Somit kann die Kreislaufwirtschaft einen entscheidenden Beitrag dazu leisten, den Primärmaterialverbrauch zu senken, indem mehr Sekundärrohstoffe für die Produktion verwendet werden und somit Primärmaterial ersetzt.

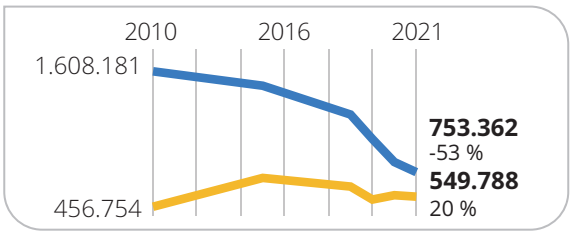
4.3.2 Im- und Exporte wichtiger Rohstoffe

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

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

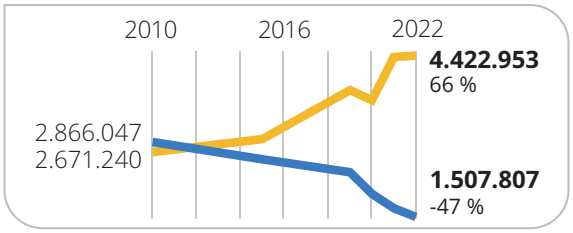
Für die einzelnen Fraktionen resultiert aus der Handelsbilanz des Jahres 2022 die folgende Situation:*

Altkunststoffe (in Tonnen)



Seit dem Jahr 2010 ist die Importmenge um 20 % angestiegen, während die Exportmenge deutlich gesunken ist (-53 %). Der Exportüberschuss ist seit dem Jahr 2010 allerdings um über 80 % gesunken. Von den hunderten Kunststoffsorten muss jede anders aufbereitet werden. Hierzu gibt es weltweit unterschiedliche Spezialisierungen. Da in Deutschland zudem das Aufkommen an sortenreinen Kunststoffabfällen begrenzt ist, werden entsprechende Mengen zunehmend importiert. Die Aufbereitung von Mischkunststoffen rückt verstärkt in den Vordergrund. Deutschland zählt hierbei europaweit zu den Vorreitern. In Abhängigkeit von den unterschiedlichen Arten und Qualitäten werden diese sowohl im- als auch exportiert.

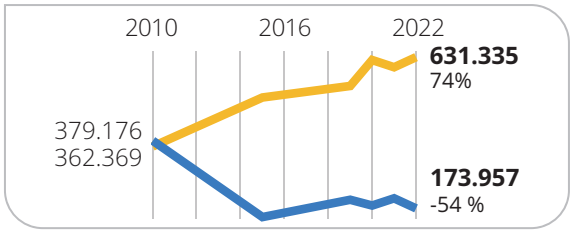
Papier, Pappe, Kartonagen (in Tonnen)



Die Importmengen an PPK sind seit 2010 um 66 % gestiegen, die Exporte hingegen sind um 47 % gesunken. Der stark gewachsene Importüberschuss von rund 2,9 Mio. Tonnen zeigt einen zunehmenden Bedarf an Altpapier, der in Deutschland durch die getrennte Erfassung offensichtlich nicht gedeckt werden kann. Die Altpapiereinsatzquote hängt in bedeutendem Umfang von den zu produzierenden Papier- und Pappesorten ab. Während bei der Produktion von Wellpappenpapieren ein hundertprozentiger Altpapiereinsatz möglich ist, sind die Möglichkeiten beim Einsatz für grafische und technische Papiere begrenzt. Die Anforderungen an die Qualität für die Produktion von Neuware beeinflusst auch die Handelsströme mit Altpapier. In der europäischen Standartsortenliste gibt es rund 70 verschiedene Qualitäten von Altpapier. Bei den rückläufigen Exporten zeigen insbesondere die seit 2017 bestehenden Importbeschränkungen durch China ihre Wirkung.

* Die im folgenden dargestellten Daten basieren auf Auswertungen der Prognos auf Basis der öffentlich verfügbaren Daten der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes.

Altglas (in Tonnen)



Auch beim Glas zeigen die Entwicklungen der letzten Jahre einen deutlichen Rohstoffbedarf: Die Importmenge ist um 74 % gestiegen, während die Exportmenge um 54 % gefallen ist. Der Importüberschuss liegt im Jahr 2022 bei rund 457.000 Tonnen. Ursächlich hierfür ist u. a. auch der Rückgang an eingesetzten Glasverpackungen (u. a. durch Optimierung der Materialstärke und Substitution mit anderen Verpackungsmaterialien) insgesamt sowie der zunehmende Einsatz von Mehrwegverpackungen.

Entwicklung der Handelsbilanz unterschiedlicher Fraktionen von 2010 bis 2022 (in Tonnen)

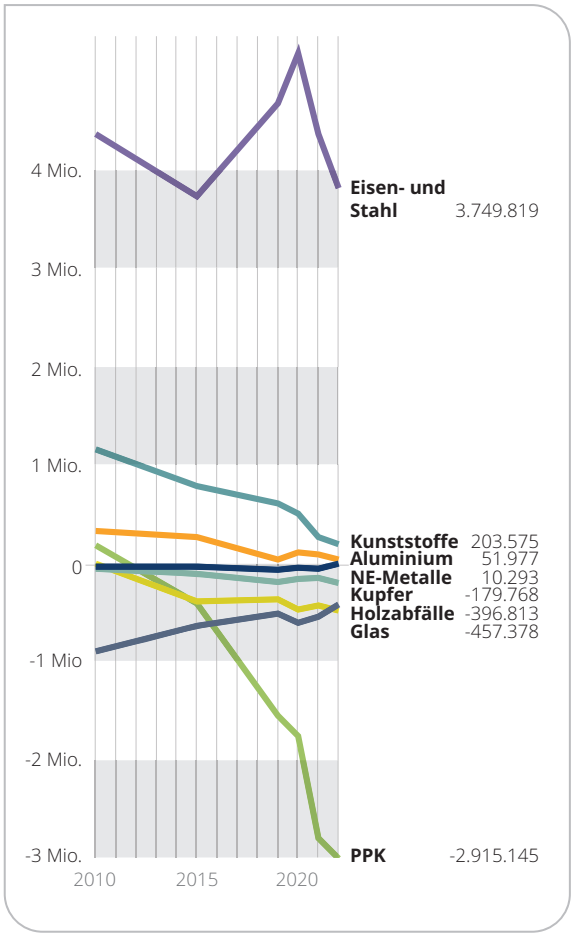
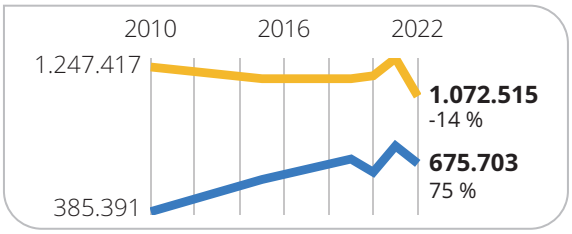


Abb. 85, Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder, © Prognos AG 2023

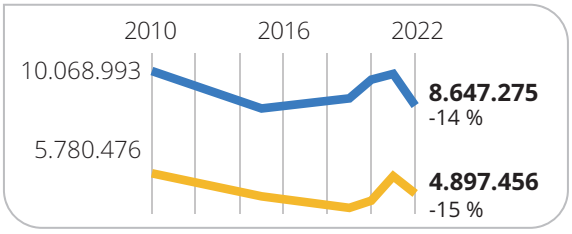
Altholz, Quelle: LOBBE

Holzabfälle (in Tonnen)



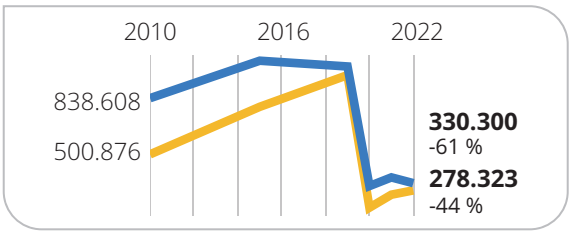
Die jährlichen Importmengen an nicht notifizierungspflichtigen Holzabfällen sind seit dem Jahr 2010 gesunken (-14 %), während sich die Exportmenge in diesem Zeitraum um mehr als 75 % erhöht hat. Gleichwohl verbleibt ein Importüberschuss bzw. Bedarf von rund 0,4 Mio. Tonnen, der derzeit nicht durch heimisches Aufkommen gedeckt werden kann. Nicht notifizierungspflichtige Holzabfälle beziehen sich insbesondere auf Sägenebenprodukte wie Sägespäne und sonstiges reines Holzmaterial ohne Kontaminationen oder Beschichtungen. Die stofflichen Verwertungsmöglichkeiten sind vielseitig. So finden Sägespäne beispielsweise bei der Herstellung von Holzwerkstoffplatten und Zellstoff aber auch in der Tierhaltung Verwendung. Der zunehmende Bedarf an Holzabfällen besteht insbesondere für die Bauindustrie, sei es für Wärmedämmplatten, Holzspan-Mantelbeton oder Spanplatten.

Eisen- und Stahlschrotte (in Tonnen)



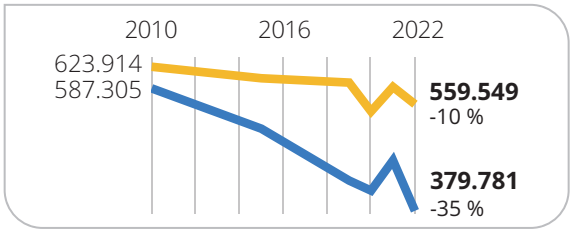
Die Importmengen sind seit dem Jahr 2010 um 15 % auf rund 4,9 Mio. Tonnen im Jahr 2022 zurückgegangen. Für die Exporte fällt der prozentuale Rückgang mit -14 % auf rund 8,65 Mio. Tonnen ähnlich groß aus. Die Schrottsammelmenge übersteigt die Nachfrage und führt zu einem Exportüberschuss von rund 4,65 Mio. Tonnen. Die bisherige Schrotteinsatzquote bei der Stahlherstellung liegt bei gut 45 %. Mit einer Steigerung der Einsatzquote ist aufgrund der Klimaziele der Stahlindustrie in den kommenden Jahren zu rechnen. Die Weichen für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie sind bereits gestellt und immer mehr Projekte zur Umstellung der Produktion von der BOF-Route zur EAF Route werden realisiert. Der Einsatz von 1 Tonne Stahlschrott bei der Rohstahlproduktion spart CO_2-Emissionen in Höhe von 1,67 Tonnen. Zudem werden durch den Einsatz von recyceltem Stahl endliche Primärrohstoffe wie Eisenerz und Kohle geschont und damit Klima- und Umweltkosten gespart.

Rückgewinnung von Aluminium (in Tonnen)



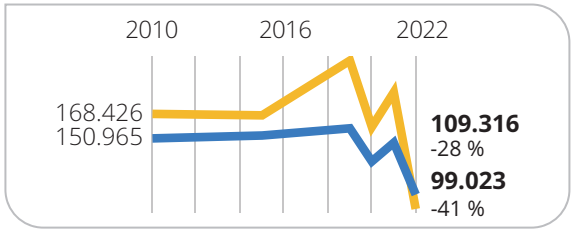
Beim Sekundäraluminium ist seit dem Jahr 2010 der Exportüberschuss um 85 % auf 52.000 Tonnen zurückgegangen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Im- und Exportmengen um 44 % bzw. 61 % gesunken sind. Im Trend zeigt sich, dass der Bedarf an Sekundär-Aluminium in Deutschland weiter zunimmt. Auch Aluminiumschrotte haben eine große Bandbreite in der Materialzusammensetzung, die ihre Aufbereitungs- und Wiedereinsatzmöglichkeiten beeinflussen. Dies ist insbesondere auf die unterschiedlichen Legierungsbestandteile und die große Produktvielfalt zurückzuführen.

Rückgewinnung von Kupfer (in Tonnen)



Während im Jahr 2010 die Importe und Exporte von recyceltem Kupfer noch annähernd gleich waren, haben sich seitdem die Exporte um 35 % verringert, während die Importmengen nur weniger stark zurückgegangen sind (-10 %). Der Importüberschuss von rund 0,18 Mio. Tonnen im Jahr 2022 zeigt in der Entwicklung den zunehmenden Bedarf an recyceltem Kupfer in Deutschland.

Rückgewinnung von sonstigen NE-Metallen (in Tonnen)



Die Importe bei Abfällen und Schrotten von sonstigen NE-Metallen sind seit dem Jahr 2010 um 41 % auf 99.000 Tonnen gefallen, während die Exporte in diesem Zeitraum um 28 % auf rund 109.000 Tonnen gesunken sind. Die Handelsbilanz der Sekundär-NE-Metalle ist somit fast ausgeglichen, sodass nur ein leichter Exportüberschuss von ca. 10.000 Tonnen besteht.

4.3.3 Recyclingpotenziale

Recycling spielt eine wichtige Rolle, um die Importabhängigkeit Deutschlands zu verringern. Insbesondere bei den Metallen besteht mit einem Importanteil von 99,9 % eine komplette Abhängigkeit von Importen bei den Primärrohstoffen. Bei den nicht-metallischen Mineralien ist der Importanteil mit 32 % deutlich moderater. Dies liegt insbesondere daran, dass es bei der Rohstoffgruppe Sand, Kies und Schotter eine große Primärrohstoffproduktion in Deutschland gibt, wodurch mit 84 % ein Großteil des Rohstoffeinsatzes gedeckt wird. Auch bei Ton und Kaolin ist die inländische Primärproduktion mit einem Anteil von 61 % größer als die Importmenge.

Auch wenn eine Reduzierung der Importabhängigkeit bei den nicht-metallischen Mineralien nicht die höchste Bedeutung hat, bringt ein realisieren der möglichen Recyclingpotenziale trotzdem große Vorteile mit sich. So werden durch mehr Recycling mehr Primärrohstoffe substituiert, wodurch der mit hohen Umweltbelastungen verbundene Abbau und die energieintensive Erzeugung von Primärrohstoffen reduziert wird. Die Importquote bei der Biomasse beträgt 47 % und ist vor allem durch die hohe Importquote an Rohstoffen für die Landwirtschaft begründet (56 %). Theoretische Recyclingpotenziale bestehen u. a. beim Recycling von Metallen und den mineralischen Abfällen. Auf diese wird im Folgenden eingegangen.

Eisen- und Nichteisenmetalle

Recyclingquoten sind wichtige Indikatoren, um den Stand des Recyclings u. a. von Metallen einschätzen zu können. Deshalb wird im Folgenden die Wiedereinsatzquote und End-of-Life recycling rate (EOL-RR) von den fünf Metallen Aluminium, Blei, Eisen, sowie Kobalt und Kupfer betrachtet. Die Wiedereinsatzquote beschreibt dabei, welchen Anteil die Recyclingrohstoffe an der Gesamtrohstoffproduktion des jeweiligen Metalls ausmachen, wohingegen die EOL-Recyclingrate beschreibt, welcher Anteil, von dem am Ende ihres Lebenszyklus für das Recycling zur Verfügung stehenden Metalle auch gleichzeitig dem Recycling zugeführt wird.

Metallrecycling Messing, Quelle:TSR Recycling

Wichtig ist, dass die EOL-Recyclingrate rechnerisch auf 100 % ansteigen kann, wenn alle Metalle dem Recycling zugeführt werden, was allerdings angesichts der auftretenden Verluste unrealistisch ist. Die Wiedereinsatzquote hingegen wird wahrscheinlich auch bei einer 100-prozentigen Kreislaufführung von verwendeten Metallen deutlich unter 100 % liegen, da eine wachsende Volkswirtschaft jährlich mehr Metalle für die neue Produktion von Gütern benötigt, als an Sekundärmetallen aus alten Gütern gewonnen werden kann.

Bei Aluminium beträgt die Wiedereinsatzquote bzw. der Anteil von Recyclingaluminium an der Raffinadeproduktion 58 %. Dies entspricht 472.800 Tonnen Raffinade, die 2022 aus Recyclingaluminium hergestellt wurden. Die End-of-Life recycling rate (EOL-RR) liegt bei Aluminium für Europa bei 69 %[51], wobei keine für Deutschland spezifischen Angaben vorliegen. Einige produktbezogene Recyclingraten sind allerdings deutlich höher. So liegt die EOL-RR bei circa 90 % im Automobil- und Baubereich, sowie 95 % im Verpackungsbereich und sogar 99 % für Getränkedosen.[52]

Eisen und Stahl stellt mit einer jährlichen Produktion von knapp 40 Millionen Tonnen in Deutschland die wohl wichtigste Metallfraktion dar. Stahl wird dabei vor allem in deutschen Leitbranchen der Automobil- und Maschinenbauindustrie eingesetzt. Der Anteil der Recyclingstoffe in der Rohstahlproduktion beziffert sich gemäß aktueller Zahlen auf knapp 46 %[53]. Die EOL-RR ist für Deutschland nicht erfasst, jedoch wird davon ausgegangen, dass diese Quote nicht unterhalb der europäischen EOL-RR von 75 %[54] liegt. Die produktbezogenen Recyclingraten von Edelstahlprodukten und legierten Stahlschrott liegen dabei bei über 90 %[55], wobei sich beim Recycling von Standartedelstählen mit EOL-RR zwischen 70 bis 80 %[56] noch mehr Verbesserungspotenzial bietet.

Anteil der Importe am Rohstoffeinsatz (RMI) Deutschlands nach Rohstoffgruppen (2019)

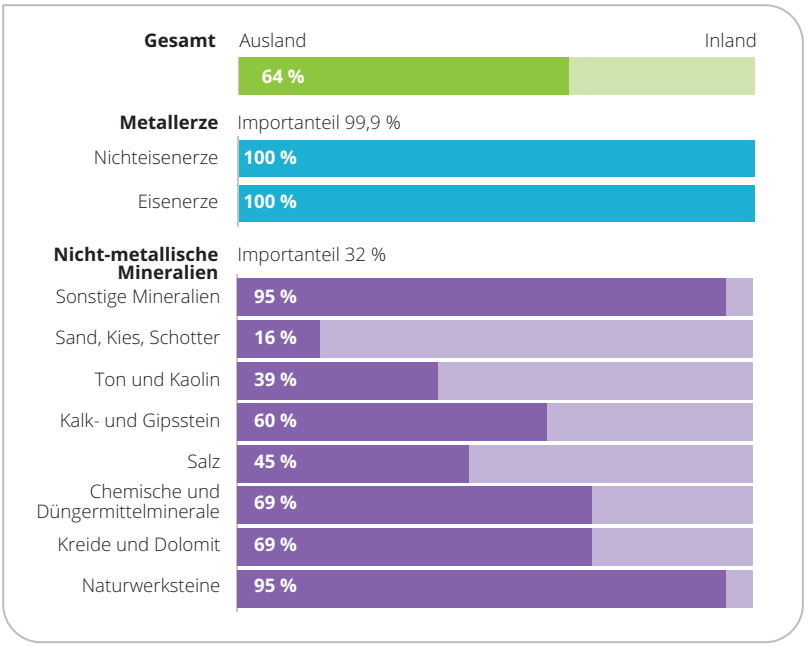


Abb. 86, Quellen: Umweltbundesamt: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022, Dezember 2022

51 EuRIC European Recycling Industries' Confederation (2020): Metal Recycling Factsheet; Brüssel.

52 ebd.

53 BDSV – Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Ent- sorgungsunternehmen e. V. (2023); Stahlschrottbilanz 2022

54 Passarini, F.; Ciacci, L.; Nuss, P. and Manfredi, S. (2018): Material flow analysis of alumini-um, copper, and iron in the EU-28, EUR 29220 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, zuletzt geprüft am 18.12.2023.

55 EuRIC European Recycling Industries' Confederation (2020): Metal Recycling Factsheet; Brüssel;

56 Hiebel, M.; Nühlen, J. (2016): Technische, ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren von Stahlschrott (Zukunft Stahlschrott), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Onlinefassung der Kurzstudie im Auftrag der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e. V. (BDSV), Oberhausen, Nov. 2016

Metallrecycling Aluminiumspäne, Quelle: TSR Recycling

Das Recycling von Blei ist etabliert und in Deutschland werden Blei-Abfälle, insbesondere aus Blei-Säure-Batterien, umfangreich wiederaufbereitet. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe deutsche EOL-RR von 95 %.[57] Innerhalb der EU liegt die EOL-RR mit 75 %[58] im Verhältnis zu anderen Metallen auch auf hohem Niveau. Die hohen EOL-RR von Blei sind unter anderem auf die mit 97,3 %[59] sehr hohe Recyclingrate von Blei-Säuren-Batterien zurückzuführen, da 74 %[60] der verwendeten Bleimenge in eben dieser Speichertechnologie Einsatz finden. Die Wiedereinsatzquote von Blei ist sehr hoch und beträgt 85 %.[61]

Für Kobalt liegen derzeit kaum Daten zu Produktion und Recycling in Deutschland vor. Dem hohen steigenden Bedarf der Primärproduktion durch die Elektromobilität sollen in Deutschland auch stark steigende Recyclingraten durch flächendeckendes Recycling von Lithium-Ionen-Batterien begegnet werden. Auch durch eine Fokussierung des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien ist kurz bis mittelfristig mit einer Hebung von weiteren Recyclingpotenzialen zu rechnen. Aktuell sind sowohl die Wiedereinsatzquote mit 22 %, sowie auch die EOL-RR mit 32 % für Gesamteuropa noch relativ gering, so dass noch ein hohes Recyclingpotenzial besteht. Allerdings muss einschränkend angemerkt werden, dass die Werte auf Daten von 2016 beruhen.[62]

Wiedereinsatzquote und End-of-Life Recyclingrate ausgewählter Metalle

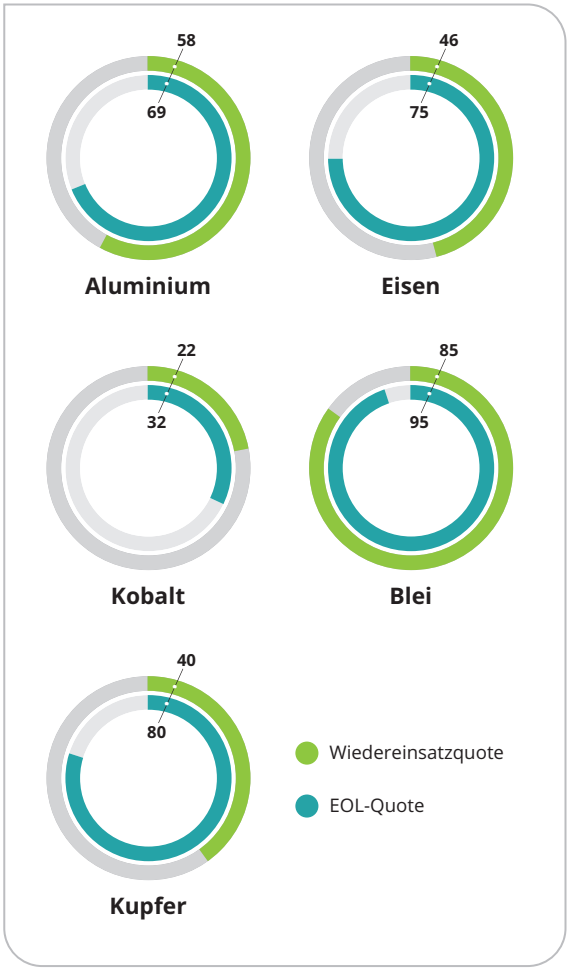


Abb. 87, eigene Grafik basierend auf Quelle: DERA – Deutsche Rohstoffagentur in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Status Quo des Recyclings bei der Metallerzeugung und -verarbeitung in Deutschland, Berlin

57 VDM – Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e. V. (2022): Themenheft Nickel, Berlin.

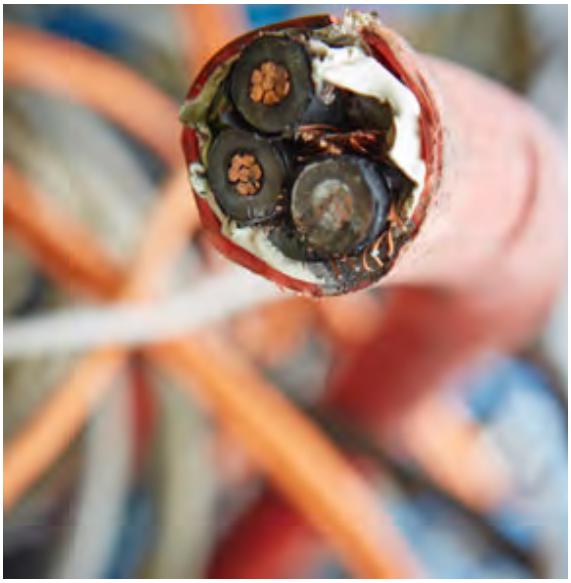
58 RMIS – Europäische Union (Hrsg.) (2020): Raw Materials Profiles.

59 CEA – European Automobile Manufacturers Association (2020): An Analysis of EU Collection and Recycling of Lead-based Automotive Batteries During the Period 2015–2017.

60 WVM – Wirtschaftsvereinigung Metalle (2021): Der Geschäftsbericht der Nichteisen-Metallindustrie 20.21.

61 BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover. [Stand: 11.07.2023].

62 Matos C. T.; Ciacci, L.; Godoy León, M. F.; Lundhaug, M.; Dewulf, J.; Müller, D. B.; Georgitzikis, K.; Wittmer, D.; Mathieux, F., (2020) Material System Analysis of five battery-related raw materials: Cobalt,Lithium, Manganese, Natural Graphite, Nickel, EUR 30103 EN, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2020.



Kabelrecycling, Quelle: TSR Recycling

Das Recycling ist besonders für Deutschland als viertgrößtem Primärkupfer-Importeur eine wichtige Möglichkeit zur Beschaffung von Kupfer. Auch aufgrund der ausgeprägten wirtschaftlichen Aktivität Deutschlands im Kupferrecycling ist die Datenverfügbarkeit hinsichtlich diverser Recyclingquoten für Kupfer gut. Der Anteil von recyceltem Kupfer in der Produktion beträgt in Deutschland 40 %.[63] Darüber hinaus wird eine EOL-RR von 80 %[64] erzielt, welche den europäischen Wert um zehn Prozentpunkte[65] übersteigt. Die produktbezogenen EOL-RR liegen für Kupfer im Verpackungsbereich national bei 95 %[66] und im europäischen Infrastrukturbereich bei 90 %.[67] Bei Elektro- und Elektronik-Altgeräten liegt die EOL-RR für Kupfer hingegen aktuell nur bei 50%[68], wobei vor allem bei der Erfassung und Sammlung noch ein Hebel für die Hebung weiterer Recyclingpotenziale liegt.

63 BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover. [Stand: 11.07.2023].

64 DKI – Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e. V. (2022): Mitglieder; [Stand: 11.07.2023].

65 EuRIC European Recycling Industries' Confederation (2020): Metal Recycling Factsheet; Brüssel; zuletzt geprüft am 18.12.2023.

66 BDE Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft (2020), Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020; 20.12.2023.

67 EuRIC European Recycling Industries' Confederation (2020): Metal Recycling Factsheet; Brüssel; zuletzt geprüft am 18.12.2023.

68 ebd.

Der Einsatz von Schrott in der Stahlproduktion ist nicht nur ökonomisch effizient, sondern auch ein bedeutender Schritt in Richtung Nachhaltigkeit, da er die Reduzierung von Primärrohstoffen fördert und somit zu einer ressourcenschonenden Stahlherstellung beiträgt.

ChatGTP

Einsatz von Schrott in der Stahlproduktion

Die Eisen- und Stahlindustrie spielt in Deutschland sowohl wirtschaftlich als auch mengenmäßig mit einer Rohstahlproduktion von durchschnittlich 41 Millionen Tonnen über die letzten 10 Jahre eine zentrale Rolle. Diese Produktionsmenge wird in Prognosen verschiedener Studien (Agora Energiewende und Wuppertal Institut, 2019; Agora Energiewende 2021) konstant bei circa 40 Millionen Tonnen bis 2050 eingeschätzt. Die Verteilung über die verschiedenen Produktionsrouten ändert sich hingegen im Zuge einer Transformation der Stahlindustrie wesentlich. Aktuell dominieren zwei Verfahren mit dem Oxygenstahlverfahren mit einer Produktionsmenge von rund 28 Millionen Tonnen im Jahr 2021 und dem Elektrostahlverfahren mit 12 Millionen Tonnen im Jahr 2021. Beim Oxygenstahlverfahren wird dabei im Konverter Stahl aus einer Mischung aus Roheisen und einem etwa 10-prozentigen bis 28-prozentigen Schrottzuschlag erzeugt. Die Verwendung von hochwertigen Schrotten kann es dabei in naher Zukunft erlauben, sich an der oberen Grenze des Schrottzuschlages zu bewegen und somit Primärrohstoffe einzusparen. Beim Elektrostahlverfahren kann hingegen bis zu 100 % Stahlschrott eingesetzt werden. Perspektivisch von zunehmender Bedeutung ist das DRI-(Direct Reduced Iron)Verfahren. Dieses ermöglicht es, pelletförmige Eisenerze in einem Schachtofen direkt zu festen Eisen, sogenannten Eisenschwamm zu reduzieren. Der Eisenschwamm wird dann genau wie der Stahlschrott im Elektrostahlverfahren in einem Elektrolichtbogenofen zu Stahl verarbeitet.

Die Reduktion erfolgt beim DRI-Verfahren auf Basis von Erdgas oder Wasserstoff und ermöglicht es, signifikante CO_2e-Emissionen einzusparen. Der CO_2e -Fußabdruck von einer Tonne produzierten Stahl lässt sich so von circa 1,8 Tonnen CO_2e beim Oxygenstahlverfahren auf circa 0,7 Tonnen CO_2e beim DRI-Verfahren mittels Erdgas und bis auf 0,3 Tonnen beim DRI-Verfahren mittels grünen Wasserstoff reduzieren. Deshalb soll die Stahlproduktion mittels DRI-Verfahren kontinuierlich ausgebaut werden und im Idealfall bis 2040 das Oxygenstahlverfahren komplett ersetzen. Durch die Verwendung von pelletförmigen Eisenerzen bleibt die Nachfrage nach dem Primärrohstoff Eisenerz jedoch weiterhin hoch. Das schrottbasierte Elektrostahlverfahren kann perspektivisch eine leicht höhere Produktionsmenge erreichen und bis 2030 auf circa 16 Millionen Tonnen im Jahr steigen und somit die Primärproduktion ersetzen.

Der entscheidende limitierende Faktor für eine größere Stahlproduktion mittels Elektrostahlverfahren zumindest auf globaler Ebene ist jedoch die verfügbare Menge an Stahlschrott, welche zur Produktion verwendet werden kann. Auf rein deutscher Ebene zeigt ein Stahlschrottexportüberschuss von circa 4 Millionen Tonnen jährlich, dass eine gesteigerte Produktion mittels Elektrostahlverfahren bei Aufbau entsprechender Produktionsstätten möglich wäre.

Mineralische Abfälle

Die Versorgung mit mineralischen Rohstoffen erfolgt in Deutschland durch die Gewinnung aus heimischen Lagerstätten, Importen, sowie dem Einsatz von Sekundärrohstoffen aus der Verwertung und dem Recycling von Bauabfällen und aus industriellen Prozessen. Importe machen dabei nur einen sehr geringen Anteil aus und insbesondere mineralische Primärrohstoffe, die im Baubereich Anwendung finden, kommen fast ausschließlich aus eigenen Vorkommen. Die Gesamtförderung an mineralischen Primärrohstoffen betrug dabei im Jahr 2019 insgesamt 578 Millionen Tonnen. Ein Großteil, bzw. über 82 % dieser Menge entfällt davon auf die beiden Kategorien Sand und Kies mit 259 Millionen Tonnen im Jahr 2019 sowie Naturstein mit 211 Millionen Tonnen. Etwas über 10 % entfallen auf die Kategorie Kalkstein. Alle weiteren mineralischen Primärrohstoffe kommen auf insgesamt 41 Millionen Tonnen und machen zusammen nur circa 7 % aus.[69] In Abbildung 83 sind die Primär- und Sekundärrohstoffmengen der mineralischen Rohstoffe zusätzlich zu 2019 auch noch für die vergangenen Jahre 2005, 2010 und 2015 abgebildet. Dabei sind seit 2005 für die Primärrohstoffe insgesamt sowie die drei genannten Rohstoffgruppen nur geringfügige Steigerungen der verwendeten Mengen aufgetreten.

Wesentlich mehr Dynamik liegt potenziell in den Sekundärrohstoffmengen durch die Verwertung mineralischer Abfälle. So ist die Sekundärrohstoffmenge über den Zeitraum 2005 bis 2019 deutlich angestiegen, von 79 Millionen Tonnen im Jahr 2005 auf 100 Millionen Tonnen im Jahr 2019. Dies entspricht einem Anstieg von circa 26 %.

Baustoff aus Mineralik-Recycling, Quelle: Breer

Mineralische Primär- und Sekundärrohstoffmengen (in Tonnen)

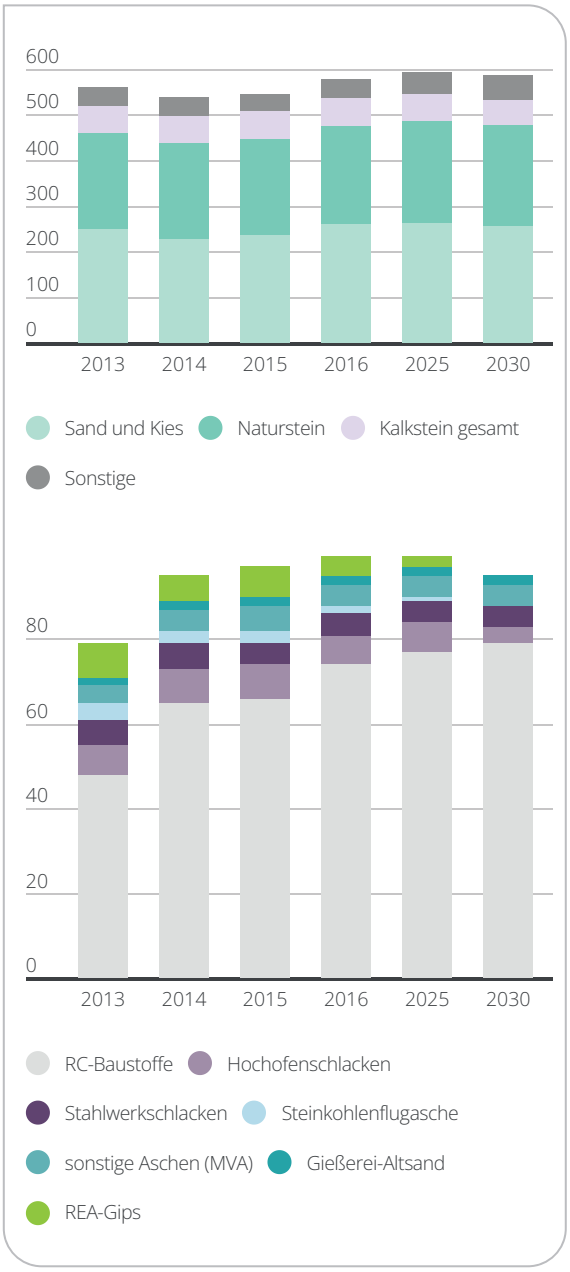


Abb. 88, Quelle: Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (BBS, 2022): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2040 in Deutschland, bbs, Berlin.

