



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Analyse des europäischen Kunststoffabfalls und
Veränderungen durch die Implementierung des
EU-Kreislaufwirtschaftspaketes“

verfasst von / submitted by

Peter Waldenberger

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt/
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 482 456

Studienrichtung lt. Studienblatt/
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Bewegung und
Sport UF Geographie und
Wirtschaftskunde

Betreut von / Supervisor:

Ass. Profⁱⁿ. Mag^a. Drⁱⁿ. Elisabeth Aufhauser

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich,

- dass die ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, Februar 2020

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meiner ganzen Familie, die mir sowohl bei meinem Studium als auch bei der Diplomarbeit immer eine große Stütze waren. Besonders meinen Eltern, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und meiner Verlobten und zukünftigen Frau, die immer für mich da war und mich fortwährend zum Abschluss meines Studiums und meiner Diplomarbeit motiviert und auch gedrängt hat. Ein liebevoller Dank gebührt auch meiner Tochter, die mir mit ihrer fröhlichen Art und ihrem kindlichen Sein immer wieder einen neuen Blick auf Vieles ermöglicht hat und die Perspektiven in meinem Leben verschoben hat.

Abschließend möchte ich mir bei meiner Betreuerin, Frau Ass.Profⁱⁿ. Mag^a.Drⁱⁿ. Elisabeth Aufhauser bedanken, für die Betreuung meiner Diplomarbeit, ihre große Geduld mit mir und die Anregungen und Hilfestellungen beim Schreiben der Arbeit.

Kurzzusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wird der Umgang der Staaten der europäischen Union mit Kunststoffabfällen analysiert. Das Kreislaufwirtschaftspaket der Europäischen Union aus dem Jahr 2015 zielt auf eine höhere Zirkularität für Kunststoffe ab und liefert den rechtlichen Rahmen für Produktion, Verbrauch und Abfallbewirtschaftung von Kunststoffen in der EU. Diese Arbeit liefert einen Überblick über das Konzept und den aktuellen Forschungsstand der Kreislaufwirtschaft und die Implementierung der Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe in den Staaten der EU. Die rechtlichen Grundlagen der europäischen Kreislaufwirtschaft und die Umsetzung für Kunststoffe im Allgemeinen und insbesondere für Kunststoffabfälle werden erläutert. Mit Daten der Europäischen Statistikbehörde Eurostat und dem Verband der europäischen Kunststoffindustrie wird der Umgang der Staaten der EU mit Kunststoffabfällen analysiert. Der Fokus der Analyse liegt dabei auf der Frage, welche Auswirkungen die veränderte europäische Gesetzgebung auf die Menge und die Wege von Kunststoffabfällen hat.

Den generellen Trend von rückläufigen Pro-Kopf-Abfallaufkommen in den Staaten der EU gibt es bei Kunststoffabfällen nicht. Die Menge der generierten Kunststoffabfälle in den Staaten der EU ist im Untersuchungszeitraum 2004 bis 2018 sowohl absolut (12 %) als auch pro Kopf gestiegen (11%). Der Anteil der recycelten Kunststoffabfälle ist von 17,0 auf 32,5 Prozent, der Anteil der energetisch verwerteten Kunststoffabfälle von 29,0 auf 42,6 Prozent gestiegen und der Anteil der deponierten Abfälle von 54,0 auf 24,9 Prozent gesunken. Dabei gibt es enorme Differenzen zwischen den Staaten der EU-28. Die Menge der ins Ausland exportierten Kunststoffabfälle ist bis zum Jahr 2014 stark gestiegen und beginnt durch strengere Kriterien für den Abfallexport aus dem Jahr 2015 und Entwicklungen auf dem Weltmarkt wie das Importverbot von Kunststoffabfällen von China seither zu sinken.

Das größte ökologische Einsparungspotential, die Reduzierung des Kunststoffverbrauchs und des Kunststoffabfallaufkommens konnte durch das europäische Kreislaufwirtschaftspaket noch nicht realisiert werden, bei Recycling und energetischen Verwertung gibt es jedoch eine positive Entwicklung.

Abstract

This diploma thesis analysis the handling of plastic waste within the European Union. Since 2015, the Circular Economy Package of the European Union aims at improving the circularity of plastics and changes the legal framework for production, consumption and waste management of plastics. This thesis provides a review of the concept of circular economy, the current scientific research and the changes in legislation due to the circular economy package. The implementation of the circular economy for plastics and plastic waste and the changes in waste management in the EU is monitored and analyzed.

The data is provided by the European Statistics Office Eurostat and the association of plastic manufacturers in Europe. The focus of the analysis is to describe the impact of the new legal framework on the amounts of plastic waste generated and the change in plastic waste management.

Despite the decreasing amount of generated waste per person in the EU, the amount of plastic waste per person has increased. From 2004 to 2018 the amount of plastic waste increased by 12 percent. The percentage of recycled plastics increased from 17.0 to 32.5, the percentage of recovered plastics increased from 29.0 to 42.6 and the percentage of landfilled plastic waste decreased from 54.0 to 24.9. Although there are some positive developments in the whole EU, some countries show hardly any changes in waste management. The amount of exported plastic waste has increased until 2014. Due to legal changes and recent developments in the global market of plastic waste trade, like the Chinese waste import ban, the amount of exported plastic from the EU is decreasing since 2015.

The reduction of plastic demand and plastic waste has the biggest potential of decreasing the negative ecological impacts of plastics. The European Circular Economy has not been able to reduce these factors but has led to a positive development for recycling and recovery of plastic waste.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung.....	1
1.1 Forschungsfragen	2
1.2 Methodik	2
1.3 Hintergrund, Definitionen und Begriffsbestimmungen	3
1.3.1 Definition Kunststoffe.....	4
1.3.2 Definition Recycling, Wiederaufbereitung, Verwertung	6
1.3.3 Verwendung von Kunststoffen	8
1.4 Bedeutung der Kunststoffindustrie in Europa.....	11
2 Grundlagen der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy).....	13
2.1 Definition der Kreislaufwirtschaft	13
2.2 Kreisläufe der Kreislaufwirtschaft	14
2.3 Kreislaufwirtschaft.....	17
2.4 Von der linearen Wirtschaft zur Kreislaufwirtschaft.....	18
2.5 Kreislaufwirtschaft in der Abfallwirtschaft.....	22
2.6 Quantifizierung der Kreislaufwirtschaft - Der Circularity Gap Report.....	24
2.7 Das Kreislaufwirtschaftspaket der Europäischen Union	25
2.7.1 Produktion	27
2.7.2 Verbrauch	29
2.7.3 Abfallbewirtschaftung	32
2.7.4 Stärkung des Sekundärrohstoffmarktes	34
2.7.5 Innovation und Investitionen	36
2.7.6 Kunststoffe im Aktionsplan der Europäischen Union	37
2.7.7 Überwachung und Monitoring der EU-Kreislaufwirtschaft.....	37
2.8 Kritik am Circular Economy Modell	41
3 Kunststoffabfall	43
3.1 Einteilung des Kunststoffabfalls Definitionen und Grundlagen	44
3.2 Menge des Kunststoffabfalls	47
3.3 Menge des Kunststoffabfalls innerhalb der EU	48
4 Die Wege des europäischen Kunststoffabfalles.....	55
4.1 Deponierung und illegale Entsorgung	55
4.2 Formen der Kunststoffverwertung.....	57
4.2.1 Mechanisches Recycling/ Werkstoffrecycling	61
4.2.2 Chemisches Recycling/.....	63
4.2.3 Energetische/ Thermische Verwertung.....	66

4.3 Kunststoffsammlung.....	69
4.4 Ziele für die Kunststoffabfallverwertung im Rahmen der Kreislaufwirtschaft der EU	70
4.5 Kunststoffverwertung in den Staaten der EU in Zahlen	71
4.6 Recyclingraten für Kunststoffe der EU	77
4.7 Recyclingraten für Kunststoffe in den Staaten der EU	82
4.8 Der Handel mit Kunststoffabfällen	87
4.8.1 Europäische Gesetzesgrundlagen für den Handel mit Kunststoffabfall	87
4.8.2 Datengrundlage	88
4.8.3 Handel mit Kunststoffabfall in der EU	90
5 Conclusio	94
6 Literaturverzeichnis.....	97
7 Gesetzesquellen	108
8 Abbildungsverzeichnis.....	110
9 Tabellenverzeichnis.....	111

1. Einleitung

Kunststoff ist kein nachwachsender Rohstoff und muss aus endlichen natürlichen Ressourcen, wie Erdöl, Erdgas, Kohle und mittlerweile auch pflanzlichen Material hergestellt werden. Trotz der immer größeren Bedeutung der Herstellung aus biologischen Produkten wird der Großteil der Kunststoffprodukte noch aus fossilen Stoffen hergestellt. (PLASTICSEUROPE 2018: 31) Mit diesen endenden natürlichen Ressourcen gilt es sparsam umzugehen. Neben den Strategien der Vermeidung, Substitution und Wiederverwendung, ist es vor allem das Kunststoffrecycling, das eine langfristige ökologische Verbesserung bringt. Im Jahre 2018 wurden europaweit noch immer 25 Prozent der Kunststoffabfälle deponiert und somit keiner Verwertung zugeführt. (PLASTICSEUROPE 2019: 28) 2018 waren es weltweit nur 6 Prozent des neuen Kunststoffmaterials, das aus recyceltem Kunststoff hergestellt wurde. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a) Trotz intensiver Bemühungen der Europäischen Kommission zur Implementierung einer Kreislaufwirtschaft scheidet ein großer Teil der Ressourcen am Ende von Produktlebenszyklen aus diesem Kreislauf aus und wird keiner weiteren Verwertung zugeführt. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a)

Die fossilen Rohstoffe werden irgendwann zu Ende gehen, der Bedarf nach Kunststoffen ist aber noch konstant am Steigen. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019) Kein Wunder, haben Kunststoffe doch auf Grund ihrer Eigenschaften große Vorteile gegenüber anderen Werkstoffen und werden auch in Zukunft nicht durch andere Werkstoffe substituiert werden können. (ELSNER 2012: 15) Ziel muss es deshalb sein, dass Kunststoffe nach deren Nutzung wieder in den Produktionsprozess integriert werden. Die Kunststoffverwertung gewinnt auf Grund dieser Problematik seit Jahren an Aufmerksamkeit. Der Anteil des wiederverwerteten Kunststoffes in der Europäischen Union ist am Steigen, allerdings ist die thermische Verwertung, das Verbrennen von Kunststoffabfällen zur Energiegewinnung, noch immer die häufigste Verwertungsmethode. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a) Die Recyclingrate für Kunststoffabfälle in der Europäischen Union liegt 2018 bei 42 Prozent und somit unter der Rate des Abfalls, über alle Werkstoffe hinweg betrachtet. Für den kompletten Abfall liegt die Recyclingrate bei 54 Prozent. (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2019a: 10 und EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a)

Die Europäische Union hat mit der Implementierung des Aktionsplans zur Kreislaufwirtschaft klare Ziele und Vorgaben für den zukünftigen Umgang mit Abfällen geschaffen. (EUROPÄISCHE UNION 2019) Das Ziel, das es zu erreichen gilt, ist somit klar

festgelegt. Welche Wege aber beschritten werden müssen um ans Ziel zu gelangen, ist sowohl für Konsumenten, Behörden und Institutionen, Unternehmen und eine Vielzahl an weiteren Akteuren noch sehr unklar.

Diese Diplomarbeit versucht eine Bestandsaufnahme über die Wege des Europäischen Kunststoffabfalls zu erstellen. Dabei hat sich auf der Basis der vorhandenen Literatur und Datenquellen folgende Fragestellung ergeben.

1.1. Forschungsfragen

Die zentrale Forschungsfrage, die sich diese Arbeit stellt, lautet:

Wie wirkt sich die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft der Europäischen Union auf die Menge und die Verwertung des Kunststoffabfalles aus?

Die Analyse der Arbeit befasst sich, ausgehend von dieser Fragestellung mit folgenden Unterfragen?

- Was passiert mit den Kunststoffabfällen der Länder der EU-28?
- Wie hoch ist der Anteil der Kunststoffabfälle, der recycelt wird?
- Wie hoch ist der Anteil der Kunststoffabfälle, der auf Deponien landet?
- Wie hoch ist der Anteil der Kunststoffabfälle, die thermisch verwertet werden?
- Wie hoch ist der Anteil der Kunststoffabfälle, der über internationale Grenzen gehandelt wird? Welche Bedeutung hat der internationale Handel mit Kunststoffabfällen für die Entsorgungswirtschaft?
- Wie haben sich die jeweiligen Anteile verändert und welche Strategien für den zukünftigen Umgang mit Kunststoffabfällen gibt es für die Zukunft?
- Wie wird die Idee, der Kreislaufwirtschaft in der EU umgesetzt?

1.2. Methodik

Der erste Teil der Arbeit wurde als zusammenfassende Literaturarbeit erstellt, die versucht einen Überblick über den Forschungsstand zu liefern. Dabei sollen sowohl Grundlageninformationen erläutert werden, als auch die unerlässlichen Begriffe und Definitionen, mit denen in der Datenanalyse gearbeitet werden, bestimmt werden.

Der zweite Teil beschreibt an Hand unterschiedlichster Datenquellen die aktuelle Situation der Kunststoffproduktion und der Kunststoffverwertung weltweit, in den Staaten der Europäischen Union und in Österreich. Die Datengrundlage stammt dabei zu einem aus veröffentlichten Informationen der Kunststoffverarbeitenden und Kunststoffwiederaufarbeitenden Betriebe. Zum anderen stammen die Daten, von den sich mit der Abfallwirtschaft befassenden Behörden. Auf europäischer Ebene sind das die unterschiedlichen Organe der Europäischen Union, wie die Europäische Kommission, die Europäischen Umweltagentur und insbesondere die Europäischen Statistikbehörde Eurostat. Auf österreichischer Ebene stammen die Daten vor allem vom Umweltbundesamt.

Der dritte Teil, die selbst vorgenommene Datenanalyse, beschreibt und analysiert den Umgang der Staaten der Europäische Union mit ihrem Kunststoffabfall. Die, von Eurostat gesammelten Daten, werden aufbereitet und analysiert. Der wissenschaftliche Fokus liegt dabei vor allem auf dem Vergleich zwischen den Staaten der EU-28. Da vor dem Jahr 2000 keine Daten von den Behörden erhoben wurden, beginnt die Analyse der Entwicklung mit dem Jahr 2000. Die Analyse konzentriert sich vor allem auf die Raten des Recyclings, der thermischen Verwertung und der Deponierung in den Staaten der EU-28 sowie dem Handel mit Kunststoffabfall der EU-28 Staaten.

Der letzte Teil wagt einen Ausblick in die Zukunft und gibt einen Überblick über Strategien und Ziele sowie das Regelwerk für den zukünftigen Umgang mit Kunststoffabfällen in der EU.