Den größten Anteil an den mineralischen Baustoffen haben dabei die Recyclingbaustoffe mit 74 Millionen Tonnen. Recyclingbaustoffe sind Baustoffe, die in einem aktiven Aufbereitungsprozess (wie beispielsweise brechen, sortieren oder klassieren) aus mineralischen Bauabfällen hergestellt werden. Die Produktionsmenge von Recyclingbaustoffen ist abhängig von den Bau- und Abbruchaktivitäten. Die Nutzung des abgebrochenen Baubestandes wird dabei als „Urban Mining" bezeichnet und bereits umfassend praktiziert. So wurden von den 88,5 Millionen Tonnen, die als Baurestmassen der Fraktionen Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle 2018 in Deutschland angefallen sind, knapp 95 % verwertet und 73,3 Millionen Tonnen als Recyclingbaustoffe wiederverwendet. [70]

69 Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden (BBS, 2022): Die Nachfrage nach Primär- und Sekundärrohstoffen der Steine-und-Erden-Industrie bis 2040 in Deutschland, bbs, Berlin.

70 Mineralische Bauabfälle Monitoring 2018. Bericht zum Aufkommen und Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2018, Berlin.

[71] Bundesverband Glasindustrie. 2020 Jahresbericht – Annual Report. Düsseldorf, Oktober 2021.

[72] Eurostat [ENV_AC_CUR].

Tragschichten mit EBV-Material, Quelle: Breer

Neben der Aufbereitung von mineralischen Bauabfällen lassen sich auch noch durch die Nutzung von industriellen Nebenprodukten Sekundärrohstoffe generieren. Die 26 Millionen Tonnen an Sekundärrohstoffen aus industriellen Nebenprodukten im Jahr 2019 verteilen sich dabei auf Hochofenschlacken mit 7 Millionen Tonnen, Stahlwerksschlacken mit 5 Millionen Tonnen, Steinkohlenflugasche mit 2 Millionen Tonnen, sonstigen Aschen aus Müllverbrennungsanlagen mit 5 Millionen Tonnen, sowie Gießereialtsand mit 2 Millionen Tonnen und REA-Gips mit 5 Millionen Tonnen.

Das Aufkommen an industriellen Nebenprodukten hängt stark von der Industriestruktur und deren zukünftiger Entwicklung gerade im Hinblick auf die angestrebte Dekarbonisierung der Wirtschaft ab. So wird beispielsweise durch die Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlindustrie die CO_2e-intensive Hochofenroute bis 2045 sukzessive vollständig ersetzt. Dadurch ergeben sich Auswirkungen auf das Aufkommen an Sekundärrohstoffen wie beispielsweise der Hochofenschlacke, welche in der Zementherstellung verwendet wird.

Auch die Nebenprodukte aus der Kohleverstromung wie Steinkohlenflugasche oder REA-Gips werden sukzessive geringer und mit dem Kohleausstieg spätestens 2038 ganz wegfallen. Diese Nebenprodukte müssen dann in den entsprechenden Produktionsprozessen durch andere Primär- oder Sekundärrohstoffe ersetzt werden. Die Sekundärrohstoffmenge an sonstigen Aschen aus Müllverbrennungsanlagen (und der Verfeuerung von Ersatzbrennstoffen) bleibt hingegen voraussichtlich konstant. Gleiches gilt für die Menge von Gießerei-Altsanden, welche voraussichtlich auch zukünftig 2 Millionen Tonnen betragen wird.

Dabei ist es wichtig zu beachten, dass nicht nur Sekundärrohstoffe Substitutionspotenziale aufweisen. Auch die Rückgewinnung, also das Recycling von Fertigprodukten oberhalb der ersten Fertigungsstufe, spielt eine wichtige Rolle für die Substitution von Primärrohstoffen. Dies ist jedoch in der oben aufgeführten Substitutionsquote nicht erfasst.

Insbesondere bei den Industriemineralen werden nicht die Gesteinskörnungen selbst, sondern die daraus produzierten Fertigprodukte im Kreislauf geführt. So werden beispielsweise Sande, die in der Glasindustrie verwendet werden, nicht direkt recycelt, sondern die Glasscherben wieder verwendet. Beispielsweise werden im Behälter-Glasmarkt schon Scherbeneinsatzquoten von 90 % erreicht.[71] Somit lässt sich durch die Kreislaufführung von Glas bzw. Glasscherben die Nachfrage nach dem Primärrohstoff Sand deutlich senken. Steigende Rückgewinnungsquoten, d. h. mehr Recycling von Fertigprodukten bedeutet, dass geringere Mengen an Sekundärrohstoffen substituiert werden. Trotzdem spart das im Kreislauf führen auf einer höheren Produktionsebene Produktionsschritte ein bzw. macht das Recycling weniger aufwendig, wodurch insgesamt mehr Primärrohstoffe substituiert werden können.

Einschätzung der Recyclingpotenziale:
Insgesamt können unter Berücksichtigung limitierender Faktoren wie u. a. notwendige bautechnische Qualitäten und Schadstoffbelastungen weitere Recyclingpotenziale ausgeschöpft werden. Ein wichtiger Indikator dafür ist die Zirkularitätsrate (Circular material use rate, kurz CMU). Diese misst die genutzte Sekundärrohstoffmenge im Verhältnis zu der Menge aller genutzten Rohstoffe. Dabei dient die Abfallmenge, die der Verwertung zugeführt wird als Proxy für die Sekundärrohstoffmenge. Die CMU ist seit Jahren fast konstant in Deutschland. So ist die CMU von 11 % im Jahr 2010 nur auf 12 % im Jahr 2019 angestiegen. Die deutsche CMU liegt damit nur im europaweiten Durchschnitt.[72] Das es möglich ist Recyclingpoten-

Circular Material Use Rate 2010 bis 2019 in Deutschland (in %)

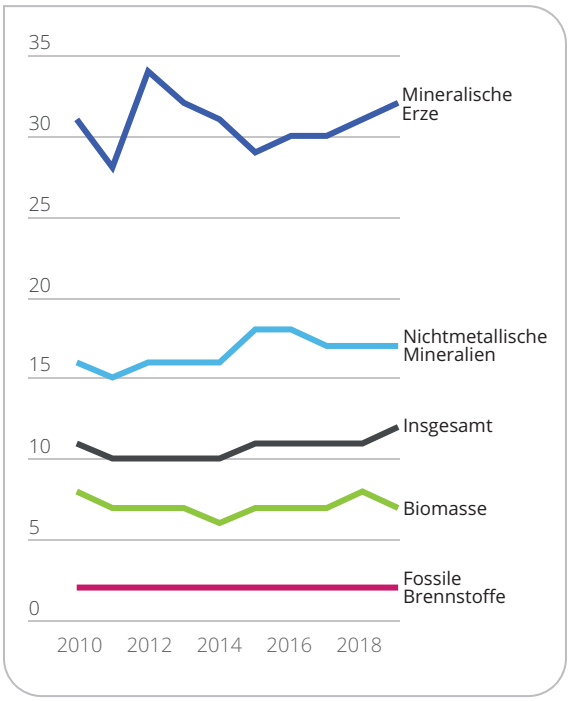


Abb. 89, eigene Grafik basierend auf Quelle: Dittrich, Monika; Limberger, S; Ewers, B.; Stalf, M.; Knappe, F., Vogt; R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland im Auftrag des NABU

ziale noch viel stärker zu heben, zeigen beispielsweise die Niederlande mit einer aktuell fast dreimal so hohen Zirkularitätsrate von 33,8 % (vgl. Kapitel 4.6.2 Umsetzungsstand der Kreislaufwirtschaft in den EU-Mitgliedsstaaten). Die Gründe für die deutlich höhere Zirkularitätsrate in den Niederlanden resultieren u. a. aus der geringen Verfügbarkeit eigener (abiotischer) Rohstoffe, was deren effiziente Nutzung befördert und dem starken Dienstleistungssektor, der mit vergleichsweise wenig Rohstoffen eine hohe Wirtschaftsleistung erzielt. Ferner wird die Transformation in die Circular Economy als gesamtgesellschaftliche Aufgabe verstanden, die eine hohe Akzeptanz genießt. Die Europäische Kommission fordert in ihrem Aktionsplan der Kreislaufwirtschaft die Zirkularitätsrate innerhalb eines Jahrzehntes zu verdoppeln.[73] Dementsprechend ergibt sich durch die aktuell im Vergleich zu anderen europäischen Ländern geringe CMU Deutschlands ein hoher Handlungsdruck.

Ein detaillierterer Blick auf die CMU ermöglicht die Betrachtung materialgruppenspezifischer CMUs. Diese ist für die sehr gut recycelbaren Metalle mit 33 % am höchsten, wohingegen sie für nichtmetallische Mineralien circa 18 %, für Biomasse 8 % und für fossile Brennstoffe, die überwiegend verbrannt werden, nur circa 2 % beträgt.

Ein großes Potenzial, die CMU weiter zu steigern, liegt vor allem darin, einen größeren Anteil der gesammelten Abfälle wiederzuverwenden. Ein Blick auf Potenziale für ein Recycling der gesamten Abfallmenge zeigt, dass vor allem bei den nichtmetallischen Mineralien ein theoretisches Steigerungspotenzial besteht. So lässt sich eine Steigerung dieser CMU von knapp 18 % auf 33 % erreichen. Die mögliche Steigerung der CMU von 15 % bei den nichtmetallischen Mineralien wird theoretisch dadurch erreicht, dass deutlich weniger Mineralien verfüllt (knapp 10 %) und deponiert (knapp 5 %) werden. Es ist zu berücksichtigen, dass diese theoretische Steigerung aufgrund von bautechnischen Qualitätsanforderungen an mögliche neue Einsatzbereiche sowie auch zu berücksichtigende Schadstoffpotenziale nur bedingt in der Praxis umsetzbar ist. Zusätzlich handelt es sich bei den theoretischen Recyclingpotenzialen im Bereich der nicht-metallischen Mineralien in der Regel um Stoffstromumlenkungen, die eine verstärkte Substitution durch Primärrohstoffe bedingen können. Auch die CMU der Bioabfälle lässt sich theoretisch fast verdoppeln von knapp 8 % auf 15 %. Vor allem ein verstärktes Recycling anstatt der Verbrennung von Bioabfällen (knapp 6 %) ermöglicht dabei die potenzielle Steigerung. Bei den Erzen ist das theoretische Potenzial hingegen schon so gut wie ausgeschöpft, so dass sich die CMU nur marginal steigern lässt (von 32,9 % auf 33,4 %). Bei den fossilen Brennstoffen ist eine Steigerung auf knapp 4 % möglich, dies ist auch durch weniger Verbrennung (knapp 3 %) möglich. Allerdings nehmen im Zuge

Theoretische Steigerungspotenziale der Circular Material Use Rate
(in %)

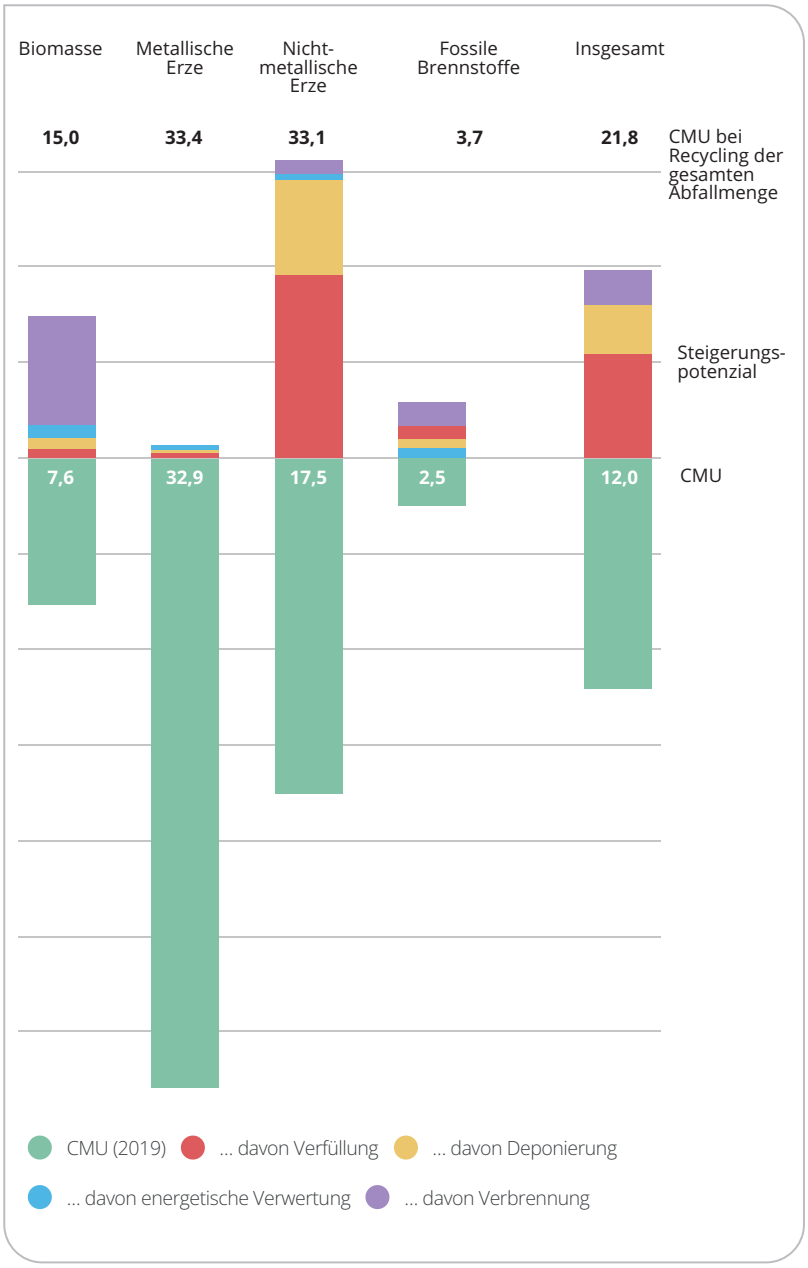


Abb. 90, eigene Grafik basierend auf Quelle: Dittrich, Monika; Limberger, S; Ewers, B.; Stalf, M.; Knappe, F., Vogt; R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland, im Auftrag des NABU

dessen die anderen Abfallverwertungsmöglichkeiten von fossilen Brennstoffen geringfügig zu. Über alle Materialgruppen hinweg lässt sich die CMU somit theoretisch von 12 % auf 22 % steigern.

Um diese möglichen Steigerungen tatsächlich zu realisieren, sind eine Reihe von Maßnahmen in vielen Bereichen der Kreislaufwirtschaft notwendig. Über die Art der Maßnahmen und die Verantwortlichkeiten gibt das Kapitel 4.2 in diesem Statusbericht einen ausführlichen Überblick.

Abgesehen davon, dass sich manche Abfälle nur mit einem sehr großen Aufwand recyceln lassen, gibt es auch technische Einschränkungen beim Recyceln von Abfällen. Die Recyclingpotenziale, die sich aus Abfällen in Deutschland verwirklichen lassen, sind

73 Europäische Kommission (2020): Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa, Brüssel, zuletzt geprüft am 18.12.2023.

somit deutlich geringer als das theoretische Steigerungspotenzial. Diese hängen von den technischen Möglichkeiten, von den verfügbaren Abfallmengen sowie den Einsatzmöglichkeiten von Sekundärmaterialien ab. Bei einer Steigerung der Abfallmengen unter Ausschöpfung der technischen Potenziale könnte die CMU bei weiterhin gleicher Primärrohstoffnutzung von 12 % auf 14 % steigen.[74] Eine weitere Möglickeit, die CMU zu erhöhen ist, die Primärrohstoffnutzung zu verringern. Faktoren wie eine zügige Energiewende, eine Ausweitung der Produktnutzung sowie Suffizienz, Konsumreduktion und der Einsatz rohstoffsparender Technologien könnten Szenariorechnungen zu Folge die Primärrohstoffnutzung bis 2030 so weit zurückgehen lassen, dass die CMU bis 2030 auf bis zu 18 % steigen könnte.

Beitrag von Sekundärrohstoffen zur Deckung des direkten und indirekten Rohstoffbedarfs für ausgewählte Materialien
(in Mio. Tonnen)

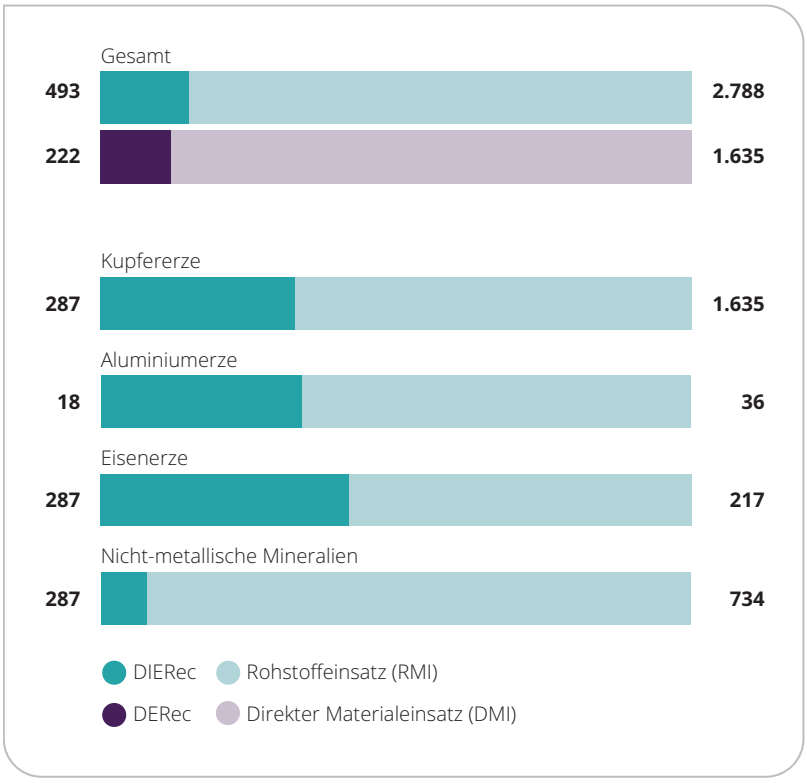


Abb. 91, Quelle: Umweltbundesamt: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022, Dezember 2022 (basierend auf Steger, S. et al.: Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität: Abschlussbericht. TEXTE 34/2019. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.)

Dabei wird deutlich, dass das Recycling im Abfallsektor allein nicht ausreicht, um eine umfassende zirkuläre Kreislaufwirtschaft zu erreichen. Auch außerhalb des Abfallsektors müssen Recyclingpotenziale realisiert werden. Dazu ist es wichtig zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung der CMU Recycling und Wiederverwendung von Rohstoffen, die außerhalb des Abfallsektors stattfinden, nicht berücksichtigt werden. Dementsprechend ist es sinnvoll für eine Einschätzung der Recyclingpotenziale auch weitere Indikatoren zu betrachten, die die tatsächlich eingesetzte Menge an Sekundärrohstoffen berücksichtigen.

Steger et al. (2019)[75] haben analysiert, welchen Beitrag der Einsatz von Sekundärrohstoffen für die Deckung des direkten und indirekten Rohstoffbedarfes 2013 in Deutschland geleistet hat. Dabei wird deutlich, dass der Einsatz von Sekundärrohstoffen 12 % des direkten Rohstoffeinsatzes einsparte. Der sogenannte DERec (siehe Infobox) verminderte somit den direkten Rohstoffeinsatz um 222 Millionen Tonnen. Entlang der gesamten globalen Lieferketten reduziert sich der Rohstoffeinsatz durch die Verwendung von Sekundärrohstoffen um 15 %. Der DIERec (siehe Infobox) betrug dabei 493 Millionen Tonnen, wobei diese 15 % vor allem auf die vergleichsweise hohen Einsparungen der Primärrohstoffe der drei Massenmetalle Eisen, Aluminium und Kupfer zurückzuführen sind. Die stoffstromspezifischen DIERec von Eisen, Kupfer und Aluminium in Höhe von 42 %, 33 % und 34 % sind dafür verantwortlich, dass 2013 fast ⅔ des gesamten DIERec, bzw. 317 Millionen Tonnen an Eisenerzen, Kupfererzen und Aluminiumerzen eingespart wurden. Ein theoretisches Potenzial ist hingegen noch bei den nicht-metallischen Mineralien vorhanden. Bei diesen wurden von einem theoretischen Rohstoffeinsatz von 801 Millionen Tonnen bei kompletter Primärrohstoffnutzung bisher 8 % bzw. 67 Millionen Tonnen eingespart. Aufgrund der genannten limitierenden Faktoren wie bautechnische Anforderungen sowie Schadstoffbelastungen und den vorab dargestellten Mengenverhältnissen der einzelnen Materialströme (insb. Boden und Steine) im Bereich der nicht-metallischen Mineralien ist eine nennenswerte Steigerung des DIERec in der Praxis schwer realisierbar.

DERec und DIERec

Die beiden Indikatoren „DERec" (Direct Effects of Recovery) und DIERec (Direct and Indirect Effects of Recovery) bilden die Schonung von Primärrohstoffen durch das Recycling und die energetische Nutzung ab. Der DERec gibt dabei an, wie viele Primärrohstoffe direkt, d. h. ohne Betrachtung der Vorketten durch Sekundärrohstoffe eingespart bzw. nicht in Anspruch genommen werden müssen. Der DIERec hingegen berücksichtigt, dass durch die Verwertung von Abfällen auch noch Primärrohstoffe entlang der gesamten globalen Wertschöpfungskette eingespart werden.
Durch beide Indikatoren lässt sich messen, ob ein verstärkter Sekundärrohstoffeinsatz in Deutschland dazu beiträgt, den Primärmaterial- bzw. Primärrohstoffbedarf zu senken. Ein Vorteil der beiden Indikatoren ist, dass sie bei entsprechender Datenlage ReUse, Secondhand-Nutzung, sowie innerindustrielle Wiedernutzung von Rohstoffen berücksichtigen. Allerdings sind die Indikatoren aktuell noch nicht durch eine einheitliche Methodik standardisiert und entsprechende amtliche Statistiken stehen nicht flächendeckend zur Verfügung, so dass eine regelmäßige Erfassung aktuell noch nicht erfolgt.[76]

(74) Dittrich, Monika; Limberger, S; Ewers, B.; Stalf, M.; Knappe, F., Vogt; R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland im Auftrag des NABU.

(75) Umweltbundesamt: Die Nutzung natürlicher Ressourcen - Ressourcenbericht für Deutschland 2022, Dezember 2022 (basierend auf Steger, S. et al.: Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität: Abschlussbericht. TEXTE 34/2019. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

(76) Dittrich, Monika; Limberger, S; Ewers, B.; Stalf, M.; Knappe, F., Vogt; R. (2021): Sekundärrohstoffe in Deutschland. im Auftrag des NABU. 18.12.2023.

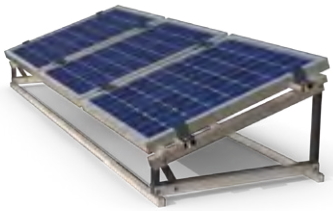
Elektronikproduktion, Quelle: envato elements

Insgesamt ermöglichen der DERec und der DIERec eine Quantifizierung der substituierten Rohstoffe. Damit stellen die beiden Indikatoren auf gesamtwirtschaftlicher Ebene eine interessante Alternative zu der CMU dar, welche nicht den tatsächlichen Einsatz von Rohstoffen misst, sondern nur einen Proxy verwendet. Bedauerlicherweise ist der existierende methodische Ansatz des DERec und DIERec aktuell nicht konsistent mit ökonomieweiten Rohstoffrechnungen, was eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Indikatoren stark einschränkt. Eine Entwicklung von konsistenten Methoden zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Primär- und Sekundärrohstoffströme würde dabei helfen, gezielt Recyclingpotenziale identifizieren zu können und somit langfristig eine umfassendere Kreislaufwirtschaft ermöglichen.

Insgesamt existieren also vielfältige Recyclingpotenziale der Kreislaufwirtschaft, die gehoben werden können und so den Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Rohstoffversorgung in Deutschland noch erhöhen können. Mit Blick auf die Rohstoffversorgung ist es allerdings von großer Bedeutung, dass auch die Recyclingpotenziale der sogenannten Gewürzmetalle (seltene Erden wie beispielsweise Scandium oder Indium), die in der Industrie zwar nur in sehr geringen Maßen eingesetzt werden, aber essenziell sind, perspektivisch gehoben werden. Denn trotz der geringen Mengen sind diese Metalle oft Schlüsselrohstoffe insbesondere für Zukunftstechnologien. Somit ist die Verminderung der Abhängigkeit bei diesen seltenen Metallen durch das Recycling dieser strategisch von wichtiger Bedeutung. Aufgrund der geringen verwendeten Mengen dieser Metalle, oftmals in hochmoderner Elektrotechnik, ergeben sich dabei besondere Herausforderungen für das Recycling, welche aber perspektivisch angegangen werden müssen. Die Nachfrageentwicklung nach den entsprechenden Zukunftstechnologien und den darin enthaltenen Rohstoffen wird im folgenden Abschnitt deshalb genauer betrachtet.

77 Europäische Kommission/ JRC a. (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study. Joint Research Centre.

78 Europäische Kommission. (2023). Änderung unserer Produktions- und Verbrauchsmuster: neuer Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft ebnet Weg zu klimaneutraler und wettbewerbsfähiger Wirtschaft mit mündigen Verbrauchern.



Zukunftstechnologien, insbesondere im Bereich der Photovoltaik, spielen eine Schlüsselrolle in der Kreislaufwirtschaft, indem sie nicht nur erneuerbare Energie liefern, sondern auch die Möglichkeit bieten, Ressourcen aus alten Solaranlagen zurückzugewinnen und somit den nachhaltigen Energiezyklus zu fördern.

ChatGTP

4.3.4 Nachfrageentwicklung durch Zukunftstechnologien

Im Zuge der Transformation in Richtung Klimaneutralität sowie der fortschreitenden Digitalisierung wird es in den kommenden Jahren zu einer veränderten Technologienachfrage kommen. Für bestimmte Technologien ist schon heute absehbar, dass sie in naher Zukunft von zentraler Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft sein werden. Auf der Grundlage dieser veränderteren Technologiebedarfe verschieben sich auch die Rohstoff- und Materialverbräuche und die damit einhergehenden Import- und Exportverflechtungen. Bereits heute zeichnet sich ab, dass eine Reihe wichtiger Rohstoffe und Materialien für Zukunftstechnologien in hohem Maße von kritischen Handelspartnern bereitgestellt werden und damit dem Risiko unterliegen, dass es zu Lieferausfällen und anderweitigen Komplikationen kommt.

Die Europäische Kommission veröffentlichte 2020 eine Studie,[77] die eine Reihe von Technologien benennt, die von besonderer strategischer Relevanz sind und durch spezifische Rohstoffbedarfe zu kritischen Abhängigkeiten in der Zukunft führen können. Genannt werden Lithiumbatterien, Brennstoffzellen, Windkraftanlagen, Traktionsmotoren mit Permanentmagneten, Photovoltaikanlagen, Robotik, Drohnen, 3D-Drucker sowie Digitaltechnologien wie Halbleiter.

Mit der Liste der kritischen Rohmaterialien hat die Europäische Kommission jene Rohstoffe benannt, denen sie eine besondere ökonomische Relevanz bei gleichzeitig hohen Lieferrisiken zuordnet. Stand 2023 sieht die Kommission für 34 Rohstoffe ein solches kritisches Risiko.[78] Eine besonders kritische Abhängigkeit zeigt sich für die leichten und schweren Seltenerdmetalle, die z. B. in Permanentmagneten zum Einsatz kommen, welche unter anderem bei Windkraftanlagen und der elektrischen Mobilität eingesetzt werden.[79, 80] Rund 70 % des Abbaus von Seltenerdmetallen entfällt im Jahr 2022 auf China. Betrachtet man die direkte Herstellung von Permanentmagneten, kontrolliert China sogar 94 % der weltweiten Produktion.[81] Neben den Permanentmagneten kommen Seltenerdmetalle auch in Brennstoffzellen, der Robotik oder in Drohnen zum Einsatz. Ein hohes Lieferrisiko besteht darüber hinaus für die Rohstoffe Germanium, Niob, Magnesium, Bor und Scandium, die überwiegend im 3D-Druck, Digitaltechnologien und der Windkraft zum Einsatz kommen.

Auch für Deutschland stehen verschiedene Studien zur Verfügung, die kritische Abhängigkeiten im Zusammenhang mit wichtigen Zukunftstechnologien untersuchen.[82] Mit Blick auf die deutsche Volkswirtschaft ist in diesem Zusammenhang der Fahrzeugbau von besonderer Relevanz. Für die kommenden Jahre ist ein zügiger Markthochlauf der Elektromobilität zu erwarten, der vor allem durch den Einsatz von Lithiumionen-Batterien geprägt sein wird.[83] Mit Blick auf die dafür benötigten Rohstoffe stellen insbesondere Lithium, Kobalt und Graphit ein Risiko dar, da sie von der EU als kritisch eingestuft werden.

Bei der Produktion von Solarpanelen werden ebenfalls kritische Rohstoffe benötigt, etwa Indium, Gallium oder Silizium.[84] Bei Solarmodulen wird hoch reines Polysilizium eingesetzt, das in einem aufwendigen Prozess aus Silizium kristallisiert wird. In Bayern ist mit Wacker Chemie ein großer Produzent von Polysilizium ansässig, der jedoch auf entsprechende Silizium-Importe angewiesen ist. Im Jahr 2022 stammen rund 70% der weltweiten Silizium-Produktion aus China.[85]

Seit Ausbruch der Corona-Pandemie und dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine hat sich das Bewusstsein für die Risiken, die mit strukturellen Lieferabhängigkeiten einhergehen, deutlich geschärft. Für den zu erwartenden Einsatz zentraler Zukunftstechnologien steht Deutschland vor der Herausforderung, rechtzeitig vorsorgende Maßnahmen zu ergreifen, die verhindern, dass sich die hiesigen Unternehmen in jene Abhängigkeiten begeben. Um die Abhängigkeit von kritischen Lieferländern, insbesondere China, in den kommenden Jahren zu reduzieren, können eine Reihe von Maßnahmen ergriffen werden. Mit Hilfe gezielter Diversifizierung der Lieferländer kann die Abhängigkeit zu einzelnen Ländern schrittweise reduziert werden. Zusätzlich könnten strategische Rohstofflager aufgebaut werden. Ein zweiter wichtiger Hebel ist die Weiterentwicklung und Forschung zu veränderten Materialeinsätzen, z. B. im Bereich der Batterietechnologie. Parallel müssen in den kommenden Jahren Recycling-Technologien entwickelt und zur Marktreife gebracht werden, die es erlauben, die zu erwartenden Schrottrückläufe wiederzuverwenden bzw. zu recyclen. Dies gilt insbesondere für die erneuerbaren Energien, Batterietechnologien sowie die Digitaltechnik.

77 Europäische Kommission/JRC a. (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study. Joint Research Centre.

78 Europäische Kommission. (2023). Änderung unserer Produktions- und Verbrauchsmuster: neuer Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft ebnet Weg zu klimaneutraler und wettbewerbsfähiger Wirtschaft mit mündigen Verbrauchern.

79 ERMA. (2021). Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action. A report by the Rare Earth Magnets and Motors Cluster.

80 Europäische Kommission/JRC. (2022). Clean Energy Technology Observatory: Wind Energy in the European Union – 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets.

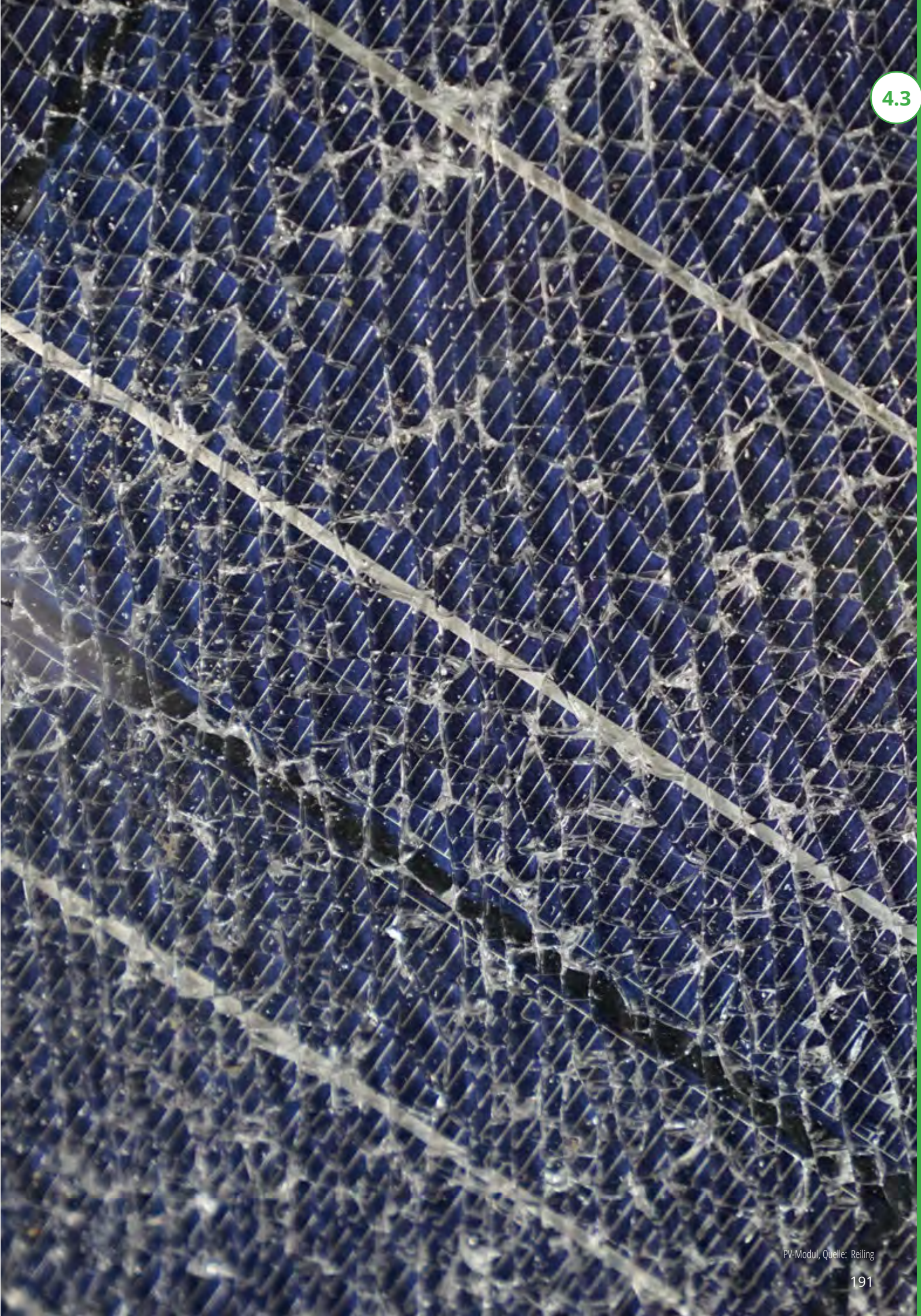
81 U.S. Geological Survey a. (2023). Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States, zuletzt geprüft am 20.12.2023.

82 ifo Institut. (2022). Wie abhängig ist Deutschland von Rohstoffimporten? Eine Analyse für die Produktion von Schlüsseltechnologien. ifo Zentrum für Außenwirtschaft.

83 Öko Institut. (2017). Strategien für die nachhaltige Rohstoffversorgung der Elektromobilität. Synthesepapier zum Rohstoffbedarf für Batterien und Brennstoffzellen. abrufbar auf der Website https://www.agora-verkehrswende.de, zuletzt geprüft am 21.01.2024

84 Europäische Kommission/Joint Research Centre. (2020). Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119941, zuletzt geprüft am 21.01.2024

85 U.S. Geological Survey b. (2023). Mineral commodity summaries 2023, zuletzt geprüft am 20.12.2023.



PV-Modul, Quelle: Reiling

Die Kreislaufwirtschaft als Energielieferant

Als Folge des Ukraine-Kriegs ist deutlich geworden, wie stark Deutschland von (einseitigen) Energieimporten abhängig ist. Der stärkere Ausbau der erneuerbaren Energien wird, auch durch das Auslaufen der Kohleverstromung bis zum Jahr 2038, zunehmend wichtiger. Laut dem Koalitionsvertrag von 2023 soll der Kohleausstieg idealerweise schon bis zum Jahr 2030 stattfinden, wodurch der Beitrag der Kreislaufwirtschaft noch stärker in den Fokus rücken wird. Die Steigerung der Energieeffizienz von Entsorgungsanlagen, die Vergärung von Biomasse oder die Nutzung von Sonne und Wind auf Deponien sind dabei neben der Auskopplung von Strom, Fern- und Prozesswärme in den Thermischen Abfallbehandlungsanlagen wichtige Beiträge der Kreislaufwirtschaft auf dem Weg zur Sektorkopplung und zur Erhaltung der Systemstabilität.

4.4.1 Energieversorgung in Deutschland und der Beitrag der Kreislaufwirtschaft im Überblick

Deutschland ist sehr stark von Energieimporten aus dem Ausland abhängig. Der Nettoimport am Energieverbrauch Deutschlands lag im Jahr 2021 bei 63 %, während der EU-Durchschnitt bei 56 % lag.[86] Vor allem werden die Energieträger Mineralöl, Erdgas, Steinkohle und Uran importiert. Im Jahr 2021 lag die Importquote[87] an diesen Energieträgern zwischen 94 % und 100 %.[88] Die größten Mengen des importierten Erdgases, welches einen Anteil von nahezu 23 % am Primärenergieverbrauch hat, kamen im Jahr 2021 noch aus Russland[89] (52 %). Im Zuge des Ukraine-Krieges wurden die Risiken aus der Abhängigkeit von Energieimporten im Jahr 2022 noch deutlich erhöht.

1. **Energieeinsparung durch Substitution von Primärrohstoffen**
   Aus der stofflichen Verwertung von Abfällen resultiert eine Einsparung fossiler Brennstoffe, die im Wesentlichen durch die Substitution der oft energieintensiven Gewinnung und Verarbeitung von Primärrohstoffen entsteht. So führt beispielsweise der Einsatz von 1 Tonne Recyclingmaterial bei der Erzeugung zu einer Energieeinsparung

   - bei Stahl von 72-75 %[90],
   - bei Kupfer von 80-85 %[91],
   - bei Aluminium von 95 %[92],
   - bei Zink von 95 %[93] und
   - bei Glas von bis zu 30 %[94].

   Die Energieeinsparungen durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen erfolgen allerdings überwiegend in den Ländern, in denen die Primärrohstoffe gewonnen werden.

2. **Energieerzeugung der Kreislaufwirtschaft**
   Die direkte Energieerzeugung in der Kreislaufwirtschaft umfasst die energetische Verwertung von Primärabfällen aus Haushalten, Industrie und Gewerbe, Ersatz- und Sekundärbrennstoffen sowie sonstigen Abfällen aus Abfallbehandlungsanlagen, die Energieerzeugung aus abfallstämmiger Biomasse. Dies erfolgt in klassischen Abfallverbrennungsanlagen (TAB, SAV, Altholzverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerke sowie Klärschlammverbrennungsanlagen) und in Anlagen zur Mitverbrennung von Abfällen (Zementwerke, Kohlekraftwerke, Industriekraftwerke) sowie biologischen Abfallbehandlungsanlagen (Bioabfallvergärungsanlagen und MBA mit Vergärungsstufe). Darüber hinaus wird das Gas aus den spätestens 2005 stillgelegten Deponien verwertet. Diese Mengen gehen kontinuierlich zurück.

   Die Energieerzeugung der Kreislaufwirtschaft umfasst jedoch bereits mehr. So werden Flächen von Altstandorten für die Energieerzeugung genutzt. Ferner gibt es bei den klassischen TAB auch erste Projekte zur Erzeugung von Wasserstoff und Methanol.

Der Gesamtbeitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energieerzeugung wird statistisch nicht erfasst. Die verfügbaren Datengrundlagen sind sehr heterogen und zum Teil widersprüchlich, die Methoden und definitorischen Systemgrenzen sind ebenfalls unterschiedlich. Bezogen auf die erzeugte Energie in Form von Strom, Wärme und Prozessdampf werden häufig nur die Nettowerte, also die in das öffentliche Netz eingespeisten Werte erfasst. Um der Bedeutung der Kreislaufwirtschaft als Energielieferant gerecht zu werden, wäre jedoch auch die Eigennutzung der erzeugten Energie zu berücksichtigen.

Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2022 (in TWh)

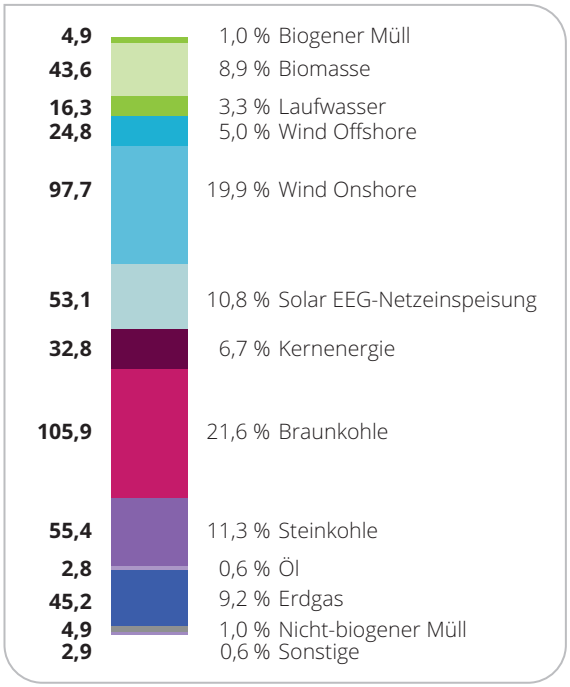


Abb. 92, Quelle: https://www.energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2022

Ein erster Ansatz, die aus Abfällen in Form von Strom, Wärme und Dampf bereitgestellte Energiemenge der Kreislaufwirtschaft umfassend abzuschätzen, wurde im Rahmen einer Studie des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2018 vorgenommen.[95] Auf Basis der Abfalldaten für das Jahr 2015 kam die Studie zu dem Ergebnis, dass von den Anlagen der Kreislaufwirtschaft nahezu 89 TWh an Energie erzeugt wurden, darunter 63 TWh in Form von Wärme und 26 TWh als Strom. Werden hier noch Biodiesel, Deponiegas und Exkremente hinzugezählt, ergibt sich eine Gesamtenergiemenge von 116 TWh. Eine Aktualisierung der Daten liegt bislang nicht vor.

86 Energieabhängigkeit der EU 2021 bei 56 % – Statistisches Bundesamt (destatis.de)

87 Anteil des Primärenergieverbrauchs, der nicht durch Gewinnung im Inland gedeckt ist.

88 Primärenergiegewinnung und -importe | Umweltbundesamt

89 Bundesnetzagentur – Presse – Bundesnetzagentur veröffentlicht Zahlen zur Gasversorgung 2022

90 EuRIC: Fakten Metallrecycling; GLE SCRAP METAL: Energy Efficiency and Recycling: Start with Recycling Scrap Metal Energy Efficiency and Recycling: Start with Recycling Scrap Metal (glescrap.com)

91 BEuRIC: Fakten Metallrecycling (bvse.de); Copper Alliance: Recycling Recycling – Copper Alliance; Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.: Metall in Fakten Metall in Fakten – VDM Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

92 EuRIC: Fakten Metallrecycling (bvse.de); GLE SCRAP METAL: Energy Efficiency and Recycling: Start with Recycling Scrap Metal Energy Efficiency and Recycling: Start with Recycling Scrap Metal (glescrap.com)

93 Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.: Metall in Fakten Metall in Fakten – VDM Verband Deutscher Metallhändler und Recycler e.V.

94 Baden-Württemburg Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft: Glas – Wie aus Abfall Mehrwert wird Mehr. WERT.Turm Glas (baden-wuerttemberg.de)

95 Umweltbundesamt, Energieerzeugung aus Abfällen Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, 2018 – Bundesnetzagentur veröffentlicht Zahlen zur Gasversorgung 2022

95 Umweltbundesamt, Energieerzeugung aus Abfällen Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Bundesnetzagentur veröffentlicht Zahlen zur Gasversorgung 2022

4.4.2 Energieerzeugung durch die thermische Verwertung von Abfällen

Die Energiewende stellt eine der größten gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen für die nächsten Jahrzehnte dar. Ziel der Energiewende ist es dauerhaft, eine zuverlässige, sozialverträgliche, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sicherzustellen. Die Ziele der Bundesregierung sehen vor, dass der Anteil der Stromerzeugung aus den erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2030 bei mindestens 80 % liegen soll.[96]

Im Jahr 2021 gab es in Deutschland 636 Anlagen, in denen 47,58 Mio. Tonnen an Abfällen thermisch behandelt bzw. eingesetzt worden sind.[97]

Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern in Deutschland zur leitungsgebundenen Wärmeversorgung 2022 (in TWh)

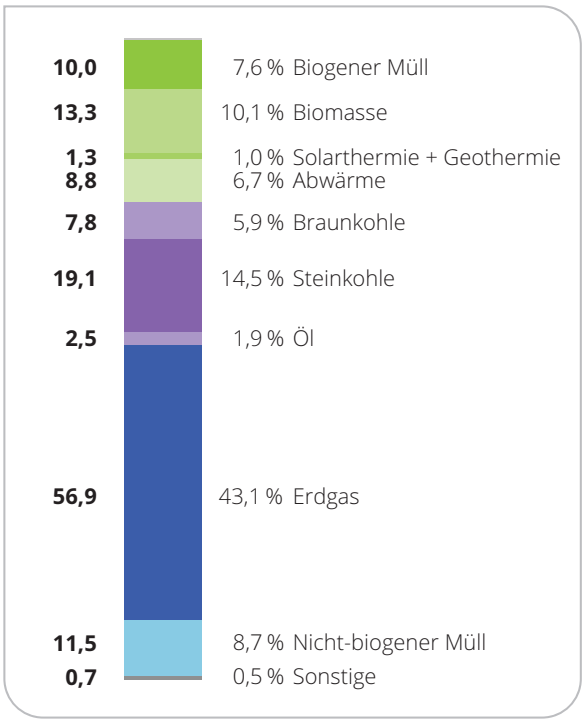


Abb. 93, Quelle: Destatis, BDEW; Stand: 5/2023

Nutzung von Altstandorten

Quelle: AGR@Solarpark

Solarpark Rheinberg *Die AGR hat im September 2023 in Rheinberg auf dem stillgelegten und vollständig rekultivierten Deponiestandort in Rheinberg-Winterswick die erste Ausbaustufe des Solarparks Rheinberg in Betrieb genommen. Der gesamte klimaneutral erzeugte Strom wird ab sofort in das öffentliche Netz eingespeist.*
„Wir freuen uns, dass wir nach wichtigen Investitionen in unsere Kernaktivitäten der Abfall- und Kreislaufwirtschaft wie thermisches Recycling, Sekundärwertstoffgewinnung und Deponiemanagement nun nach intensiven Vorarbeiten eine erste nennenswerte Investition in Höhe von ca. 1,3 Millionen Euro in eine Photovoltaikanlage auf einer rekultivierten Deponie umsetzen konnten. Weitere langfristige Investitionen im Sinne unserer umfassenden AGR Nachhaltigkeitsstrategie für Photovoltaik und Windenergieanlagen in Höhe von bis zu 100 Millionen Euro befinden sich in Vorbereitung und sind überwiegend budgetiert", sagt Joachim Ronge, Vorsitzender der AGR Geschäftsführung.
Mit einer Nennleistung von 1 MWp werden jährlich rund 1 Millionen Kilowattstunden grüner Strom erzeugt als erster Teil der AGR Projektpipeline von rund 30 MW PV-Leistung.

Bei der Verbrennung werden höchste Umweltstandards bei der Abgasreinigung und der Reduzierung von Luftschadstoffen nach z. B. den strengen Regelungen der 17. BImSchV – „Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen" eingehalten. Neben den Thermischen Behandlungsanlagen (TAB), zu denen die Müllverbrennungsanlagen und die EBS-Kraftwerke zählen, liefern auch Altholzkraftwerke und Bioabfallvergärungsanlagen Strom und Wärme aus Abfällen. Die durch die Verwertung des Abfalles erzeugte Energie substituiert fossile Energieträger und trägt somit auch zur Verringerung von Treibhausgasemissionen bei.

Im Jahr 2021 haben allein die rund 91 Mitgliedsanlagen der ITAD rund 10,42 TWh Strom produziert, dies entspricht in etwa den Größenordnungen der Vorjahre. Die Nutzung der Abwärme liegt bei den ITAD-Anlagen hingegen mit 24,33 TWh Wärme und Prozessdampf höher als in den Vorjahren (+17 % gegenüber 2018). Der Anteil der TAB an der Fernwärmeversorgung in Deutschaland liegt derzeit bei über 16 %.[98]

96 Bundesregierung: Mehr Energie aus erneuerbaren Quellen. https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/energiewende-beschleunigen-2040310, zuletzt geprüft am 21.010.2024

97 Statistisches Bundesamt, Genesis (Tabelle 32111-0003)

98 ITAD-Jahresbericht 2022/2023; https://www.itad.de/ueber-uns/itad-jahresbericht-2022-23.pdf, zuletzt geprüft am 21.010.2024

Die Kreislaufwirtschaft leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Energieversorgung der Zementindustrie. Hier werden in hohem Maße sogenannte Sekundärbrennstoffe (wie beispielsweise Altreifen, heizwertreiche Fraktionen aus Industrie-/ Gewerbeabfällen, aufbereitete Fraktionen aus Siedlungsabfällen oder Klärschlamm) beim Klinkerbrennprozess eingesetzt. Im Jahr 2022 wurden über die Sekundärbrennstoffe 18,2 TWh[99] Energie erzeugt, dies entspricht einem Anteil von 71,6 % am gesamtem Brennstoffeinsatz der deutschen Zementindustrie.

4.4.3 Energieerzeugung aus abfallstämmiger Biomasse

Einen wesentlichen Anteil an den erneuerbaren Energien liefert Biomasse. Unter dem Begriff Biomasse werden jedoch verschiedene Arten biogenen Materials zusammengefasst: Neben abfallstämmigen Biomassen, d. h. organischen Abfällen, die bei der Produktion von Holz, Papier, Lebensmitteln und anderen Produkten anfallen, werden unter dem Begriff auch andere nicht abfallstämmige Biomassen erfasst wie z. B. Energiepflanzen oder Holz aus Wäldern und landwirtschaftliche Nebenprodukte wie Gülle und Mist.

Unterschieden wird dabei zwischen fester (u. a. Altholz) und flüssiger (u. a. Pflanzenöl) Biomasse sowie dem Bio-, Klär- und Deponiegas. Unter dem Begriff Biomasse wird ebenfalls der biogene Anteil des Restabfalles erfasst.

Aufgrund der sehr vielfältigen Rohstoffarten, Zustandsformen und Behandlungsverfahren kann Biomasse insgesamt in allen energierelevanten Sektoren eingesetzt werden. Dies beinhaltet sowohl die Erzeugung von Wärme und Strom als auch den Einsatz als Treibstoff im Verkehr.

Aus Biomasse insgesamt und biogenem Abfall wurden im Jahr 2022 im Rahmen der öffentlichen Nettostromerzeugung etwa 51,2 TWh ***Strom*** bereitgestellt, dies entspricht einem Anteil von 20 % an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Bedeutend für die Stromerzeugung aus Biomasse sind vor allem Biogas (30,5 TWH), feste Biomasse (10,3 TWh) und der biogene Anteil des Abfalls (5,6 TWh). Insgesamt liegt die Stromerzeugung aus Biomasse in den letzten 5 Jahren auf etwa dem gleichen Niveau.[100] Eine detailliertere Abgrenzung zwischen abfallstämmiger Biomasse/biogenem Abfall und nicht abfallstämmiger Biomasse ist über die Energiestatistiken jedoch nicht möglich. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass die tatsächliche Stromerzeugung (Bruttostromerzeugung) deutlich höher liegt, da ein Teil der Energie im Rahmen des Eigenbedarfs genutzt und nicht in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Ähnlich verhält es sich beim Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Wärmeerzeugung. Die Biomasse insgesamt hatte im Jahr 2022 einen Anteil von ca. 66 % an der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien. Für die Wärmeerzeugung waren überwiegend feste Biomasse (vornehmlich Holz – sowohl Frisch – als auch Altholz) mit 140,7 TWh verantwortlich, flüssige Biobrennstoffe trugen 2,5 TWh bei, gasförmige Biomasse 22,4 TWh und biogener Abfall weitere 14,8 TWh.[101] Nicht berücksichtigt ist auch hier der Eigenverbrauch.

Im Verkehr wird Biomasse insgesamt hauptsächlich als Biokraftstoff im Bereich des Land-, Luft- und Schifffahrtsverkehres eingesetzt. Der Absatz betrug im Jahr 2022 ca. 34,6 TWh und verteilte sich auf 24,8 TWh Biodiesel, 8,7 TWh Bioethanol, 1,1 TWh Biomethan sowie Pflanzenöl mit 0,02 TWh.[102] Der Einsatz abfallbasierter Biomasse ist hier jedoch aufgrund der Verfügbarkeit sowie rechtlicher Begrenzungen des Anteils biogener Rest- und Abfallstoffe, die fossilstämmigen Kraftstoffen beigemischt werden dürfen, begrenzt.

Laut der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. betrug das Energiepotenzial von biogenen Rest- und Abfallstoffen im Jahr 2022 in Form von Strom und Wärme insgesamt 145,5 TWh.[103]

Auch wenn detaillierte Daten zum Einsatz abfallstämmiger Biomasse nur begrenzt öffentlich verfügbar sind, kann festgehalten werden, dass der Einsatz von Biomasse einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leistet, dies zeigt sich auch in der Einsparung von allein 78,8 Millionen Tonnen CO_2e[104] durch den Einsatz von Biomasse in der öffentlichen Strom- und Wärmeproduktion sowie im Verkehrssektor. Weitere Einsparungen von klimaschädlichen CO_2e-Emissionen ergeben sich über die Eigennutzung von erzeugtem Strom und Wärme.

Biogas, Quelle: AWG

99 vdz: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2022, S. 17. (vdz-online.de)

100 Umweltbundesamt: Erneuerbare Energien in Zahlen.

101 ebd.

102 ebd.

103 https://mediathek.fnr.de/grafiken/bioenergiepotenzial-2050-was-kann-bioenergie-leisten.html, zuletzt geprüft am 21.01.2024

104 Umweltbundesamt: Erneuerbare Energien in Zahlen

4.4.4 Nutzung von Altstandorten für die Energieerzeugung

Neben den bisher vorgestellten „klassischen" abfallwirtschaftlichen Maßnahmen zur Energieerzeugung suchen die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft nach weiteren Möglichkeiten, durch den Ausbau der erneuerbaren Energien einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. Dabei können Gebäude und Installationen mit Solar- oder Geothermie-Anlagen ausgestattet werden. Auf den Betriebs- und Produktionshallen von Fuhrparks und Anlagen besteht noch ein weiteres z. T. ungenutztes Flächenpotenzial für PV-Anlagen.

Das in Deponien erfasste Deponiegas wird in BHKWs genutzt, die Flächen von stillgelegten Deponien können als Standorte für PV- und Windkraftanlagen mit einer Nachnutzung versehen werden. Ein Vorteil von Deponiestandorten ist dabei, dass sie in der Regel weit entfernt von Wohngebieten oder sonstiger Bebauung gelegen sind und dadurch das mögliche Konfliktpotenzial mit Anwohnerinnen und Anwohnern bezüglich Lärm und Schattenwurf relativ gering ist. Darüber hinaus stellen stillgelegte Deponien nach Errichtung der Oberflächenabdichtung auf Grund ihrer erhöhten Lage für Windkraftanlagen einen besonders günstigen und windexponierten Standort dar.

Nach einer Hochrechnung[105] wird der Anteil der Flächen auf Deponien und Altablagerungen, die für eine PV-Anlage geeignet sind, auf 4.200 ha geschätzt. Für ein MWp werden etwa 1,2 ha Fläche benötigt, daraus ergibt sich ein Potenzial von etwa 3.500 MWp. Daraus ließe sich gemäß dem aktuellen UBA-Emissionsfaktor von 432 g/kWh (2022) eine Einsparung von rund 1,52 Millionen Tonnen CO_2e ableiten.
Nach den aktuellen Ergebnissen der Mitgliederumfrage der InwesD sind PV-Anlagen in einer Größenordnung von 38,5 MWp in Betrieb und von 83,5 MWp in Planung bzw. Bau. Bei Windrädern sind es 9 MWp, die sich in Planung bzw. Bau befinden.

105 Appelt, J.: Planung und Realisierung von Photovoltaikanlagen auf Deponien. In: Witzenhausen Institut: Bioabfall- und stoffspezifische Verwertung V, 2023; S. 468

4.4.5 Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff

Neben der Erzeugung von Strom und Wärme könnten die Thermischen Behandlungsanlagen auch den sich abzeichnenden Weg zur Wasserstoff-Wirtschaft (H_2) unterstützen. Viele Betreiber von TAB haben sich intensiv mit dem Thema Elektrolyse beschäftigt. Aufgrund politischer und rechtlicher Restriktionen wurden jedoch fast alle Planungen eingestellt. Hinzu kommen beträchtliche Herausforderungen, einen wirtschaftlichen Betrieb darzustellen.

Dabei sind die TAB-Standorte ideal, um bei geeigneten Rahmenbedingungen beispielsweise folgende Systemdienstlungen zu erbringen:

- H_2 aus den TAB ist treibhausgasneutral und somit klimafreundlich, da für die Erzeugung keine zusätzliche Energie benötigt wird, sondern zurückgewonnene Energie aus der Abwärme der Abfallverbrennung eingesetzt wird. Die Treibhausgasemissionen sind den Produkten aus fossilen Rohstoffen zuzuschreiben.
- Auf den TAB-Standorten können nicht nur Elektrolyse, sondern auch H_2-Tankstellen errichtet werden, beispielsweise für die Betankung von Müllfahrzeugen oder Bussen. Im Fall von Müllfahrzeugen fallen, wenn diese nach der Anlieferung betankt werden, keine zusätzlichen Wege zu einer externen Tankstelle an.
- H_2 kann auch in das Erdgasnetz oder, falls vorhanden, in ein separates H_2-Netz eingespeist werden.

Wasserstoff kann ferner für die Weiterverarbeitung des künftig abzuscheidenden CO_2 aus dem Rauchgas genutzt werden, beispielsweise zur Produktion von Basisrohstoffen wie Methanol als Grundstoff für die Kunststoffherstellung. Die TAB sind aktuell maßgeblich in die Carbon Management Strategie der Bundesregierung eingebunden. Einzelne Projekte zur Produktion von Wasserstoff oder Methanol sind bereits in der Planung bzw. in der Umsetzung, dies ist jedoch mit einer Reduzierung der Energieauskopplung von bis zu 50 % verbunden. Dies kann insbesondere im Winter zu Nutzungskonkurrenzen bei der Fernwärmeauskopplung führen.

Eine fortschreitende Energiewende sowie eindeutige europa- und weltweite Regelungen sind unerlässlich, um Rahmenbedingungen zu setzen, die dazu führen, dass diese Optionen wirtschaftlich umsetzbar 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.

Sowohl die Energieerzeugung als auch die intelligente Energienutzung hat für die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Erlöse aus der Energieerzeugung wirken sich dämpfend auf die Kosten bzw. Gebühren für die Behandlung von Abfällen aus. Da für die Energieerzeugung keine Primärenergieträger benötigt werden, ergibt sich über die Gutschriften ein positiver Beitrag zum Klimaschutz.

Systemrelevante Aufgaben der TAB im Kontext der Energiewende

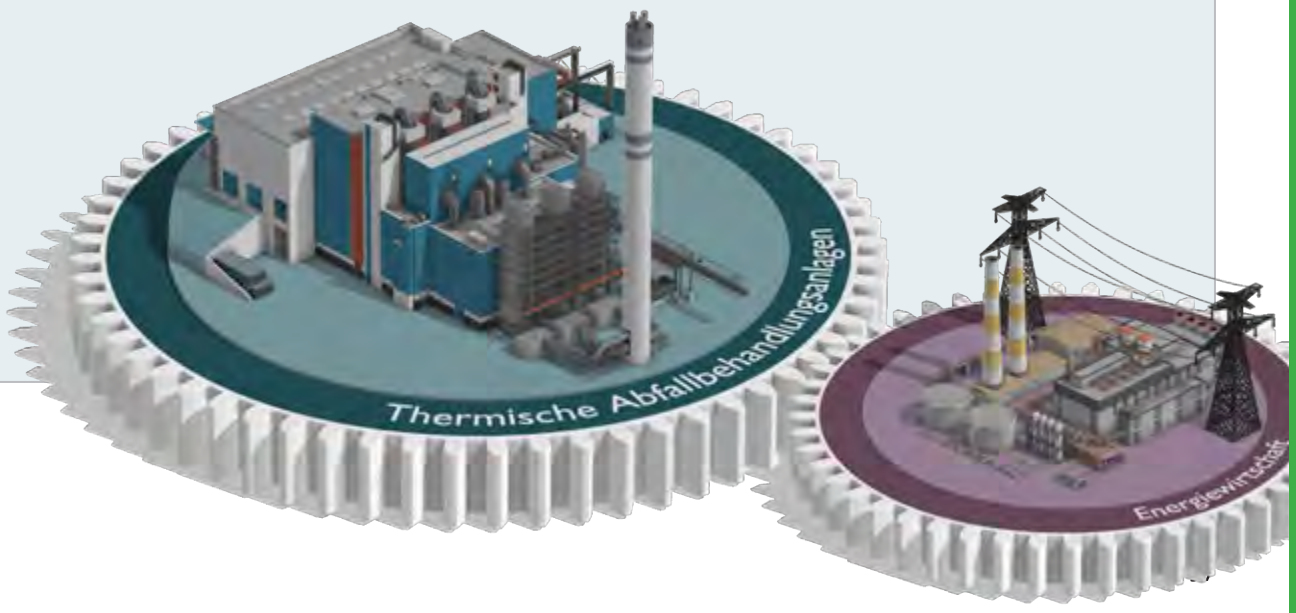
Die so genannten „Systemdienstleistungen" sind für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von Stromnetzen erforderlich und durch alle Beteiligten (Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreiber, Erzeugungsanlagen und Großabnehmer) zu erbringen. Diese müssen die Abweichungen (z. B. der Frequenz) im Netz kontinuierlich prognostizieren, überwachen sowie die erforderlichen Korrekturen mittels Systemdienstleistungen vornehmen.

Insbesondere Frequenz- und Spannungshaltung sowie der Versorgungswiederaufbau sind viele Jahrzehnte mit den konventionellen, also in der Regel fossil oder nuklear betriebenen, Kraftwerken realisiert worden. Der Ausbau der regenerativen Energien in Deutschland hat hier bereits zu tiefgreifenden Veränderungen geführt. Der Ausstieg aus der Atomenergie bis April 2023 sowie der Kohleausstieg bis zum Jahr 2038 werden die Stromerzeugung und damit auch das Erbringen der Systemdienstleistungen fundamental verändern. Die Systemdienstleistungen müssen dann weitestgehend mit alternativen Ansätzen bereitgestellt werden.

Die TAB können und müssen somit verstärkt Systemdienstleistungen anbieten. Obwohl es sich um Anlagen mit vergleichsweise geringer Leistung handelt, werden sie aufgrund der dezentralen Verteilung in Deutschland an Bedeutung gewinnen, gerade durch das Abschalten der klassischen Kraftwerke mit zum Teil über 1.000 MW installierter Leistung. Die TAB verfügen über Turbinen und Generatoren, also rotierende Massen, mit deren Trägheit sich kurzfristige Leistungsungleichgewichte ausgleichen und die Frequenz stabilisieren lassen. Ebenso können Abfallverbrennungsanlagen am Regelenergiemarkt teilnehmen. Über 30 TAB sind bereits für die Bereitstellung von Minutenreserve qualifiziert, mehrere Anlagen auch schon für die Bereitstellung von Sekundärregelleistung. Auch die Teilnahme am Regelenergiemarkt wird an Bedeutung gewinnen. Die Strom erzeugenden TABs haben zu etwa ⅓ die Fähigkeit des Versorgungswiederaufbaus nach einem Blackout aus eigener Kraft, also die Schwarzstartfähigkeit, da die Abfallverbrennungsanlagen unabhängig von einer anderen Stromversorgung den Betrieb starten können.

Hinzu kommt, dass die Verbrennungsanlagen dezentral über Deutschland verteilt sind und damit bestens zur dezentral organisierten Energiewende passen. Zudem sind die Standorte etabliert und akzeptiert und verfügen über erfahrenes Personal, sodass diese Standorte auch für neue Anlagen im Rahmen der Energiewende, z. B. für Anlagen zur Produktion von Wasserstoff oder Biogas sowie Speicheranlagen, attraktiv sind.

Es zeichnet sich jedoch ab, dass ab dem Jahr 2040, spätestens ab dem Jahr 2045, die Stromerzeugung im Wesentlichen auf Wind und Sonne umgestellt sein wird. Der regenerativ erzeugte Strom wird immer kostengünstiger. Zum einen könnten neu gebaute TAB, welche alte Anlagen ersetzen, auf Verstromung und Kraft-Wärme-Kopplung verzichten und ausschließlich Wärme produzieren. Das ist an Industriestandorten und in Großstädten attraktiv, wo über das ganze Jahr ein Mindestabsatz an Wärme garantiert ist. Der Wasser-Dampf-Kreislauf würde anders gestaltet und die Kosten würden sinken. Damit können diese Abfallverbrennungsanlagen aber auch nicht mehr die genannten Systemdienstleistungen erbringen. Zum anderen kann eine gesicherte klimafreundliche Stromerzeugung im volatilen Strommarkt an Bedeutung gewinnen. Somit werden die meisten Anlagen vermutlich bei der Strom- und Wärmeproduktion bleiben, da damit ein hohes Maß an Flexibilität gewährleistet ist und Strom als universeller Energieträger auch in Wärme (Power to Heat) und stoffliche Energieträger wie Wasserstoff oder Methan (Power to Gas) umgewandelt werden kann.



Der Klimaschutz braucht die Unterstützung der Kreislaufwirtschaft.

Durch den ersten Transformationsprozess von der Abfallbeseitigung zur Kreislaufwirtschaft hat die Branche in den letzten zwei Jahrzehnten bereits bedeutende Beiträge zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele geleistet. Sowohl die Anlagenhersteller als auch die Unternehmen verfolgen das ehrgeizige Ziel, durch den Einsatz neuer Technologien und Verfahren in allen Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft kontinuierlich für eine Reduzierung der Treibhausgase zu sorgen. Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft werden wir am Ende jeden einzelnen Beitrag zur Vermeidung von CO_2e brauchen, nicht zuletzt auch aus der Kreislaufwirtschaft. Der zweite Transformationsprozess in Richtung der Circular Economy wird weitere Potenziale u. a. im Bereich der Vermeidung, Wiederaufbereitung und Wiederverwendung erschließen.

4.5.1 Gemeinschaftsaufgabe Klimaschutz

In Deutschland sind im Jahr 2016 mit dem „Klimaschutzplan 2050“ erstmals die klimaschutzpolitischen Grundsätze und Ziele der Bundesregierung dargelegt worden, ergänzt durch Eckpunkte für das „Klimaschutzprogramm 2030“. Im Dezember 2019 ist das erste Bundes-Klimaschutzgesetz in Kraft getreten, hier wurden erstmals die deutschen Klimaschutzziele bis 2030 gesetzlich verbindlich festgeschrieben. Die Bundesregierung hat im Jahr 2021 die Neufassung des Klimaschutzgesetzes verabschiedet. Mitte des Jahres 2023 erfolgte die Novellierung des Klimaschutzgesetzes mit dem Ziel, den „Klimaschutz vorausschauender und effektiver zu machen“.[106] Eine der wesentlichen Veränderungen besteht darin, dass „der Treibhausgasausstoß insgesamt reduziert wird, unabhängig davon, in welchem Bereich die Treibhausgase entstehen. Indem die Emissionen insbesondere dort gemindert werden, wo die größten Einsparpotentiale vorhanden sind, könnten die Klimaziele sozial gerecht und volkswirtschaftlich effizient erreicht werden.“[107] Damit bleiben die Sektor-Ziele zwar bestehen, verlieren aber an Verbindlichkeit.