1.3 Hintergrund, Definitionen und Begriffsbestimmungen

Kunststoffe sind aus dem Wirtschaftsleben industrialisierter Volkswirtschaften nicht mehr wegzudenken und weisen auf Grund ihrer Vielseitigkeit in unzähligen Bereichen Vorteile gegenüber anderen Werkstoffen auf. Kaum ein Material ist derart vielseitig in seinen Formen, Eigenschaften und dementsprechend auch in seinen Einsatzbereichen.

So werden Kunststoffe auch als „*Werkstoffe nach Maß*“ (ELSNER 2012:2) bezeichnet, die an den jeweiligen Einsatz angepasst werden können. Durch speziell auf den Aufgabenbereich maßgeschneiderte Kunststoffe ist bei der wirtschaftlichen Verarbeitung von Kunststoffen ein enormer Gestaltungsspielraum gegeben. Durch den Einsatz unterschiedlicher Ausgangsstoffe, unterschiedlicher Polymerisation und Beigabe von Additiven und Verstärkungsstoffen können Kunststoffe unterschiedlichste Eigen-

schaften bekommen und sind dadurch für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten geeignet sind. (SCHWEDT 2013)

Die nahezu grenzenlose Freiheit des Einsatzes von Kunststoffen wird eingeschränkt durch die Schwierigkeiten bei der Wiederverwertung und Entsorgung. (vgl. ELSNER 2012: 2)

„Mit der Vulkanisation von Naturkautschuk zu Gummi beginnt das Kunststoffzeitalter.“ (FENICHELL 1996: 6) Die ersten Kunststoffe, die allerdings noch Naturkautschuk als Ausgangsprodukt haben gewinnen ab der Mitte des 19. Jahrhundert an Bedeutung. Die Entdeckung von Gummi im Jahr 1838 von Charles Goodyear führte relativ rasch zur Verbreitung und zur weiteren Entwicklung von Kunststoffen. Die ersten Gummiprodukte waren noch Elastomere die in sehr kleinem Maßstab gefertigt wurden, wie zum Beispiel Gummihandschuhe. Mit der Entdeckung des Hartgummis erweiterte sich die Produktvielfalt und man versuchte vor allem Gummi als Ersatzprodukt zu teurem und nur in sehr geringen Mengen vorhandenem Elfenbein oder Horn zu etablieren. (vgl. FENICHELL 1996: 7 ff. und MOSSMANN 1997: 25 ff.)

Zelluloid wird 1870 patentiert und ist der erste industriell gefertigte und breit eingesetzte Kunststoff, auch wenn die Begriffe Kunststoff und Plastik noch nicht entstanden sind. In den folgenden Jahren wird eine große Zahl an weiteren Kunststoffen entwickelt und die Entwicklung neuer Kunststoffe geht bis heute an. (vgl. FENICHELL 1996: 16 und MOSSMANN 1997: 27)

Nach dem zweiten Weltkrieg begann man Polymere genauer einzuteilen in Elastomere (z.B. Gummi) und Kunststoffe (Thermoplaste, Duroplaste). Heute gibt es mehr als 200 unterschiedliche Arten von Kunststoffen, wobei eine genaue Zahl auf Grund der unklaren Einteilung und Unterscheidungen nicht möglich ist.

Der Name Kunststoffe ist in den 1940er Jahren entstanden und wurde damals für Ersatzstoffe verwendet, die die immer knapper werdenden Naturstoffe ersetzen sollten. Die ersten Einsatzbereiche für Kunststoffe waren als Isolierstoffe, Bindemittel, Reifen und Dichtungen. (vgl. ELSNER 2012: 3)

1.3.1 Definition Kunststoffe

„Kunststoffe sind hoch molekulare organische Verbindungen, die entweder durch Abwandeln hochmolekularer Naturstoffe oder durch chemische Aneinanderlagerungen niedermolekularer Grundbausteine, sog. Monomere, durch verschiedenartige chemische Reaktionen entstehen. Die Vielfalt der Kunststof-

fe erklärt sich aus der großen Zahl von Möglichkeiten bei der Auswahl monomerer Bausteine und den verschiedenen Arten ihrer Aneinanderlagerung zu hochmolekularen Ketten (linear, verzweigt, vernetzt).“ (ELSNER 2012: 1)

Die Begriffe Kunststoff und Plastik werden im deutschen Sprachgebrauch oft synonym verwendet. Der Begriff Plastik stammt aus der Zeit, als Kunststoffe noch händisch leicht verformbar waren und plastische Eigenschaften hatten – deshalb Plastik. Diese Verformbarkeit haben heutzutage nur mehr manche Elastomere und deshalb müssten eigentlich nur diese mit dem Begriff Plastik bezeichnet werden. Daher hat sich für die Wissenschaftliche Praxis im Deutschen mittlerweile der Begriff Kunststoff durchgesetzt. (SCHWEDT 2013)

Für chemisch-technische Aspekte ist auch der Begriff Polymer üblich, wobei hier das Herstellungsverfahren der Polymerisation namensgebend ist. Für ausführlichere Betrachtung und Fragestellungen müssen Kunststoffe ohnehin genauer in Kunststoffgruppen eingeteilt werden. (vgl. FENICHELL 1996: 28 und MOSSMANN 1997: 56)

Nach dem zweiten Weltkrieg begann man Polymere genauer einzuteilen in Elastomere (z.B. Gummi) und Kunststoffe (Thermoplaste, Duroplaste). Diese Einteilung erfolgt nach mechanisch-thermischen Verhalten und ist auch heute noch die geläufigste Form der Einteilung. Aber auch Einteilungen nach Ursprung, Anwendungsgebiet oder Entstehungsreaktion sind üblich. Folgt man der Einteilung in Elastomere, Thermoplaste und Duroplaste so sind heute Thermoplaste der bei weitem größte Teil der erzeugten und verarbeiteten Kunststoffe. (vgl. ELSNER 2012: 42)

Kombinierte Werkstoffe, bei der mehrere Kunststoffarten verwendet werden, gewinnen seit den 1980ern immer mehr an Bedeutung. Durch die Verbindung unterschiedlicher Kunststoffarten zu einem Verbundwerkstoff oder auch durch die Verbindung von Kunststoff mit anderen Werkstoffen (v.a. Textilfasern, Holz, Glas, Metalle etc.) können Kunststoffe noch vielfältiger einsetzbar werden. (vgl. HORNBÖGEN 1994) Diese Verbundwerkstoffe stellen das Kunststoffrecycling vor ganz besondere Herausforderung, will Kunststoffrecycling doch möglichst sortenreine Kunststoffe als Endprodukt haben. (vgl. KAWECKI et al. 2018: 9873)

Das Harmonized System und die Standardized Nomenclature,, die gehandelte Waren in Produktgruppen kategorisieren, verwenden eine Einteilung bei der Kunststoffe an Hand der Entstehungsreaktion unterschieden werden, und unterteilen in Ethylene, Propylene, Styrene, Vinyl Chloride, Vinyl Acetate, Acrylic Polymeres, Polyacetals, Polyamides, Amino-resins, Silicones und Cellulose. (EUROPÄISCHE UNION 2019: 289 ff.)

Beim Handel mit Kunststoffabfällen wird nur mehr in Etylene, Styrene, Vinyl Chloride und andere Kunststoffe unterschieden. Zum einen ist eine genauere Unterscheidung auf Grund gleicher Wiederaufbereitungsmethoden nicht sinnvoll. Zum anderen ist eine sortenreine Trennung besonders bei Haushaltsabfällen mit derzeitigen Sammel- und Sortierungsmethoden nicht möglich. (vgl. KAWECKI et al. 2018: 9874)

1.3.2 Definition Recycling, Wiederaufbereitung, Verwertung

Die Europäische Union definiert Recycling in den Abfallrichtlinien folgendermaßen.

„Recycling: jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.“ (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN)

Die Europäische Union grenzt den Begriff des Recyclings hiermit genau von dem der energetischen Verwertung ab. Diese Abgrenzung des Recyclings von der Verwertung besagt, dass die Aufbereitung zur Energiegewinnung nicht mehr dem Begriff Recycling bezeichnet wird. Diese Unterscheidung hat sich mittlerweile etabliert, wobei in älteren Publikationen zum Beispiel auch von Hornbogen et al. (1993) das Recycling bei weitem breiter definiert wird.

„Erfolgt eine Rückführung von Rohstoffen in den Kreislauf, spricht man von Recycling“

Bei der EU-Definition wird auch klar abgegrenzt, dass es Abfälle sind, die wiederaufbereitet werden. Sind es keine Abfälle, die wiederaufgewertet werden, spricht man nicht von Recycling, sondern von Wiederverwendung.

„Wiederverwendung: jedes Verfahren, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren.“ (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN)

Die Vorbereitung zur Wiederverwendung muss man von der Wiederverwendung unterscheiden. Bei der Wiederverwendung werden Erzeugnisse oder Bestandteile, die keine Abfälle sind, wieder für denselben Zweck verwendet werden, für den sie ursprünglich bestimmt waren. Die Wiederverwendung wird somit eigentlich zur Vermeidung gerechnet, befasst sie sich doch nicht mit Abfall. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung stellt der Wiederverwendung also eine Art von Behandlung voraus.

„Vorbereitung zur Wiederverwendung: jedes Verwertungsverfahren der Prüfung, Reinigung oder Reparatur, bei dem Erzeugnisse oder Bestandteile von Erzeugnissen, die zu Abfällen geworden sind, so vorbereitet werden, dass sie ohne weitere Vorbehandlung wiederverwendet werden können.“ (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN)

Verwertung ist breiter gefasst als Recycling und beinhaltet das Recycling als ein mögliches Verwertungsverfahren. Die Verwendung als Brennstoff oder als Mittel zur Energieerzeugung ist neben weiteren Verfahren zur Rückgewinnung oder Regenerierung ebenfalls ein Verwertungsverfahren wie in der folgenden Definition erkenntlich ist.

„Verwertung: jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie andere Materialien ersetzen, die ansonsten zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen.“ (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN)

Der Begriff der Verwertung ist noch von jenem der Beseitigung zu unterscheiden. Beseitigung ist grundsätzlich jedes Verfahren der Deponierung, Ablagerung, Einleitung und Aufbringung inklusive der Verbrennung an Land auf See. Die Verbrennung an Land wird nur dann der Verwertung und nicht der Beseitigung zugerechnet, wenn festgelegte Energieeffizienzgrenzwerte bei der Energiegewinnung erreicht werden.

„Beseitigung“ jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden. (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN)

1.3.3 Verwendung von Kunststoffen

Kunststoffe sind aus unserem Leben nicht mehr weg zu denken. Kaum eine Tätigkeit im Alltag, bei der man nicht mit Kunststoff in Berührung kommt. Würden wir alle Gegenstände aus Kunststoff aus unseren Häusern und Wohnungen räumen - wir würden in beinahe leeren Wohnungen leben. Die früher aus biologischen Werkstoffen bestehenden Produkte wurden im Laufe der letzten 100 Jahre durch Kunststoff ersetzt. SCHWEDT (2013: 24) kommt gar zu dem Schluss, dass es nur zwei Produkte der Biosphäre sind, die nie komplett durch Kunststoff ersetzt werden: Holz und Leder.

Diese Allgegenwärtigkeit von Kunststoffen ist den schier unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten dieses Werkstoffes geschuldet. Kein anderer Werkstoff kann so viele unterschiedliche Formen und Eigenschaften annehmen wie Kunststoffe es können. In dem Kreisdiagramm der Abbildung 1 werden die Einsatzgebiete von Kunststoffen vorgestellt.

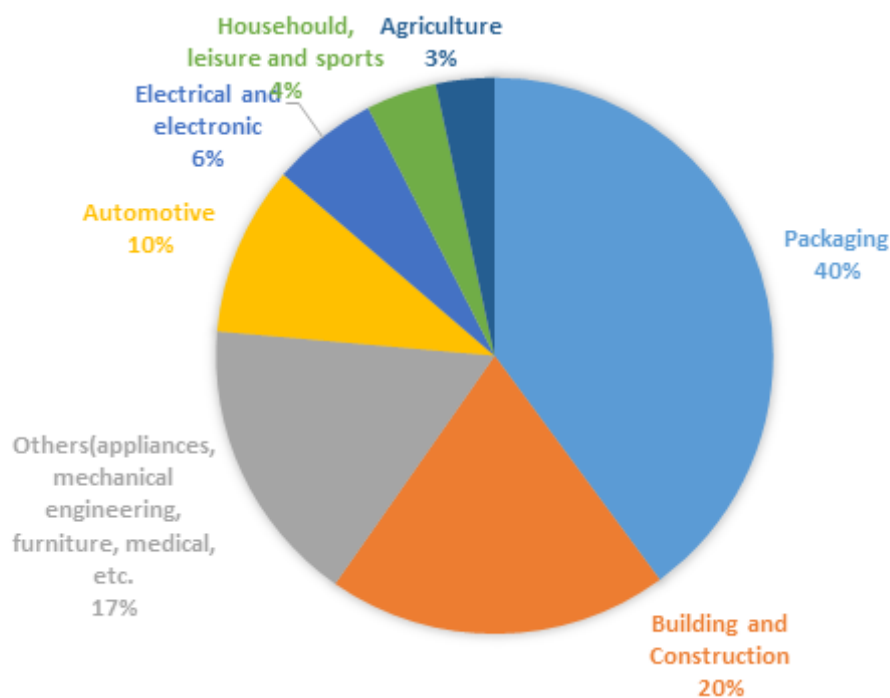


Abb. 1 Kunststoffverbrauch nach Sektoren 2018 (EU-28 + NO/CH)

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2019; eigene Darstellung)

PLASTICS EUROPE (2019), der Verband der Kunststoffhersteller in Europa, stellt in seinen jährlichen Berichten die aktuelle Situation der Kunststoffindustrie in Europa vor. Ein großer Teil der Zahlen zur Beschreibung der Kunststoffindustrie in dieser Arbeit stammt aus dieser Quelle, gibt es doch ansonsten kaum publiziertes Zahlenmaterial. PLASTICS EUROPE (2019) kam zu dem Ergebnis, dass der größte Anteil, 40

Prozent, der im Jahr 2018 eingesetzten Kunststoffe für Verpackungsmaterialien genutzt wird. Die Hälfte aller Verpackungen die EU bestehen aus Kunststoff. Nach der Verpackungsindustrie ist es die Bauwirtschaft, die 20 Prozent des Kunststoffes verbraucht. Der drittgrößte Sektor ist die Automobilindustrie mit 10 Prozent des europäischen Verbrauchs. (PLASTICS EUROPE 2019; BDE – BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENTSORGUNGS- WASSER- und ROHSTOFFWIRTSCHAFT 2018: 35)

In Tabelle 1 ist die Verteilung des Verbrauchs auf die unterschiedlichen Kunststoffarten ersichtlich. In Abbildung 2 wird die Verteilung der Kunststoffarten auf die einzelnen Sektoren genauer dargestellt.

Polyethylen wurde, um eine genauere Unterscheidung zu ermöglichen in Polyethylen mit niedriger Dichte, mittlerer und hoher Dichte und Polyethylenterephthalat unterteilt. Würde man von dieser Unterteilung absehen, wäre Polyethylen mit einem Gesamtanteil von 37,4 Prozent der bei weitem bedeutendste Kunststoff. Erfolgt diese Aufteilung ist es Polypropylen, das mit einem Gesamtanteil von 19,3 Prozent, der am häufigsten eingesetzte Kunststoff ist. Besonders bei der Lebensmittelverpackung und in der Automobilindustrie ist Polypropylen ein wichtiger Werkstoff. (PLASTICS EUROPE 2019)

Die Fülle an Anwendungsgebieten von Polyethylen mit niedriger Dichte ist groß. Je niedriger die Dichte von Polyethylen, desto größer die Elastizität. Deswegen wird Polyethylen mit geringer Dichte überall dort eingesetzt, wo ein elastischer Werkstoff gefragt ist. Als Plastikfolie in Haushalt oder in der Landwirtschaft oder auch als wiederverwendbare Tasche. Europaweit waren im Jahr 2018 17,5 Prozent der eingesetzten Kunststoffe Polyethylen mit niedriger Dichte. Polyethylen mit mittlerer und hoher Dichte weist eine höhere Steifigkeit aus und hat unter anderem als Spielzeug, Küchengeräte oder in der Baubranche eine große Bedeutung. Auch in der Baubranche wird Polyethylen mit mittlerer und hoher Dichte häufig eingesetzt und ist mit 12,2 Prozent die dritthäufigste Kunststoffart. (PLASTICS EUROPE 2019)

Polyvinylchlorid ist der Grundstoff für die Profile von Kunststofffenstern oder in Kunststoffverrohrungen, bei Wasserleitungen, besonders bei Abwasserleitungen und ist der bedeutendste Kunststoff für die Baubranche. Zehn Prozent des europaweit genutzten Kunststoffes im Jahr 2018 war Polyvinylchlorid.

Polyurethan ist der Grundstoff der meisten Schaumstoffe und die Verwendung reicht vom Küchenschwamm bis hin zur Anwendung als Klebe- und Dichteschaum in der Baubranche. Auch in Matratzen und Autositzen verwendeten Schaumstoffe bestehen zumeist aus Polyurethan. Polyethylenterephthalat, eine der Unterscheidungen von

Polyethylen, ist auf Grund seiner Häufigkeit und Bedeutung als PET-Flasche extra geführt. Polyethylenterephthalat wird beinahe ausschließlich als Verpackungsmaterial verwendet. Der häufige Einsatz als Einweg-Getränkeflasche hat zur Folge, dass 7,7 Prozent des europaweit genutzten Kunststoffes aus Polyethylenterephthalat besteht. Polystyrol ist vor allem unter der Handelsbezeichnung Styropor bekannt und wird als Gebäudeisolierung und ebenfalls in der Lebensmittelverpackung verwendet. (PLASTICS EUROPE 2019; SCHWEDT 2013)

Die Liste an Einsatzgebieten der Kunststoffe ist unvollständig und nur ein Auszug aus der großen Bandbreiten von möglichen Kunststoffanwendungen. Das Entwickeln von Kunststoffen speziell für einen Anwendungsbereich ist laut SCHWEDT (2013: 169) sogar noch in den Kinderschuhen und wird die Bandbreite an Kunststoffarten und Einsatzgebieten in den nächsten Jahren noch ausweiten.

Tab. 1 Kunststoffarten, Anteil am Verbrauch und Verwendung 2018 (EU-28 + NO/CH)

Kunststoffart	Anteil	Verwendung
Polypropylen	19,3%	Lebensmittelverpackung, Flaschenverschlüsse, Küchen- und Haushaltsplastik, Rohre, Automobilteile, Banknoten
Polyethylen, niedrige Dichte (PE-LD, PE-LLD)	17,5%	Wiederverwendbare Taschen, Küchen- und Haushaltsplastik, Lebensmittelverpackung, Folien in der Landwirtschaft
Polyethylen, mittlere und hohe Dichte (PE-MD, PE-HD)	12,2%	Spielzeug, Shampoo Flaschen, Rohre, Küchen- und Haushaltsplastik
Polyvinylchlorid (PVC)	10%	Fenster, Parkette, Rohre, Kabel, Gartenschläuche, aufblasbare Pools
Polyurethan (PUR)	7,9%	Isoliermaterial, Matratzen und Polster, Schaumstoffe
Polyethylenterephthalat (PET)	7,7%	Plastikflaschen, Getränke, Reinigungsmittelverpackung, Textilfasern
Polystyrol (PS, EPS)	6,4%	Lebensmittelverpackung, Gebäudeisolierung, Elektro- und Elektronikartikel

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2019: 22; eigene Darstellung)



Abb. 2 Kunststoffverbrauch nach Sektoren und Polymerarten 2018 (EU-28 + NO/CH) (PLASTICS EUROPE 2019: 23)

1.4 Bedeutung der Kunststoffindustrie in Europa

Laut PLASTICS EUROPE (2019: 8) sind es mehr als 1,6 Millionen Arbeitsplätze, die in Europa direkt der Kunststoffindustrie zuzurechnen sind. Ca. 60.000 Unternehmen, vor allem kleine und mittlere Unternehmen, sind es die in Europa im Bereich der Kunststoffindustrie agieren. Dabei sind es die Bereiche der Kunststoffproduktion, der Weiterverarbeitung, der Fertigung und der Bereich des Recyclings in denen die Unternehmen agieren. (PLASTICS EUROPE 2019: 8)

Der Umsatz der EU-28 Kunststoffindustrie im Jahr 2018 lag bei 360 Milliarden Euro (PLASTICS EUROPE 2019: 8), der des Jahres 2017 bei 355 Milliarden Euro. Das entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 1,4 Prozent. Das reale Wirtschafts-

wachstum in der EU-28 betrug im selben Zeitraum 2,6 Prozent, was auf ein etwas geringeres Wachstum der Kunststoffbranche als im restliche Teil der Wirtschaft schließen lässt. (EUROSTAT 2018)

Tab. 2 Die weltweite Kunststoffproduktion 2018

Verteilung der weltweiten Kunststoffproduktion	Anteil
Asien	51
NAFTA	18
Europa	17
Mittlerer Osten und Afrika	7
Lateinamerika	4
CIS Staaten	3

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2019: 15; eigene Darstellung)

Der Handelsüberschuss mit den anderen Kontinenten betrug 17 Millionen Euro. (PLASTICS EUROPE 2019: 8) Im Kontinent Vergleich, wie in Tabelle 2 ersichtlich, liegt Europa mit einem Anteil von 17 Prozent am Weltmarkt an dritter Stelle hinter Asien und Nordamerika. China, ohne das restliche Asien, hat alleine einen Anteil von 30 Prozent an der weltweiten Produktion und ist somit der bedeutendste Player in der Kunststoffindustrie. (PLASTICS EUROPE 2019: 15)

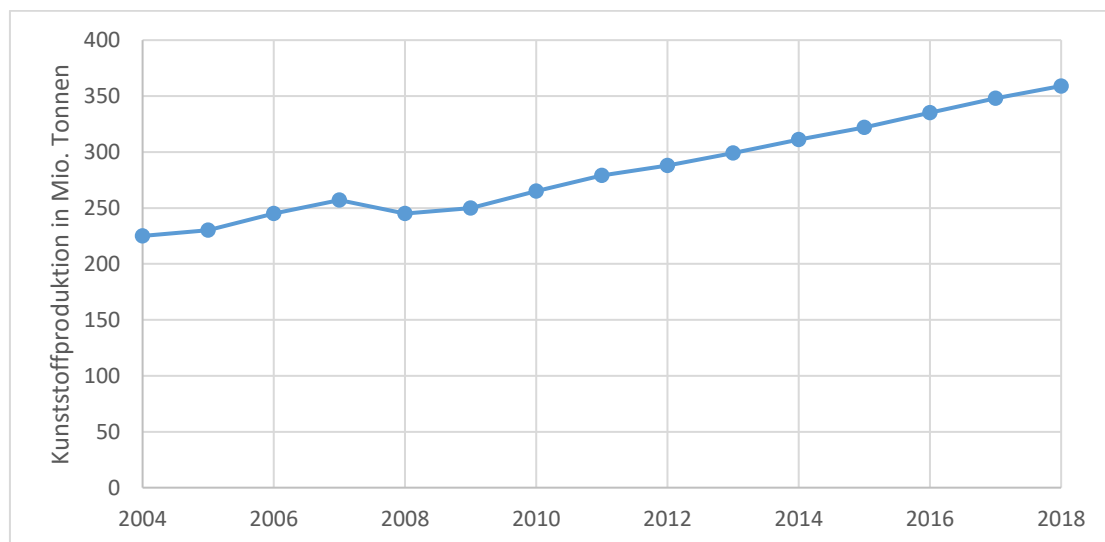


Abb. 3 Weltweite Kunststoffproduktion in Mio. Tonnen (2004-2018)

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2016; 2017; 2018; 2019; eigene Darstellung)

In Abbildung 3 ist die Entwicklung der weltweiten jährlichen Kunststoffproduktion vom Jahr 2007 bis zum Jahr 2018 dargestellt. Die Menge des weltweit hergestellten Kunststoffes betrug im Jahr 2018 359 Gigatonnen. Mit Ausnahme der Folgen der Wirtschaftskrise von 2007 bis 2009 gibt es ein kontinuierliches Wachstum. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Kunststoffproduktion liegt im Vergleichsraum 2007-2018 bei 1,26 Prozent. Die letztjährige Wachstumsrate (2017-2018) liegt bei 3,1 Prozent und lässt eine leicht ansteigende Dynamik erkennen.

2 Grundlagen der Kreislaufwirtschaft (Circular Economy)

Kapitel 2 befasst sich mit den theoretischen Hintergründen der Kreislaufwirtschaft. Es werden die Grundprinzipien der Kreislaufwirtschaft vorgestellt sowie die erwartete Veränderung für die Ökologie und für den Wirtschaftsstandort. Das Kreislaufwirtschaftspaketes der Europäischen Union sowie dessen Umsetzung wird genauer analysiert und auch Kritik am Konzept der Kreislaufwirtschaft wird thematisiert.

2.1 Definition der Kreislaufwirtschaft

„Bei der Schaffung einer Kreislaufwirtschaft geht es darum, den Wert von Produkten, Stoffen und Ressourcen innerhalb der Wirtschaft so lange wie möglich zu erhalten und möglichst wenig Abfall zu erzeugen.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2015b)

Die ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2019: 15) definiert die Kreislaufwirtschaft ganz ähnlich.

„A circular economy is based on the principles of designing out waste and pollution, keeping products and materials in use, and regenerating natural systems. It thus minimises the need for new inputs of materials and energy, while reducing environmental pressures linked to resource extraction, emissions and waste. This goes beyond just waste, requiring that natural resources are managed efficiently and sustainably throughout their life cycles. A circular economy thus provides opportunities to create well-being, growth and jobs, while reducing environmental pressures“ (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 15)

Diese Definitionen der Kreislaufwirtschaft sind sehr ähnlich und fokussieren auf einen wirtschaftlichen Umgang mit Ressourcen, der es schafft, dass Stoffe möglichst lange und effizient genutzt werden können und am Ende der Nutzungsdauer wieder in das Wirtschaftssystem integriert werden zu können. Abfall gibt es in dem System der

Kreislaufwirtschaft nicht. Der Abfall des einen ist der Rohstoff oder der Nährstoff des anderen.

2.2 Kreisläufe der Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft unterscheidet zwischen mehreren Kreisläufen in denen Stoffe zirkulieren - dem Kreislauf der Biosphäre und dem der Technosphäre. Weil die üblichen Abbildungen mit den beiden Stoffkreisläufen der Bio- und Technosphäre in ihrer Form einem Schmetterling ähneln, wurden die Abbildung und die beiden Kreisläufe auch Butterfly Diagramm (Abbildung 4) getauft. (vgl. STAHEL 2016: 435; BRAUNGART und MCDONOUGH 2014; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 15)

Im Kreislauf der Biosphäre zirkulieren biologische Inhaltsstoffe. Diese Stoffe sind ungiftig und können ohne Bedenken als Nährstoffe wieder in die Biosphäre eingebracht werden. Alle Stoffe, die in der Biosphäre zirkulieren sind komplett abbaubar und verursachen keinen Abfall. Der Abfall des einen ist die Nahrungsgrundlage eines anderen, ganz im Sinne der Nährstoffkreisläufe der Natur, wie dem Nährstoff-, Wasser- oder Kohlenstoffkreislauf. (vgl. STAHEL, 2016: 435; WALCHER und LEUBE 2017:2)

Im Kreislauf der Technosphäre sind Stoffe, die nicht auf biologischen Weg abbaubar sind. Die Inhaltsstoffe der Technosphäre sind für die Biosphäre nicht geeignet. Am Ende ihres Produktlebens werden die Inhaltsstoffe durch Rückführungskreisläufe wieder Rohstoffe. Das Recycling ist einer der „Loops“ der Kreislaufwirtschaft, dabei werden durch Wiederaufbereitung die technischen Inhaltsstoffe wieder Rohstoffe und gelangen so in den Kreislauf zurück. Technische Stoffe und die in sie investierte Energie sollen möglichst lange im Kreislauf zirkulieren. So sollen die Ressourcen möglichst effizient genutzt werden. Der Loop der Sharing Economy zielt darauf ab die Menge der eingesetzten Stoffe und Ressourcen in der Technosphäre zu reduzieren. Das „*own and consume thinking*“ (KORHONEN et al. 2018: 41) wird in der Sharing Economy in Frage gestellt. Der Sharing Economy und der Kreislaufwirtschaft ist somit immanent, dass sich das Konsumverhalten ändern wird müssen. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2013) Diese Änderung des Konsumverhaltens muss mit neuen Geschäfts- und Unternehmenskonzepten einhergehen. (TUKKER 2015: 80) Diese neuen Unternehmenskonzepte müssen Formen des Leasings und Mietens von Gebrauchsgütern, Rücknahmestrategien, Rückführungslogistik sowie Konzepte beinhalten, die es Schaffen Produkte für mehr Nutzer verfügbar zu machen. (KORHONEN et al. 2018: 41)

Ein weiterer Loop und somit ein Ansatz der Kreislaufwirtschaft muss es sein, den Ressourcenverbrauch durch längere Zirkulation von Gebrauchsgüter zu erreichen. (THOMÉ-KOZMIENSKY 1995: 17) Gebrauchsgüter müssen so gestaltet werden, dass sie länger genutzt werden können. Ziel des Produktdesigns darf nicht die geplante Obsoleszenz, sondern muss eine möglichst lange und effektive Nutzung von Produkten und somit Ressourcen sein. Neben einem veränderten Konsum braucht es also auch ein verändertes Verhalten in Produktentwicklung und Produktdesign. Eine Rückführung von Ressourcen am Ende des Produktlebens muss bereits beim Produktdesign berücksichtigt werden. Gebrauchsgüter müssen für ein eventuelles Recycling, eine Reparatur oder Refurbishing entwickelt und produziert werden.