Das Klimaschutzgesetz beinhaltet als Themen die nationalen Klimaschutzziele und Jahresemissionen, die Klimaschutzplanung, den Expertenrat für Klimafragen sowie die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand. Für die Sektoren Energie, Verkehr, Industrie, Gebäude, Landwirtschaft sowie die Abfallwirtschaft werden für den Zeitraum bis 2030 zulässige Jahresemissionsmengen festgelegt. Die Mengen nach 2030 werden im Jahr 2025 durch Rechtsverordnung festgelegt. Das Umweltbundesamt wird jährlich die Emissionsdaten veröffentlichen und der eingesetzte Expertenrat wird diese prüfen. Dafür wird laut aktuellem Referentenentwurf eine sektor- und jahresübergreifende Gesamtbetrachtung der Jahresemissionsgesamtmengen der Jahre 2021 bis einschließlich 2030 erfolgen. Bei Überschreitung sollen die für die Sektoren zuständigen Bundesministerien, Vorschläge für weitere Maßnahmen vorlegen. Für den Sektor „Abfallwirtschaft und Sonstiges“ wurde in der Fassung des Klimaschutzgesetzes von 2019 für das Jahr 2030 eine Höchstgrenze von 5 Millionen Tonnen an CO_2e festgelegt, die Novellierung senkt diese Zielmarke auf 4 Millionen Tonnen CO_2e, was einer Minderung der Emissionen gegenüber des Jahres 1990 von 89 % entspricht.

Gemäß der Neufassung des Klimaschutzgesetzes soll über alle Sektoren bis zum Jahr 2030 eine Reduzierung der CO_2e-Emissionen um mindestens -65 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 erreicht werden, bis zum Jahr 2040 liegt das Ziel bei -88 %, bis zum Jahr 2045 soll Deutschland nettotreibhausgasneutral sein. Für die Umsetzung der ambitionierten Ziele bedarf es einer nahezu vollständigen Reduktion der emittierten CO_2e in den Sektoren Strom, Wärme sowie Verkehr. Für nicht vermeidbare Emissionen – wie z. B. aus der Landwirtschaft, der Abfallverbrennung oder der Zementindustrie – müssen etwa 5 % der CO_2e von 1990 (= 63 Millionen Tonnen CO_2e) veranschlagt werden.

Zur Erreichung der Gesamtreduktion ist es also notwendig, weitere Reduktions-Potenziale zu erschließen, auch aus der Kreislaufwirtschaft. Die Einsparungen durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen und die Bereitstellung von Energie werden somit im Zeitverlauf eine immer größere Bedeutung für die Erreichung der Klimaschutzziele erlangen.

4.5.2 Entwicklung der CO_2e-Emissionen in Deutschland

Gemäß den aktuellen Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes gingen die Treibhausgasemissionen bundesweit gegenüber 1990 (rund 1.250 Millionen Tonnen CO_2e) bis zum Jahr 2022 um rund 506 Millionen Tonnen CO_2e auf rund 746 Millionen Tonnen CO_2e[108] zurück, so dass sich aktuell ein Rückgang von rund 40 % ergibt. Laut des UBA konnten „die Zielwerte des Klimaschutzgesetzes damit zwar in Summe eingehalten [werden], allerdings gibt es einen bedeutenden Anstieg beim Energiesektor: Dieser weist 10,7 Millionen Tonnen mehr auf als 2021 und liegt bei rund 256 Millionen Tonnen CO_2e. Grund ist, dass trotz den Einsparungen beim Erdgas ein vermehrter Einsatz vor allem von Stein- und Braunkohle zur Stromerzeugung die Emissionen steigen lässt. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien konnte das dämpfen, sie stieg um neun Prozent gegenüber 2021.“[109] Um das Ziel für 2030 von 438 Millionen Tonnen CO_2e zu erreichen, müssen noch weitere 308 Millionen Tonnen CO_2e (= 38,5 Millionen Tonnen CO_2e) vermieden werden.

106 Deutscher Bundestag: Erste Beratung zur Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Deutscher Bundestag - Erste Beratung zur Novelle des Bundes-Klimaschutzgesetzes

107 Deutscher Bundestag, ebenda.

108 Umweltbundesamt: Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. Dessau, März 2023.

109 Umweltbundesamt: Pressemitteilung „UBA-Prognose: Treibhausgasemissionen sanken 2022 um 1,9 Prozent - Mehr Kohle und Kraftstoff verbraucht – mehr Erneuerbare und insgesamt reduzierter Energieverbrauch dämpfen Effekte“. zuletzt geprüft am 21.01.2024

4.5.3 Entwicklung der Emissionen an CO_2e im Sektor 5 „Abfall und Sonstiges“

Einer der Quellsektoren im Rahmen der internationalen Treibhausgas-Inventarisierung nach der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) ist der Bereich „Abfall und Sonstiges“ (Sektor 5). Um eine Doppelberichterstattung zu vermeiden, werden in dem Sektor 5 nur direkte, nicht-energetische Emissionen der Abfallwirtschaft aus Abfalldeponien, der mechanisch-biologischen Behandlung, der Kompostierung und der Abwasserbehandlung erfasst.

Innerhalb dieses Sektors hat im Jahr 2022 die Abfalldeponierung mit 55,2 % der Emissionen den größten Anteil an den Emissionen. Der Anteil der mechanisch-biologischen Behandlung liegt bei 22,6 %, die Abwasserbehandlung bei 21,4 %., die „übrigen Emissionen“ spielen mit einem Anteil von 0,7 % keine nennenswerte Rolle.[110]

(110) Umweltbundesamt: Emissionsübersichten, ebenda.

Emissionsminderungen, die beispielsweise beim Transport von Abfällen oder bei der energetischen Verwertung von Abfällen entstehen, werden beispielsweise den CRF-Sektoren 1.A.3 „Transport“ oder 1.A.1.a. „öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung“ gutgeschrieben. Die Effekte eines geringeren Primärrohstoffverbrauchs durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen werden überwiegend den unterschiedlichen Branchen im Industrie-Sektor 2 angerechnet (hier insbesondere der Metallproduktion und der chemischen Industrie).

Im Vergleich zu allen übrigen Quellsektoren konnten die THG-Emissionen seit 1990 im CRF-Sektor 5 am stärksten reduziert werden. Die Emissionen sanken in Deutschland von rund 41,2 Mio. t CO_2e im Jahr 1990 auf 4,3 Mio. t CO_2e im Jahr 2022 (= rund -90 %). Im Jahr 1990 betrug der Anteil des Sektors 5 an den Gesamtemissionen 3,3 %, durch den starken Rückgang der Gesamtemissionen des Sektors reduzierte sich dieser Anteil bis zum Jahr 2022 auf 0,6 %. An der gesamten Emissionsminderung in Deutschland von 506 Millionen Tonnen CO_2e-Emissionen hat der vergleichsweise kleine Sektor Abfallwirtschaft einen Anteil von immerhin 7,3 %.

Die deutliche Reduzierung der Treibhausgase im Bereich des Sektors 5 „Abfall und Sonstiges“ ist fast ausschließlich auf das Verbot zur Ablagerung von unvorbehandelten Abfällen auf den Deponien zurückzuführen, welches in der Folge die Freisetzung von Methan aus den Abfalldeponien deutlich reduziert hat. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, mit weiteren klimarelevanten Effekten ist durch die zurückgehende Ausgasung und Erfassung der Deponiegase zu rechnen. Die im Rahmen des Klimaschutzgesetzes erfolgte freiwillige Selbstverpflichtung der Deponiebetreiber zur zusätzlichen Reduzierung der Emissionen an CO_2e wird bis zum Jahr 2028 zu einer weiteren Reduzierung der Emissionen in Höhe von etwa 1,0 Millionen Tonnen führen. Damit ist es sehr wahrscheinlich, dass der Sektor 5 das Ziel von 4 Millionen Tonnen CO_2e im Jahr 2030 aller Voraussicht nach unterschreiten kann.

Die künftigen Emissionen der Abfallwirtschaft werden durch fortschrittliche Technologien, strengere Umweltauflagen und vermehrte Anstrengungen in Richtung Kreislaufwirtschaft voraussichtlich kontinuierlich abnehmen, wodurch die Branche einen positiven Beitrag zur Reduzierung der Umweltbelastung leistet.

ChatGTP

Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland seit 1990 nach Sektoren

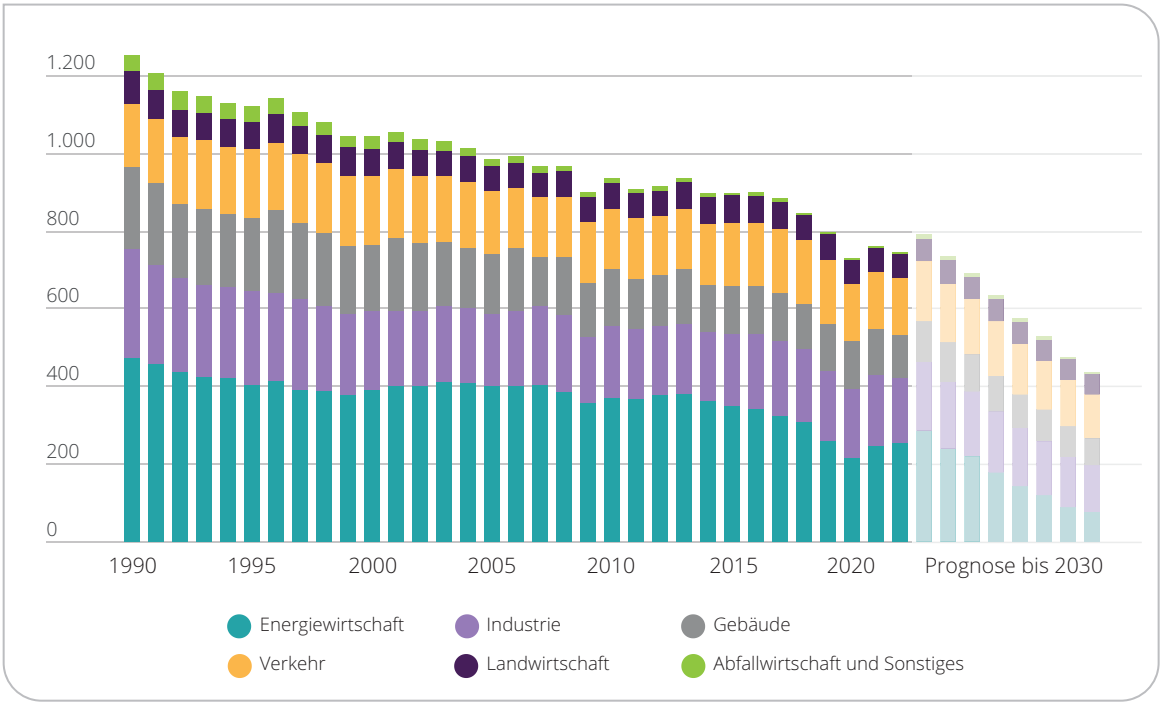


Abb. 94, Quelle: Umweltbundesamt: Emissionsüber sichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. Dessau, März 2023.

Entwicklung der THG-Emissionen im Sektor 5 seit 1990

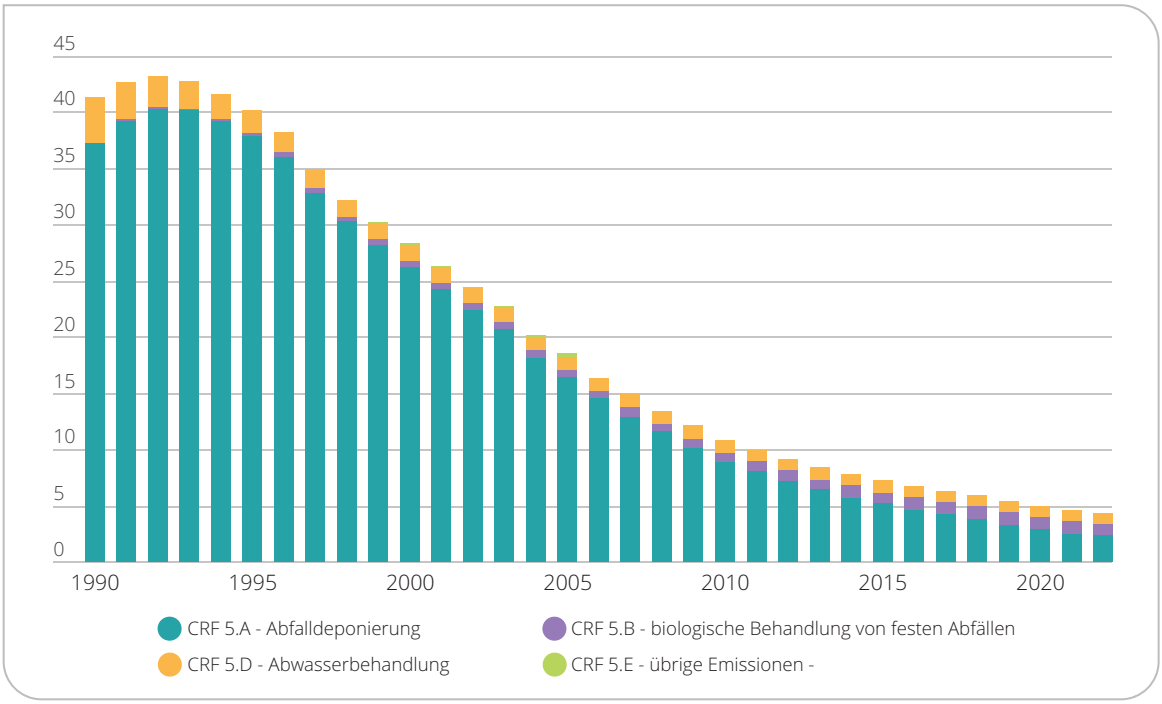


Abb. 95, Quelle: Umweltbundesamt: Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes. Dessau, März 2023.

4.5.4 CO_2e-Vermeidungspotenziale auf allen Stufen der Wertschöpfung

Die Kreislaufwirtschaft besteht aus mehreren Wertschöpfungsstufen, angefangen bei der Erfassung der Abfälle über die Sammlung und den Transport, die mechanische (mechanisch-biologische, mechanisch-physikalische) und chemisch-physikalische (Vor-) Behandlung bis hin zur stofflichen und energetischen Verwertung, der thermische Beseitigung und Deponierung von nicht mehr verwertbaren Abfällen. Für eine systemische Betrachtung der CO_2e-Minderungspotenziale nach Wertschöpfungsstufen[111] hat sich eine Gliederung in die folgenden Bereiche als sinnvoll erwiesen:

- Sammlung und Transport
- Sortierung und Aufbereitung
- Stoffliche Verwertung
- Energetische Verwertung
- Beseitigung bzw. Deponierung

Bevor Abfälle und Wertstoffe behandelt und recycelt werden können, müssen sie von den Entstehungsorten zu den Sortier- und Verwertungsanlagen gelangen. Dahinter stehen umfassende Logistikprozesse und -dienstleistungen für die Sammlung und den Transport von Abfällen und getrennt erfassten Wertstoffen aus privaten Haushalten, dem Gewerbe und der Industrie. CO_2-Emissionen entstehen durch den Aufwand für die Erfassung und den anschließenden Transport zu den Sortieranlagen und den Anlagen zur stofflichen und energetischen Verwertung der Abfälle und Wertstoffe. Für den Transport von Abfällen laufen derzeit in vielen kommunalen und privaten Unternehmen Pilotprojekte für den Einsatz von batterie- und neuerdings auch wasserstoffbetriebenen Sammelfahrzeugen. Zusätzlich wird der Einsatz von Treibstoffen auf der Basis von Biomasse an vielen Orten bereits erprobt und umgesetzt.

(111) hvgl. hierzu und zu den nachfolgenden Ausführungen: Prognos AG / ifeu / IREE / Öko-Institut: Klimaschutzpotenziale der Kreislaufwirtschaft. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin, in Arbeit

Glas in der Sortierung, Quelle: Reiling

Das Ziel der Sortier- und Aufbereitungsanlagen ist es, die in den Abfällen enthaltenen Wertstoffe wieder in den Kreislauf zurückzuführen bzw. aus den nicht mehr verwertbaren Anteilen Ersatzbrennstoffe zu produzieren. Die in den Anlagen eingesetzten Technologien sind sehr unterschiedlich. In den vergangenen Jahren wurden zunehmend hochmoderne vollautomatische Sortieranlagen in Betrieb genommen. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau besitzt hierbei aufgrund langjähriger Erfahrungen europaweit die Technologieführerschaft. Mit Nahinfrarot-Technologien können die Anlagen unterschiedliche Materialarten erkennen, Kamerasysteme ermöglichen die Sortierung des jeweiligen Stoffstromes nach Form und Farbe, effiziente sensorgestützte Technologien leisten einen wertvollen Beitrag bei der Fremdkörperdetektion. So wird es möglich, immer sortenreinere Ausgangsmaterialien zu liefern und schadstoffbelastete Stoffe aus dem Wertstoffkreislauf auszuschleusen. Das erhöht die Mengen für die Sekundärrohstoffmärkte und damit die CO_2e-Reduktionsptenziale.

Aus Restabfällen, Sortierresten sowie Produktionsabfällen werden Ersatzbrennstoffe erzeugt und in Zement- und Kraftwerken eingesetzt. Altholz, das zu großen Teilen nicht für eine stoffliche Verwertung genutzt werden kann, wird in Biomassekraftwerken energetisch verwertet. Durch die energetische Verwertung der Restabfälle, Sortierreste und ansonsten nicht hochwertig stofflich verwertbaren Abfälle lassen sich in großem Maße Primärenergieträger ersetzen und damit CO_2e vermeiden. Zudem werden aus den in den TAB anfallenden Aschen Metalle zurückgewonnen, die wieder in den Metallkreislauf zurückgeführt werden. In Summe verfügt die energetische Verwertung von Abfällen noch über ein hohes Maß an weiterem CO_2e-Einsparungspotenzial. Neben den hier genannten Potenzialen der TAB und der Verwertung von Schlacke kommen bspw. noch Potenziale aus der energetischen Verwertung von Bioabfällen in Vergärungsanlagen hinzu. Auch diese zusätzlichen Potenziale sind bereits über die stoffstrombezogene Betrachtung erfasst.

Zuordnung der Beiträge der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz nach CRF-Sektoren

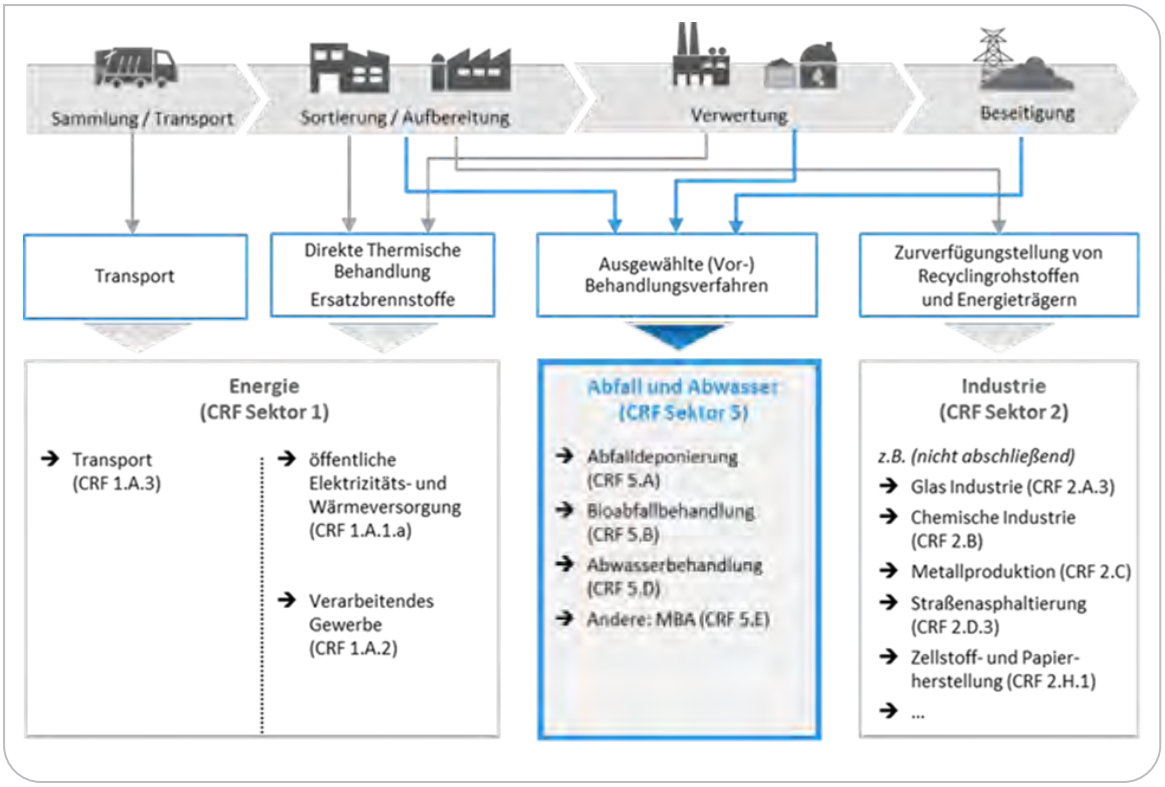


Abb. 96, Quelle: Prognos AG, eigene Darstellung

Das seit 2005 in Deutschland 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. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen, es ist durch die zurückgehende Gasbildung und die gleichzeitige Erfassung der Deponiegase in den nächsten Jahren mit einem Ende der CO_2e-Emissionen zu rechnen. Neben den Potenzialen durch eine weitere Ausgasung bzw. eine verbesserte Deponiebelüftung und Gaserfassung bieten die Deponieflächen auch Möglichkeiten für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen. Die Errichtung von Windrädern auf stillgelegten Deponieflächen wird auf Grund des überwiegend weichen Untergrundes nur vereinzelt möglich sein und zu keinen nennenswerten Potenzialen führen.

4.5.5 Die Leistungen der Kreislaufwirtschaft werden in verschiedenen Sektoren bilanziert

Die Struktur der nationalen Treibhausgasinventarisierung beschreibt die Leistungen der Kreislaufwirtschaft für den Klimaschutz nur unvollständig. Die Kreislaufwirtschaft agiert sektorübergreifend, das heißt, sie organisiert und verantwortet u. a. über die Zurverfügungstellung von Sekundärrohstoffen auch die Verminderung der Emissionen von CO_2e in anderen Sektoren, beispielsweise in der Industrie, der Landwirtschaft, im Verkehr oder der Energieerzeugung.

Verteilung der Potenziale auf die CRF-Sektoren

Von dem maximal erreichbaren Potenzial der stoffstrombezogenen Maßnahmen von rd. 45,6 Mio. t. CO_2e entfallen nach der Hochrechnung der BMWK-Studie etwa 36,8 Mio. t. CO_2e (81 %) auf drei Hauptsektoren, darunter

- rd. 19,5 Mio. t. CO_2e (= 43 %) auf den Sektor 2.C „Industrie: Metallproduktion“,
- rd. 9,1 Mio. t.CO_2e (= 20 %) auf den Sektor 2.B „Industrie: Chemische Industrie“ und
- rd. 8,3 Mio. t. CO_2e (= 18 %) auf den Sektor 2.A.1 „Industrie: Zementproduktion“.

Das verbleibende Einsparpotenzial von rd. 8,7 Mio. t CO_2e (= 19 %) verteilt sich in einer Größenordnung zwischen 1 % bis 5 % auf weitere CRF-Sektoren.

4.5.6 Beiträge der Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz – Ansatz einer Bilanzierung

Die Kreislaufwirtschaft verfügt, insbesondere als Teil einer umfassenderen Circular Economy, über erhebliche Potenziale zur CO_2e-Minderung. Dies resultiert nicht zuletzt aus der Tatsache, dass sämtliche Produkte des täglichen Lebens oder auch Bauwerke irgendwann am Ende ihres Lebenszyklus angekommen sind und ihre Bestandteile nach Möglichkeit wieder in die Kreisläufe zurückzuführen sind.

Um diese Potenziale zu heben, wurden in einer aktuellen Studie des BMWK[112] eine Vielzahl von Maßnahmen identifiziert und die möglichen Wirkungen abgeschätzt. Für die Wirkungsbereiche wurden die folgenden Kategorien definiert:

(112) Prognos/ifeu/IREES/Öko-Institut: Klimaschutzpotenziale der Kreislaufwirtschaft, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz; noch unveröffentlicht

Rahmensetzende Maßnahmen
Unter „rahmensetzende" Maßnahmen werden Maßnahmen verstanden, die darauf abzielen, den Kreislauf von Stoffströmen zu beeinflussen bzw. zu steuern. Dies beginnt beim Produktdesign, bedeutet aber auch, bestimmte emissionsintensive Produkte nicht entstehen zu lassen oder die Inverkehrbringung dieser Produkte zu minimieren bzw. diese zu substituieren. Zu dieser Ebene gehören auch Maßnahmen, die eine Steuerungswirkung auf das Konsum- bzw. Nutzungsverhalten (Sharing/Leasing), die Wiederverwendung von Produkten oder den Einsatz von Primär- und Sekundärrohstoffen (Abgaben) haben. Rahmensetzende Maßnahmen können wegen ihres teilweise sehr breit angelegten Einfluss- und/oder Regelungsbereiches gleichzeitig auch auf die Erfassung und Verwertung unterschiedlicher Stoffströme wirken. Der Wirkungsbereich der rahmensetzenden Maßnahmen endet, wenn ein Produkt seinen Lebenszyklus beendet.

Prozessbezogene Maßnahmen
Hier schließen die „prozessbezogenen" Maßnahmen an, die im Rahmen des operativen Recyclings von Wertstoffen (Erfassung bis zum Wiedereinsatz) zu THG-Minderungen führen können, wie beispielsweise die Festlegung von Sortierquoten. Diese Maßnahmen umfassen die Leistungserbringung in den „klassischen" Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft, wie Erfassung, Sammlung und Transport, die Sortierung, die stoffliche und energetische Verwertung sowie die Beseitigung von Schadstoffen und betrachten dabei auch die technischen Optimierungspotenziale. Prozessbezogene Maßnahmen ergänzen in ihrer Zielrichtung häufig die Wirkungen stoffstrombezogener Maßnahmen.

CO_2e-relevante Wertschöpfungsstufen in der Kreislaufwirtschaft

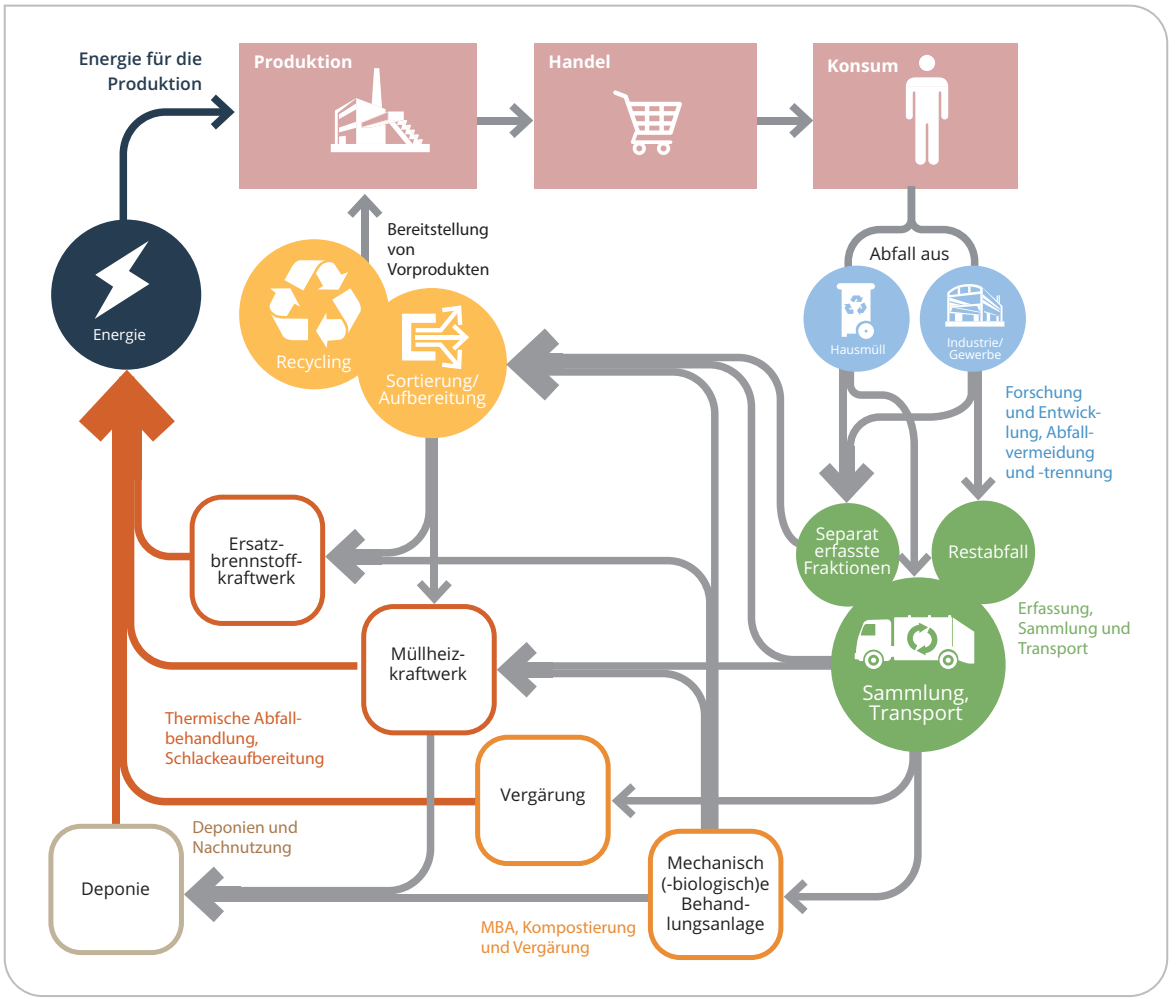


Abb. 97, Quelle: Prognos AG

Stoffstrombezogene Maßnahmen
Unter „stoffstrombezogenen" Maßnahmen werden Maßnahmen verstanden, die i. d. R. nur für die verbesserte Erfassung oder Verwertung eines Stoffstroms sorgen, beispielsweise die Bioabfallverordnung oder die Elektroaltgeräteverordnung. Um das Recycling und den Wiedereinsatz eines Stoffstroms unter THG-Gesichtspunkten zu optimieren, sind i. d. R. Maßnahmen aus allen Ebenen in jeweils unterschiedlichen (Wirkungs-)Anteilen notwendig.

Bilanzierung der aktuellen Beiträge der Kreislaufwirtschaft
Die Analyse der wichtigsten Stoffströme (u. a. Altholz, Bioabfälle, Metalle, Kunststoffe, LVP) in der Studie des BMWK zeigt, dass über die Verwertung dieser Fraktionen heute bereits eine jährliche Einsparung von rd. 60 Mio. t. CO_2e erfolgt. Zählt man hierzu die rd. 35 Mio. t. CO_2e, die aus der Schließung der Deponien für unvorbehandelte Siedlungsabfälle resultieren, sowie die rd. 7 Mio. t. CO_2e, die aktuell aus den Energie- und Recyclinggutschriften der TAB der ITAD-Anlagen entstehen, kann unter Berücksichtigung von weiteren, aber deutlich kleineren Potenzialen von einem Beitrag von etwa 100 Mio. t. CO_2e ausgegangen werden, den die Kreislaufwirtschaft im Vergleich zum Basisjahr 1990 jährlich zur Reduzierung der CO_2e-Emissonen in Deutschland liefert.

Schätzung der zusätzlichen Potenziale
Die *rahmensetzenden Maßnahmen* der Circular Economy betreffen den gesamten Lebenszyklus von Produkten und Grundstoffen sowie die Produktion in den vorgelagerten Prozessen. Bei den in dieser Studie des BMWK dargestellten rahmensetzenden Maßnahmen handelt es sich um eine Auswahl von Maßnahmen, für die in verschiedenen Studien Einsparpotenziale für CO_2e quantifiziert wurden. Die ausgewählten Maßnahmen werden drei verschiedenen Handlungsfeldern zugeordnet: Bau- und Wohnungswirtschaft, Verbraucher sowie Industrie und Gewerbe. Berücksichtigt man bei dieser Auswahl den Mittelwert der aufgeführten Maßnahmen sowie verschiedene Einsparpotenziale, die ebenfalls der Circular Economy[113] zugeordnet werden können, ergibt sich – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – ein Einsparpotenzial von mindestens 40 Mio. t CO_2e. Hinzu kommen noch weitere Einsparungen in Höhe von rund 6 Mio. t CO_2e, die aus Konsum- und Suffizienz basierten Maßnahmen resultieren, die aber überwiegend in anderen Ländern wirksam werden und Deutschland nur zu Teilen angerechnet werden können.[114]

Die Minderungspotenziale in den einzelnen Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft entstehen aus prozessbezogenen Betrachtungen und beziehen sich auf bestimmte, operative Leistungen, die im Rahmen der Kreislaufwirtschaft erbracht werden, beispielsweise die Sammlung und den Transport, die energetische Verwertung oder das Recycling von Schlacken. Diese Potenziale können aber weder vollständig noch redundanzfrei zu den stoffstrombezogenen Analysen berechnet werden. Nennenswerte Potenziale werden sich in der Zukunft in den Bereichen Sammlung und Transport durch emissionsfreie Antriebe, in der energetischen Verwertung durch CCU/S-Projekte (im Wesentlichen aber erst nach 2030), der Metallrückgewinnung aus Schlacken und der Errichtung von PV-Anlagen auf früher abfallwirtschaftlich genutzten Flächen erschließen lassen. Die in der BMWK-Studie beispielhaft dargestellten Maßnahmen und Projekte stehen für ein Emissionsminderungspotenzial von etwa rd. 5,0 Mio. t CO_2e/a.