„The Circular economy designs out waste and pollution“ (EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY 2017: 7)

Es braucht modulare Bauweisen um bei Defekten eine Reparatur zu ermöglichen. Einzelne Teile von Produkten müssen durch Überholung und Instandsetzung länger nutzbar werden. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 15; 2019b) Dieses Refurbishing gewinnt in der Automobilindustrie und im EDV Bereich in den letzten Jahren schon an großer Bedeutung. (ZINK und GEYER 2017: 599)

In der Abbildung 4 werden die Kreisläufe der Bio- und Technosphäre im Butterfly Diagramm dargestellt.

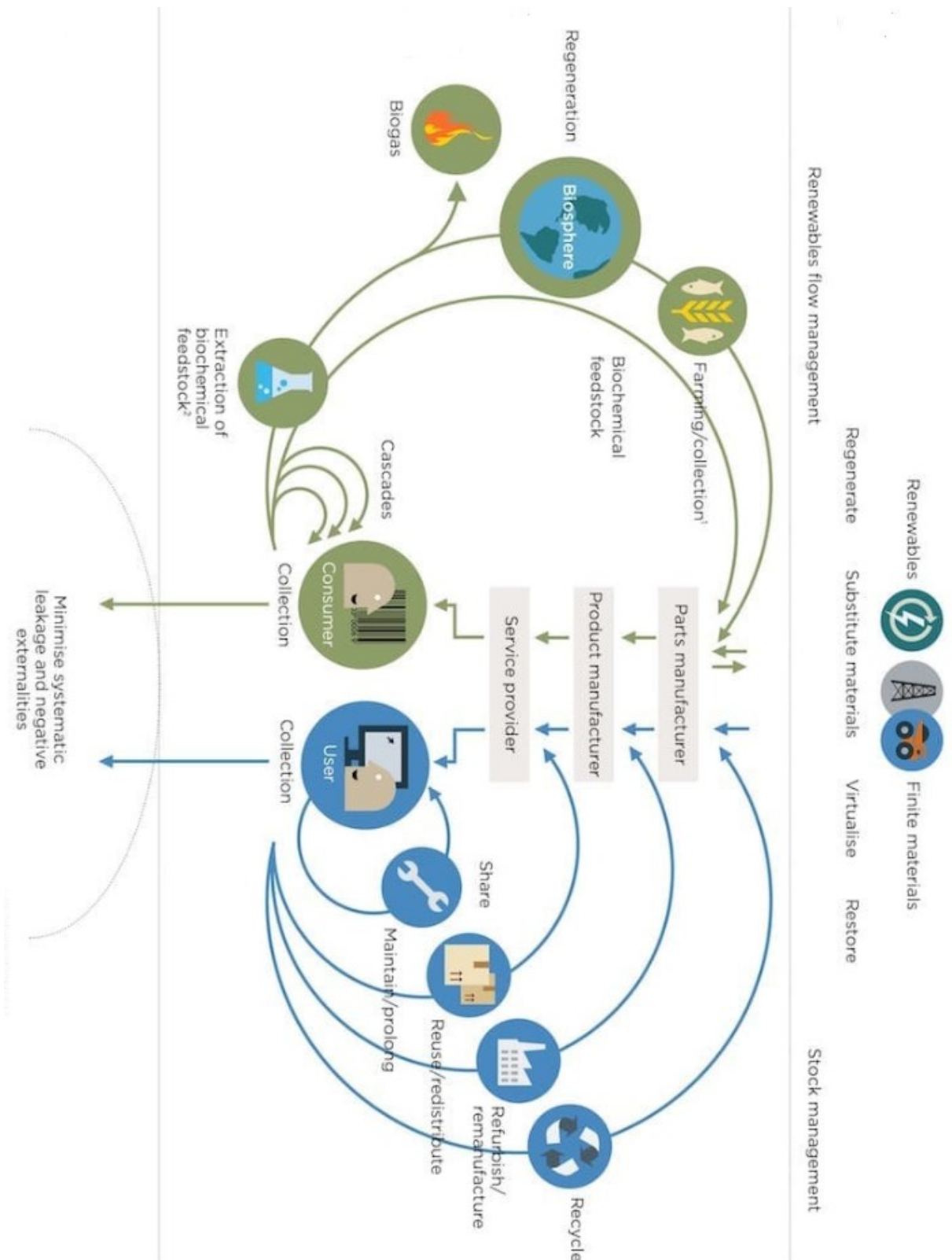


Abb. 4 Kreislaufwirtschaft (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019b)

2.3 Kreislaufwirtschaft

Die Reintegration von Abfällen in das Wirtschaftsgeschehen ist es um das sich die Abfallwirtschaft kümmern muss. Auch hier haben sich die Begrifflichkeiten und die Abfallwirtschaft selbst im Laufe der Jahre gewandelt. Sprach man früher von Abfallbeseitigung und Abfallwirtschaft, so hat sich der Begriff heute in die Richtung der Kreislaufwirtschaft, Circular economy, entwickelt. (KORHONEN et al. 2018: 37)

THOMÉ-KOZMIENSKY (1995: 17) meint, dass die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft bedeutet, dass die Abfallwirtschaft in die Volkswirtschaft integriert wird. Die Abfallwirtschaft bestimmt bereits das Produktdesign der produzierenden Wirtschaft. Erst wenn diese echte Verschränkung erreicht ist, wenn bei der Produktion bereits Entsorgung und Verwertung eine Rolle spielen, kann man von Kreislaufwirtschaft sprechen.

Aus dem Bereich der Abfallwirtschaft entnommen ist folgenden Definition:

„Die Kreislaufwirtschaft ergänzt den Begriff „Abfallwirtschaft“ um den Aspekt der Wiederverwertung“ (GOLDMANN 2016: 2)

Diese Definition weist auf die Bedeutung der Kreislaufwirtschaft für die Abfallwirtschaft hin. Aufgabe der Abfallwirtschaft ist es nicht mehr zu entsorgen, sondern Abfälle für die Kreislaufwirtschaft wiederaufzuarbeiten. (vgl. MARTENS und GOLDMANN 2016: 2; KRANERT 2017: 5)

Kreislaufmanagement (Circular economy management) bezeichnet nichts anderes als den Eingriff in das Wirtschaftsgeschehen um ein näher an einer Kreislaufwirtschaft ausgerichtetes Wirtschaftssystem zu erreichen. Zum einen ist es als Aufgabe der Behörden und Institutionen aktives Kreislaufmanagement zu betreiben, damit die Ziele der Kreislaufwirtschaft erreicht werden können. Zum anderen ist es aber auch die Aufgabe von Unternehmen, die ein grünes/ nachhaltiges Supply Chain Management etablieren müssen. (vgl. GENOVESE et. al.: 345)

Die vor allem in der Abfallwirtschaft geläufige Bezeichnung Stoffstrommanagement (material flow management) ist vom Begriff des Kreislaufmanagements (Circular economy management) und der Kreislaufwirtschaft kaum zu unterscheiden. Eine Unterscheidungsmöglichkeit ist, dass sich der Begriff des Stoffstrommanagements nur auf einen Werkstoff bezieht, zum Beispiel Kunststoffe, während Kreislaufwirtschaft die Summe aller Werkstoffe bezeichnet. Diese Unterscheidungen sind allerdings nicht sehr geläufig und häufig werden die Begriffe synonym verwendet. In aktuelleren wissenschaftlichen Publikationen hat sich allerdings der Begriff Kreislaufwirtschaft durchgesetzt. Das liegt vermutlich daran, dass sich große europäische und internationale

Organisation für die Verwendung des Begriffs Kreislaufwirtschaft entschieden haben. (KIRCHHERR et. al. 2017a)

Eine häufig gewählte Erklärung der Kreislaufwirtschaft wird auch über die Abgrenzung zu einem linearen Wirtschaftsmodell erreicht und betont dementsprechend auch die Zielsetzung der Kreislaufwirtschaft. Ziel und Aufgabe der Kreislaufwirtschaft muss es sein, von einem linearen Wirtschaftsmodell mit der Deponierung von Ressourcen am Ende von Produktleben zu einem zyklischen Wirtschaftsmodell zu wechseln.

„Die Kreislaufwirtschaft steht im Gegensatz zum traditionellen, linearen Wirtschaftsmodell.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2015a: 2)

2.4 Von der linearen Wirtschaft zur Kreislaufwirtschaft

Der bisherige Ansatz einer linearen Wirtschaft mit den Phasen Extract-Produce-Use-Dump war es Produkte am Ende ihres Lebenszyklus zu entsorgen. Dieses lineare Modell der Wirtschaft wird heute auf Grund der fehlenden Nachhaltigkeit grundlegend in Frage gestellt.

„The European Union (EU) economy is largely linear by design, resulting in avoidable environmental and human health impacts, inefficient use of natural resources and over-dependency on resources from outside Europe. Moving to a circular economy would alleviate these pressures and concerns, and deliver economic, social and environmental benefits.“ (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2017: 7)



Abb. 5 Lineare Wirtschaft (KORHONEN et al. 2018: 37) (eigene Darstellung)



Abb. 6 Lineare Wirtschaft (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019b: 12) (eigene Darstellung)

In den Abbildungen 5 und 6 sieht man das Modell einer linearen Wirtschaft. Es sind unterschiedliche Begriffe, die bei dem Modell der linearen Wirtschaft verwendet werden, die Kernaussage ist allerdings immer dieselbe. Nach dem Ende der Nutzung von Ressourcen kommt irgendwann die Entsorgung/Deponierung. Dieses Modell die Wirtschaft linear zu beschreiben wird üblicherweise auch nur im Kontrast zu Modell der Kreislaufwirtschaft verwendet. Diese Kontrastierung ist bezeichnend für die dem Be-

griff lineare Wirtschaft beinhaltende Kritik an einem derartigen Wirtschaftsmodell. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019b: 12; KORHONEN et al. 2018: 37)

Das lineare Modell von Wirtschaft und Wachstum ist nicht mehr an die Bedürfnisse unserer heutigen Wirtschaft angepasst ist. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019b: 13)

Es sind vor allem Umweltbedenken, die es Verlangen von einem linearen wirtschaftlichen Denken in ein Kreislaufdenken umzuschwenken. Ein oft gewählter Vergleich ist der mit den Kreislaufsystemen der Natur. Bei den Kreisläufen von Wasser, Nährstoffen oder Kohlenstoff in der Natur werden aus den Abfällen des Einen die Ressourcen des Anderen. (vgl. STAHEL 2016: 435; WALCHER und LEUBE 2017:2) Kreislaufwirtschaft ist somit ein Ansatz um mit ökologischen Problemen umzugehen und um eine nachhaltige Entwicklung voranzutreiben. (KORHONEN et al. 2017: 544)

Jede einzelne Supply-Chain darf nicht nur eine konventionelle (forward) Supply Chain beinhalten, sondern muss durch eine rückwärts (reverse) Supply Chain ergänzt werden. So können klassischen Forward Supply Chains zu geschlossenen (closed loop) Supply Chains werden. Diese geschlossenen Supply Chains oder auch Supply Loops beinhalten das Recycling oder eine andere Form der Rückführungskette. Primärrohstoffe werden nicht deponiert und fallen nicht aus dem Kreislauf heraus. (vgl. MORANA und SEURING 2001; BOWEN et al. 2001)

Obwohl es die Ideen eines geschlossenen Materialkreislaufes schon sehr lange gibt, DESROCHER (2002: 49) behauptet sogar schon seit dem Beginn der Industrialisierung, gewinnt die Idee eines geschlossenen Kreislaufes erst mit dem großen Aufkommen der Klimawandeldebatte und den damit verbundenen Forderungen nach einem nachhaltiger Wirtschafts- und Lebensstil an Bedeutung. (vgl. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 19)

Um nachhaltiges Wachstum zu ermöglichen ist es notwendig unsere Ressourcen effektiver und nachhaltiger einzusetzen. In einer Kreislaufwirtschaft muss der Wert von Produkten und Materialien so lange wie möglich erhalten werden. Abfall und Ressourcenverbrauch muss reduziert werden und Ressourcen bleiben in der Wirtschaft, wenn Produkte das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben. So können Ressourcen weiter und weiter genutzt werden.



Abb. 7 Lineare- und Kreislaufwirtschaft (WALCHER und LEUBE 2017:2)

Das Modell einer Kreislaufwirtschaft ergänzt das lineare Wirtschaftsmodell um die Reintegration nach der Nutzung von Produkten. Die Bezeichnungen dieser Reintegration von Produkten variieren und reichen von Reintegration über Wiederaufwertung, Wiederaufbereitung, Aufwertung, Verwertung, Zirkulation, Rezirkulation bis hin zu Recycling. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 4)

Auch eine energetische oder thermische Verwertung ist dabei nicht im Sinne der Kreislaufwirtschaft, muss es doch das Ziel sein, eingesetzte Ressourcen und Aufwand möglichst effektiv zu erhalten. Dabei ist das Recycling gegenüber der thermischen Verwertung im Vorteil, können hierbei doch generell mehr Ressourcen eingespart und der Ausstoß von CO² vermieden werden. (vgl. Wackerbauer 2014: 42; MARTENS und GOLDMANN 2016: 13)

Die Abfallhierarchie des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes beschreibt in seinen Grundsätzen in einer Rangfolge den gewünschten Umgang mit Abfällen.

- „1. Vermeidung*
- 2. Vorbereitung zur Wiederverwendung*
- 3. Recycling*
- 4. Sonstige Verwertung, z.B.: energetische Verwertung*
- 5. Beseitigung*

Hierbei sind insbesondere zu berücksichtigen: die zu erwartenden Emissionen, das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen, die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, in Abfällen zur Verwertung oder in daraus gewonnenen Erzeugnissen. Die technische Möglichkeit, die wirtschaftliche Zumutbarkeit und die sozialen Folgen der Maßnahme sind zu beachten.“ (§1 ABSATZ 5 BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

Trotz des beinahe kompletten Fehlens des Themas Kreislaufwirtschaft im Abfallwirtschaftsgesetz ist die österreichische Abfallwirtschaft unter den effizientesten und besten in Europa. Laut einer vergleichenden Studie im Auftrag der Europäischen Kommission, die allerdings bereits aus dem Jahr 2012 stammt, ist Österreich sogar auf Platz 1 der EU- Länder, bei der Wiedereingliederung von Ressourcen in die Wirtschaft. (vgl. ALLESCH und BRUNNER 2016: 1; BIPRO 2012)

Die gesetzlichen Ziele des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes sind folgende und funktionieren größtenteils nach den Prinzipien und Idealen der Kreislaufwirtschaft, auch wenn das Abfallwirtschaftsgesetz aus einer Zeit vor der Findung des Begriffs Kreislaufwirtschaft kommt.

- *„Schutz von Menschen und Umwelt*
- *Reduktion von Luftschadstoffen*
- *Ressourcenschonung*
- *Sauberes Recycling*
- *Nachsorgefreie Deponie“*

(§1 ABSATZ 1 BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

2.5 Kreislaufwirtschaft in der Abfallwirtschaft

Bei der Produktion von Gütern, deren Verwendung und am Ende der Nutzungsdauer fallen Abfälle an. Im Abfallwirtschaftsgesetz 2002 werden Abfälle wie folgt definiert:

„Abfälle im Sinne des Bundesgesetzes sind bewegliche Sachen, deren sich der Benutzer entledigen will oder entledigt hat, deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen.“ (§2 ABSATZ 2 BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

Abfälle enthalten häufig Komponenten oder Inhaltsstoffe deren weitere Nutzung möglich ist. Sie besitzen einen Restwert und ermöglichen die Verwertung. Ein Motiv der Kreislaufwirtschaft ist es somit, den in die Güter investierten Aufwand zu erhalten um wirtschaftlich zu handeln. Die in die Herstellung von Primärproduktion einfließenden Ressourcen wie Rohstoffe, Energie, Kapital, Arbeitskraft gilt es möglichst effektiv zu nutzen. (vgl. MARTENS und GOLDMANN 2016: 2)

Die Entsorgung von Abfällen zählt in Europa zu den Grundaufgaben von Gebietskörperschaften. Bei der kommunalen Abfallentsorgung besteht für Haushalte und Unternehmen ein Benützung- und Anschlusszwang. (vgl. KRANERT 2017: 1)

Es sind somit die behördlichen Institutionen, die sich um die Implementierung der Kreislaufwirtschaft bei der Entsorgung kümmern müssen. Auch wenn ein immer größerer Teil der Aufgaben der Entsorgung nicht mehr von kommunalen Betrieben erledigt wird. Trotz des in der Abfallwirtschaft vorherrschenden Trends zur Auslagerung und Privatisierung sind es immer noch die öffentlichen Verwaltungen, die sich um die Richtlinien kümmern müssen. (vgl. THOME-KOZMIENSKY 1995: 31 und DEMETRAKIS S. et al. 2018)

Die Frage ob es kommunale Betriebe oder private Unternehmen sein sollen, die Entsorgungs- und Verwertungsarbeit leisten, ist eine spannende und sicher nicht mit ja oder nein beantwortbar. Die Frage welche Aufgaben der Staat zu erfüllen hat und ob die Abfallentsorgung Aufgabe des Staates und dessen Gebietskörperschaften ist oder an Private ausgelagert werden soll ist eine weltanschauliche und zu umfassend, um in dieser Arbeit behandelt zu werden. Fakt ist aber, dass es in den letzten Jahren einen verstärkten Trend in Richtung Privatisierung gibt. (vgl. THOME-KOZMIENSKY 1995: 31 und DEMETRAKIS S. et al. 2018)

Es sind die, sich so rasant verändernden technologischen Entwicklungen und die erforderliche wirtschaftliche Flexibilität, die die Abfallwirtschaft in die Hände von privatwirtschaftlichen Unternehmen getrieben hat. (vgl. THOME-KOZMIENSKY 1995: 31 und DEMETRAKIS S. et al. 2018)

Ob es private Betriebe, kommunale Behörden oder Private-Public-Partnerships sind, die Aufgaben der Abfallwirtschaft am besten erfüllen können, ist also nicht klar. Was aber unbedingt notwendig ist, dass die Ziele und Vorgaben weiterhin in der öffentlichen Hand bleiben müssen. Bei dem korrekten Umgang mit Abfällen geht es um das Gemeinwohl und das muss mit der Einführung und Kontrolle von gesetzlichen Vorgaben für den Umgang mit Abfall passieren. (vgl. DEMETRAKIS S. et al. 2018)

Zum anderen ist es von Bedeutung natürliche Ressourcen zu schonen. Die verfügbaren Rohstoffe sind begrenzt und müssen deshalb im Sinne der Nachhaltigkeit für unsere Gesellschaft und Volkswirtschaft effizient genutzt werden. Die Rohstoffverknappung und die steigenden Preise für Rohstoffe werden dem Motiv „Ressourcenschonung“ der Kreislaufwirtschaft in der Zukunft noch mehr Bedeutung geben. (vgl. Wackerbauer 2014: 31)

Ein effizientes und umweltgerechtes Abfallmanagement ist darüber hinaus notwendig um den Schadstoffeintrag in die Natur zu minimieren. Gibt es kein derartiges Abfallmanagement besteht die Gefahr, dass Abfälle illegal entsorgt werden und große Folgeschäden für die Umwelt entstehen. Die Verhinderung von unsachgemäßer und illegaler Entsorgung von Abfällen sind somit das dritte Motiv zur Implementierung einer Kreislaufwirtschaft.

Das vierte Motiv der Kreislaufwirtschaft ist die Vermeidung von Deponierung generell, kann sie doch die Menge des deponierten Materials reduzieren. Diese Reduktion der deponierten Mengen ist auch immer mehr von wirtschaftlicher Bedeutung, steigen doch Deponierungskosten weltweit und auch die verfügbare Deponierungsfläche ist begrenzt. Die Entscheidung Deponierung oder Recycling ist nicht zuletzt eine ökonomische, bei der die Deponierungskosten mit Wiederaufwertungskosten verglichen werden müssen. Dass bei der Deponierung die Langzeitkosten für die Umwelt nicht einberechnet werden wiegt schwer und ist ein weiterer Ansatzpunkt um die Wirtschaft von einem linearen Modell zu einem Kreislaufmodell zu verändern. (vgl. Wackerbauer 2014: 31 ff.)



Abb. 8 Ziele und Motive der Kreislaufwirtschaft (vgl. Wackerbauer 2014: 31 ff.)

2.6 Quantifizierung der Kreislaufwirtschaft - Der Circularity Gap Report

Der Klimawandel und der Ressourcenverbrauch der Erde stehen in direktem Zusammenhang. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 11) Schaffen wir es den Ressourcenverbrauch zu reduzieren, bedeutet das positive Effekte für das Weltklima. Eine Implementierung der Kreislaufwirtschaft senkt den Ressourcenverbrauch und den CO²-Ausstoss. Eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs und damit eine Reduktion der Treibhausgasemissionen sind klare Prioritäten der Kreislaufwirtschaft. (WIJKMAN und SKANBERG 2015) Darum muss es das Ziel der Kreislaufwirtschaft sein den Ressourcen- und Materialverbrauch zu reduzieren. (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2017: 7)

Der 2019 das erste Mal erschienene Circularity Gap Report des Circle Economy Institut unternimmt einen Quantifizierungsversuch der aktuellen Wirtschaft. Dabei stellt sich der Report die Frage, wie groß der Anteil der Wirtschaft ist, der den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft entspricht. Durch die Erstellung eines globalen Material-Fußabdruckes versucht der am Weltwirtschaftsforum in Davos vorgestellte Report die Material- und Stoffflüsse aller in die Wirtschaft eingebrachter Masse aus dem Jahr 2015 nachzuvollziehen. So kommt der Report zu dem Ergebnis, dass es 92,8 Gigatonnen an Masse sind, die in die globale Wirtschaft eingebracht wurden. Davon stammen nur 8,4 Gigatonnen aus recycelten Stoffen, was einer Zirkularität von 9,1 Prozent entspricht. Das ist auch das Schlüsselergebnis des Reports: die globale Wirtschaft im Jahr 2015 entspricht zu 9,1 Prozent eine Kreislaufwirtschaft. (CIRCLE ECONOMY 2019)

Den Anteil der Kreislaufwirtschaft zu erhöhen um die negativen Folgen auf die Umwelt zu reduzieren ist ein Paradigmenwechsel, den die Erde und die Menschheit dringend braucht.

Die Wirtschaft in eine Kreislaufwirtschaft zu verwandeln ist auch Ziel der Europäischen Union, weshalb im Kapitel 2.7 das Kreislaufpaket der Europäischen Union vorgestellt wird.

2.7 Das Kreislaufwirtschaftspaket der Europäischen Union

Der Abfall- und damit der Recyclingbereich unterliegen keiner europäischen Gesetzgebung. Die Europäische Union kann allerdings Regeln in Form von sogenannten EU-Richtlinien erlassen. Diese gelten nicht unmittelbar, sind aber trotzdem in den einzelnen EU-Staaten in nationales Recht umzusetzen. Somit bleibt den Staaten der EU bei der Gesetzgebung und der Implementierung der EU-Richtlinien ein gewisser Spiel- und Zeitraum. Wobei die Europäische Kommission die EU konforme Umsetzung der Richtlinien in den Mitgliedsstaaten überprüft und in einem Vertragsverletzungsverfahren notfalls über die EU-konforme Umsetzung entschieden wird. Die zeitliche Umsetzung funktioniert vor allem durch Fristen, bis zu denen die EU-Richtlinien in den Nationalstaaten zur Umsetzung kommen müssen. (RANACHER und FRISCHHUT 2015: 55)

In Österreich passiert die Umsetzung der EU-Abfallrahmenrichtlinien zum Teil auf Bundesebene durch das Abfallwirtschaftsgesetz aus dem Jahr 2002. Neben dem Abfallwirtschaftsgesetz auf Bundesebene gibt es in allen neun Bundesländern noch Landesgesetze, die von den jeweiligen Landtagen erlassen werden, die sich ebenfalls um abfallwirtschaftliche Aspekte kümmern. (vgl. ALLESCH und BRUNNER 2016: 5; BIPRO 2012; BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

Der Umbau der gegenwärtigen linearen Wirtschaft in eine Kreislaufwirtschaft ist Gegenstand des Aktionsplanes der Europäischen Kommission. Ziel dieses Aktionsplanes ist es, die Umweltbelastung und den Ressourcenverbrauch der Wirtschaft zu reduzieren, aber auch die Neupositionierung und Stärkung der Wirtschaft. Es sollen nicht nur der Ressourcenverbrauch reduziert und auf die Verknappung von Ressourcen reagiert, sondern auch entscheidende wirtschaftliche Vorteile durch den effektiveren Umgang mit Ressourcen erreicht werden. Insbesondere durch Innovationen und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit durch verbesserten Ressourceneinsatz soll ein neues grünes wirtschaftliches Wachstum angeregt werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Durch intelligentes Produktdesign sowie Erhöhung der Wiederverwendung und des Recyclings soll eine wirksamere Wertschöpfung und Nutzung der Ressourcen erreicht werden. Das Kreislaufwirtschaftspaket besteht aus zwei Teilen und wurde im Dezember 2015 von der Europäischen Kommission vorgestellt und besteht aus

- dem Abfallpaket mit 4 Gesetzesvorschlägen zur Revision der europäischen Abfallgesetzgebung die seit Juli 2018 in Kraft getreten sind, so wie
- einem umfangreichen Aktionsplan bestehend aus 54 Maßnahmen.

(EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: 3)

Die vier Gesetzesvorschläge für die Abfallwirtschaft sind legislative Änderungen zur Erreichung langfristiger Ziele zur Reduktion der Abfallmengen auf Deponien sowie zur Herstellung von optimalen Bedingungen für die Wiederverwendung und das Recycling. Es werden dabei bestehende Richtlinien der Abfallrahmenrichtlinie, der Deponierichtlinie, der Verpackungs- und Verpackungsabfallrichtlinie, der Richtlinie über Altfahrzeuge, über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Altakkumulatoren und über Elektro- und Elektronik-Altgeräte verändert. Diese Richtlinien müssen durch die Gesetzgebung der EU-Staaten in nationales Recht umgesetzt werden.

(EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2019d: 3; ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN; RICHTLINIE 1999/31/EG DES RATES VOM 26. APRIL 1999 ÜBER ABFALLDEPONIEN; RICHTLINIE 94/62/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 20. DEZEMBER 1994 ÜBER VERPACKUNGEN UND VERPACKUNGSABFÄLLE)

„Das im Mai 2018 verabschiedete Abfallpaket setzt neue Ziele für die Verwertung von Abfällen, schlägt Maßnahmen zur Abfallvermeidung vor, stärkt die erweiterte Herstellerverantwortung, reduziert die Deponierung von Abfällen und gleicht Definitionen und Berechnungsmethoden EU-weit an.“ (DEUTSCHER NATURSCHATZRING EU-KOORDINATION 2018: 2)

Ziel ist es, dass die EU-Mitgliedsstaaten bewährte Praktiken anderer Mitgliedsstaaten übernehmen, um so die erforderlichen Investitionen in die Abfallwirtschaft zu erreichen. Obwohl den WirtschaftsteilnehmerInnen, wie Unternehmen und KonsumentInnen eine entscheidende Rolle zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft einnehmen müssen, sind es die Behörden, die die Triebfeder der Kreislaufwirtschaft sind. Sowohl lokale, regionale und nationale Behörden müssen in Gesetzgebung und Verwaltung

das Ziel einer stärker am Kreislauf ausgelegten Wirtschaft forcieren. Die Europäische Union nimmt dabei eine zentrale Rolle ein, indem sie den richtigen Rechtsrahmen für die Entwicklung der Kreislaufwirtschaft im Binnenmarkt garantiert und so entscheidende Signale für die Wirtschaft und die Gesellschaft aussenden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: 2f.)

Der Aktionsplan fördert Nachhaltigkeit in Schlüsselbereichen und fokussiert auf die Themen Produktion, Verbrauch, Abfallbewirtschaftung, Innovation und Stärkung des Sekundärrohstoffmarktes. Daneben werden Schwerpunktbereiche in manchen Sektoren definiert. Der Bereich Kunststoffe ist einer dieser Schwerpunktbereiche. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Ein großer Teil der Maßnahmen des Kreislaufpakets ist bereits in der Umsetzung. In den folgenden Kapiteln 2.7.1 Produktion, 2.7.2. Verbrauch, 2.7.3 Abfallbewirtschaftung, 2.7.4 Sekundärrohstoffmärkte, 2.7.5 Innovation und 2.7.6 Kunststoff sollen die bereits gesetzten Maßnahmen des Aktionsplanes erläutert werden und Ziele und noch zu erwartende Maßnahmen erläutert werden.