Bis zum Jahr 2030 schätzen wir das stoffstrombezogene CO_2e-Minderungspotenzial, welches bei einer engagierten Umsetzung der vorhandenen und absehbaren Maßnahmen zusätzlich umsetzbar ist, auf rd. 15,6 Mio. t. CO_2e. Dieses Potenzial ließe sich in den dargestellten Maßnahmenbereichen auf bis zu rd. 45,6 Mio. t. CO_2e ausbauen, sofern eine konsequente Erfassung und Kreislaufführung aller recyclingfähigen Stoffstrommengen erfolgen würde. Die wesentlichen Potenziale ergeben sich hier aus einer verbesserten Erfassung und Verwertung von Fe- und NE-Metallen, von Bau- und Abbruchabfällen sowie von Kunststoffen.

Insgesamt lassen sich auf der Grundlage der Ergebnisse der BMWK-Studie die Beiträge

- der rahmensetzenden Maßnahmen mit rd. 40 Mio. t CO_2e, die
- der prozessbezogenen Maßnahmen mit rd. 5 Mio. t CO_2e und die
- der stoffstrombezogenen Maßnahmen auf rd. 15 Mio. bis 45 Mio. t CO_2e

an Einsparung beziffern. Die zusätzlichen Beiträge der Kreislaufwirtschaft können sich also bis zum Jahr 2030 auf rd. 60 Mio. t CO_2e bis zu rd. 90 Mio. t CO_2e belaufen. Diese Summe umfasst noch nicht alle denkbaren und möglichen Potenziale der Circular Economy und setzt auch eine hohe Bereitschaft der Akteure bei der Organisation und Realisierung der Maßnahmen sowie der Schaffung von Absatzmärkten für die Rezyklate voraus.

113 Öko-Institut, Fraunhofer ISI & FU Berlin (2023): Modell Deutschland Circular Economy: Modellierung und Folgenabschätzung einer Circular Economy in 9 Sektoren in Deutschland, im Auftrag des WWF, Freiburg

114 Öko-Institut, ebenda

4.5.7 Volkswirtschaftliche Kosten zur Erreichung der Klimaschutzziele

Das Ziel, Deutschland (bis 2045) und Europa bis zum Jahr 2050 weitgehend klimaneutral zu machen, stellt unsere Gesellschaft und unsere Wirtschaft vor große Herausforderungen. Nicht nur in vielen Wirtschafts- und Infrastrukturbereichen (wie in der Energieversorgung und im Verkehrsbereich) sind grundlegende Transformationsprozesse erforderlich, sondern auch innerhalb der Gesellschaft in Bezug auf das bestehende Konsum-, Verbrauchs- und Nutzungsverhalten. Transformationsprozesse in dieser Größenordnung sind für den Staat, die Wirtschaft und die Bürgerinnen und Bürger naturgemäß mit hohen Kosten verbunden. In diesem Zusammenhang sollte eigentlich erwartet werden, dass durch die Entscheidungsträger auf nationaler und internationaler Ebene zunächst analysiert wird, mit welchen Maßnahmen zu welchen Kosten der höchste Beitrag zur Zielerreichung geleistet werden kann. Anzustreben ist eine möglichst große und rasche Vermeidung bei möglichst geringen spezifischen Vermeidungskosten. Schritt für Schritt sind dann die Maßnahmen mit geringerer Auswirkung und höheren Vermeidungskosten vorzunehmen.

Eine solche Betrachtung wurde im Rahmen der Studie „Klimapfade für Deutschland“[115] im Auftrag des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI) im Jahr 2018 durchgeführt. Die Darstellung der Ergebnisse zeigt, dass etwa 80 Prozent der erforderlichen Maßnahmen in den Bereichen Energie, Industrie, Landwirtschaft und Gebäude positive direkte Vermeidungskosten haben – die emissionsminimierenden Maßnahmen kosten also mehr, als sie einsparen. Die teuersten Maßnahmen haben Vermeidungskosten von etwa 100 bis 135 Euro pro eingesparter Tonne CO_2e. Umgekehrt gibt es auch Maßnahmen mit negativen Vermeidungskosten, das bedeutet, die Kosten für die Emissionsminderung liegen niedriger als die erzielten Einsparungen.

Die zusätzliche Berechnung von beispielhaften Maßnahmen zur Vermeidung von CO_2e in unterschiedlichen Bereichen der Kreislaufwirtschaft (die nicht Gegenstand der Studie im Auftrag des BDI waren) zeigt, dass die Maßnahmen zur Intensivierung des Recyclings nur geringfügig von der Kostenneutralität abweichen. Der Einfluss der Wertstoffpreise auf den Betrieb der Anlagen ist zum Teil erheblich und könnte bei sehr starken Schwankungen gegebenenfalls auch

[115] Boston Consulting Group/ Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Untersuchung im Auftrag des BDI, Berlin 2018

Kosten von ausgewählten Maßnahmen zur Vermeidung von CO_2e in unterschiedlichen Sektoren
(€/t CO_2e)

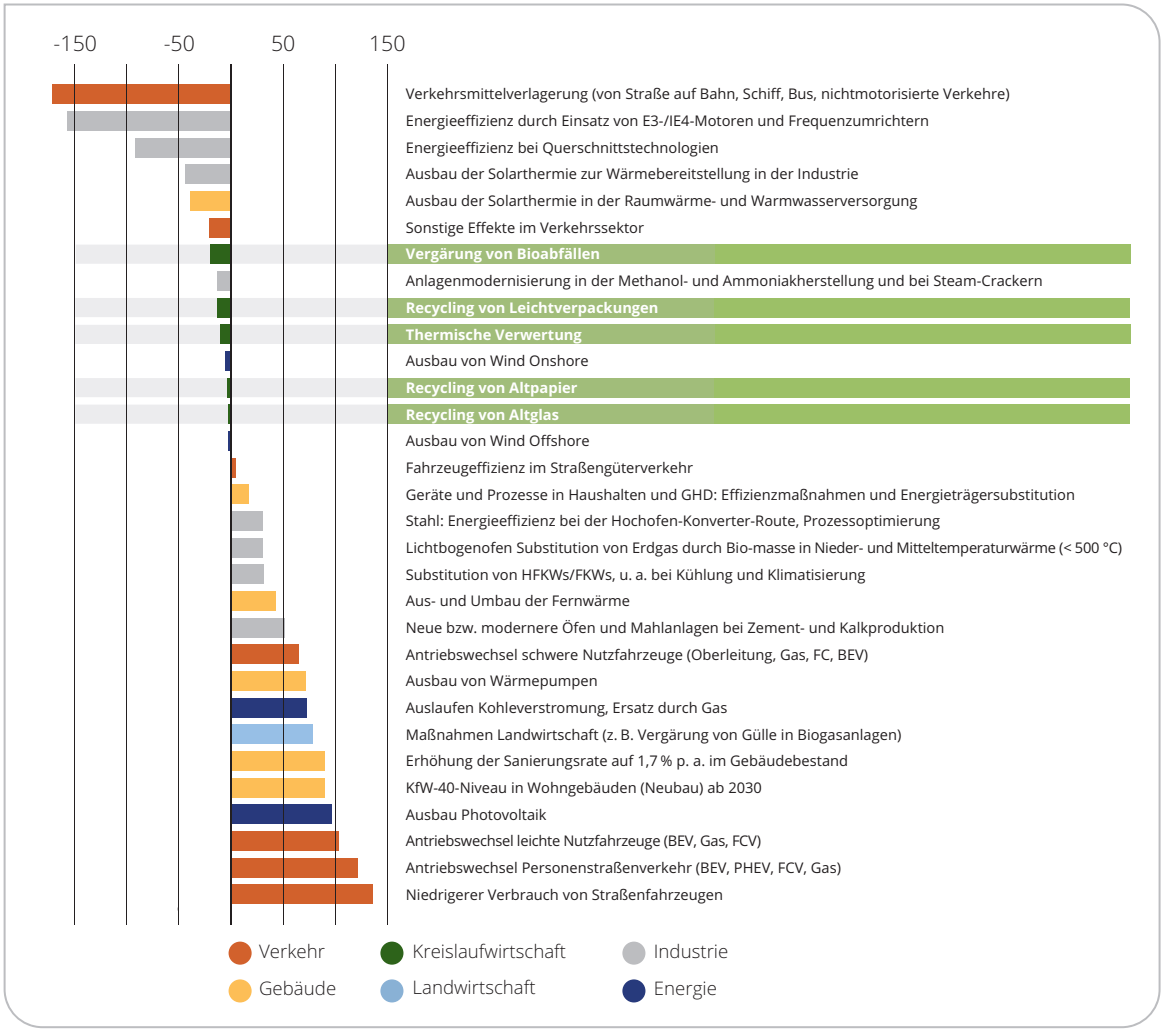


Abb. 98, Quelle: Eigene Darstellung nach: Boston Consulting Group / Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Untersuchung im Auftrag des BDI, Berlin 2018. Zusätzliche Berechnungen für die Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft: Prognos AG.

Transport von Grünabfall, Quelle: Stadtreinigung Hamburg

zu einer Veränderung der Vorzeichen führen. Grundsätzlich wird aber deutlich, dass die Kosten für die Minderung von CO_2e in der Kreislaufwirtschaft in der Regel niedriger liegen als die erzielten Einsparungen. Wichtig ist zudem, dass Maßnahmen in der Kreislaufwirtschaft sehr schnell umsetzbar sind.

Damit zählt die Kreislaufwirtschaft zu den Infrastrukturbereichen, in denen mit einem begrenzten Mitteleinsatz die größten Effekte zur Vermeidung an CO_2e erzielt werden können. Vor diesem Hintergrund sollte die Kreislaufwirtschaft wesentlich stärker als bisher in den Transformationsprozessen zur Erreichung der Klimaschutzziele berücksichtigt werden.

4.5.8 Klimaschutz in Europa

Für die Mitgliedsstaaten der EU wurde erstmalig im Jahr 2008 untersucht, welche Effekte durch eine Optimierung der Kreislaufwirtschaft für die Vermeidung an CO_2e zu erzielen gewesen wären.[116] Die Studie hat aufgezeigt, dass im Referenzjahr 2004 allein durch das Recycling sowie die stoffliche und energetische Verwertung der im Rahmen der Studie analysierten Stoffströme (ohne Haushaltsabfälle) insgesamt rund 206 Millionen Tonnen CO_2e hätten eingespart werden können. Die Beseitigung der Restabfälle aus Haushalten verursachte im Jahr 2004 noch eine Belastung von 114 Millionen Tonnen CO_2e, die hauptsächlich durch die Methanemissionen bei der Deponierung der Abfälle verursacht wurden.

Je stärker die Anteile des Recyclings in der europäischen Abfallwirtschaft wachsen, desto höher werden die Beiträge der Kreislaufwirtschaft auch für die Energieversorgung, die Energiewende und den Klimaschutz sein. Die wichtigste klimarelevante Maßnahme wird für viele europäische Staaten aber zunächst darin bestehen, die Deponierung von unvorbehandelten Siedlungsabfällen zu beenden und die Deponien nach dem Stand der Technik zu ertüchtigen, inklusive der energetischen Nutzung der Deponiegase.

116 Prognos / ifeu / INFU: Resource savings and CO_2 reduction potential in waste manage- ment in Europe and the possible contribution to the CO_2 reduction target in 2020; Studie im Auftrag eines Verbundes Europäischer Abfallverbände (BDSV, BRB, BRBS, BVSE, CEWEP, ERFO, ETRMA FIR, MRF, tecpol, VA), Oktober 2008.

Im Jahr 2018 hat die Deponierung von 10 relevanten Stoffströmen mit einem hohen Ressourcenpotenzial sowie von Restabfällen und Sortierresten (entspricht 19 % des Gesamtabfallaufkommens der EU) in Europa rd. 236 Mio. t CO_2e verursacht, dies entspricht rund 5 % bis 6 % der gesamten CO_2e-Emissionen der EU. Szenarien einer aktuellen Studie[117] zu den CO_2e-Emissionen der Europäischen Abfallwirtschaft haben ergeben, dass allein durch die konsequente Umsetzung der geltenden Zielvorgaben für Siedlungs- und Verpackungsabfälle und deren Anwendung auch auf Industrie- und Gewerbeabfälle bereits zu einer Einsparung von rund 150 Mio. t CO_2e führen würde.

(117) Prognos / CE Delft: CO2 reduction potential in European waste management. Studie im Auftrag der FEAD, CEWEP, RDF Industry Group and DWMA; 01/2022

Bei Annahme einer weiteren Steigerung des Recyclinganteils sowie des kompletten Verzichts auf die Deponierung nicht recyclingfähiger, aber thermisch verwertbarer Sortier- und Aufbereitungsreste würde sich die Einsparung auf rd. 296 Mio. t CO_2e erhöhen. Diese Berechnungen zeigen deutlich, über welchen Hebel die Europäische Klimapolitik mit der Kreislaufwirtschaft verfügt. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass mit einem Rückgang der deponierten Mengen gleichzeitig auch die zusätzliche Produktion von Sekundärrohstoffen verbunden sein wird.

Die Ergebnisse der Studie belegen, dass mit einer konsequenten Kreislaufwirtschaftspolitik in Europa bis zu 10 % der europäischen Reduktionsziele bis zum Jahr 2030 allein durch den Transformationsprozess zu einer Kreislaufwirtschaft erreicht werden können, wie ihn die bundesdeutsche Abfallwirtschaft zu diesem Zeitpunkt bereits weitgehend durchlaufen haben wird. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass im Bereich der Abfallwirtschaft der Schlüssel für eine nachhaltige Vermeidung von CO_2e in der zeitnahen europaweiten Beendigung der Deponierung unvorbehandelter Siedlungsabfälle kombiniert mit dem Ausbau des Recyclings und der energetischen Verwertung liegt bzw. liegen wird. Aus Sicht der deutschen Kreislaufwirtschaft ist es daher nach wie vor nur schwer nachzuvollziehen, dass für die EU bei der Umsetzung des „Green Deals“ dieses vergleichsweise einfach zu realisierende Vermeidungspotenzial durch die Schließung der Deponien nicht stärker im Fokus der Handlungsprioritäten liegt.

Die Kreislaufwirtschaft verfügt über vielfältige Möglichkeiten, in den unterschiedlichen Emissionssektoren zu einer Vermeidung von CO_2e beizutragen. Diese Möglichkeiten bzw. Maßnahmen zur Verbes--serung der stofflichen und energetischen Verwertung von Abfällen haben nicht nur positive Effekte für den Klimaschutz, sondern gleichzeitig auch für die Schonung der natürlichen Ressourcen und für die Unterstützung der Energiewende. Die Verbände der Kreislaufwirtschaft werden auch weiterhin durch eine Verbesserung der Kreislaufführung von Rohstoffen nachweislich dafür Sorge tragen, dass die Kreislaufwirtschaft ihren Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaziele leisten wird.

Veränderungen der Emissionen an CO_2e in der Abfallwirtschaft im Europäischen Vergleich (€/t CO_2e)

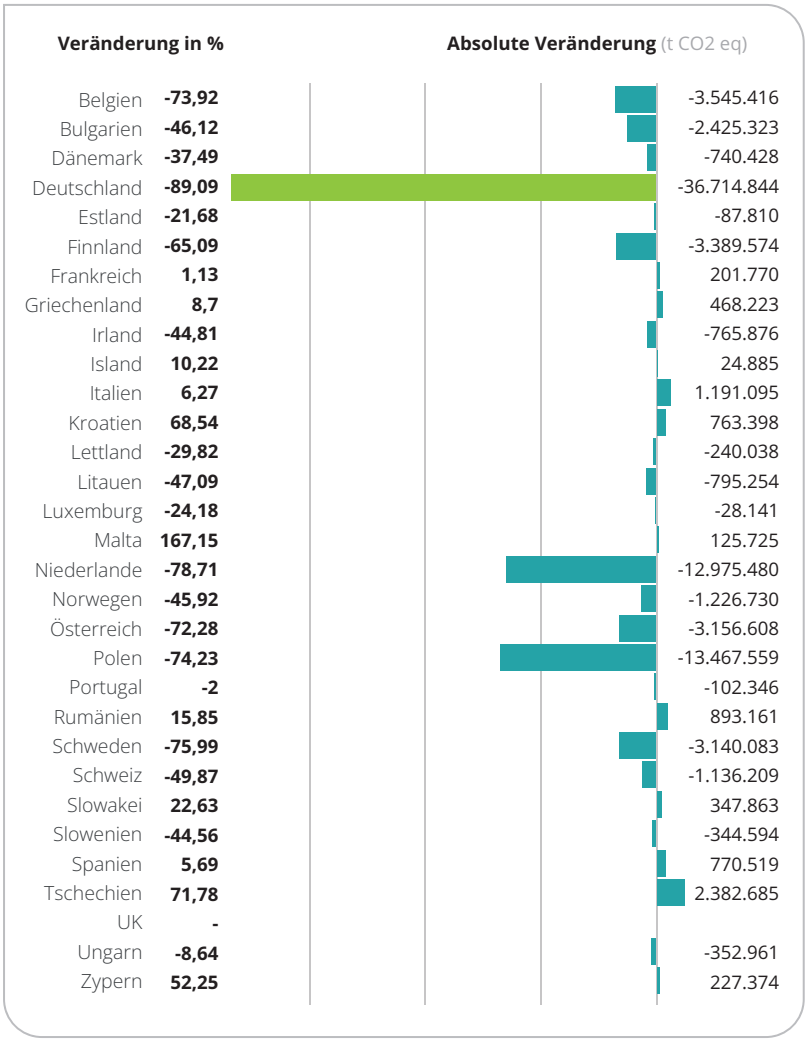


Abb. 99,Quelle: Eigene Darstellung nach: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA): EEA gren hous gas date viewer; https://www.eea.europa.eu/publications/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer

Höherer Klimanutzen durch den europäischen Klimasektor erfordert konsequentes Handeln

Ergebnisse der Studie „CO_2 reduction potential in European waste management im Auftrag der FEAD, CEWEP, RDF Industry Group and DWMA

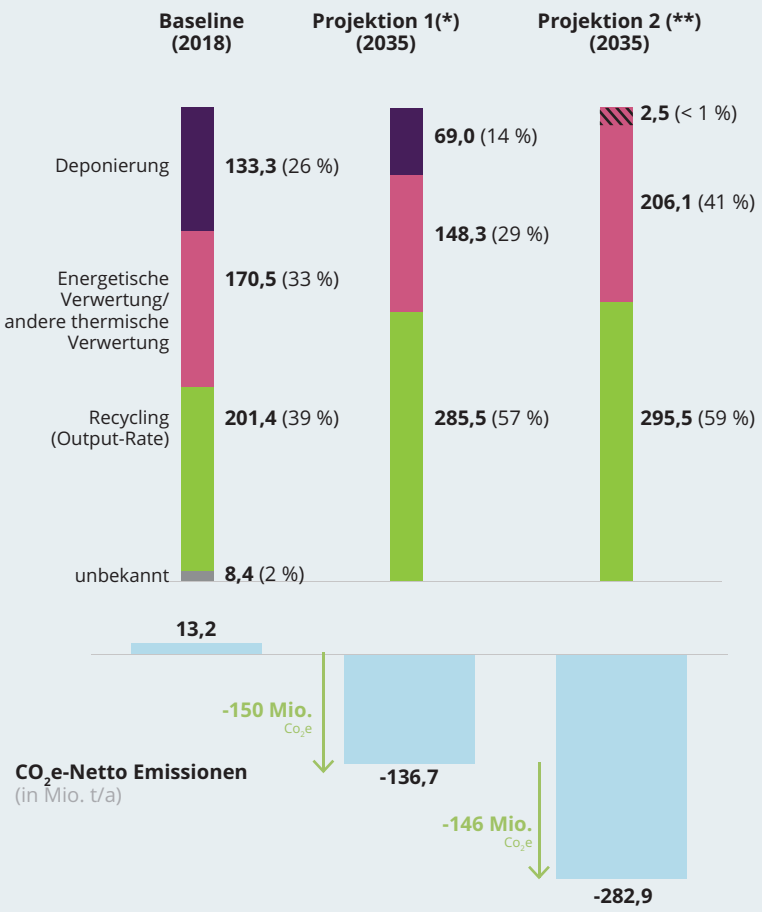
Das Europäische Klimaschutzgesetz 2021 setzt sich das Ziel, die Netto-Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um mindestens 55 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken. Bis 2050 soll die Klimaneutralität erreicht werden.

Es ist unbestritten, dass auch die Abfallwirtschaft heute bereits in Teilen einen wichtigen Beitrag zur im Green Deal festgelegten europäischen Klimaneutralität leistet. Schaut man innerhalb der EU allein auf ausgewählte Stoffströme mit einem hohen Ressourcenpotenzial wie Papier, Glas, Kunststoff, Eisenmetall, Aluminium, Holz, Textilien, Altreifen und Bioabfall, aber auch Sortierreste und Restabfälle aus privaten Haushalten, lag die Nettoentlastung aus stofflicher und energetischer Verwertung im Jahr 2018 bei 223 Millionen Tonnen. Das ist aber nur auf den ersten Blick ein gutes Ergebnis, denn im Vergleich dazu kompensiert der (immer noch) hohe Anteil der Deponierung in Europa mit einer Nettobelastung von 236 Millionen Tonnen CO_2e die Erfolge der stofflichen und energetischen Verwertung. Im Ergebnis ergibt sich eine Nettobelastung von 13 Millionen Tonnen CO_2e.

Allein durch die konsequente Umsetzung der aktuell geltenden Ziele für Siedlungsabfälle und ihre Ausweitung auf Industrie- und Gewerbeabfälle lässt sich bis 2035 ein jährliches Minderungspotenzial an CO_2-Emissionen in Höhe von 150 Millionen Tonnen CO_2e erschließen. Eine wichtige Voraussetzung ist hierbei die Reduzierung der Deponierung auf max. 10 %.

Über eine deutlich stärkere Kreislaufführung und vor allem die Reduzierung der Deponierung auf ein notwendiges Minimum, indem alle nicht recyclingfähigen, aber brennbaren Abfälle einer thermischen Verwertung zugeführt werden, kann in Europa bis 2035 eine jährliche Emissionsreduktion von 296 Mio. t CO_2e gegenüber dem Jahr 2018 erreicht werden.

Die CO_2e-Studie aus dem Jahr 2022 kommt zu dem abschließenden Fazit: „Für ehrgeizigere Prognosen müssen Abfälle, die sich für das Recycling und die energetische Verwertung eignen, von Deponien abgezogen werden. Die Abfallbewirtschaftung muss von den politischen Entscheidungsträgern/Gesetzgebern, der Industrie und jedem Verbraucher unterstützt werden – kurz gesagt, sie muss Teil einer echten Kreislaufwirtschaft werden.“



Die Balkendiagramme (von links nach rechts) zeigen eine Zunahme der Abfallmenge, die recycelt wird, während die Ablagerung auf Deponien deutlich reduziert wird. Dabei wurde die unbekannte Behandlung (ca. < 1 Mt CO_2e) in den Projektionen hilfsweise anteilig auf die innerhalb der EU + UK angenommenen Behandlungswege verteilt. Die Recyclingzahlen beziehen sich auf Output-Raten an den jeweiligen definierten Messpunkten. Die in den Balkendiagrammen angegebenen Prozentsätze spiegeln jedoch nicht die Erreichung der Recycling- und Deponieziele wider, da Restabfälle aus Sortierung und Recycling in den Zahlen ebenfalls berücksichtigt sind. In der unteren Grafik zeigen die Balken die äquivalenten Netto-CO_2e-Emissionen aus den Behandlungswegen.

* Minimales Recyclingziel von 65 % (nach Sortierung) und maximales Deponieziel von 10 % werden erreicht Es fallen jedoch nach dem Messpunkt des Recyclings weiter Sortier- und Recycling-Rückstande an. Daher erscheinen dieser Darstellung die Prozentsätze für das Recycling (Output-Rate) niedriger als 65 % und die Prozentsätze fur die Deponierung höher als 10 %.

** Da die statistische Kategorie „Sortierrückstände“ auch kleinere Mengen an Abfallarten enthalt, die moglicherweise nicht für eine energetische Verwertung/andere thermische Behandlung geeignet sind, wird eine Deponierung weiterhin erforderlich sein. Sie ist in der vorgelegten Berechnung nicht enthalten und nur indikativ ausgewiesen.

Abb.100, Quelle: Prognos / CE Delft (2022): CO_2 reduction potential in European waste management. Studie im Auftrag der FEAD, CEWEP, RDF Industry Group and DWMA

Europa braucht die 7. Ressource

Zu den sechs wichtigsten Ressourcen der Erde zählen Wasser, Luft, Öl, Gas, Kohle und mineralische Rohstoffe. Sie werden verbraucht und sind endlich. Vor diesem Hintergrund hat der Weltrecyclingverband im Jahr 2018 den Global Recycling Day[118] initiiert, der seither am 18. März 2023 begangen wird. Ziel ist es, das Recycling und den Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen stärker im öffentlichen Bewusstsein zu verankern und so das Recycling als siebente Ressource zu etablieren. Auch in Europa gibt es noch viel Potenzial, sparsamer mit den Ressourcen umzugehen und Abfälle stärker als Rohstoffquelle zu nutzen. Noch werden europaweit zu viel Abfälle erzeugt und zu wenig recycelt.

4.6.1 Abfallaufkommen in der EU

Auch in Europa gibt es noch viel Potenzial, sparsamer mit den Ressourcen umzugehen und Abfälle stärker als Rohstoffquelle zu nutzen. Noch werden zu viele Abfälle erzeugt und zu wenig recycelt!

In den 27 EU-Mitgliedsstaaten wurden im Jahr 2020 insgesamt 2,15 Milliarden Tonnen Abfälle erzeugt. Bezogen auf die Bevölkerung waren das im Mittel 4.813 Kilogramm pro Einwohner. Der Anteil der gefährlichen Abfälle lag bei 4 % bzw. 214 Kilogramm pro Einwohner. Ausgehend von einer durchschnittlichen Zuladung von 12 Tonnen könnten die aneinandergereihten Müllfahrzeuge allein mit den in den 27 europäischen Mitgliedsstaaten erzeugten Abfällen die Erde rund 36-mal umrunden.

Das Aufkommen variiert deutlich zwischen den Mitgliedsstaaten und spiegelt unter anderem das Wohlstandsgefälle, aber auch die spezifische Industriestruktur der jeweiligen Länder wider. So gehören beispielsweise Bulgarien und Estland zu den Mitgliedsstaaten mit dem mit Abstand höchsten Pro-Kopf-Abfallaufkommen, was auf einen sehr hohen Anteil von Abfällen aus dem Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden zurückzuführen ist. Estland weist zudem auch einen hohen Anteil von Abfällen aus der Energiegewinnung auf.

Rund 807 Millionen Tonnen (37 % des Gesamtaufkommens) entfielen im Jahr 2020 auf den Baubereich und rund 504 Millionen Tonnen (23 %) auf den Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden. Dabei handelt es sich zu einem sehr großen Teil um mineralische Abfälle. Vom verarbeitenden Gewerbe wurden rund 230 Millionen Tonnen (11 %) an Abfällen erzeugt. Bei der Erfassung und Behandlung von Abfällen fielen rund 203 Millionen Tonnen (9 %) an. Die privaten Haushalte trugen im Jahr 2020 mit rund 203 Millionen Tonnen (9 %) zum Gesamtabfallaufkommen der Mitgliedsstaaten bei. Die verbleibenden 206 Millionen Tonnen (nahezu 10 %) entfielen auf die verbleibenden Wirtschaftszweige (Land- und Forstwirtschaft, Energieversorgung, Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie den Dienstleistungsbereich).

Mit mehr als 1.500 Millionen Tonnen (70 %) weisen die mineralischen und verfestigten Abfälle den höchsten Anteil am Gesamtabfallaufkommen auf. Erst mit einem deutlichen Abstand folgen die gemischten Abfälle (260 Millionen Tonnen) – zu denen auch die kommunalen Restabfälle gehören – sowie wiederverwertbare Abfälle (216 Millionen Tonnen). Hierbei dominieren Eisen- und Stahlabfälle sowie Holz- und Papierabfälle. Der tatsächliche Anteil der wiederverwertbaren Abfälle ist jedoch um einiges höher. Da die Abfallstatistiken mehrheitlich nur die Mengen, die an Abfallbehandlungsanlagen geliefert werden, erfassen, fehlen Angaben zu Kreislaufmaterialien, privaten Entsorgungswegen (z. B. Eigenkompostierung) oder Direktanlieferungen beispielsweise an Stahlwerke und Papierfabriken.

Im Jahr 2020 wurden in den 27 EU-Mitgliedsstaaten laut Eurostat insgesamt 1,97 Milliarden Tonnen Abfälle behandelt. Der Anteil der Abfälle, die einem Recyclingverfahren zugeführt wurden, lag bei 40 % (786 Millionen Tonnen), wobei die tatsächlich recycelte Menge um Sortier- und Aufbereitungsreste zu reduzieren ist. Weitere 40 % (796 Millionen Tonnen) wurden deponiert bzw. einem sonstigen Beseitigungsverfahren unterzogen, 13 % (249 Millionen Tonnen) wurden z. B. in Gruben, Brüchen und Tagebauen verfüllt und 7 % (nahezu 139 Millionen Tonnen) thermisch behandelt, darunter mehrheitlich mit energetischer Rückgewinnung.[119]

Europaweit besteht damit noch ein erhebliches Potenzial für die Steigerung des Recyclings auf der einen und die Reduzierung der Deponierung auf der anderen Seite. Berücksichtigt man, dass wir in Europa im Jahr 2020 insgesamt 13,6 Tonnen pro Einwohner an Rohstoffen (2021: 14,1 Tonnen) verbraucht haben[120] wird die Bedeutung der siebenten Ressource Abfall umso deutlicher.

118 https://www.globalrecyclingday.com/, zuletzt geprüft am 12.04.2023.

119 Eurostat [ENV_WASTRT, Eurostat [ENV_WASGEN] und Eurostat [ENV_TRT], Eurostat [ENV_AC_MFA], Quellen gelten auch für vorangegangene Zahlen in diesem Kapitel

120 ebd.

4.6.2 Umsetzungsstand der Kreislaufwirtschaft in den EU-Mitgliedsstaaten

Die Mitgliedsstaaten sind verpflichtet, die Abfallpolitik und das Abfallrecht in nationales Recht umzusetzen. Erfolgt dies nicht oder nicht in ausreichendem Maße, hat die Kommission die Möglichkeit zunächst technische sowie Umsetzungsunterstützung anzubieten, letztendlich aber auch rechtliche Schritte einzuleiten. Der Umsetzungsstand wird regelmäßig im Rahmen des Environmental Implementation Review (EIR–Überprüfung der Umsetzung der Umweltvorschriften) überprüft.

Die Überprüfung der Umsetzung der Umweltpolitik 2022[121] fasst die Ergebnisse der Überprüfung im Bereich Kreislaufwirtschaft und Abfallbewirtschaftung wie folgt zusammen:

1. In den meisten Mitgliedsstaaten – mit Ausnahme von Ungarn, Kroatien, Malta und Slowakei - wurden nationale Strategien und Aktionspläne für die Kreislaufwirtschaft verabschiedet, weiter vorangetrieben oder zumindest angekündigt.

2. Bei der sogenannten Zirkularitätsrate (Circular material use rate) bestehen große Unterschiede zwischen den Mitgliedsstaaten. Sie ist insgesamt noch zu gering. Aktuell liegt die Zirkularitätsrate europaweit nur bei geringen durchschnittlich 11,7 % (2021).[122] Dass es möglich ist, die Potenziale noch stärker zu heben, zeigen beispielsweise die Niederlande mit einer Zirkularitätsrate von 33,8 %.

Bereits in den Frühwarnberichten 2018 wurde auf die Probleme bei der Umsetzung des für 2020 festgelegten 50 % Recyclingziels für Siedlungsabfälle hingewiesen. Dies wird im Frühwarnbericht 2023 wieder aufgegriffen.

In den 27 EU-Mitgliedstaaten wurden im Jahr 2021 insgesamt rund 237 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle in privaten Haushalten und gewerblichen Anfallstellen erzeugt. Im Durchschnitt aller EU-Mitgliedsstaaten wurde im Jahr 2021 das 50 % Recyclingziel knapp erreicht, denn rund 31 % aller Siedlungsabfälle wurden einem (stofflichen) Recyclingverfahren zugeführt bzw. zur Wiederverwendung vorbereitet und weitere rund 19 % kompostiert bzw. vergoren. Bei der Einzelbetrachtung der Mitgliedsstaaten zeigt sich jedoch, dass 19 Mitgliedsstaaten dieses Ziel noch nicht erreicht haben. Die Quote sagt allerdings auch bei formaler Zielerreichung noch nichts über den tatsächlichen Anteil des Recyclings aus, da es sich hierbei um eine Input-orientierte Berechnungsmethodik handelt und Sortier- und Aufbereitungsverluste zu berücksichtigen sind. Dies erfolgt mit der Novellierung der Abfallrahmenrichtlinie und dem neuen 65 % Output-basierten Recyclingziel. Abfallvermeidung bleibt in allen Mitgliedsstaaten eine große Herausforderung. Das betrifft auch Länder mit einer bereits hohen Recyclingquote.

Der einwohnerspezifische Mittelwert des Siedlungsabfallaufkommens lag bei 530 Kilogramm je Einwohner, wobei die Bandbreite innerhalb der Mitgliedsstaaten zwischen 302 kg in Rumänien und 834 kg in Österreich stark variiert.[123] Ursächlich hierfür sind nicht allein das Wohlstandsgefälle in der EU und das damit verbundene Konsumverhalten der Bevölkerung, sondern auch unterschiedliche Definitionen von „Siedlungsabfällen".

3. In Bezug auf die Bewirtschaftung von Deponien (Schließung illegaler Deponien, Sanierung und Behandlung von Abfällen vor der Deponierung) wurden Fortschritte gemacht, dennoch von vielen Mitgliedsstaaten die grundlegenden Verpflichtungen noch nicht eingehalten.

Im Durchschnitt der EU-Mitgliedsstaaten wurden rund 23 % der Siedlungsabfälle immer noch auf Deponien abgelagert. Auf den ersten Blick sind in den vergangenen Jahren bereits deutliche Erfolge bei der Abkehr von der Deponierung erzielt worden: Im Jahr 2000 wurden noch rund 57 % der Siedlungsabfälle deponiert, 2005 waren es rund 52 %, weitere fünf Jahre später lag der Anteil deponierter Siedlungsabfälle bereits bei rund 38 % und im Jahr 2015 „nur" noch bei rund 27 %.