2.7.1 Produktion

„Die Kreislaufwirtschaft setzt zu Beginn des Lebenszyklus eines Produktes an.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: S. 4)

Bereits bei der Produktgestaltung muss auf die Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft geachtet werden. Durch das richtige Produktdesign können Produkte langlebiger, eine eventuelle Reparatur oder Refabrikation kann optimiert werden und bei einem eventuellen Recycling kann die Rückgewinnung wertvoller Materialien und Bestandteile erleichtert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: S. 4)

Entsprechend der Cradle-to-Cradle-Systematik (BRAUNGART und MCDONOUGH, 2014), die oft auch als eine der Ursprünge der Kreislaufwirtschaft bezeichnet wird, bekommen insbesondere Entwickler und Designer bei der Gestaltung kreislauffähiger Produkte eine immanente Bedeutung. Die Idee der Cradle-to-Cradle-Systematik kann durch zwei Design Prinzipien veranschaulicht werden. *„(1) Waste is food und (2) Use current solar income“* (BRAUNGART und MCDONOUGH 2014) In dieser Vision werden alle Materialflüsse und Produkte so gestaltet, dass alle Stoffe und Materialien entweder im Wirtschaftsprozess genutzt werden oder als Ausgangsprodukte weiter genutzt werden können. Es gibt keinen Abfall, sondern immer wieder nur neue Ausgangsprodukte. Die Vision geht sogar noch weiter und sagt alle Energie, die für die

Wiederaufbereitung verwendet wird, muss aus erneuerbaren Energiequellen stammen. (BRAUNGART und MCDONOUGH 2014),

Auch wenn vielen Autoren, Wissenschaftlern und PolitikerInnen der Cradle- to Cradle Ansatz zu weit geht (RENIER DE MAN und HENNING 2016: 93) braucht es ein Produktdesign, das eine möglichst effiziente Reparierbarkeit und Zerlegbarkeit garantiert und auf die Verwendung recyclefähiger Materialien achtet. Zerlegbarkeit in sortenreine Komponenten durch eine modulare Bauweise ist ein Beispiel für mögliche Rückführung in Zirkulationssysteme. (WALCHER und LEUBE 2017:10)

Die Implementierung erfolgt in der Europäischen Union vor allem durch die Umsetzung in den Produktvorschriften der neuen Ökodesign Richtlinie (RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 21. OKTOBER 2009 ZUR SCHAFFUNG EINES RAHMENS FÜR DIE FESTLEGUNG VON ANFORDERUNGEN AN DIE UMWELTGERECHTE GESTALTUNG ENERGIEVERBRAUCHSRELEVANTER PRODUKTE) Während Ökodesignrichtlinien (RICHTLINIE 2005/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 6. JULI 2005 ZUR SCHAFFUNG EINES RAHMENS FÜR DIE FESTLEGUNG VON ANFORDERUNGEN AN DIE UMWELTGERECHTE GESTALTUNG ENERGIEBETRIEBENER PRODUKTE UND ZUR ÄNDERUNG DER RICHTLINIE 92/42/EWG DES RATES SOWIE DER RICHTLINIEN 96/57/EG UND 2000/55/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES) bisher vor allem die Energieeffizienz elektronischer Geräte als Ziel hatten, sollen zukünftige Ökodesignrichtlinien Kriterien wie Reparierbarkeit, Langlebigkeit, Nachrüstbarkeit und Recycelfähigkeit oder die Kennzeichnung bestimmter Materialien und Stoffe systematisch prüfen und verbessern. Der Kennzeichnung und Aufzeichnung der verwendeten Materialien kommt auf Grund, der damit erleichterten Bedingungen des Recyclings, eine entsprechend große Bedeutung zu. Im Bereich des Werkstoffrecyclings, dem Recycling mit der besten Ökobilanz (vgl. Kapitel 4.2.1) sind sortenreine Rohstoffe das wünschenswerte Endprodukt. Eine entsprechende Kennzeichnung und Aufzeichnung verwendeter Materialien, besonders bei Industrieabfällen, aber auch bei Haushaltsabfällen können ein stoffreines Recycling fördern und optimieren. (vgl. PLASTICS EUROPE 2019; EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2017; WALCHER und LEUBE 2017:12; MARTENS und GOLDMANN 2016: 13)

Auch Mindestanteilmengen an Recyclingmaterial bei der Herstellung sollen Teil zukünftiger Verordnungen werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019b, 2019c, 2019d) Einstweilen sind diese Richtlinien auf eine relativ geringe Anzahl von etwa 30

Produktgruppen beschränkt, die Ausweitung durch weitere Richtlinien ist allerdings Teil des Ökodesign-Arbeitsprogramms 2018-2020. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019b, 2019c, 2019d)

Die Gründung des Europäischen Exzellenzzentrums für Ressourceneffizienz, eine der weiteren Maßnahmen des Aktionsplanes, soll vor allem der Vernetzung der Akteure dienen und so die Ressourceneffizienz innerhalb der EU verbessern. Staaten mit weniger ausgeprägten Strukturen der Abfallbewirtschaftung sollen dabei miteinbezogen und Anreize und Förderungen zum Ausbau sollen implementiert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Weitere Entwicklungen zur Veränderung der Produktion zur Erreichung einer Kreislaufwirtschaft sollen zukünftig durch Programme der Forschungs- und Innovationsfinanzierung unter dem Namen Horizon 2020 und mit Kohäsionsmitteln finanziert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d, STAHEL 2016: 435)

2.7.2 Verbrauch

Der größere Fokus der Kreislaufwirtschaft liegt auf der Produktionsseite, auf der Etablierung von Kreislaufwirtschaftsmodellen in Produktion und Produktdesign. Das betrifft sowohl die Gesetzgebung und Umsetzung durch PolitikerInnen als auch die wissenschaftliche Forschung. (RIZOS et al. 2017; LEWANDOWSKI 2016; WILKMAN und SKANBERG 2015) Ein geändertes Produktionsverhalten kann einen Beitrag zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft sein, dabei muss sich neben der Produktion, aber auch der Verbrauch verändern.

Es sind die Konsumententscheidungen, die Millionen von Verbrauchern treffen, die die Kreislaufwirtschaft fördern und behindern.“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: 7)

Wie sehr sich der Verbrauch und das Verbrauchsverhalten der Menschen in einer Kreislaufwirtschaft ändern wird und muss, rückt oft in den Hintergrund. HOBSON et al. (2016: 20) machen klar, dass eine Implementierung einer Kreislaufwirtschaft nicht ohne signifikante Änderungen im täglichen Leben der Menschen passieren kann. Die Kreislaufwirtschaft beschreibt dies in den unterschiedlichen Loops, die zu einem „wieder-in den-Verkehr-Bringen“ der Produkte und Stoffe führen. Diese Loops können zum Beispiel eine Sharing Economy oder die Verlängerung von Produktlebenszeiten

durch Wiederverwendung, das Zurückbringen von Produkten und Refurbishing sowie Reparatur sein. (GUIDE et. al. 2003)

Durch Implementierung von Rückführungsketten können verbesserte Kreisläufe erreicht werden und eine Kreislaufwirtschaft forciert werden. Es ist aber ganz oft ein Mangel an KonsumentInnen Interessen und Aufmerksamkeit, die einer Transformation zur Kreislaufwirtschaft im Weg stehen. Teil des veränderten Konsumverhaltens muss es zum Beispiel sein, vom Besitzen zum Nutzen zu wechseln.

Insbesondere die unterschiedlichen Konzepte der Sharing Economy bergen ein enormes Potential zur Ressourceneinsparung und dementsprechend für die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft. (KIRCHHERR et. al. 2017b)

Von den KonsumentInnen ist auch eine größere Bereitschaft zum Recycling und Reparieren von Nöten. (CAMACHO-OTERO et al. 2018) Die Reparatur von Produkten soll zu einer möglichen Option werden und so die Nutzungsdauer verlängern. Die Entscheidung für die Reparatur und Wiederverwendung und gegen den Neukauf muss durch Anreize zur Reparatur nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch sinnvoller werden. (WEETMANN 2016:212) Die Reparaturkosten müssen in Relation zu den Kosten eines Neukaufes sinken. Nur durch diese Preisvorteile der Reparatur wird es zu einem geänderten Konsumverhalten in der Bevölkerung kommen. Ökologische Interessen spielen bei einem zu geringen Anteil der Bevölkerung bei derartigen Konsumententscheidungen eine Rolle, sodass nur ein Eingreifen durch eine Preispolitik eine effektive Änderung bringen kann. (BILHARZ und BELZ 2007: 22)

Am Ende der Nutzungsdauer von Produkten müssen KonsumentInnen die Nutzung verlängern oder durch die richtige Entsorgung ein möglichst effizientes Rückführen oder Recyceln und damit ein „wieder-in-den-Kreislauf“ einbringen der Stoffe und Materialien ermöglichen.

Oft wird zur Unterscheidung des Konsums in Konsumgüter (consumable goods) und Gebrauchsgüter (durable goods) unterschieden. Im Unterschied zu heute müssen Konsumgüter in einer Kreislaufwirtschaft vorwiegend oder ausschließlich aus biologischen Inhaltsstoffen bestehen. In diesem Sinne bedeutet biologische Inhaltsstoffe die mögliche Wiederverwertbarkeit in der Natur. Biologische Stoffe sind ungiftig und können ohne Bedenken als Nährstoffe wieder in die Biosphäre eingebracht werden. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2013: 7)

Gebrauchsgüter sind hingegen aus technischen Inhaltsstoffen, wie Metallen und Kunststoffen, und sind ungeeignet für die Biosphäre. Für Gebrauchsgüter sollen das Konzept von Kauf und Konsum zu dem eines Nutzers hin verändert werden.

„Unlike in today’s ‘buy-and-consume’ economy, durable products are leased, rented, or shared wherever possible.“ (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2013: 7)

Die Ideen der Sharing Economy, bei der Gebrauchsgüter nicht von einzelnen gekauft, sondern nur ausgeliehen werden, und der Performance Economy, bei der Gebrauchsgüter nur in Form von Dienstleistungen geliehen werden, zielen darauf ab, den Ressourceneinsatz durch die reduzierte Nachfrage nach Gebrauchsgütern zu minimieren.

Es sollen beim Kauf von Gebrauchsgütern Anreize geschaffen werden, die am Ende des Produktlebenszyklus die Rückgabe, die richtige Entsorgung oder die Wiederverwendung der Güter, Materialien und Komponenten garantieren. (TARANIC et al., 2016) Da die Wiederverwendungs- und Reparaturbranche sehr arbeitsintensiv ist, erhofft man sich Externalitäten im Bereich der Arbeits- und Sozialpolitik. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Das Ende von Produktlebenszyklen länger hinauszuzögern und so die Zirkulation im inneren Kreis der Kreislaufwirtschaft zu verlängern, ist ebenfalls eine der Strategien um die Ressourceneffizienz zu erhöhen. Das trifft insbesondere auf Gebrauchsgüter zu und hier sei nochmal auf die bereits ins Kapitel 2.7.1 erwähnten notwendigen Veränderungen in der Produktion verwiesen, die mit Veränderungen der Konsumgewohnheiten einhergehen müssen. Die Nutzungsverlängerung durch Verbraucher, die Bereitschaft zum Reparieren, Sharen von Gebrauchsgütern, Wiederverwenden ist nur dann möglich, wenn Produkte für diese Konsumgewohnheiten entwickelt und produziert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Eine Vielzahl an EU Initiativen, Resolutionen und Richtlinien versuchen, eine längere Lebensdauer für Produkte zu erreichen. Insbesondere die Verbraucherrichtlinien der Europäischen Union haben sich in den letzten Jahren als ein erfolgreiches Instrument zur Umsetzung von längeren Produktlebenszyklen etabliert. Nicht wenige dieser Initiativen haben in den letzten Jahren auch eine große mediale Aufmerksamkeit erreicht. So zum Beispiel die Verbote der geplanten Obsoleszenz und Einwegplastik. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019)

Aus der großen Zahl an Richtlinien, die alle auf die Veränderung des Verbrauchs zur Erreichung der Kreislaufwirtschaft abzielen, sollen hier nur die bedeutendsten exemplarisch erwähnt werden.

RICHTLINIE 2011/83/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 25. OKTOBER 2011 ÜBER DIE RECHTE DER VERBRAUCHER, ZUR ABÄNDERUNG DER RICHTLINIE 93/13/EWG DES RATES UND DER RICHTLINIE 1999/44/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES SOWIE ZUR AUFHEBUNG DER RICHTLINIE 85/577/EWG DES RATES UND DER RICHTLINIE 97/7/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES TEXT VON BEDEUTUNG FÜR DEN EWR

RICHTLINIE 2009/125/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 21. OKTOBER 2009 ZUR SCHAFFUNG EINES RAHMENS FÜR DIE FESTLEGGUNG VON ANFORDERUNGEN AN DIE UMWELTGERECHTE GESTALTUNG ENERGIEVERBRAUCHSRELEVANTER PRODUKTE

ENTSCHLIESSUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS VOM 4. JULI 2017 ZUM THEMA „LÄNGERE LEBENSDAUER FÜR PRODUKTE: VORTEILE FÜR VERBRAUCHER UND UNTERNEHMEN

RICHTLINIE 2010/30/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. MAI 2010 ÜBER DIE ANGABE DES VERBRAUCHS AN ENERGIE UND ANDEREN RESSOURCEN DURCH ENERGIEVERBRAUCHSRELEVANTE PRODUKTE MITTELS EINHEITLICHER ETIKETTEN UND PRODUKTINFORMATIONEN

RICHTLINIE (EU) 2019/904 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 5. JUNI 2019 ÜBER DIE VERRINGERUNG DER AUSWIRKUNGEN BESTIMMTER KUNSTSTOFFPRODUKTE AUF DIE UMWELT

2.7.3 Abfallbewirtschaftung

Die verlängerte Nutzung von Produkten und Ressourcen durch verändertes Produktdesign, Wiederverwendung und Reparatur zielt darauf ab Materialien länger im inneren Kreis der Kreislaufwirtschaft zu halten. Die Abfallwirtschaft ist einer der äußeren Kreise der Kreislaufwirtschaft mit dem großen Ziel Materialien und Stoffe im Kreislauf zu behalten. (WEETMANN 2016:212) Auch hier sei wieder auf die enge Verbindung mit einer an die Kreislaufwirtschaft angepassten Produktion und einem veränderten Konsumverhalten verwiesen. (vgl. Kapitel 2.7.1 und Kapitel 2.7.2) Produkte müssen so designt und produziert werden, dass die Entsorgung am Ende des Produktlebens

gewährleistet werden kann. Der Kreislauf soll sich schließen, indem alle Materialien am Ende der Abfallbehandlung wieder in den Produktionskreislauf integriert werden können. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2019: 16)

Von einem derartigen geschlossenen Kreislauf in der Abfallwirtschaft, wie ihn das wissenschaftliche Konzept sich vorstellt, sind wir meilenweit entfernt. Das große Ziel der Europäischen Union „closing the loop“ ist ein ambitioniertes, das besonders in der Abfallwirtschaft weit an der Realität vorbeischrämmt. Genauere Daten zum Anteil des Recyclings, der thermischen Verwertung, der Deponierung und des Exports von Abfall sind Teil der Untersuchung dieser Arbeit, wobei die Arbeit auf den Bereich der Kunststoffe fokussiert. Von einem Schließen des Kreislaufes kann man bei durchschnittlichen Recyclingquoten von etwa 40 Prozent über alle Abfallarten hinweg betrachtet, in den Staaten der EU im Jahr 2018 allerdings nicht sprechen. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: 10)

Bei der Abfallbewirtschaftung der Europäischen Union wird die EU-Abfallhierarchie in die Praxis umgesetzt. Die Bewirtschaftungsrangfolge Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, energetische Verwertung, Deponierung soll gewährleisten, dass die Option für den Umgang mit Abfall gewählt wird, die aus Umweltgesichtspunkten das beste Gesamtergebnis erzielt. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Teil des Kreislaufwirtschaftspaketes der EU in der Abfallwirtschaft ist es, neue Gesetzesvorschläge für den Umgang mit Abfällen in der EU vorzulegen um ein verbessertes Abfallmanagement zu erreichen. Die negativen Folgen des Abfalls, wie Umwelt- und Gesundheitsschäden sollen minimiert und Vorteile eines guten Abfallmanagements müssen maximiert werden. Abfallsammlung und Abfalltrennung müssen verbessert werden und es werden Mindestziele für den Anteil des Recyclings definiert. (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2017: 12; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Veränderte Bestimmungen zum Umgang mit Abfall, um bessere Bedingungen für die Kreislaufwirtschaft zu schaffen, wurden mit der Verordnung zur Verbringung von Abfällen eingeführt. (VERORDNUNG 660/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENT UND DES RATES DER EUROPÄISCHEN UNION VOM 15. MAI 2014 ZUR ÄNDERUNG DER VERORDNUNG 1013/2006 ÜBER DIE VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN) Mindestziele des Recyclings und der Wiederverwendung wurden mit der Richtlinie über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien eingeführt. (RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NO-

EMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN) Die Richtlinien sollen langfristige Ziele und Wege für den Umgang mit Abfall in der Europäischen Union implementieren. So soll sich die allgemeine Recyclingquote in der Europäischen Union bis zum Jahr 2030 auf 65 Prozent steigern, für Verpackungsabfälle sogar auf 75 Prozent und der Deponierungsanteil auf 10 Prozent reduzieren. Für separat gesammelte Abfälle wird ab dem Jahr 2030 ein Deponierungsverbot in Kraft treten. (RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN; HOGG et al. 2016)

Eine Initiative zur Energieerzeugung aus Abfällen und zur Erhöhung des Anteils der thermischen Verwertung soll im Rahmen der Energieunion umgesetzt werden. Auch soll die Zusammenarbeit zwischen den Staaten der EU gefördert werden um bewährte Verfahren bei Abfallentsorgung und Abfallsammelsysteme in den EU-Staaten zu etablieren, die noch sehr geringe Recyclingquoten und sehr hohe Deponierungsquoten haben. Dies birgt großes Potential, sind doch die Unterschiede zwischen den Staaten und Regionen immens. Recyclingquoten schwanken etwas zwischen 5 Prozent in den einen Gebieten und 80 Prozent in den anderen. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

2.7.4 Stärkung des Sekundärrohstoffmarktes

„Sekundärrohstoffe sind Rohstoffe, die durch Recycling und Wiederaufarbeitung aus bereits entsorgtem Material gewonnen und somit wiederaufgewertet werden.“ (MARTENS und GOLDMANN, 2016: 34)

In einer Kreislaufwirtschaft müssen Stoffe und Materialien aus dem Abfall extrahiert und wieder zu Rohstoffen für die Produktion werden. Das soll zu einem reduzierten Verbrauch von begrenzt vorhandenen Primärrohstoffen führen und die Versorgungssicherheit erhöhen. (BARDT, 2006: 45) Steigende Rohstoffpreise verstärken den Trend das Potential des Abfalls nicht ungenutzt zu lassen. Durch eine Stärkung des Sekundärrohstoffmarktes und eine Erhöhung der Rückführung durch Recycling erhofft man sich auch Kosteneinsparungen und eine Entspannung für Versorgungsproblematiken und hohe Rohstoffpreise. (FELLNER et al. 2017) Sekundärrohstoffe machen allerdings weiterhin nur einen sehr geringen Teil der weltweit und in der europäischen Union verwendeten Materialien aus. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d) Bei manchen Rohstoffen, funktioniert der Sekundärmarkt und die Materialrückgewinnung sehr gut. Bei Metallen, insbesondere Eisen und Stahl ist das verlustfreie Recycling

beinahe erreicht. Das liegt an den physikalisch-chemischen Eigenschaften wie der hohen Dichte und der Magnetisierbarkeit von Metallen, die beispielsweise das Sortieren und Recyceln erleichtern, an den hohen Rohstoffpreisen, die ein Wiedereinbringen in den Rohstoffmarkt ökonomischer machen und der Bedeutung von Metallschrott und Altmetall als essentiellen Teil der Produktion. (BASSAM 2016: 1179) Bei Kunststoffen hingegen liegt der Anteil der Sekundärrohstoffe EU-weit bei nur ca. 5 Prozent.

Der Sekundärrohstoffmarkt muss durch eine Optimierung der Abfallbewirtschaftungsverfahren verbessert werden. Die Quantität der Sekundärrohstoffe muss sich erhöhen und die Qualität verbessern. Die Unsicherheit hinsichtlich der Qualität der Sekundärrohstoffe ist für viele Marktteilnehmer noch ein Hindernisgrund. Es braucht EU-weite Qualitätsstandards für Sekundärrohstoffe. Solche Standards müssen klare Grenzwerte an schädlichen Stoffen beinhalten und klare Normen, ab wann Abfall nicht mehr Abfall ist, sondern wieder als Rohstoff gilt.

Schädliche Inhaltsstoffe, die bei einem zu erwartenden Recyclingprozess im Sekundärprodukt landen, sollen bereits bei der Produktion verboten werden um qualitätsvolle Sekundärrohstoffe zu ermöglichen. Insbesondere die Verordnung über die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe wird, um den Ansprüchen der Kreislaufwirtschaft gerecht zu werden, überarbeitet werden müssen. (VERORDNUNG 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 18. DEZEMBER 2006 ZUR REGISTRIERUNG, BEWERTUNG, ZULASSUNG UND BESCHRÄNKUNG CHEMISCHER STOFFE (REACH), ZUR SCHAFFUNG EINER EUROPÄISCHEN CHEMIKALIENAGENTUR, ZUR ÄNDERUNG DER RICHTLINIE 1999/45/EG UND ZUR AUFHEBUNG DER VERORDNUNG 793/93 DES RATES, DER VERORDNUNG 1488/94 DER KOMMISSION, DER RICHTLINIE 76/769/EWG DES RATES SOWIE DER RICHTLINIEN 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG UND 2000/21/EG DER KOMMISSION)

Eine Erleichterung des grenzüberschreitenden Verkehrs mit Sekundärrohstoffen und der Handel mit Sekundärrohstoffen innerhalb der EU als auch mit Staaten außerhalb der EU, sollen durch einen verbesserten elektronischen Datenaustausch und einen Ausbau des Rohstoffinformationssystems erleichtert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2019d)

2.7.5 Innovation und Investitionen

„Der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft ist ein Systemwandel. Neben gezielten Maßnahmen, die die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette und Schlüsselsektoren betreffen, müssen die Voraussetzungen geschaffen werden, unter denen eine Kreislaufwirtschaft gedeihen kann und Ressourcen mobilisiert werden können. Der Innovation wird bei diesem Systemwandel eine Schlüsselrolle zukommen“ (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d: 21)

Damit die Ideen der Kreislaufwirtschaft umgesetzt werden können, braucht es neue Innovationen die die Wirtschaft und Gesellschaft verändern. Neue Technologien, Prozesse, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle müssen unser Wirtschaftsleben transformieren. (BOCKEN et al., 2016) Die Kreislaufwirtschaft braucht mehr als nur Investitionen in klassische Forschung und Entwicklung. Der Horizon 2020 Bericht der EU zu Kreislaufwirtschaft und Innovation (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2017) meint, dass es Änderungen im System der Forschung und Entwicklung und gemeinsame Anstrengungen von Forschern, Technologiezentren, Industrie, Klein- und Mittelunternehmen, dem primären Sektor, KonsumentInnen, den Behörden und der Zivilgesellschaft braucht, damit die Kreislaufwirtschaft umgesetzt werden kann.

Die Europäische Union fördert Innovationen im Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit mit den Forschungsförderungsprogrammen von Horizon 2020 und aus den generellen Mitteln der Kohäsionspolitik. In den zweijährigen mit mehr als 650 Millionen Euro Arbeitsprogrammen wird Forschung in dem Schwerpunktbereich gesellschaftliche Herausforderungen gefördert. So widmet sich das Arbeitsprogramm 2014-2015 dem Schwerpunkt „Abfall: Eine Ressource für das Recycling, die Wiederverwendung und die Rückgewinnung von Rohstoffen“, das Arbeitsprogramm 2016-2017 dem Bereich biobasierte Innovationen und das Arbeitsprogramm 2018-2020 nachhaltiger Entwicklung und klimabezogenen Forschung und Entwicklung. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Neben diesen Forschungsförderungsprogrammen hat die EU Pilotprojekte für „Innovationsdeals“ zur Beseitigung von Hemmnissen für InnovatorInnen lanciert. Zur Investitionsförderung wurde gemeinsam mit der Europäischen Investitionsbank und nationalen Banken eine Plattform initiiert, deren Aufgabe es ist, die Finanzierung der Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019c)

2.7.6 Kunststoffe im Aktionsplan der Europäischen Union

Eine Reihe von Sektoren sind im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft als Schwerpunktbereiche definiert worden, denen aufgrund der Besonderheit ihrer Produkte, ihrer Produktions- und Wertschöpfungskette, ihren Auswirkungen auf die Umwelt oder ihrer Abhängigkeit von Materialien aus anderen Ländern besondere Bedeutung zum Erreichen einer Kreislaufwirtschaft zugewiesen wird. Das sind neben den Kunststoffen, der Bereich Lebensmittelverschwendung, kritische Rohstoffe mit besonderer Versorgungsproblematik und Biomasse und biobasierte Produkte. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Drei Maßnahmen des Aktionsplanes sind es, die sich explizit mit der Verbesserung der Kunststoffe im Sinne einer stärker ausgeprägten Kreislaufwirtschaft in der EU beschäftigen. Zum einen ist es die Verschmutzung von Meeren durch Kunststoffabfälle, die ein erhebliches Problem darstellt. Das Ziel, das sich die Europäische Union auferlegt hat, ist eine Reduzierung der zehn am häufigsten im Meer anzutreffenden Kunststoffe um 30 Prozent bis zum Jahr 2020. Die zweite Maßnahme ist eine Verbesserung der geringen Recyclingquote bei Kunststoffen. Die dritte Maßnahme ist die Reduktion des Kunststoffverbrauchs in der Europäischen Union insbesondere die des Einwegplastiks. Die 2019 beschlossene Richtlinien zum Verbot von Einwegplastik (RICHTLINIE 2019/904 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 5. JUNI 2019 ÜBER DIE VERRINGERUNG DER AUSWIRKUNGEN BESTIMMTER KUNSTSTOFFPRODUKTE AUF DIE UMWELT) zielt zum Beispiel darauf, die Menge der verwendeten Einwegkunststoffe zu reduzieren. So werden ab dem Jahr 2021 Produkte aus Einwegplastik, für die es bereits nachhaltige Alternativen gibt, verboten werden. Mit einer europäischen Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft sollen die Bestrebungen zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs der Kunststoffindustrie intensiviert werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018) Ab dem Jahr 2030 sollen alle Kunststoffverpackungen recyclingfähig oder wiederverwendbar werden und 55 Prozent der Verpackungsabfälle recycelt werden.

2.7.7 Überwachung und Monitoring der EU-Kreislaufwirtschaft

Der überwiegende Teil der Forschung zur Wirksamkeit der Kreislaufwirtschaft bezieht sich auf einzelne Produkte oder Substanzen und die Veränderung von Ressourcenverbrauch, Entsorgung, Wiederverwendung und Recycling. (HUYSMAN et al. 2017) Für einen Teil der untersuchten Substanzen, vor allem bei Metallen, sind klare Verbesserungen bezüglich der Kriterien und den Zielen der Kreislaufwirtschaft erkennbar.

Insbesondere bei Kupfer, Zink, Edelmetallen und Stahl sind in der europäischen Union bereits beinahe perfekte Kreisläufe etabliert. Der Deponierungsanteil bei diesen Metallen liegt dabei bereits im Promillebereich. (CULLEN 2017; BIO BY DELOITTE 2015) Die Erfolge im Bereich des Recyclings von Metallen, insbesondere Edelmetallen und Metallen der seltenen Erden ist allerdings vorsichtig optimistisch zu betrachten, liegt doch ein großer Teil des Erfolgs an dem Export von Elektro-Schrott in die Billiglohnländer Asiens. (SINGH et al. 2016; YANG 2019; LADOU und LOVEGROVE 2013)

Mayer et al. (2019) haben einen umfassenden Versuch unternommen die Zirkularität der Europäischen Wirtschaft als Ganzes zu messen. Mittels Analyse der Stoffflüsse in der EU versuchen sie eine Bestandsaufnahme der Zirkularität zu erstellen. Die Materialstoffflüsse der EU-28 für das Jahr 2014, auf die sich die Daten beziehen, sind in Abbildung 9 in einem Sankey Diagramm dargestellt. Der komplette Input aus der Extraktion von Rohstoffen aus dem EU-Raum und durch Import von Rohstoffen aus dem nicht EU-Ausland beläuft sich auf 7,3 Gigatonnen. Die Menge des produzierten Abfalls sind 2,2 Gigatonnen, von denen 0,6 Gigatonnen recycelt wurden. Das entspricht beinahe einem Drittel des Abfalls, der recycelt werden konnte. Eine einheitliche Messung der Zirkularität gib es nicht, ist man sich doch nicht darüber im Klaren, ob man den Anteil des Recyclings am Input in das System oder am Output in Form von Abfall und Stock building messen soll. Der Anteil des Recyclings am Input in die Wirtschaft der Europäischen Union beträgt 9,6 Prozent, der Anteil des Recyclings am Output beträgt 14,8 Prozent. (MAYER et al. 2019)