Der erzielte Rückgang verteilt sich jedoch nicht gleichmäßig über alle EU-Mitgliedsstaaten. Während beispielsweise Litauen, Estland oder Slowenien ihren Anteil deponierter Siedlungsabfälle im Jahr 2000 von 100 %, 98 % bzw. 93 % bis zum Jahr 2018 auf 16 %, 20 % bzw. 8 % reduziert haben, beträgt der Anteil der deponierten Mengen in anderen Ländern wie Rumänien und Malta immer noch über 80 %. Insgesamt haben sieben Mitgliedsstaaten noch einen Anteil an deponierten Siedlungsabfällen von mehr als 50 %. Sie müssen die Geschwindigkeit bei der Veränderung der Verwertung von Siedlungsabfällen deutlich erhöhen, um trotz der möglichen Fristverlängerung bis zum Jahr 2040 das 10 % Ziel erreichen zu können. Das Ziel des EU-Kreislaufwirtschaftspaketes, den Anteil deponierter Siedlungsabfälle bis 2035 auf unter 10 % zu reduzieren, haben neun Mitgliedsstaaten bereits erreicht. Hierzu zählen neben den skandinavischen Ländern Dänemark, Schweden und Finnland auch die Beneluxstaaten Niederlande, Belgien und Luxemburg sowie Deutschland, Österreich und Slowenien.

Aktuell werden 16 Vertragsverletzungsverfahren gegen zwölf Mitgliedstaaten (Bulgarien, Zypern, Griechenland, Spanien, Italien, Kroatien, Polen, Rumänien, Slowenien, Slowakei, Tschechien und Portugal) wegen Nichteinhaltung der Abfalldeponierichtlinie geführt.

121 https://www.globalrecyclingday.com/. zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

122 Eurostat [ENV_AC_CUR]

123 Eurostat [ENV_WASMUN]

Zirkularitätsrate in der EU 2021

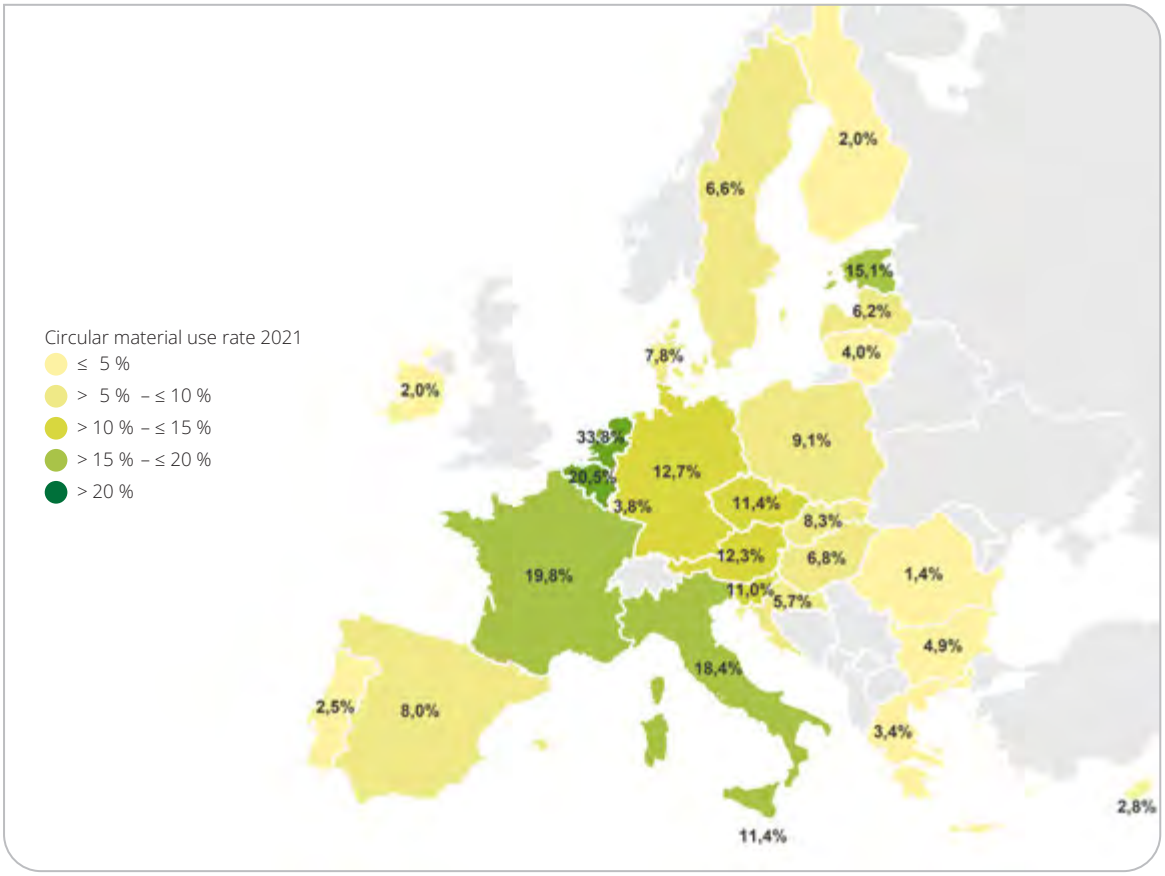


Abb. 101,Quelle: European Environment Agency: Circular material use rate in Europe; 2023.

Insgesamt laufen aktuell 82 Vertragsverletzungsverfahren im Bereich Abfallwirtschaft, darunter 35 wegen mangelhafter Umsetzung europäischer Rechtsakte.[124]

Herausforderungen des Monitorings

Für das Monitoring der Fortschritte beim Übergang zur Circular Economy werden eine Vielzahl von Indikatoren genutzt, die sich in die vier Hauptbereiche Produktion und Verbrauch, Abfallwirtschaft, Einsatz von Sekundärrohstoffen sowie Wettbewerb und Innovationen unterteilen lassen.[125] In diesen Bereichen werden von Eurostat entsprechende statistische Daten zur Verfügung gestellt.

Sie bilden eine erste Grundlage für die Bewertung, sind jedoch sowohl in Bezug auf die Qualität und Nachvollziehbarkeit, Vergleichbarkeit als auch Transparenz noch nicht ausreichend. Um beispielsweise den Fortschritt beim Recycling in Europa zu vergleichen, müssten die Entsorgungswege für die im Land erzeugten Abfälle nachvollziehbar sein. Das ist über die bestehenden Daten zu den erzeugten und im jeweiligen Land behandelten Abfälle nicht bzw. nur teilweise möglich, denn die Summe der im Land behandelten Abfälle bezieht sich nicht auf die im Land erzeugten Abfälle, sondern setzt sich aus den im eigenen Land erzeugten und im Land behandelten Abfälle minus Exporte plus Importe zusammen. In den Import- und Exportstatistiken, die im Rahmen eines gemeinsamen Fragebogens über das Basler Übereinkommen erfasst werden, werden nur die notifizierungspflichtigen Abfälle erfasst. Daten zu nicht notifizierungspflichtigen Abfällen lassen sich zwar in gewissem Umfang über die Außenhandelsstatistiken ermitteln, unterliegen jedoch insbesondere bei kleineren Mengen dem Datenschutz bzw. sind hoch aggregiert. Weiterhin kommt bei der Bewertung erschwerend hinzu, dass nicht alle Behandlungsverfahren[126] in die Berichtspflicht aufgenommen wurden.

Auch die Angleichung der Definitionen geht nur langsam voran, beispielsweise bei Siedlungsabfällen. Die Methoden der Datenerhebung reichen von Stichproben und Hochrechnungen bis hin zu Vollerhebungen. Zwar wurden die Methoden zur Berechnung der Output-basierten Recyclingquoten angeglichen, dennoch verbleiben die vier Methoden für die Berechnung der Zielvorgaben für Siedlungsabfälle weiterhin in Kraft[127].

Eine große Herausforderung bleiben die Schnittstellen zu allen (Teil-)Prozessen der Circular Economy, vom recyclingfähigen Produktdesign über die recyclingfreundliche Produktion, dem Verhalten der Konsumentinnen und Konsumenten bis hin zu dem Wiedereinsatz von Recyclingrohstoffen im Wirtschaftskreislauf.

124 https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzZiNDEzYjktYjM-2ZS00MTIxLWIzY2MtNzFlYWQ5Nz-JlZDVhliwidCI6ImlyNGM4YjA2L-TUyMmMtNDZmZS05MDgwLT-cwOTI2ZjhkZGRiMSIsImMiOjh9. zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

125 https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy. zuletzt geprüft am:12.04.2023.

126 Gemäß „Handbuch zur Abfallstatistik" sind die als vorbereitende Maßnahmen definierten Verfahren D8, D9, D13, D14, D15, R12 und R13 von der Berichtspflicht ausgenommen. Ebenfalls nicht enthalten sind die Beseitigungsverfahren D11 – Verbrennung auf See, da diese Behandlung nach internationalen Übereinkünften verboten ist. Quelle: Handbuch zur Abfallstatistik - Handbuch zur Datenerhebung über Abfallaufkommen und -behandlung - Ausgabe 2013. zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

127 Anhang 1 des Beschlusses der Kommission vom 18.11.2011, zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

4.6.3 Abfallpolitische Zielsetzungen der EU

Die EU-Abfallpolitik hat die Potenziale erkannt und die Transformation der europäischen Abfallwirtschaft in den Schlüsselbereich des europäischen Ressourcenschutzes als ein wichtiges Ziel der Europäischen Kommission, des Rates und auch des EU-Parlamentes definiert. Hier besteht das Ziel darin, die Abfallpolitik stärker mit der Produkt- und Ressourcenpolitik in Einklang zu bringen.

Dabei kann Europa an eine lange Tradition in der Abfallpolitik anknüpfen. Lag der Schwerpunkt in den Anfangsjahren eher auf einer Abfallbewirtschaftung zur Reduzierung der Umweltbelastungen, begann die Politik auf der EU-Ebene zu Beginn dieses Jahrhunderts, die positive Seite des Abfalls als wichtiger Rohstoff- und Energielieferant stärker in den Mittelpunkt ihrer Abfallpolitik zu stellen.

Das erste Paket zur Kreislaufwirtschaft wurde von der Kommission im Dezember 2015 verabschiedet. Dieses Paket enthielt neben Vorschlägen zur Änderung ausgewählter Rechtsakte wie der Abfallrahmenrichtlinie, der Deponierichtlinie, der Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle sowie der Richtlinien über Altfahrzeuge, über (Alt-)Batterien und (Alt-)Akkumulatoren sowie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte auch einen umfassenden Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft.

Im Jahr 2018 wurde mit dem zweiten Paket für die Kreislaufwirtschaft ein weiteres wichtiges Maßnahmenpaket[128] ergänzt. Dieses Paket enthält unter anderem die EU-Strategie für Kunststoffe, eine Mitteilung über die Optionen zur Regelung der Schnittstelle zwischen Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht, den Bericht über kritische Rohstoffe und einen Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft.

Der europäische Aktionsplan für die Circular Economy (2020) stellt die Notwendigkeit des Überganges zu einer auf Lebenszyklen basierenden „Kreislauf"-Wirtschaft in den Mittelpunkt des Handelns, wobei der Fokus insbesondere auf Siedlungsabfälle, Bau- und Abbruchabfälle sowie Elektro- und Elektronikaltgeräte gelegt wird.

Die Förderung einer effizienteren Ressourcennutzung durch den Übergang zu einer sauberen und kreislauforientierten Wirtschaft ist Bestandteil des am 11. Dezember 2019 vorgestellten europäischen Green Deal. Der damit verbundene Aktionsplan für eine Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) vom März 2020 setzt auf eine Änderung der Produktions- und Verbrauchsmuster. Die Kommission setzt dabei unter anderem auf konkrete Maßnahmen in Bereichen, die einen sehr hohen Ressourcenverbrauch bzw. ein sehr hohes Kreislaufpotenzial haben. So sollen unter anderem

- die Lebensdauer von Produkten verlängert (z. B. bei Elektro- und Elektronikgeräten),
- der Verpackungsverbrauch auf das notwendige Maß reduziert,
- die Wiederverwendung von Textilien gestärkt,
- der Anteil der Einwegprodukte insbesondere aus Kunststoffen deutlich reduziert,
- verbindliche Anforderungen an den Rezyklatanteil von Kunststoffen erlassen und
- das Kreislaufprinzip auch in der Baubranche stärker verankert werden.

Gleichzeitig gibt es weitere Maßnahmen, die auf die Reduzierung von Abfällen abzielen, wie z. B. das Verbot von Einwegkunststoffen. Leider zeigt sich die beabsichtigte Reduzierung von Abfällen hier noch nicht, denn viele kunststoffbasierte Einwegprodukte werden aktuell durch andere Materialien ersetzt mit teilweise negativen Auswirkungen für die Umwelt (höherer Materialeinsatz pro Produkt, geringere Recyclingfähigkeit), der Mehrweganteil ist noch viel zu gering und die Vielzahl der Mehrwegkonzepte nicht immer nutzerfreundlich. Mit der Initiative für nachhaltige Produkte, der ersten EU-Strategie für nachhaltige Textilien[68] sowie der Revision der Abfallrahmenrichtlinie mit Fokus Textilien wird die Umsetzung der im Aktionsplan angekündigten Maßnahmen vorangetrieben.

Verbindliche Quoten und Zielvorgaben auf europäischer Ebene setzen bereits einen hohen Standard, um die Abfallhierarchie konsequenter umzusetzen, d h. insbesondere bisher nicht genutzte Recyclingpotenziale zu realisieren, aber auch die Deponierung zu reduzieren.

Mit der novellierten Abfallrahmenrichtlinie wurde 2018 eine Recyclingquote von 55 % für Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2025 eingeführt, die schrittweise auf 60 % bis zum Jahr 2030 bzw. auf 65 % bis zum Jahr 2035 erhöht werden soll. Gleichzeitig wurde die Methodik von einer Inputbasierten in eine Outputbasierte Berechnung der Recyclingquote umgestellt, um sicherzustellen, dass nicht nur Mengen für ein potenzielles Recycling gesammelt werden, sondern auch tatsächlich einer Recyclinganlage zugeführt werden. Zudem ist die tatsächlich recycelte Menge geringer, da die getrennt erfassten Abfälle häufig verunreinigt sind bzw. als gemischte Materialien gesammelt werden, die eine weitere Behandlung erfordern.

In der aktualisierten Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte[129], die mit dem Elektrogesetz (ElektroG) auch in deutsches Recht umgesetzt wurde, werden sowohl Sammel- und Verwertungsquoten als auch Quoten für das Recycling und die Vorbereitung

(128) zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

(129) https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32012L0019. zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

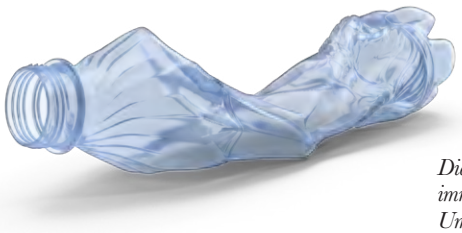
Recycling, Quelle: montiannoowong @istockphoto

(129) https://eur-lex.europa.eu/legal-co ntent/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32012L0019. zuletzt geprüft am: 12.04.2023.

zur Wiederverwendung vorgegeben. Ab 2019 beträgt die jährlich zu erreichende Mindestsammelquote 65 % des Durchschnittsgewichts der Elektro- und Elektronikgeräte, die in den drei Vorjahren im betreffenden Mitgliedsstaat in Verkehr gebracht wurden oder alternativ dazu 85 % der auf dem Hoheitsgebiet dieses Mitgliedstaats anfallenden Elektro- und Elektronik-Altgeräte. Von der jährlich gesammelten Altgeräte-Masse sind – in Abhängigkeit von der jeweiligen Gerätekategorie – zwischen 55 % und 80 % zur Wiederverwendung vorzubereiten bzw. zu recyceln.

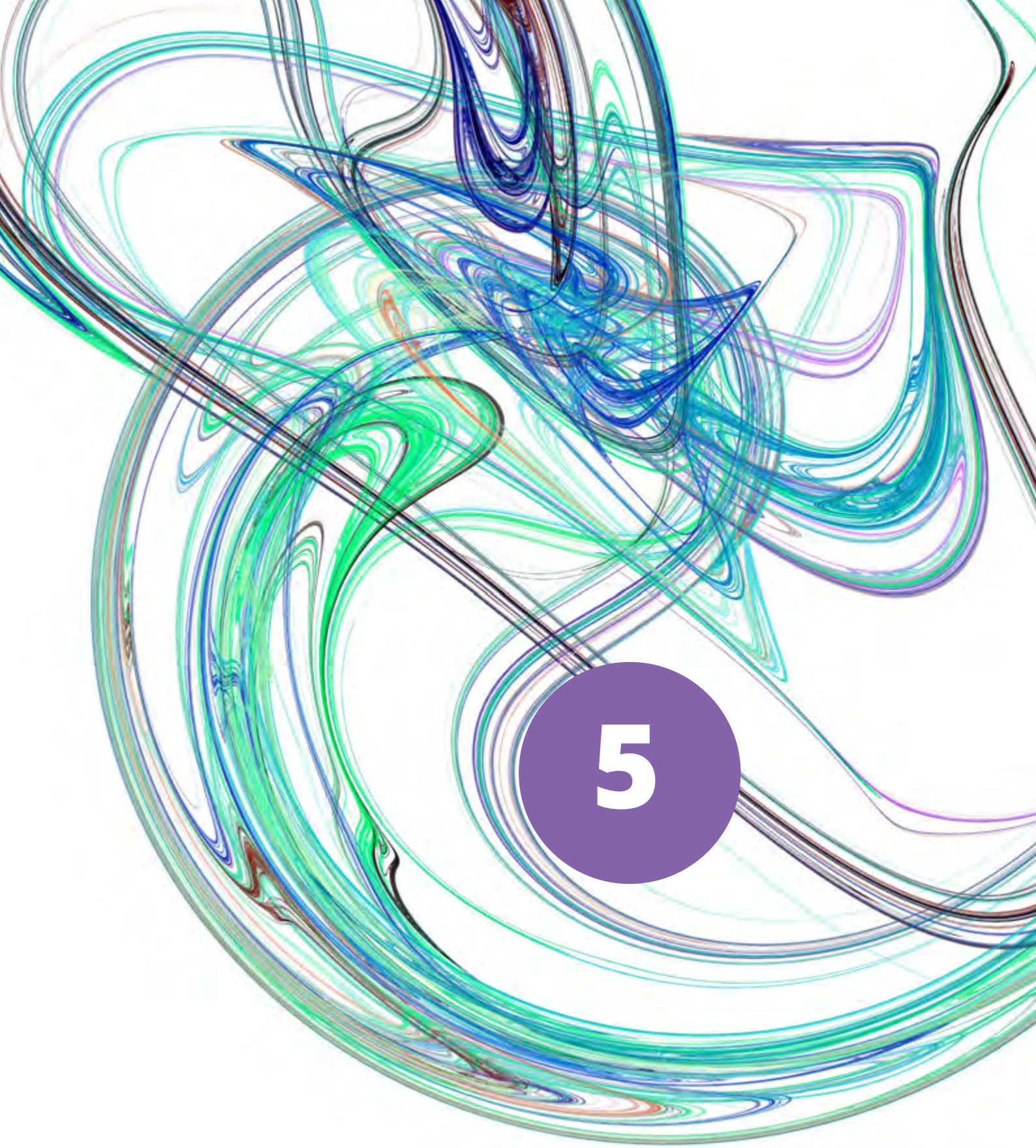
Ein weiteres zentrales Anliegen des Europäischen Abfallrechtes ist die Begrenzung der Deponierung von Siedlungsabfällen auf 10 % des Aufkommens bis zum Jahr 2035. Ferner wurde das Deponierungsverbot für getrennt gesammelte Abfälle erlassen sowie die verpflichtende Separaterfassung für Bioabfälle ab dem Jahr 2024 und für gefährliche Haushaltsabfälle, Textilien und Altöle ab dem Jahr 2025 festgeschrieben. Gestärkt werden soll damit u. a. das Prinzip der erweiterten Herstellerverantwortung. Insgesamt enthalten die EU-Abfallvorschriften mehr als 30 verbindliche Ziele für den Zeitraum 2015-2030.

Auf der Agenda der Europäischen Union stehen weitere Stoffströme, für welche die Regelungen angepasst werden sollen. Das betrifft beispielsweise Verpackungen, Batterien, Textilien, Altfahrzeuge, Schiffsrecycling, aber auch den mengenmäßig größten Abfallstrom – die Bau- und Abbruchabfälle sowie Regelungen zur Abfallverbringung. Andererseits finden aber die Potenziale in Abfällen aus Industrie und Gewerbe in den Regelungen auf europäischer Ebene noch keine umfassende Berücksichtigung, sondern sind allenfalls in einigen Sstoffstromspezifischen Regelungen implementiert.



Die Perspektiven des Recyclings sind vielversprechend, da immer fortschrittlichere Technologien und ein gesteigertes Umweltbewusstsein gemeinsam dazu beitragen, eine nachhaltige Zukunft zu formen, in der Ressourcen effizient genutzt, Abfall minimiert und der Kreislauf geschlossen wird."

ChatGTP



5

Ohne Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft kann es keine Circular Economy geben

Die Kreislaufwirtschaft ist heute ein wichtiger Bestandteil vieler gesellschaftlicher, politischer und wirtschaftlicher Entwicklungen mit dem Ziel einer zunehmenden Kreislaufführung aller Ressourcen. Sie soll als Teil der Daseinsvorgorge die Entsorgung der privaten Haushalte sowie von Industrie und Gewerbe sicherstellen sowie für die Sauberkeit und Hygiene der Städte sorgen. Ferner gilt es, die natürlichen Ressourcen zu schonen, die nationale Rohstoffversorgung zu sichern und gleichzeitig die Emissionen zu reduzieren, die zur Erwärmung des Klimas beitragen. Die Kreislaufwirtschaft unterstützt daher nicht nur die Energie- und Rohstoffwende, sondern auch die Transformation der linearen Wirtschaft in eine zirkuläre Wirtschaft. Durch kontinuierliche Innovationen, vor allem im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus, werden sichere Arbeitsplätze für unterschiedlichste Qualifikationen und Anforderungen generiert, wozu auch die Internationalisierung und Export von Know-how und Produkten beiträgt. Diese Leistungen unterscheiden die heutige Kreislaufwirtschaft wesentlich von der reinen Abfallbeseitigung der Vergangenheit.

In den letzten drei Jahrzehnten hat die Kreislaufwirtschaft sich stark gewandelt und viel erreicht. Viele Weichen sind, auch in der Rückschau, richtiggestellt worden: Das erste Abfallgesetz von 1986, die erste Verpackungsverordnung von 1990, die Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi) von 1993, das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1996 und die vielen untergesetzlichen Regelwerke, um nur die wichtigsten zu nennen. Dennoch stehen vor uns weitere große Herausforderungen, wie z. B. die Umsetzung und Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung, des Verpackungsgesetzes, die Umsetzung der Mantelverordnung oder die Phosphorrückgewinnung durch die Monoverbrennung von Klärschlämmen. Veränderungen in der Entwicklung der Kreislaufwirtschaft werden nicht mehr nur durch den Gesetzgeber initiiert, sondern auch durch gesellschaftliche Veränderungen: wie lebt, wohnt, arbeitet, konsumiert unsere Gesellschaft, wie entwickelt sich ihr Verhältnis zur Nutzung von Produkten und welches Service Level, nicht nur bei dem Einsatz von digitalen internetbasierten Dienstleistungen, wird von der Kreislaufwirtschaft erwartet. Auch hieraus ergeben sich immer wieder neue Anforderungen an die Verfahren und die Organisation der Kreislaufwirtschaft.

Die Kreislaufwirtschaft braucht die Akzeptanz der Bürgerinnen und Bürger

Um ein stoffliches Recycling zu ermöglichen, das wirklich marktfähige Produkte hervorbringt, ist neben vielen anderen Faktoren eine sortenreine Erfassung der Fraktionen an der Anfallstelle, sei es in den Haushalten oder in der Industrie und dem Gewerbe, die beste Voraussetzung. Dadurch kann die Kontamination mit Feuchtigkeit, Pilzen, Sporen und anderen Stör- und Schadstoffen gleich zu Beginn der Erfassung verhindert werden. Die Kontaminationen mit anderen Stoffen reduzieren den Wert der Fraktionen, so dass nachfolgend keine marktfähigen Produkte hergestellt werden können. Dazu bedarf es immer wieder einer Sensibilisierung und Information der Bevölkerung und der übrigen Abfallerzeuger in Industrie und Gewerbe, warum eine differenzierte Abfalltrennung wichtig ist. Die passenden Infrastrukturen müssen daher ebenfalls kontinuierlich weiterentwickelt und den Abfallerzeugern benutzerfreundlich und zu zumutbaren Preisen zur Verfügung gestellt bzw. angeboten werden.

Die Abfalltrennung gehört zu den wichtigsten Beiträgen, die private Haushalte in Deutschland nach eigener Einschätzung für den Umweltschutz und das Recycling leisten. Die Abfalltrennung hat in weiten Teilen der Bevölkerung einen hohen Stellenwert. Wenig Akzeptanz hingegen besteht oft für die Infrastruktur, die für die Kreislaufwirtschaft notwendig ist. Seien es die Wertstoff- oder Recyclinghöfe, die Betriebsstätten der Müllabfuhr oder von Containerdiensten, die Sortier-, Aufbereitungs- oder thermischen Anlagen oder die Deponien. Ohne kontinuierliche Nachrüstung, Erweiterung und Neuplanung von Betriebsstätten und Anlagen sind die wachsenden und notwendigen Aufgaben, die auf die Kreislaufwirtschaft zukommen, nicht zu bewältigen. Daher ist es wichtig, dass die Bürgerinnen und Bürger, die klageberechtigten NGO, aber auch die Politik und die Behörden, den Anliegen der Kreislaufwirtschaft unvoreingenommen gegenüberstehen.

Der Imagewandel von der Abfallbeseitigung hin zu notwendigen nachhaltigen Infrastrukturen ist eine ständige Herausforderung. Insbesondere sind Vorbehalte gegenüber der klassischen Entsorgungswirtschaft bei Behörden und NGO zu reduzieren.

Getrennthaltung in Industrie und Gewerbe – die GewAbfV

Dies betrifft nicht nur die privaten Haushalte, sondern auch die gewerbliche Wirtschaft. In der GewAbfV wurden speziell die gewerblichen Abfallerzeuger adressiert und zur Getrennthaltung von zahlreichen Fraktionen verpflichtet. Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft wurden zu einem bestimmten technischen Stand der Sortieranlagen und zu bestimmten Recyclingquoten verpflichtet. Im Rückblick erscheint es nun so, dass die Einwände der Branche im Rahmen der Anhörungen zur GewAbfV nicht unbegründet waren: Die GewAbfV berücksichtigt in der aktuellen Form weder die abfallwirtschaftliche Realität noch die betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge bei den Unternehmen. Weiterhin wird der mangelnde Vollzug der GewAbfV von vielen Verbänden kritisiert. Obwohl die Verordnung eindeutig die Abfallerzeuger adressiert, scheint sich der Vollzug und die Diskussion auf einzelne Akteure der Kreislaufwirtschaft zu konzentrieren.

Es gibt viele betriebliche Gründe, warum die Getrennterfassung der Fraktionen und das Recycling von marktfähigen Produkten aus dem Gewerbeabfall nicht so umgesetzt werden, wie der Gesetzgeber es sich vorstellt. Unstrittig ist, dass die Potenziale zum stofflichen Recycling zurzeit nicht ausgeschöpft werden und die Aufsichtsbehörden kaum zu intervenieren scheinen. Der Vollzug würde sich deutlich verbessern, wenn sich einerseits das Bewusstsein über die Getrennterfassung auch im gewerblichen Bereich durchsetzen würde und sich andererseits die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen in Gewerbe und Industrie deutlich erhöhen würde. Für Metalle, Holz, Mineralik, Glas, PPK oder sortenreine Kunststoffe und andere Produktionsabfälle gibt es funktionierende Märkte. Hierzu bedarf es keiner GewAbfV. Für kontaminierte oder gemischte Abfälle mit vielen Verbundmaterialien, die der Kreislaufwirtschaft überlassen werden, gibt es oft kaum Märkte. Hinzu kommt, dass die Sekundärrohstoffe mit den Sortier- und Vorbehandlungsverfahren gegenüber Primärrohstoffen häufig nicht wettbewerbsfähig sind, so dass die ther-

mische Verwertung aktuell die einzig verbleibende Alternative ist, die direkt fossile Primärrohstoffe substituiert und Metalle zurückgewinnt.

Personal, Arbeitsplätze und Systemrelevanz

Die Kreislaufwirtschaft ist aktuell mit rund 315.000 Beschäftigten in Deutschland einer der wichtigsten Arbeitgeber im Bereich der Umweltwirtschaft, mit einem weiterhin wachsenden Bedarf an Fachkräften mit unterschiedlichen Qualifikationen. Die Arbeitsplätze sind systemrelevant, weil die Entsorgungssicherheit für die privaten Haushalte, das Gewerbe und die Industrie zur Daseinsvorsorge zählt. Ohne eine kontinuierlich arbeitende Kreislaufwirtschaft, die die schadlose Entsorgung sicherstellt, kann unser Gemeinwesen nicht lange funktionieren. Daher sind die Arbeitsplätze konjunkturunabhängig und werden durch die zunehmende Technologisierung und Digitalisierung der Branche immer vielseitiger. Gleichwohl bietet die Kreislaufwirtschaft auch sinnstiftende und wertschöpfende Beschäftigungen für Menschen ohne Berufsqualifikation, für die es in anderen Branchen kaum noch Chancen gibt, an. Sowohl Unternehmen als auch Verbände der Kreislaufwirtschaft bieten den Beschäftigten zudem umfangreiche Möglichkeiten zur Weiterbildung. Die Strukturen entwickeln sich dynamisch: Zu den „klassischen" Unternehmen der Kreislaufwirtschaft kommen im Vergleich zu anderen technisch orientierten Branchen überdurchschnittlich viele Start-ups hinzu, die einen hohen Bezug zur Digitalisierung aufweisen und Treiber für neue Geschäftsmodelle sein können. Der allgemeine Fach- und Führungskräftemangel in Deutschland wird insbesondere die Kreislaufwirtschaft in den kommenden Jahren überproportional treffen, da viele Berufseinsteigerinnen und Berufseinsteiger der 1980er Jahre, als die Kreislaufwirtschaft der heutigen Form aufgebaut wurde, in den kommenden Jahren den Arbeitsmarkt altersbedingt verlassen werden.

Leistungsfähigkeit auch bei besonderen Ereignissen

Die Bedeutung der Kreislaufwirtschaft und der damit zusammenhängenden Arbeitsplätze ist während der Corona-Pandemie besonders deutlich in das Bewusstsein von Politik und Bevölkerung gelangt. Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland hat nicht nur während der gesamten Corona-Pandemie die Entsorgungssicherheit flächendeckend aufrechterhalten und damit eindrucksvoll die Systemrelevanz der Branche für Wirtschaft und Gesellschaft unter Beweis gestellt. Auch nach den größeren Überschwemmungen entlang der Elbe, des Rheins oder des Ahrtals haben sich sowohl das gesamte Krisenmanagement, die Öffentlichkeitsarbeit, die umfassenden Sicherheitsmaßnahmen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, als auch die organisatorischen Maßnahmen und das Engagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter als sehr erfolgreich und wichtig erwiesen. Angesichts der Auswirkungen des Klimawandels werden Extremwetterereignisse und deren Folgen künftig vermehrt erwartet und die Kreislaufwirtschaft fordern.

Was zahlen die Bürgerinnen und Bürger für ihre Entsorgung?

Der Betrieb, der Ausbau und der Unterhalt der Infrastruktur der Kreislaufwirtschaft erfordern fortlaufende Investitionen und die Refinanzierung der Kosten. Die Erwartungen an den Leistungsumfang und die Pflichten der Kreislaufwirtschaft sind sehr umfangreich und nehmen weiter zu: Es beginnt mit der Müllabfuhr, mit einem hohen Servicegrad und absoluter Zuverlässigkeit für die verschiedenen getrennten Sammlungen, die Straßen und Grünflächenreinigung, die Papierkorbbereitstellung und die Entsorgung, Wertstoff- und Recyclinghöfe, Gebrauchtwarenkaufhäuser, Sortierung und Behandlung der unterschiedlichen Fraktionen, Entsorgung von gefährlichen Abfällen, Transport, Verwertung und Vermarktung der Sekundärabfälle wie z. B. Ersatzbrennstoffe, Sortier- und Gärreste, Holz, Papier, Schrott, Kompost sowie die Energiegewinnung und Vermarktung von Bio- und Deponiegas, Erzeugung von Fernwärme und Elektrizität und nicht zuletzt auch die Abfallberatung u. v. m.

Die großen Kostenstellen für die Abfallgebühren bilden einmal die Sammlung und der Transport der Abfälle und zum anderen die Abfallbehandlung und Verwertung. Derzeit dürften beide Kostenblöcke ähnlich hoch sein. In Anbetracht des hohen Aufwandes für die Abfallentsorgung und insbesondere im Vergleich zu den sonstigen klassischen Ausgaben privater Haushalte liegen die durchschnittlichen Kosten der privaten Haushalte für die Abfallentsorgung bei etwa 12 bis 20 € je Haushalt und Monat bzw. im Mittel ca. 80 -100 € je Einwohner und Jahr. Regionale Besonderheiten können zwar zu Abweichungen von dieser Bandbreite führen, aber grundsätzlich liegt diese Größenordnung deutlich unter dem, was in der Öffentlichkeit gemeinhin vermutet wird.

Die kommunalen Abfallgebühren decken in erster Linie die Kosten für die Sammlung, den Transport und die Entsorgung insbesondere der Siedlungsabfälle, die dem örE überlassen werden. Obwohl die Erlöse für Papier, Holz, Schrott und Energie zum Teil erheblichen Schwankungen und Marktrisiken unterworfen sind, wird das Service Level und die Entsorgungssicherheit davon nicht beeinflusst.

Die Kosten für die Verwertung von Verpackungsabfällen (gelber Sack bzw. Behälter) hingegen werden über Lizenzentgelte gedeckt, die vom Hersteller für

jede einzelne Verpackung an die Dualen Systeme zu entrichten sind und die die Verbraucherinnen und Verbraucher bereits beim Kauf des Produktes/der Verpackung bezahlen. Über die Lizenzentgelte für die Verpackungen entfallen nach unseren Schätzungen auf jeden Haushalt noch einmal durchschnittlich rund 1,50 € pro Monat.

Die Circular Economy gibt die Richtung vor

Die Vision der Circular Economy orientiert sich an dem möglichst vollständigen Kreislauf von Produkten und Ressourcen mit dem Anspruch, minimale Rohstoff-, Nährstoff- und Wertverluste zuzulassen. Ziel ist es, über die Produktionsweise von Gütern und die Kreislaufführung von Ressourcen das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Die Zukunft der Kreislaufwirtschaft liegt in der Einbindung in die mit der Circular Economy verbundene, weitaus umfassendere Vision der Ressourcenschonung, der Schließung von Produktkreisläufen und eines nachhaltigen Verbraucherverhaltens.

Gleichwohl lässt sich unser Wertschöpfungssystem noch nachhaltiger optimieren. Der Fokus der Politik, der Unternehmen und der Branche ist primär auf die Schließung der Produktkreisläufe gerichtet. Design for Recycling, Reparaturfähigkeit und Recht auf Reparatur, Wiederverwendung, Leasing und Sharing benötigen nicht nur eine Veränderung der gesellschaftlichen Wertvorstellungen, sondern auch die interne Breitschaft oder den externen Druck auf Handel und Industrie, die lineare Produktions- und Vertriebsstruktur zu Gunsten neuer Geschäftsmodelle zu verändern. Dies wird nachfolgend auch die Abfallmengen sowie deren Zusammensetzung und Verteilung auf die Abfallstellen verändern.

Zu den Maßnahmen, das Recycling weiter zu fördern, gehört die Schaffung von Anreizen und die Beseitigung von Hemmnissen durch den Gesetzgeber, aber auch Sanktionen. Zu den Ansätzen, wie die Zielsetzungen der Circular Economy besser erreicht werden können, gehört auch die Berechnung der sogenannten „Recyclingquote für Siedlungsabfälle“, wie sie durch das aktuelle EU-Kreislaufwirtschaftspaket vorgegeben wird. Für die Berechnung sind nach wie vor noch vier unterschiedliche Berechnungswege zulässig. Mit der Umstellung von der Eingangs- auf die Ausgangsverwiegung der ersten Behandlungsstufe wurde ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung unternommen. Als konsequente Weiterentwicklung wird die so genannte „Substitutionsquote“ diskutiert. 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 zu sicheren Absatzmärkten für die Sekundärrohstoffe führen. Allerdings setzt die Realisierung einer Substitutionsquote eine enge Abstimmung zwischen Produzenten, Produktdesignern und Unternehmen der Recyclingwirtschaft über Qualitäten und Quantitäten voraus.

Klimaschutz ist ein wesentliches Ziel der Kreislaufwirtschaft

Die eigentliche Aufgabe der Kreislaufwirtschaft ist die schadlose Entsorgung von Abfällen und die Bereitstellung von Sekundärrohstoffen. Trotzdem wird insbesondere die Substitution von fossilen Brennstoffen einen erheblicher Beitrag zur Emissionsminderung liefern. Durch den Transformationsprozess von der Abfallbeseitigung zur Kreislaufwirtschaft hat die Branche in den letzten drei Jahrzehnten bereits einen bedeutenden Beitrag zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele geleistet. Insbesondere das Verbot der Deponierung von unbehandelten Abfällen mit einem organischen Anteil hat einen großen Betrag zur Minderung der Methanemissionen geleistet. Sowohl die Anlagenhersteller als auch die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft verfolgen das ehrgeizige Ziel, durch den Einsatz neuer Technologien und Verfahren in allen Wertschöpfungsstufen der Kreislaufwirtschaft kontinuierlich für eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen zu sorgen. Auf dem Weg zu einer klimaneutralen Gesellschaft wird bis zum Jahr 2045 jeder einzelne Beitrag zur Vermeidung von CO_2e gebraucht, auch und insbesondere aus der Kreislaufwirtschaft. Durch die Steigerung der Energieeffizienz, der Substitution von Primärenergieträgern sowie der Nutzung von Sonne und Wind auf abfallwirtschaftlich genutzten Flächen werden neben der Erzeugung von Strom-, Fern- und Prozesswärme sowie von Treibstoffen aus Biomasse 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 damit gleichzeitig zur Reduzierung bzw. Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

Um die Klimaschutzziele bis zum Jahr 2045 zu erreichen, ist es notwendig, weitere Potenziale des Klimaschutzes zu erschließen, auch die der Kreislaufwirtschaft. Einer der Quellsektoren der internationalen THG-Inventarisierung nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) ist der Bereich „Abfallwirtschaft und Sonstiges“ (CRF-Sektor 5). Das Umweltbundesamt zeigt in seinen „Emissionsübersichten nach Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes“, das die THG-Emissionen seit 1990 im CRF-Sektor 5 im Vergleich zu allen übrigen Quellsektoren am stärksten reduziert werden konnten. Die Emissionen sanken in Deutschland von rund 41,2 Mio. t CO_2e im Jahr 1990 auf 4,3 Mio. t CO_2e im Jahr 2022 (= rund -90 %). Die deutliche Reduzierung der THG-Emissionen im Bereich des CRF-Sektors 5 ist fast ausschließlich auf

Thesen zu den Grenzen einer Circular Economy in Deutschland

Seit nunmehr 30 Jahren beträgt das jährliche Abfallaufkommen in Deutschland ziemlich konstant etwa 400 Millionen Tonnen, obwohl bestimmte industrielle Abfallarten nicht mehr anfallen, weil die Branchen in Deutschland verschwunden sind und/oder die Produktion ins Ausland verlagert worden ist. Der damit auch verbundene „Export" von Produktionsabfällen wurde durch andere Abfallarten kompensiert. Je höher unsere Anforderungen an die Reinheit von Stoffen und die Produktqualität sind, desto mehr Abfall entsteht, nicht zuletzt aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes. Sauberes Wasser führt zu Klärschlamm, saubere Luft zu Filterstäuben, sauberer Kompost zu Sortierresten und so weiter. Eine Abfallvermeidung oder Abfallverringerung ist unter diesen Rahmenbedingungen schwierig. Die Kreislaufwirtschaft selbst kann keine Abfälle vermeiden, ihr werden Abfälle von anderen überlassen. In der Kreislaufwirtschaft ist Abfall ein Teil des Lebenszyklus von Produkten.

Selbst wenn es gelänge, die gesamte Abfallmenge wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückzubringen, wäre Deutschland noch auf erhebliche Mengen von Primärrohstoffen angewiesen. Der „Ressourcenbericht 2022" des Umweltbundesamtes weist einen jährlichen Rohstoffkonsum von insgesamt rund 1,3 Milliarden Tonnen durch private Haushalte und von rund 2 Milliarden Tonnen durch Industrie und Gewerbe aus. Somit gibt es einen deutlich höheren Bedarf an Primärrohstoffen als die Potenziale an Sekundärrohstoffen aus dem Abfallaufkommen. Das heißt, eine Circular Economy kann allein durch das perfekte stoffliche und thermische Verwerten innerhalb der Kreislaufwirtschaft nicht erreicht werden.

Ein vollständiges Recycling der Abfallmengen ist zudem nicht möglich. Durch das Recycling werden Schadstoffe aus den Produktkreisläufen ausgeschleust, somit wird auch zukünftig immer ein bestimmter Anteil der Abfallmengen beseitigt bzw. thermisch verwertet werden müssen. Viele (Wert-) Stoffe, das gilt auch für Metalle, können nicht beliebig oft im Kreislauf gefahren werden, da sich die Stoffeigenschaften mit jedem Zyklus verändern und diese am Ende somit dem Kreislauf entzogen werden müssen. Die Zellulosefaser ist dafür ein einfaches und verständliches Beispiel. Im Prinzip trifft dies aber für die allermeisten Stoffe zu. Daher müssen neben den Reststoffen und Sortierresten auch die übrigen Stoffe oder Abfälle ab einem bestimmten Zeitpunkt deponiert bzw. thermisch verwertet werden.

Durch die kontinuierlichen Fortschritte in den Werkstoffwissenschaften wurden in einer Reihe von Technologiebereichen vielfältige Innovationen in vergleichsweiser kurzer Zeit erzielt. Die positiven Eigenschaften der Werkstoffe wurden dabei u. a. durch sehr differenzierte Rezepturen zur Herstellung von festen Verbünden genutzt. Die vielen neuen Werkstoff- und Verbundmaterialien werden am Ende ihrer Nutzung der Kreislaufwirtschaft überlassen. In den Sortier- und Aufbereitungsanlagen können diese Materialien oftmals entweder nicht erkannt und/oder in vielen Fällen nicht so aufbereitet werden, dass wieder definierbare und sortenreine Qualitäten dem Wirtschaftskreis zugeführt werden können. Ein erheblicher Teil der Abfälle, insbesondere im Bereich der Siedlungsabfälle, lässt sich daher aktuell nicht oder nicht mehr stofflich recyceln, sondern muss thermisch verwertet werden. Der Anspruch der Branche bleibt, diesen Anteil durch die Nutzung innovativer Sortier- und Aufbereitungstechnologien in Zusammenarbeit mit der Industrie weiter zu reduzieren. Neue Technologien, wie beispielsweise das Chemische Recycling oder Carbon Capture bei den TAB können künftig eventuell für neue Kreisläufe sorgen.

Diese Betrachtungen zeigen, dass die Strategie einer vollständigen Schließung der Stoffkreisläufe auf absehbare Zeit nicht umgesetzt werden kann. Zum einen muss in den kommenden Jahren der Rohstoffimport schrittweise gesenkt werden, zum anderen sind Bauwerke, Produkte und Verpackungen so zu gestalten, dass sie recyclingfähig und möglichst schadstofffrei sind. Die Ziele der Circular Economy können schlussendlich nur erreicht werden, wenn Umfang und Qualität der Recyclingprozesse weiter gesteigert werden. In der Vergangenheit wurde bereits darauf hingewiesen, dass es für den Weg in eine Circular Economy nicht ausreichend sein wird, nur Recyclingquoten für die Anlagenbetreiber vorzugeben, wenn für die entstehenden Rezyklate keine Absatzmärkte geschaffen werden. Für produzierte Rezyklate, die keine Abnehmer finden, entsteht am Ende ein Entledigungswille, das heißt, sie werden wieder zu Abfall. Dies ist sowohl abfallwirtschaftlich als auch volkswirtschaftlich nicht tragbar. Auf Dauer ebenso wenig zielführend werden Rezyklate sein, die aktuell nur durch Zuzahlungen der Kreislaufwirtschaft einen Abnehmer finden. Das bedeutet, dass zeitnah die konsequente Implementierung von Instrumenten notwendig sein wird, die den Einsatz von Sekundärrohstoffen wirtschaftlicher als den Einsatz von Primärrohstoffen machen werden.

das Verbot zur Ablagerung von nicht vorbehandelten Abfällen auf den Deponien seit dem Jahr 2005 zurückzuführen.

Die Struktur der nationalen THG-Inventarisierung beschreibt mit der Abgrenzung des Sektors 5 die Leistungen der Kreislaufwirtschaft bzw. der Circular Economy für den Klimaschutz nur zu einem sehr kleinen Teil. Um eine Doppelberichterstattung zu vermeiden, werden in dem Sektor 5 nur direkte, nicht-energetische Emissionen aus Abfalldeponien, der mechanisch-biologischen Behandlung, der Kompostierung und der Abwasserbehandlung erfasst. Emissionsminderungen, die beispielsweise beim Transport von Abfällen oder bei der energetischen Verwertung von Abfällen entstehen, werden beispielsweise den CRF-Sektoren 1.A.3 „Transport" oder 1.A.1.a. „öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung" gutgeschrieben. Die Effekte eines geringeren Primärrohstoffverbrauchs durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen werden den unterschiedlichen Branchen im Industrie-Sektor 2 angerechnet (hier insbesondere der Metallproduktion und der chemischen Industrie). Die Leistungen der Kreislaufwirtschaft bei der CO_2e-Reduktion sind durch die Anrechnung bei verschiedenen anderen Sektoren nicht zusammenfassend zu erkennen, hier ist künftig für mehr Transparenz zu sorgen.

Die öffentliche Hand als Vorreiter für den Einsatz von Recyclingprodukten?

Die öffentliche Hand ist in Deutschland ein besonders großer und z. T. auch marktbildender Einkäufer. Dies betrifft nicht nur den gesamten Bereich der mineralischen Rohstoffe durch die Infrastruktur- und Baumaßnahmen, sondern auch Kunststoffe und deren

Instrumente zur Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen

Weitere Vorschläge zur Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen bei der Neuproduktion bestehen in der steuerlichen "Besserstellung" von Sekundärrohstoffen gegenüber Primärrohstoffen oder auch in der Besteuerung von Öl und Gas für die Kunststoffproduktion. Zusätzlich ist der uneinheitliche und in vielen Fällen schwierige Weg der Herauslösung der Sekundärrohstoffe aus dem Abfallrecht grundsätzlich neu zu definieren. Dabei muss allerdings vermieden werden, dass die Sekundärrohstoffe unter das REACH-Regime gelangen. REACH stellt derzeit an vielen Stellen ein Hemmnis dar für den Wiedereinsatz von Sekundärrohstoffen. Dies resultiert vor allem aus den vielen chemischen Grenzwerten für Sekundärrohstoffe und Rezyklate, die auf Seiten des Gesetzgebers von einer großen Besorgnis geprägt sind, welche beim Einsatz von Primärrohstoffen nicht so ausgeprägt ist. Die materiellen Anforderungen an gebrauchte und ungebrauchte Produkte sollten daher vereinheitlicht werden. Hierzu muss eine grundsätzliche Diskussion angeschoben werden, die auf die konkrete Gefährdung der Umwelt durch beispielsweise eine gelesene Zeitung (Altpapier) abstellt.

Ein wesentlicher Ansatz ist die Ökodesign Richtlinie der EU. Nur wenn es (endlich) gelingt, Produkte und Verpackungen von Beginn an auf die Mehrfachnutzungs- oder Recyclingfähigkeit hin zu konstruieren und zu produzieren, kann der Übergang in eine Circular Economy gelingen. Es gibt derzeit zu viele unterschiedliche Verbundmaterialien mit unbekannten Inhaltsstoffen, die verhindern, dass diese Wertstoffe zu Qualitätsrezyklaten aufbereitet werden können. Es fehlen nach wie vor echte Anreize, die Produktion von Beginn an auf Wiedernutzbarkeit oder das spätere Recycling auszurichten.

Im April 2023 hat die EU den CRMA „Critical Raw Material Act" beschlossen. Wesentlich an dieser Vorgabe ist, dass die EU eine Liste von Rohstoffen, vorwiegend Metalle und Seltene Erden, als kritische Rohstoffe für die weitere Entwicklung der EU definiert hat. Diese Rohstoffe sollen zukünftig entweder durch den europäischen Bergbau oder durch die Kreislaufwirtschaft bereitgestellt werden, falls diese Stoffe nicht durch unkritische Stoffe substituiert werden können. Gleichzeitig soll der Export von kritischen Rohstoffen in Länder außerhalb der EU vermieden werden.

Auch wenn sich der CRMA in erster Linie an das produzierende Gewerbe und den Bergbau richtet, wird nachfolgend ebenfalls die Kreislaufwirtschaft gefordert sein. Daraus ergibt sich eine große Herausforderung für alle Akteure der Kreislaufwirtschaft, das Recycling stärker auf die genannten kritischen Rohstoffe abzustellen. Das KrWG und seine untergesetzlichen Regelwerke beschäftigen sich im Wesentlichen mit unkritischen Rohstoffen wie Papier, Holz, Glas oder Kunststoffen. Selbst im ElektroG wird nur auf die Eisen- und Nicht-Eisenmetalle abgestellt. Die entsprechenden Regelwerke bedürfen daher einer grundsätzlichen Überarbeitung und erfordern flankierend neue technologische Innovationen in den Sortier- und Aufbereitungsanlagen. Das Recycling und der anschließende Wiedereinsatz von kritischen Rohstoffen wird zur nächsten qualitativen Stufe bzw. zu einem deutlichen Innovationssprung der Recyclingwirtschaft führen.

vielseitige Verwendungszwecke bis hin zu Papierwaren aller Art. In Deutschland sind die ressourcenbezogenen Aspekte der öffentlichen Beschaffung im § 45 Kreislaufwirtschaftsgesetz verankert. In der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, die im Oktober 2020 den Bundesrat passiert hat, sollen recycelte Produkte gegenüber Produkten aus Neuware – nunmehr gesetzlich verankert – den Vorrang im Rahmen der öffentlichen Beschaffung bekommen. Darüber hinaus gibt es weitere Vorschriften auf Länderebene sowie interne Vorschriften des Bundes zur nachhaltigen Beschaffung. Ziel ist es u. a., dass der öffentliche Bedarf nach Möglichkeit verstärkt über Recyclingprodukte gedeckt wird.

In der Praxis wird das so genannte „Green Public Procurement" jedoch noch immer nicht zufriedenstellend umgesetzt, weil u. a. die Verzahnung zum Vergaberecht fehlt. Gerade im Bereich der mineralischen Baustoffe werden häufig noch immer nur Primärrohstoffe zugelassen oder Anforderungen (Grenzwerte) formuliert, die wenig plausibel oder gar notwendig erscheinen. Nachhaltigkeitsaspekte werden noch zu wenig als Mindestanforderung im Sinne von Ausschlusskriterien an Lieferungen und Leistungen formuliert. Auch die Möglichkeit der Einbindung von Nebenangeboten durch die öffentlichen Beschaffungsstellen, wird noch zu wenig genutzt, um umweltfreundliche Varianten in die Vergabeverfahren einzubeziehen.

Einige Verbände der Kreislaufwirtschaft fordern daher u. a. die Einführung einer Berichts- oder Nachweispflicht der öffentlichen Hand für den Einsatz von Produkten, die Sekundärrohstoffe enthalten sowie eine Begründungspflicht im Falle der Nichtbeschaffung bzw. eine Vorgabe, dass grundsätzlich Sekundärrohstoffe zu bevorzugen seien. An Sekundärrohstoffe sollten zudem keine höheren Anforderungen gestellt werden als an Primärrohstoffe.

Da je nach Region der Einsatz von Sekundärrohstoffen höhere Kosten verursacht als der Einsatz von Primärrohstoffen, sollten diese mit der Vergabeentscheidung kompensiert werden können. Obwohl die öffentliche Hand als Vorbild voran gehen und durch ihre Einkaufsmacht die Transformation unterstützen und beschleunigen sollte, gibt es seit längerer Zeit Zweifel daran, ob das Engagement ausreichend ist. Erschwerend kommt hinzu, dass Anforderungen, die von Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie von Industrie und Gewerbe zu beachten sind, nicht für die öffentliche Hand gelten. Es gibt allerdings auch kommunale Vorzeigeunternehmen, die die Transformation in eine Circular Economy und eine nicht-fossile Energiewirtschaft auch ohne gesetzliche Verpflichtungen vorantreiben und umsetzen.

Normwesen, Technische Regelwerke und Zertifizierungen

In vielen Industrieländern gibt es Vereinigungen, Vereine und staatliche Einrichtungen, die zum Teil seit über 100 Jahren fortlaufend technische Regeln setzen. Die bekanntesten und einflussreichsten sind u. a. das DIN, der VDE oder die LAGA. Neben der Tatsache, dass die Vereinheitlichung von Standards und technischen Prozessen für die industrielle Entwicklung sehr segensreich war, scheint jetzt eine Phase erreicht worden sein, die sich auf die Entwicklung der Circular Economy auch hemmend auswirken könnte. Das Problem für den Transformationsprozess könnte in der nahen Zukunft darin bestehen, dass die technischen Regelwerke maßgeblich von Vertreterinnen und Vertretern aus Produktion, Handel und Überwachung geschrieben worden sind. Die Vertreterinnen und Vertreter der Kreislaufwirtschaft wurden daran über lange Zeit hinweg nicht oder zu wenig beteiligt. Dies gilt aber auch für die Gesetzgebung, beispielsweise bei der 17. BImSchV (CC-Anlagen) oder das Energierecht (Abwärmenutzung bei den TAB).

Park, Quelle: Josh Power @ Unsplash

Positiv ist derzeit festzustellen, dass das DIN, die DKE und der VDI mit Förderung des BMUV die „Deutsche Normungsroadmap Circular Economy" erarbeitet haben. Die Roadmap beschäftigt sich mit den Hemmnissen und Herausforderungen für die Transformation zu einer Circular Economy aus Normungsperspektive und benennt die Normungsbedarfe für sieben entscheidende Sektoren der deutschen Wirtschaft.

Den technologischen Vorsprung halten und ausbauen

Mit der großen Innovationswelle in den 90er Jahren, die durch zahlreiche Gesetze und Verordnungen initiiert worden ist, hat der Anlagen- und Maschinenbau sehr viele Verfahren entwickelt, die seinerzeit international führend waren und zum Teil auch patentrechtlich geschützt worden sind. Da viele innovative Recyclingverfahren und deren Hersteller sich im Markt nicht durchsetzen konnten und in der Folge viele Anlagen wieder stillgelegt wurden, konnte die deutsche Innovationsführerschaft nicht in Gänze aufrechterhalten werden. Eine Marktkonsolidierung tat ihr übriges. Jetzt ist festzustellen, dass der Anteil der weltweit vergebenen Patente für Technologien in der Kreislaufwirtschaft ausgerechnet in den Hauptexportländern für deutsche Produkte und Sekundärrohstoffe steigt. In der Tat lässt sich bei Besuchen in anderen Industrieländern feststellen, dass dort interessante technische Lösungen entwickelt worden sind, die sich im täglichen Einsatz bewähren. Daher müssen weiterhin nationale Anstrengungen im Bereich von Forschung und Entwicklung unternommen werden, um auf internationalen Märkten bestehen zu können. Die kurze Geschichte der deutschen Solarindustrie sollte hier ein warnendes Beispiel sein. Seit den 90er Jahren sind viele ehemals renommierte eigenständige Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus aus dem Markt verschwunden bzw. an ausländische Wettbewerber oder Investoren verkauft worden. Auch diese Entwicklung ist für den Erhalt der Technologieführerschaft bedenklich.

Es ist unstrittig, dass der Weg in die Circular Economy neue Technologien, Verfahren und Anlagen erfordert. Daher fördern und prämieren verschiedene Unternehmen der Kreislaufwirtschaft und staatlichen Initiativen bereits seit längerem Start-ups im Bereich der Kreislaufwirtschaft. Notwendig ist auch eine Stärkung der Hochschullandschaft, um eine ausreichende Anzahl von qualifiziertem und motiviertem Nachwuchs für die Branche zu gewinnen. Da die Technisierung der gesamten Prozesskette der Kreislaufwirtschaft voranschreitet, steigt auch der Bedarf an entsprechend qualifiziertem Personal. Die Hochschulen können in enger Zusammenarbeit mit den operativ tätigen Unternehmen die Forschung und Entwicklungen vorantreiben. Die wichtigste deutschsprachige „Leistungsschau" der Absolventen der Hochschulen ist der jährliche "DGAW-Wissenschaftskongress", der an wechselnden Hochschulstandorten den jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und Absolventinnen und Absolventen ein Forum gibt, ihre Erkenntnisse einem breiten Publikum vorzustellen.

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 sowie der KI-Einsatz, wird auf allen Wertschöpfungsstufen zu weiteren Anstrengungen für die Vermeidung von CO_2e führen und dabei technologisches Neuland betreten. Die Verbände und die größeren Unternehmen der Kreislaufwirtschaft können an dieser Stelle wichtige Impulse geben, die Entwicklungen begleiten und dazu beitragen, dass Hemmnisse bei der Einführung von neuen Technologien beseitigt werden.

Notwendig: Einstellung der Deponierung von unvorbehandelten Siedlungsabfällen in Europa

Je stärker die Anteile des Recyclings in der europäischen Abfallwirtschaft wachsen, desto höher werden die Beiträge der Kreislaufwirtschaft auch für die Energieversorgung, die Energiewende und den Klimaschutz sein. Die wichtigste klimarelevante Maßnahme wird für viele europäische Staaten zunächst darin bestehen, die Deponierung von unvorbehandelten Siedlungsabfällen zu beenden und die verbleibenden Deponien nach dem Stand der Technik abzuschließen, inklusive der energetischen Nutzung der Deponiegase.

Im Jahr 2018 hat die Deponierung von zehn relevanten Stoffströmen mit einem hohen Ressourcenpotenzial sowie Restabfällen und Sortierresten (entspricht 19 % des Gesamtabfallaufkommens der EU) in Europa 236 Mio. t CO_2e verursacht, dies entspricht rund 5 % bis 6 % der gesamten CO_2e-Emissionen der EU. Szenarien einer aktuellen Studie zu den CO_2e-Emissionen der Europäischen Abfallwirtschaft haben ergeben, dass allein die konsequente Umsetzung der geltenden Zielvorgaben für Siedlungs- und Verpackungsabfälle und deren Anwendung auch auf Industrie- und Gewerbeabfälle bereits zu einer Einsparung von rund 150 Mio. t CO_2e führen würde. Bei Annahme einer weiteren Steigerung des Recyclinganteils sowie des kompletten Verzichts auf die Deponierung nicht recyclingfähiger, aber thermisch verwertbarer Sortier- und Aufbereitungsreste würde sich die Einsparung auf rund 296 Mio. t CO_2e erhöhen. Diese Berechnungen zeigen deutlich, über welchen Hebel die Europäische Klimapolitik mit der Kreislaufwirtschaft verfügt. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass mit einem Rückgang der deponierten Mengen gleichzeitig auch die zusätzliche Produktion von Sekundärrohstoffen

verbunden ist, die wiederum enormes CO_2e-Einsparpotenzial in sich birgt.

Die Möglichkeit, unvorbehandelte Siedlungsabfälle noch bis zum Jahr 2035 (in Ausnahmefällen bis 2040) in Höhe von bis zu 10 % des Siedlungsabfallaufkommens deponieren zu können, muss vor diesem Hintergrund in der abfallwirtschaftlichen Diskussion der EU noch einmal auf den Prüfstand gestellt werden.

Angesichts der derzeitigen Größenordnung der noch deponierten Abfallmengen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass auch eine konsequente Nutzung der vorhandenen Anlagenkapazitäten nicht zu einer vollständigen Verwertung der Abfälle führen kann. Dies unterstreicht im Hinblick auf die europaweit zu tätigenden Investitionen die Wichtigkeit und Dringlichkeit einer gemeinsamen und abgestimmten europäischen Kreislaufwirtschaftsstrategie.

Europäische Arbeitsteilung weiterentwickeln

Die nationalen und internationalen Handelsverflechtungen haben auch in der Kreislaufwirtschaft in den letzten Jahren weiter zugenommen. Deutschland ist sowohl Importeur als auch Exporteur von Abfällen. Die Mengen und Qualitäten schwanken je nach Markterfordernis. Sie werden nicht nur von den verschiedenen Nachfragebedürfnissen in den betreffenden Ländern, sondern auch durch staatliche Eingriffe massiv beeinflusst. Die Warenverkehrsfreiheit gilt dabei nur eingeschränkt: So sind die rechtlichen Vorgaben z. B. für den Transport von Schrotten in vielen Ländern höchst unterschiedlich.

Die technischen Möglichkeiten für die Behandlung von Abfällen und die Erzeugung von Sekundärrohstoffen befinden sich in den europäischen Ländern auf einem sehr unterschiedlichen Niveau, gleiches gilt für die Industriebranchen, die nötig sind, um die Kreisläufe zu schließen. Ebenso unterschiedlich sind auch die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Vor diesem Hintergrund wird es innerhalb der EU auf längere Sicht notwendig und sinnvoll sein, Sekundärrohstoffe arbeitsteilig zu erzeugen und einzusetzen.

Dies ist einerseits die Voraussetzung dafür, dass Abfälle oder besser Sekundärrohstoffe in einer Reihe von Ländern nicht mehr deponiert werden müssen und andererseits können in der Übergangszeit bestehende stoffliche und energetische Verwertungskapazitäten in anderen Ländern besser ausgelastet werden. Für Europa muss es jetzt darum gehen, die bereits bestehenden und hochwertigen Anlagen zur Verwertung grenzüberschreitend so lange zu nutzen, bis in allen Staaten nach und nach funktionierende und an die jeweiligen Voraussetzungen angepasste Infrastrukturen geschaffen worden sind, wobei auch weiterhin die Potenziale einer europäischen Arbeitsteilung zu berücksichtigen sind. Dies ist ökologisch der bessere Weg als zu warten, bis diese Länder eigene und umfassende Kapazitäten für das Recycling und die Verwertung der Sortierreste aufgebaut haben.

Notwendig für die Unternehmen: Planungs- und Investitionssicherheit

Da Anlagen der Kreislaufwirtschaft häufig Amortisationszeiten von 10 bis 25 Jahren benötigen, ist eine entsprechende Planungs- und Rechtssicherheit notwendig. In der Vergangenheit haben sich in Deutschland Investitionen, die im Vertrauen auf angekündigte und beschlossene gesetzliche Vorgaben gemacht worden sind, teilweise als Fehlinvestition erwiesen. Entweder hat die Politik die Rahmenbedingungen kurzfristig wieder verändert oder der mangelnde Vollzug hat die Märkte dahin gehend beeinflusst, dass die neuen Anlagen nicht wirtschaftlich betrieben werden konnten. Klare Rahmenbedingungen und realistische Umsetzungszeiträume, wie sie beispielsweise beim Verbot der Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle auf Deponien oder bei der Einführung der 17. BImSchV gegolten haben, haben in der Vergangenheit zu wichtigen Innovationen und zu einem grundlegenden Wandel der Strukturen für die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen geführt. Eindeutige Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene werden auch künftig für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft notwendig sein. Bei neuen technischen Regelungen sollten die Erfahrungen bei der Einführung der TASi berücksichtigt werden.

Die Verbände und Unternehmen der Kreislaufwirtschaft wollen und werden die anstehenden Veränderungsprozesse mitgestalten und organisieren. Der Umfang und die Qualität der stofflichen und energetischen Verwertung von Abfällen werden allerdings eng mit der Erwartung an eine gesicherte Auslastung und dem daraus resultierenden wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen verbunden sein. Vor diesem Hintergrund ist die nationale und europäische Abfallpolitik, aber auch die Energie- und Klimagesetzgebung gefordert, nicht nur auf der Ziel- und Quotenebene zu agieren, sondern nachfolgend auch die Instrumente zur Regulierung von Angebot und Nachfrage der Sekundärrohstoffmärkte im Auge zu behalten.

Kuppelgebäude, Quelle: Gus Moretta @ unsplash

Perspektiven für die Kreislaufwirtschaft

Vor etwa 30 Jahren bestand die Leistung der Abfallwirtschaft im Wesentlichen aus Sammeln, Transportieren und Deponieren von Abfällen. Daneben gab es Sammler, Sortierer und Händler für Papier, Schrott und Altkleider, sowie Aufbereiter für mineralische Abfälle und Asphalt. Diese operierten losgelöst von der übrigen Abfallwirtschaft. Heute ist die Kreislaufwirtschaft ein komplexes System unterschiedlicher Anlagen, Technologien und Dienstleistungen mit einer Vielzahl von Wertschöpfungsstufen und entsprechend vielen privaten und öffentlichen Akteuren. Der Abfallmarkt hat sowohl einen starken lokalen Bezug als auch eine internationale Komponente. Er befindet sich sowohl im freien Wettbewerb als auch unter streng regulierter staatlicher Aufsicht und teilweise auch Verantwortung und Überwachung. Die Anforderungen an die Marktteilnehmer sind daher in jeder Beziehung äußerst vielfältig und deutlich komplexer als allgemein angenommen.

Die politische Grundvorstellung oder auch die „Vision" einer „Kreislaufwirtschaft" geht auf die 1980/90er Jahre zurück. Vor dem Hintergrund der damals steigenden Abfallmengen und immer knapper werdenden Deponiekapazitäten wurden die Grundlagen für die Einführung von Rücknahmesystemen für verschiedene Stoffströme geschaffen. Ende der 80er Jahre zeichnete sich eine Deponieknappheit ab. Für die Kommunen waren neuen Deponien oder Müllverbrennungsanlagen nur gegen erhebliche Widerstände von Bürgerinitiativen durchsetzbar und obendrein nur durch eine deutliche Steigerung der Abfallgebühren finanzierbar. In dieser Phase schlugen eine Reihe von Pionieren der deutschen Abfallwirtschaft der Politik und Vertretern der Kommunen vor, die Deponiekapazitäten um etwa ein Drittel des angelieferten Volumens zu entlasten, wenn die Verpackungen in einem dualen System neben der öffentlichen Müllabfuhr gesondert erfasst und finanziert werden. Dadurch konnten die Restlaufzeiten der Deponien verlängert und die Notwendigkeit für neue Deponien oder TAB verschoben werden.

Ferner bestand die Erwartung, dass die Kosten für die kommunale Müllentsorgung durch eine Verminderung der Müllmengen um die Verpackungen und die Verschiebung der Investitionen reduziert werden könnten. Anstatt der kommunalen Abfallgebühren wurde die Verantwortung für die Finanzierung den Produzenten auferlegt, die direkt mit den dualen Systemen abrechnen. Durch die Einführung der sogenannten Produzentenverantwortung obliegt es den Produzenten nach dem Ende des Gebrauchs ihrer Produkte die Entsorgung zu finanzieren und sicherzustellen. Die Idee war, dass diejenigen Hersteller, die eine Kreislaufführung ihrer Produkte sicherstellen, eine wirtschaftliche Entlastung erfahren sollten, die wiederum der Verbesserung ihrer Marktchancen dienen sollte.

Die Produktverantwortung sollte im untergesetzlichen Regelwerk zum „Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen" aus dem Jahr 1986 im Rahmen verschiedener Verordnungen umgesetzt werden. Neben der sogenannten ersten Verpackungsverordnung aus dem Jahr 1991 wurden auch Verordnungen für Papier, Holz, Batterien, Elektroschrott, Möbel, Klärschlamm, Gewerbe- und Bauabfall, Gips und andere Abfallarten erarbeitet und zum Teil umgesetzt. Dies alles mit dem Ziel, möglichst viele Materialien zurück in den Kreislauf zu bringen.

Diese (umwelt-)politischen Initiativen haben dazu geführt, dass Deutschland in dieser Zeit der Weltmarktführer für Patente im Bereich der Umwelttechnologien war. In der Folge wurde ein Großteil dieser untergesetzlichen Regelwerke erst einmal nicht weiterverfolgt, mit der Begründung, dass die anderen Mitgliedsstaaten Europas sich diesen Standards der Abfallwirtschaft zunächst angleichen sollten, bevor der deutschen Wirtschaft durch weitere Regelwerke zusätzliche Wettbewerbsnachteile entstehen würden. Damit wurde die dynamische Entwicklung der Abfallwirtschaft zunächst einmal deutlich verlangsamt, ohne dass es seitdem wieder ähnlich starke Impulse für eine Weiterentwicklung gegeben hätte.

Als Folge dieser Entscheidungen kann heute festgestellt werden, dass das damalige abfallwirtschaftliche „Entwicklungsland" China im Bereich der Patente für Umwelttechnologien, speziell aber im Bereich der „Technik für die Abfallwirtschaft", derzeit an Deutschland vorbeigezogen ist mit der Folge, dass Deutschland möglicherweise dauerhaft Gefahr läuft, die weltweite Technologieführerschaft in diesem Sektor zu verlieren. Zudem muss festgestellt werden, dass sich seit dieser Zeit auch die gesetzgeberischen Initiativen und die Impulse für Innovationen in der Kreislaufwirtschaft zunehmend nach Brüssel verlagert haben.

Im Ergebnis ist es in Deutschland schon seit einigen Jahren versäumt worden, konsequent an einer eigenen und pragmatischen „Philosophie" zur Weiterentwicklung der Strukturen einer umfassenderen Kreislaufwirtschaft weiterzuarbeiten. Die Kreislaufwirtschaft beginnt eben nicht in dem Moment, wo technisch und organisatorisch gerne angesetzt wird: Trennungswillige Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen stellen Abfälle und Wertstoffe bereit, die anschließend so aufbereitet werden, dass sie in einem Produktionsprozess Primärware ersetzen und so die Ressourcen und das Klima schonen. Es ist abzusehen, dass im Zuge der Circular Economy Maßnahmen zur Abfallvermeidung und zur Recyclingfähigkeit künftig deutlich früher und auch bei den Produzenten ansetzen werden. Abzuwarten bleibt, ob die derzeit laufende Erarbeitung der „Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie" mittel- und langfristig für eine Orientierung der Kreislaufwirtschaft sorgen kann.

Dass wir bei der Schließung der Stoffkreisläufe in vielen Bereichen nicht wesentlich weitergekommen sind, ist daran zu erkennen, dass der Anteil der in der deutschen Industrie eingesetzten Sekundärrohstoffe seit etwa 30 Jahren bei ca. 12 % stagniert. Daher ist es spätestens jetzt an der Zeit, mit der gezielten Substitution von Neuware bzw. mit der Konkretisierung von Überlegungen zum „Minimal Content", also einem verpflichtenden Rezyklat-Anteil in bestimmten Produkten, zu beginnen und somit Vorgaben für den tatsächlichen Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Produktion zu starten. Erste Ansätze dazu gibt es bereits im Bereich des Wiedereinsatzes von PET-Rezyklaten. Diese Ansätze sollten in den nächsten Jahren schrittweise erweitert werden, damit sich die notwendigen Technologien entwickeln können und parallel dazu auch der Beitrag zum Klimaschutz steigen kann.

Für das Ziel eines klimaneutralen Deutschlands und eines klimaneutralen Europas werden an vielen Stellen tiefgreifende Veränderungen notwendig sein, die auch die Strukturen und die Arbeitstiefe der Kreislaufwirtschaft betreffen werden. Eine „echte" Kreislaufwirtschaft wird in Deutschland beim Produktdesign beginnen müssen. Dieser Schritt nach vorne in der Wertschöpfung wird künftig entscheidend dafür sein, welche Standards wir in der EU und Deutschland für die Recyclingfähigkeit von Produkten definieren werden: Produkte so herzustellen, dass sie am Ende ihres Lebenszyklus zu Rohstofflieferanten bester Qualitäten werden. Eine konsequente Umsetzung dieser Strategie wird nicht nur zu einem Innovationsschub bei den nationalen Herstellern führen, sondern auch die Messlatte für die Importe internationaler Produzenten sein. Neue Geschäftsmodelle werden bzw. müssen entstehen.

Den gesetzgeberischen Anreizen für Innovationen folgen in der Regel auch Investitionen der Branche in die notwendigen Infrastrukturen, sofern sich diese vor dem Hintergrund der regulatorischen Rahmenbedingungen auch betriebswirtschaftlich darstellen lassen. Das heißt, dass die gesetzgeberischen Initiativen so eindeutig formuliert sein müssen, dass sich daraus auch eine Investitionssicherheit für die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft ableiten lässt. Ohne die Formulierung und Festlegung eindeutiger Ziele und Vorgaben werden die Infrastrukturdefizite für die tatsächliche Kreislaufführung von Rohstoffen oder auch CO_2 in absehbarer Zeit nicht behoben werden können. Wenn die politischen Ziele und die notwendigen Infrastrukturen sich nicht in die gleiche Richtung entwickeln, wird es für die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft im Wesentlichen bei den bekannten Absichtserklärungen bleiben.

Das Recyclinglabel sollte zum Entscheidungsmaßstab für die Konsumentinnen und Konsumenten werden und dazu führen, dass auf der Zeitachse nicht nur die Marktführerschaft bei der Herstellung umweltschonender Produkte erreicht wird, sondern gleichzeitig auch die Technologieführerschaft beim Recycling dieser Produkte wiedererlangt wird. Das gemeinsame und kurzfristige Ziel der Kreislaufwirtschaftspolitik in den verschiedenen Ressorts der Bundesregierung muss also darin liegen, die Hersteller dazu zu befähigen, dass sie das „Design for Recycling" unter bestmöglichem Einsatz von Sekundärrohstoffen realisieren können. So kann die Chance gewahrt werden, an diesen neu und international entstehenden Märkten erfolgreich teilhaben zu können. Ein Zögern birgt hier eindeutig die Gefahr, gegenüber den ausländischen, insbesondere asiatischen Patentnehmern weiter ins Hintertreffen zu geraten.

Ein hochwertigeres Recycling und die Zielvorstellung von weitgehend geschlossenen Wertstoffkreisläufen wird nur dann umzusetzen sein, wenn auch gesicherte Senken für Stör- und Schadstoffe vorhanden sind. Dazu gehören sowohl moderne Deponien als auch moderne thermische Abfallbehandlungsanlagen. Ein intensiveres Recycling von Haushalts- und Gewerbeabfällen führt ebenfalls zu mehr Entsorgungssicherheit für Abfallfraktionen, für die künftig nur noch die energetische Verwertung in Frage kommen wird. Vor diesem Hintergrund sind Anstrengungen für ein nachaltigeres Recycling sinnvoll und notwendig, um mittel- bis langfristig freie Kapazitäten für die zusätzlich thermisch zu behandelnden Abfälle aus Umweltschutzmaßnahmen, veränderten Gefährdungseinstufungen durch das Chemikalienrecht, notwendigen Schadstoffentfrachtungen aus den unterschiedlichen Recyclingverfahren und auch aus der Hygienisierung von Siedlungsabfällen zu schaffen.

Der Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2024 zeigt im Detail auf, wo die Branche heute steht und an welchen Stellen fachlicher und politischer Handlungsbedarf zur Schließung der Stoffkreisläufe besteht. Angesichts der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung der Kreislaufwirtschaft muss der Dialog mit der Politik, der Wirtschaft und den Bürgerinnen und Bürgern weiter ausgebaut werden, um jetzt die entscheidenden Weichen zu stellen.

Vor diesem Hintergrund unterstreicht die Zusammenarbeit von insgesamt 14 Verbänden der Kreislaufwirtschaft und der IFAT zur gemeinsamen Herausgabe des „Statusberichtes der deutschen Kreislaufwirtschaft" zum einen die Einstellung, die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft als gemeinschaftliches Projekt zu verstehen und zum anderen den gemeinsamen Willen der Branche, die anstehenden Entscheidungen für die Weiterentwicklung der Kreislaufwirtschaft zusammen mit den Stakeholdern abzustimmen und umzusetzen.

Glossar

Abfallhierarchie

Eine durch § 6 KrWG festgelegte fünfstufige Rangordnung zum Umgang mit Abfällen, nach der „diejenige Maßnahme Vorrang haben [soll], die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen (...) am besten gewährleistet." Die Maßnahmen der Vermeidung und der Abfallbewirtschaftung stehen dabei in folgender Rangfolge:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung.

Abfallintensität

Indikator für die Entkopplung von Netto-Abfallaufkommen und Wirtschaftsleistung*

Abraum

Gestein ohne oder mit sehr geringem Wertgehalt (taubes Gestein), das gefördert werden muss, um die Rohstoffe einer Lagerstätte abbauen zu können.**

Agglomerationsräume

ist vergleichbar mit Ballungsgebiet, Metropol- oder Verdichtungsraum.*

Altschrott

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

Andienungspflicht

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

anthropogen

Vom Menschen verursachte Veränderungen werden als anthropogen bezeichnet. Hierzu zählen im Umweltbereich

- Grundwasserabsenkungen
- Flussbegradigungen
- Klimawandel
- alle Kunststoffe
- usw.***

Aschen und Schlacken

Rückstände aus einem Verbrennungsprozess, wie der Müllverbrennung. Aschen und Schlacken können sich zur weiteren Verwertung eignen, da aus ihnen – abhängig von dem eingesetzten Abfall – verschiedene verbleibende Wertstoffe gewonnen werden können. ****

Biodiversität

ist die biologische Vielfalt.***

biogeochemisch

befasst sich mit den chemischen, biologischen und physikalischen Prozessen, welche dem Aufbau und den Funktionen von Ökosystemen oder auch Landschaften zu Grunde liegen.******

Biomasse

Sammelbegriff für unter anderem feste und flüssige Biomasse, Biogas, Klär- und Deponiegas sowie den biogenen Anteil des Restabfalls.*

chemisch-physikalische Behandlungsanlage

Anlage zur Behandlung der gefährlichen Inhaltsstoffe von überwiegend flüssigen gefährlichen Abfällen. Dabei werden die gefährlichen Inhaltsstoffe durch chemisch-physikalische Reaktionen zur Stoffumwandlung (z. B. Neutralisation, Oxidation, Reduktion) zerstört und in ungefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt. Eine anschließende umweltverträgliche Verwertung oder Beseitigung dieser Abfälle wird damit erst ermöglicht. ****

Dekarbonisierung

der Umstieg von fossilen Brennstoffen auf kohlenstofffreie und erneuerbare Energiequellen

Deponieklassen

Kategorisierung für Deponien mit folgender Aufteilung:

- **DK 0** für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffstoffgehalt (z. B. unbelastete Böden)
- **DK I** für mäßig belastete (nicht gefährliche) Abfälle (z. B. Bauschutt, Böden und Schlacken (mineralische Abfälle)"
- **DK II** für belastete und genehmigte gefährliche Abfälle
- **DK III** für gefährliche Abfälle (oberirdische Ablagerung)
- **DK IV** für Sonderabfälle (Untertageablagerung)*

DRI-(Direct Reduced Iron)Verfahren

bezeichnet eine Technologie, mit der Eisenerz nicht aufgeschmolzen, sondern direkt in festem Zustand zu metallischem Eisen reduziert wird

Duales System

System der flächendeckenden, haushaltsnahen Sammlung und Entsorgung von gebrauchten Verpackungen. Es wurde in Reaktion auf die Einführung der Verpackungsverordnung von 1991 eingeführt, mit der deutsche Hersteller erstmals in die Pflicht genommen wurden, Verpackungen nach dem Gebrauch zurückzunehmen und bei deren Entsorgung mitzuwirken. 1993 wurde das Duale System Deutschland, „der Grüne Punkt" eingeführt. Seit 2003 entstanden mit der Landbell AG, der ISD Interseroh AG, der Zentek GmbH, der Reclay Systems GmbH, RKD Recycling Kontor Dual GmbH & Co.KG, der BellandVision GmbH, der Veolia Umweltservice Dual GmbH, der ELS Europäische LizensierungsSysteme GmbH und Noventiz Dual GmbH neue Akteure.*****

Eigenschrotte
Kreislaufmaterialien, die in den Stahlwerken anfallen und dort unmittelbar wieder eingeschmolzen und in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.*

energetische Verwertung
Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff z. B. in Zementwerken, Kohlekraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen.***

End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR)
Beitrag der recycelten Materialien zur Rohstoffnachfrage, Recycling-Rate am Ende des Lebens

Erdüberlastungstag
der Tag, an dem die Weltbevölkerung so viele Ressourcen beansprucht hat, wie die Ökosysteme erneuern können

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

Green Deal
ist der Fahrplan für eine nachhaltige EU-Wirtschaft. Mehr Informationen: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de

Green Public Procurement
= grüne Beschaffung, ist definiert als die Beschaffung von Produkten oder Dienstleistungen unter Berücksichtigung von Umweltaspekten.*

inerte Materialien
wenig oder kaum reaktionsfreudige Materialien.***

Kaskadennutzung
Form der Nutzung von Rohstoffen oder daraus hergestellten Produkten, in der eine stoffliche Nutzung so lange und so häufig wie möglich durchgeführt wird und erst am Ende des Produktlebenszyklus eine energetische Verwendung stattfindet. Dabei werden sogenannte Nutzungskaskaden durchlaufen, die von höheren Wertschöpfungsniveaus in tiefere Niveaus fließen. Hierdurch wird die Rohstoffproduktivität gesteigert.**

Klärschlamm
Reststoff, bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen entsteht. Klärschlamm kann entwässert, getrocknet oder in anderweitig behandelter Form vorliegen. Rohschlamm ist Klärschlamm, der Abwasserbehandlungsanlagen unbehandelt entnommen wird. Aus Klärschlämmen können wichtige Rohstoffe wie beispielsweise Phosphor zurückgewonnen werden. Er kann außerdem einer thermischen Verwertung zugeführt werden. ****

Konzept der planetaren Grenzen
trifft Aussagen zur Stabilität des Ökosystem der Erde und den Lebensgrundlagen der Menschen. Mehr Informationen: https://www.bmu.de/themen/europa-internationales-nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltige-entwicklung/integriertes-umweltprogramm-2030/planetare-belastbarkeitsgrenzen/

Kritische Rohstoffe
sind Rohstoffe von großer wirtschaftlicher Bedeutung für die EU, bei denen aufgrund der Konzentration der Bezugsquellen und des Mangels an guten, erschwinglichen Ersatzstoffen ein hohes Risiko von Versorgungsunterbrechungen besteht (Quelle: https://www.consilium.europa.eu/de/infographics/critical-raw-materials/#:~:text=Kritische%20Rohstoffe%20sind%20Rohstoffe%20von,hohes%20Risiko%20von%20Versorgungsunterbrechungen%20besteht)

Leichtstofffraktionen
gemischte Verpackungen*

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

Littering
achtlose Entsorgung von Abfällen im öffentlichen Raum. Es erfolgt keine Nutzung der dafür vorgesehenen Abfallbehälter.*

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

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 Stabilatverfahren dagegen werden die Restabfälle zunächst getrocknet und für eine weitere Aufbereitung vorbereitet. Durch die Trocknung lassen sich verwertbare Fraktionen, wie Ersatzbrennstoffe, Eisen und Nicht-Eisen-Metalle besser selektieren, sodass keine oder nur geringe Mengen mineralischer Abfälle auf Deponien entsorgt werden. ****

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

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

Müllverbrennungsschlacken
sind Rückstände aus den Müllverbrennungsanlagen und bestehen aus Metallen, Mineralstoffen und unverbrannten Anteilen.*

Neuschrott
Produktionsabfälle in der Industrie, die beispielsweise beim Zuschnitt und Stanzen anfallen, und nach der Aufbereitung als Neuschrott wieder eingeschmolzen werden.*

notifizierungspflichtige Abfälle
Abfälle, für die im Falle der grenzüberschreitenden Verbringung eine Notifizierungspflicht besteht. Diese basiert auf der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Juni 2006 über die Verbringung von Abfällen. Dem Verfahren der vorherigen schriftlichen Notifizierung und Zustimmung unterliegen insbesondere

- alle Abfälle, die beseitigt werden sollen,
- in Anhang IV der Verordnung aufgeführte Abfälle (dies sind insbesondere gefährliche Abfälle) und nicht gelistete Abfälle, die verwertet werden sollen.

Eine Verbringung von Abfällen muss mittels Notifizierungsformular und Begleitformular sowie weiterer erforderlicher Unterlagen bei der am Versandort zuständigen Behörde beantragt werden. Eine Verbringung ist nur zulässig, sofern die zuständigen Behörden am Versand- und Bestimmungsort sowie ggf. in Transitstaaten zugestimmt haben. *****

Öko-Audit
ist ein Verfahren, bei dem ein Betrieb freiwillig sein Umweltverhalten überprüft, verbessert und offenlegt. Kernpunkt ist der Aufbau eines Umweltinformationssystems (Umweltmanagement), das auf eine kontinuierliche Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes abzielt. ***

Papier- und Faserschlämme
Nebenprodukte der Produktion von Papier und Kartonagen. Faserschlämme können durch thermische Behandlung energetisch oder als Zusatz beispielsweise in der Produktion von Ziegeln stofflich genutzt werden. (Quelle: www.enargus.de: Abfall aus der Papierproduktion.)

PPP-Gesellschaften
ist eine Zweckgesellschaft, bestehend aus der öffentlichen Hand und Unternehmen der Privatwirtschaft

Primärabfälle
Nicht aufbereiteter Abfall. Abfall in dem Status, in dem er sich zum Zeitpunkt seines Entstehens befindet. (Quelle: z. B. Deutsche Bundestag, 2016, Drucksache 18/10026, Gesetzesentwurf der Bundesregierung, Entwurf eines zweiten Gesetzes zur Änderung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/100/1810026.pdf)

Primärressourcen
sind Primärrohstoffe, die unbearbeitet sind.*

Pyrolyse
ist die Bezeichnung für die thermische Spaltung chemischer Verbindungen, wobei unter Sauerstoffausschluß durch hohe Temperaturen ein Bindungsbruch innerhalb von großen Molekülen erzwungen wird. *******

R1 Faktor/Kriterium
Mithilfe einer speziellen Berechnungsmethode wird der spezifische R 1-Faktor/Kriterium einer Anlage ermittelt. Anlagen mit dem Faktor R 1 stellen ein Verwertungsverfahren dar, dessen Hauptverwendung als Brennstoff oder als anderes Mittel der Energieerzeugung gemäß Anlage 2 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes erfolgt.

Rebound-Effekt
Effekt, der beschreibt, dass aufgrund von Effizienzsteigerungen erreichte Einsparungen nicht zu einem in gleichem Maße geringeren Ressourceneinsatz führen, da es durch diese Einsparungen zu vermehrter Nutzung kommt. Es kann unter anderem zwischen direktem (Ausweitung der Nutzung in derselben Anwendung) und indirektem (Ausweitung der Nutzung in anderen Anwendungen) Rebound-Effekt differenziert werden. Dieser Effekt wird in seiner extremen Ausprägung (höherer Ressourceneinsatz durch Effizienzsteigerung) auch als Jevons-Paradox bezeichnet.**

Regranulat
wird aus Mahlgut über einen Schmelzprozess als Granulat gewonnen. Regranulat hat eine gleichmäßige Korngröße und keinen Staubanteil und ist problemlos verarbeitbar.******

Rezyklat
Produkt eines Recyclingprozesses.
Rohstoffäquivalente: Maß für direkte und indirekte Stoffströme ohne ver- steckte 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.**

Rohstoffverbrauch (DMI = engl.: direct material input)
ist gleichzusetzen mit dem DMI abiotisch (DMIa) für abiotische Materialien und Güter. Der Begriff berücksichtigt die Entnahmen abiotischer Rohstoffe aus der

inländischen Umwelt, die Einfuhr abiotischer Güter aus dem Ausland und den Handel mit abiotischen Gütern zwischen den Bundesländern (Quelle: https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2019-10/m_rohstoffentnahme_8.pdf)

Sekundärabfälle
Abfälle, die bereits mit dem Ziel einer bestimmten weiteren Verwendung aufbereitet wurden.

Sekundärrohstoff
Durch Recycling wiedergewonnener Rohstoff.***

Senke
Endpunkt von Stoffströmen. Im Kontext natürlicher Ressourcen wird unter Senken die Aufnahmefunktion der Natur, z. B. für Schadstoffe, verstanden.**

Sharing Economy
heißt wörtlich übersetzt „Wirtschaft des Teilens" und bezeichnet die gemeinschaftliche Nutzung von Gütern durch Teilen, Tauschen, Leihen, Mieten oder Schenken sowie die Vermittlung von Dienstleistungen. Mehr Informationen: https://www.bundestag.de/resource/blob/377486/21fc4300787540e3881dbc65797b2cde/sharing-economy-data.pdf

Spuckstoffe
Reststoffe, wie Metalle und Kunststoffe aus beispielsweise Büroklammern und Kunststoffhüllen, die in der Papierproduktion aus Altpapier nicht verwendet werden. (Quelle: PTS fibre based solutions: Reststoffe der Papierindustrie 2014: Ungenutzte Biomasse?, http://www.recydepotech.at/media/153_Dornack_-_Reststoffe_der_Papierindustrie.pdf.)

Stoffkreislauf
Bezeichnung für die kreislaufförmige Stoffbewegung in Ökosystemen, die den Stoffhaushalt ausmachen und aus Auf- und Abbauprozessen bestehen. (Quelle: www.spektrum.de, Lexikon der Geowissenschaften, https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/stoffkreislauf/15738)

stoffliche Verwertung
Direkte Verwertung verschiedener, separierter Abfall fraktionen in der Produktion neuer Produkte.*

Stoffstrom
Gerichtete Bewegung von Stoffen und Stoffgemischen. Es gibt natürliche Stoffströme wie den Nährstoffkreislauf in Ökosystemen und vom Menschen induzierte oder veränderte Stoffströme wie Rohstoffströme und Abfallströme.**

Substitutionsquote
Verhältnis von eingesetzten Sekundärrohstoffen bezogen auf die ursprünglich im Produkt eingesetzten Primärrohstoffe.*

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

Treibhausgas-Inventar
ist eine jährlich erstellte Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen nach international einheitlichen Vorgaben der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.

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

Überlassungspflicht
Verpflichtung nach § 17 KrWG von „Erzeugern oder Besitzern von Abfällen aus privaten Haushaltungen (...), diese Abfälle den nach Landesrecht zur Entsorgung verpflichteten juristischen Personen (öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger) zu überlassen, soweit sie zu einer Verwertung auf den von ihnen im Rahmen ihrer privaten Lebensführung genutzten Grundstücken nicht in der Lage sind oder diese nicht beabsichtigen."

werkstoffliches Recycling
Verwertung von Kunststoffabfällen, bei der die chemische Struktur sortenreiner Abfälle zu einem neuen Produkt erhalten bleibt. Somit wird ein Sekundärrohstoff für neue Kunststoffprodukte gewonnen. (Quelle: https://www.aurora-kunststoffe.de/index.php/de/faq-haeufig-gestellte-fragen/90-werkstoffliches-recycling)

Wiedereinsatzquote
ist ein Indikator, der zeigt, wie hoch der Sekundärrohstoffeinsatz in Bezug auf die im Kreislauf geführte Menge ist

Zero-Waste-Strategie
ist eine Strategie, bei der Rohstoffe nicht vergeudet und weitestgehend kein Abfall produziert werden soll.*

Zirkularitätsrate (Circular material use rate, kurz CMU)
Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe

* Prognos AG
** Glossar zum Ressourcenschutz des Umweltbundesamtes 2012
*** https://www.umweltdatenbank.de/cms/
**** www.umweltbundesamt.de
***** www.bmu.de
****** www.kunststoffe.de
******* www.chemie.de

Abkürzungsverzeichnis

AbfVerbrG — Abfallverbringungsgesetz
AltfahrzeugV — Altfahrzeugverordnung
AltholzV — Altholzverordnung
AltölV — Altölverordnung
AöR — Anstalten öffentlichen Rechts
AW — Abfallverzeichnis-Verordnung
BattG — Batteriegesetz
BBSR — Bundesinstitut für Bau, Stadt und Raumforschung
BDI — Bundesverband der deutschen Industrie e.V.
BGK e.V. — Bundesgütegemeinschaft Kompost
BGR — Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BGRB — Bundesgütegemeinschaft Recycling-Baustoffe e.V.
BHKW — Blockheizkraftwerke
BIM — Building Information Modeling
BImSchV — Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMBF — Bundesministeriums für Bildung und Forschung
BRB — Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V.
BSR — Berliner Stadtreinigung
BWS — Bruttowertschöpfung
CCU — Carbon Capture and utilization
CCS — Carbon Capture and Storage
CEC4Europe — Circular Economy Coalition for Europe
CLR — Circular Liquid Resource
CMU — Nutzungsrate wiederverwendbarer Stoffe
CO_2 — Kohlendioxid
CO_2e — Kohlendioxid-Äquivalent
CPB — chemisch-physikalische Behandlungsanlagen
CRF — Common Reporting Formats
CSR — Corporate Social Responsibility
CSRD — Corporate Sustainability Reporting Directive
DK — Deponieklassen
DepV — Deponieverordnung
DERec — Direct Effects of Recovery
DIERec — Direct and Indirect Effects of Recovery
DIN ISO 9001 — Qualitätsmanagementnorm DIN EN ISO 9001
DIN ISO 14001 — Umweltmanagementsystemnorm DIN EN ISO 14001
DRI — Direct Reduced Iron
DSGVO — Datenschutz-Grundverordnung
EBS — Ersatzbrennstoff
EBS-Kraftwerk — Ersatzbrennstoff-(Heiz-)Kraftwerk
ECERA — European Circular Economy Research Alliance
EdDE e. V. — Entsorgergemeinschaft der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V.
EfbV — Entsorgungsfachbetriebsverordnung
EWKFondsG — Einwegkunstofffondsgesetz
ElektroG — Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten
EMAS — Eco-Management and Audit Scheme
EOL-RR — Beitrag der recycelten Materialien zur Rohstoffnachfrage, Recycling-Rate am Ende des Lebens
EoL — End-of-Life
ENVI — Ausschuss für Umweltfragen,Volksgesundheit und Lebensmittelsicherheit (the European Parliament's Committee on Environment, Public Health and Food Safety)
EPR — Erweiterte Herstellerverantwortung
ERDE — Initiative Erntekunststoffe Recycling Deutschland
ESN — Entsorgergemeinschaft der Deutschen Stahl- und NE-Metall-Recycling Wirtschaft e.V.
F&E — Forschung & Entwicklung
Fe-Metalle — Eisenmetalle
FEU — öffentlich-rechtliche Fonds, Einrichtungen und Unternehmen
FONA — Forschung für nachhaltige Entwicklung
GESA — Gemeinsame Stelle für Altfahrzeuge der Bundesländer
GewAbfV — Gewerbeabfallverordnung
GWB — Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
ha — Hektar
HBI — Hot Briquetted Iron
HMV-Schlacken — Hausmüllverbrennungsschlacken
IGAM — Interessengemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von Müllverbrennungsschlacken
IKT — Informations- und Kommunikationstechnik
ITAD — Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
kg — Kilogramm
kg/(E*a) — Kilogramm pro Einwohner Jahr
KI — Künstliche Intelligenz
KRU — Ressourcenkommission am Umweltbundesamt
KrWG — Kreislaufwirtschaftsgesetz
KWK — Kraft-Wärme-Kopplung

LME — London Metal Exchange
LVP — Leichtverpackungen
MBA — mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MGB — Müllgroßbehälter
MHKW — Müllheizkraftwerk
Mio. — Million
MiZa — Mission Zero Academy
MVA — Müllverbrennungsanlag
MW — Megawatt
MWh — Megawattstunde
MWp — Megawatt Peak
Mrd. — Milliarde
NE-Metalle — Nichteisen-Metalle
NKWS — nationale Kreislaufwirtschafts-strategie
OECD — Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
örE — Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
PACE — Platform for Accelerating the Circular Economy
PAK — Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB — polychlorierte Biphenyle
PET — Polyethylenterephthalat
POP-Verordnung — Verordnung über persistente organische Schadstoffe
PPK — Papier, Pappe, Karton
PPP — öffentlich-privatwirtschaftliche Gesellschaften
ProgRess — Deutsches Ressourceneffizienz-programm
PV-Anlagen — Photovoltaik-Anlagen
RETech — German RETech Partnership
SAV — Sonderabfallverbrennung
svB — sozialversicherungspflichtig Beschäftigte
TAB — Thermische Abfallbehandlungs-anlagen
TASi — Technische Anleitung Siedlungs-abfall
THG — Treibhausgas
TM — Trockenmasse
TS — Trockensubstanz
Tsd. — Tausend
TWh — Terawattstunde
UBA — Umweltbundesamt
UNFCCC — Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen
VDI ZRE — nationales Zentrum Ressourceneffizienz
VgV — Vergabe öffentlicher Aufträge
VerpackG — Verpackungsgesetz
VKU e.v. — Verband kommunaler Unter-nehmen
VOL — Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen
VOB — Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
WEEE-Richtlinie — Richtlinie 2012/19/EU des europäischen Parlaments und des Rates über Elektro- und Elektronik-Altgeräte
ZASt — Zweckverband für Abfallwirtschaft Südwestthüringen
ZKS — Zentrale Koordinierungsstelle
ZRE — Zentrum für Ressourcen und Energie

Weitere Bildquellen

Seite 1: istock
Seite 2/3 istock
Seite 4: Portrait Dr. Bastian Wens: Robin Selhorst
Seite 10/11: istock
Seite 12: istock, (im Kreis) EEW
Seite 12/13: istock
Seite 14: (im Kreis) envato elements
Seite 16: (im Kreis) Stadtreinigung Hamburg
Seite 17: Kaffeebecher, envato elements
Seite 21: Kehrbürsten, Papierkorb, envato elements
Seite 28: (im Kreis) Stadtreinigung Hamburg
Seite 29: Mülltonne, envato elements
Seite 34: (im Kreis) Remex
Seite 46: (im Kreis) Reiling
Seite 53: Kunststoffbecher, envato elements
Seite 58: Kabel, envato elements
Seite 60: Kleiderständel, envato elements
Seite 64: Bügeleisen, envato elements
Seite 67: Fahrzeugschrott, envato elements
Seite 69: Altreifen, envato elements
Seite 73: Kläranlage, envato elements
Seite 74: Phosphorpellets, envato elements
Seite 77: Ölkanister, envato elements
Seite 77: (im Kreis) GWA RE
Seite 85: Laptop, envato elements
Seite 88: istock, (im Kreis) Messe München
Seite 90: (im Kreis) FH Münster Michael Liedtke
Seite 92: (im Kreis) Lobbe
Seite 94: Müllsack, envato elements
Seite 98: istock, (im Kreis) Messe München
Seite 114: (im Kreis) Stadtreinigung Hamburg
Seite 118: istock, (im Kreis) Carboliq
Seite 120: (im Kreis) Adobe Stock
Seite 124: (im Kreis) Stadtreinigung Hamburg
Seite 125: Laub, envato elements
Seite 141: ATNA Industrial Solutions
Seite 148: (im Kreis) EEW
Seite 154: istock, (im Kreis) Reiling
Seite 156: (im Kreis) Corioso Photography@unsplash
Seite 162: (im Kreis) Nareeta Martin@unsplash
Seite 169: Rollkoffer, envato elements
Seite 176: (im Kreis) envato elements
Seite 184: Schrott, envato elements
Seite 189: Solarmodul, envato elements
Seite 192: (im Kreis) AWG
Seite 197: ITAD
Seite 198: (im Kreis) envato elements
Seite 200: Anlage, envato elements
Seite 210: (im Kreis) the_blowup@unsplash
Seite 215: Plastikflasche, envato elements
Seite 216: istock
Seite 223: Adobe Stock

Herausgeber

ASA

Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.
Westring 10
59320 Ennigerloh
Tel.: +49 2524 9307180
info@asa-ev.de
www.asa-ev.de

bvse

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

ITAD

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

BDE

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

DGAW

Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.
Nieritzweg 23
14165 Berlin
Tel.: +49 30 84591477
info@dgaw.de
www.dgaw.de

VDM

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

BDSAV

Bundesverband deutscher Sonder-abfallverbrennungsanlagen e.V.
Speicker Str. 2,
41061 Mönchengladbach
Tel.: +49 511 76088461
www.bdsav.de

IFAT

Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoff-wirtschaft
81823 München
Tel.: +49 89 94920720
newsline@messe-muenchen.de
www.ifat.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

IGAM

Interessengemeinschaft der Aufbereiter und Verwerter von Müllverbrennungsschlacken
Von-der-Heydt-Straße 2
D-10785 Berlin
info@igam-hmva.de
https://igam-hmva.de

VHI

Verband der Deutschen Holzwerkstoffindustrie e. V.
Schumannstraße 9
10117 Berlin
Tel.: +49 30 28091250
vhimail@vhi.de
www.vhi.de

BRB

Bundesvereinigung Recycling-Baustoffe e.V.
Von-der-Heydt-Straße 2
10785 Berlin
info(at)brb-baustoffe.de
www.brb-baustoffe.de

InWesD

Interessengemeinschaft Deutsche Deponiebetreiber e.V.
Geestemünder Str. 23
50735 Köln
Tel.: +49 221 7170151
info@inwesd.de
inwesd.de

VKU

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

Impressum

Bearbeitung

Prognos AG
Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf
Tel.: +49 211 91316-110
info@prognos.com
www.prognos.com

Patrick Bechhaus
Dr. Bärbel Birnstengel
Lucas Bierhaus
Marieke Eckhardt
Nico Dietzsch
Dr. Jochen Hoffmeister
Philipp Hutzenthaler
Dr. Georg Klose
Jannis Lambert
Nadja Schütz
Yauheniya Shershunovich
Angelina Thevessen
Johann Weiss

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

Matthias Adloff
Dr. Gabriele Becker
Prof. Dr. Klaus Gellenbeck
Dr. Niklas Heller
Rüdiger Reuter

Wissenschaftliche Beratung

Prof. Dr. Martin Faulstich
INZIN e. V. Institut für die Zukunft
der Industriegesellschaft
Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf
Tel. +49 211 91316-166
martin.faulstich@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

Breer visuelle Kommunikation
Friedrichstr. 81
45525 Hattingen
Tel.: +49 172 2808618
ralfbreer@t-online.de

Druck

LUC GmbH
Ludgeristraße 13
59379 Selm

Copyright 2024

MESSE MÜNCHEN

Damit die Kreislaufwirtschaft noch größere Kreise zieht.

Willkommen auf der IFAT Munich – Weltleitmesse für Umwelttechnologien

Nachhaltig erfolgreich. Vom Abfallmanagement bis zur Kreislaufwirtschaft in Produktionsprozessen: Als wichtigster Impulsgeber der globalen Umweltwirtschaft bietet die IFAT Munich umfassende Einblicke und innovative Lösungen. Dadurch gestalten Kommunen, kommunale wie private Ver- und Entsorger und Industrieunternehmen ihr Engagement so effizient und nachhaltig wie möglich.

13.–17. Mai 2024 | Messe München
Jetzt Ticket sichern: ifat.de/tickets

ifat.de

IFAT Munich