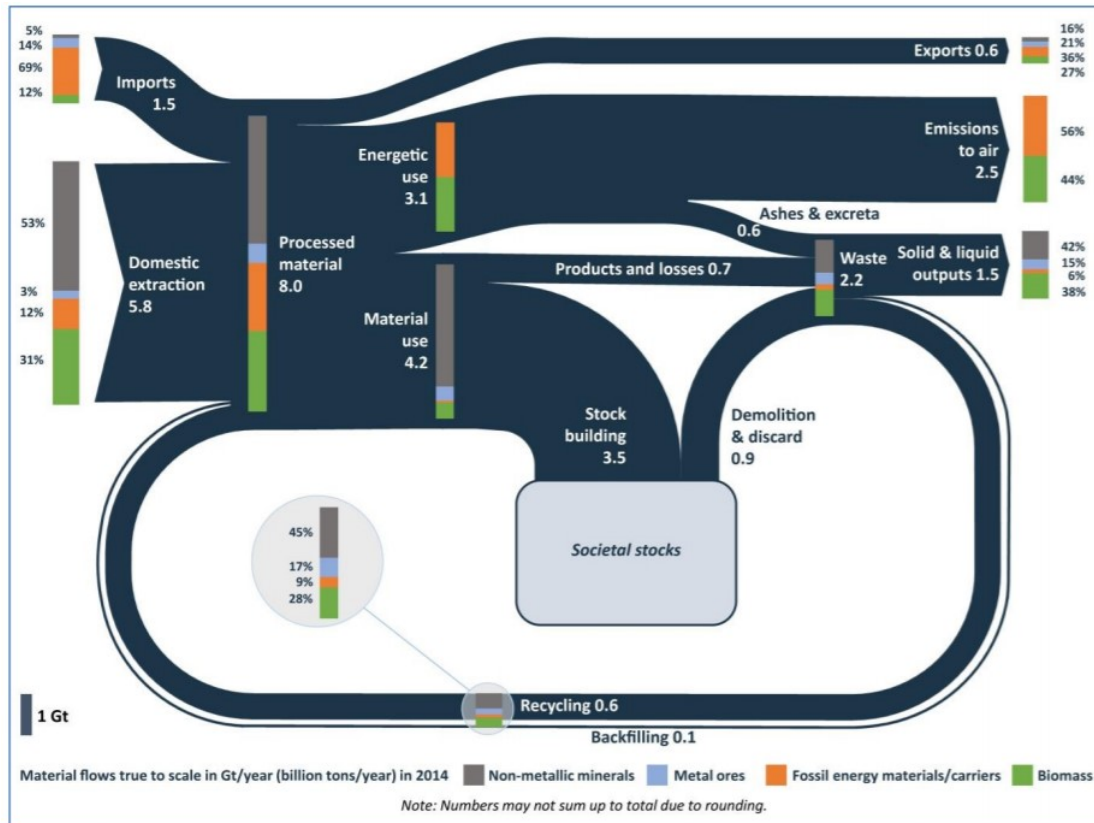


Abb. 9 Materialflüsse in der Wirtschaft der EU-28 im Jahr 2014 (MAYER et al. 2019)

Die Analyse von MAYER et al. (2019) ist nur eine Bestandsaufnahme für das Jahr 2014. Für eine sinnvolle Evaluierung der Kreislaufwirtschaft braucht es einen zeitlichen Vergleich, der auf Grund der noch nicht verfügbaren Daten für die Folgejahre nicht möglich ist. Eine andere Möglichkeit die Kreislaufwirtschaft der EU zu evaluieren liegt darin, den Fokus der Gesetzgebungsmaßnahmen und Initiativen zu überprüfen.

Der Circularity Gap Report des Thinktanks CIRCLE ECONOMY (2019) analysiert die Gesetzgebung und Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der Europäischen Union. Eine Analyse an Hand von 7 Fokuspunkten: dem Produktdesign, der Eingliederung von digitalen Technologien zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft, der Nutzungsverlängerung, der Förderung von alternativen Business Modellen, der Nutzung von Abfall zur Energiegewinnung, dem Recycling und dem Einsatz recycelter Materialien sowie Kooperationen und Initiativen zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft. (CIRCLE ECONOMY 2019) Der Report vergleicht die Maßnahmen der EU mit denen Chinas. China hat seit dem Jahr 2002 Bestrebungen zur Implementierung einer Kreislaufwirtschaft gesetzlich verankert und 2009 mit dem Gesetz zur Förderung der chinesischen Kreislaufwirtschaft eine ambitionierte Initiative für mehr Zirkularität gestartet. (SU et al. 2013)

In Abbildung 10 sind die Ergebnisse der vergleichenden Studie des Circularity Gap Reports in graphischer Form dargestellt. So kommt die Untersuchung zu dem Ergebnis, dass der größte Fokus der europäischen Förderungen, Maßnahmen und Gesetzgebung auf der Verlängerung der Nutzungsdauer liegt. Produkte und Materialien länger im Kreislauf zu erhalten, wie es beispielsweise Initiativen zum Verbot geplanter Obsoleszenz, oder Ansätze zur Ausweitung von Reparatur und Refurbishing tun. Der größte Fokus der chinesischen Kreislaufwirtschaftspolitik liegt hingegen in Veränderungen des Produktdesigns, dem Ausbau des Recyclings und dem Einsatz von recycelten Produkten. Das größte Potential zur Optimierung der Kreislaufwirtschaft sieht der Report in beiden Regionen im Ausbau alternativer Geschäfts- und Nutzungsmodellen zur Reduktion des individuellen Konsums und somit auch des Materialeinsatzes. (CIRCLE ECONOMY 2019)

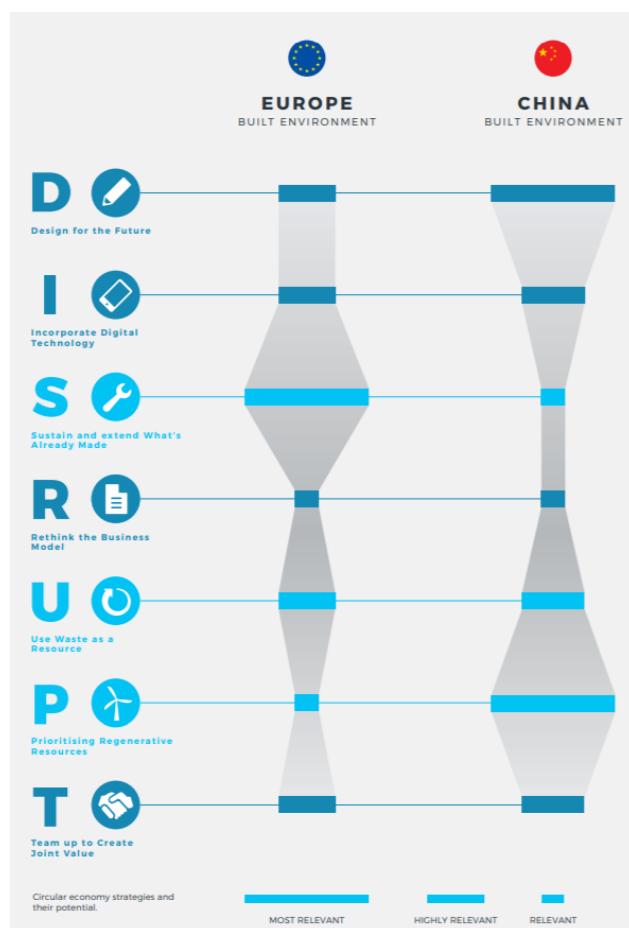


Abb. 10 Implementierung der Kreislaufwirtschaft in der EU und China (CIRCLE ECONOMY 2019:38)

Der Monitoring Report der EUROPÄISCHEN KOMMISSION (2018) zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft berichtet bereits von ersten positiven Entwicklungen in manchen Bereichen. Insbesondere im Bereich der Abfallwirtschaft und des Recyclings

sind Fortschritte erkennbar. So hat sich in den EU-28 Staaten die Menge des Haushaltsabfalls vom Jahr 2006 bis zum Jahr 2016 um 480 kg pro Person und Jahr reduziert. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018:6) Das entspricht einer Reduktion um 8 Prozent. Die Recyclingrate des Haushaltsmülls hat sich europaweit vom Jahr 2008 bis zum Jahr 2016 von 37 auf 46 Prozent erhöht. Wie man an den Zahlen erkennen kann ist es die Abfallwirtschaft, die die bisherigen Erfolge zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft in der EU trägt. (CIRCLE ECONOMY 2019: 30)

Neben den ökologischen Verbesserungen und der Ressourcenschonung durch die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft hat die Abfallwirtschaft auch beachtliche ökonomische Erfolge erzielt. So erhöhte sich die Anzahl der Arbeitsplätze in der Abfallwirtschaft vom Jahr 2012 bis zum Jahr 2016 jährlich um 6,3 Prozent und die Anzahl der Patente für Recycling und den Einsatz von Rohmaterialien um 35 Prozent. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018:9)

Die Veränderungen für den Kunststoffabfall werden in den Kapiteln 3 und 4 genauer untersucht.

2.8 Kritik am Circular Economy Modell

MOSS (2019: 73) betont, dass das Modell der Kreislaufwirtschaft per se noch nicht automatisch eine blühende Wirtschaft bringt.

„The circular economy is not a silver bullet for employment, sustainability and prosperity. Companies and governments must carefully measure the anticipated and actual impact of these actions and ensure they take us in the right direction.“

So müssen die erwarteten Auswirkungen auf die Umwelt und den Arbeitsmarkt genau evaluiert werden. Es ist notwendig den Ressourcenverbrauch des Recyclings genau mit dem der Abfallvermeidung zu vergleichen. Recycling selbst braucht Ressourcen und lohnt sich folgendermaßen nur, wenn der Ressourcenverbrauch des Recyclings geringer ist, als der für Sammlung und Ablagerung. (MOSS 2019: 73)

Die erhoffte positive Auswirkung auf die Wirtschaft, insbesondere die erwarteten positiven Entwicklungen auf den Arbeitsmarkt durch eine Kreislaufwirtschaft werden von GREGSON et al. (2015) grundsätzlich in Frage gestellt. Die erwartenden grünen Jobs, die durch die Recyclingbranche entstehen werden, müssen dem Verlust von Arbeitsplätzen in der Produktion von Primärrohstoffen gegenübergestellt werden. Wird der Arbeitsplatz eines Minenarbeiters, der mit der Förderung von Rohstoffen beschäf-

tigt war, gegen einen in der Recyclingbranche ausgetauscht, ist das kein zusätzlicher Arbeitsplatz, sondern nur einer in einer anderen Branche. MOSS (2019: 74) erwartet darüber hinaus, dass Arbeitsplätze für Hochqualifizierte durch Arbeitsplätze für Niedrigqualifizierte ersetzt werden.

Die Idee der Kreislaufwirtschaft wird gefeiert und als Ausweg aus den ökologischen Problemen unserer Zeit verkauft. Leider ist es nicht mehr als eine Idee getrieben von einer „*moralisierten Wirtschaft*“ (RENIER DE MAN und HENNING 2016: 96) die gefeiert aber nicht ausreichend hinterfragt wird. Die meisten Ideen der Kreislaufwirtschaft würden an den Menschen und deren nicht veränderbaren Konsumverhalten scheitern. Das einzige Funktionierende an der Kreislaufwirtschaft sind die globalen Recycling Netzwerke, die es schaffen, einen Teil der in Güter investierten Ressourcen in den Kreislauf zurückzuholen. Konzepte des Sharings, Refurbishing, Reusing etc. hätten nicht das Potential auf eine Größe skaliert zu werden, damit es wirklich positive Effekte für die Wirtschaft und die Umwelt gibt, die über kleinen Tropfen auf dem heißen Stein hinausgehen. (vgl. RENIER DE MAN und HENNING 2016; GREGSON et al. 2015; MOSS 2019)

3 Kunststoffabfall

Die Produktion und der Konsum von Kunststoffprodukten begann erst in den 1950er Jahren im großen Stil, hat danach aber ein enormes Wachstum erlebt. Nach den beiden, in der Baubranche genutzten Stoffen Stahl und Zement, ist Kunststoff der am meisten durch den Menschen gefertigte Rohstoff. (GEYER et al. 2017) Trotz dem, erst in den letzten fünfzehn Jahren im großen Stil aufgetreten Trend, Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, wie aus pflanzlichen Produkten extrahierter Stärke zu produzieren, besteht der überwiegende Teil der Kunststoffe, die bereits produziert wurden und produziert werden, aus fossilen Kohlenwasserstoffen. (BARNES et al. 2009: 1985) Diese sind nicht von der Natur abbaubar und sammeln sich in der Biosphäre unsere Erde. Die beinahe einzige Möglichkeit, diese aus fossilen Rohstoffen produzierten Kunststoffe zu vernichten, ist durch thermische Behandlung, was wiederum zur Freisetzung, des in den Kunststoffen gespeicherten Kohlenstoffatom in Form von CO_2 in die Atmosphäre führt. (SINGH und SHARMA 2008) Bakterien, die mit Hilfe mancher Enzyme Kunststoffe zersetzen und in ihre natürlichen Bestandteile zerlegen wie sie 2014 erstmals von YANG et al. beschrieben wurden, könnten theoretisch einen Ausweg aus dieser Problematik liefern. Die Skalierung dieser Effekte auf die, für die Ausmaße des weltweiten Kunststoffabfalls notwendige Größe, ist allerdings noch in weiter Ferne.

Die große Hoffnung, dass technologische Entwicklungen, Forschung und Innovationen eine Lösung für das globale Abfallproblem bringen, ist verbreiteter Irrglaube und wird von GEYER et al. (2017) als „*stick your head in the sand mentality*“ bezeichnet, die die Augen vor den Problemen unsere Zeit verschließt.

In unserer heutigen linearen Wirtschaft werden circa 80 Prozent aller genutzten Ressourcen und Güter nach dem Verbrauch entsorgt. (SEMPELS und HOFFMANN 2013)

HAWKEN (1999: 12) kam im Jahr 1999 gar zu dem Ergebnis, dass 99 Prozent aller Materialflüsse für Konsumgüter innerhalb von 6 Monaten wieder Abfall werden. Diese Zahlen zeigen wie wichtig die stärkere Fokussierung auf eine Kreislaufwirtschaft ist und welche Bedeutung der Kreislaufwirtschaft in Anbetracht der Umweltprobleme auf der Erde zukommen wird.

Kapitel 3 soll einen Überblick über die Unterscheidungen und Definitionen des Kunststoffabfalls liefern und versucht aktuelle Daten über die Menge der Kunststoffabfälle weltweit und europaweit vorzustellen.

3.1 Einteilung des Kunststoffabfalls Definitionen und Grundlagen

Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (2002) beschreibt Abfälle folgendermaßen:

„Abfälle sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen nicht zu beeinträchtigen.“ (§2 ABSATZ 2 BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

Das öffentliche Interesse der Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung von Abfall besteht dann, wenn:

- *„die Gesundheit der Menschen gefährdet oder unzumutbare Belästigungen bewirkt werden können,*
- *Gefahren für Wasser, Luft, Boden, Tiere oder Pflanzen und deren natürlichen Lebensbedingungen verursacht werden können,*
- *die nachhaltige Nutzung von Wasser oder Boden beeinträchtigt werden kann,*
- *die Umwelt über das unvermeidliche Ausmaß hinaus verunreinigt werden kann,*
- *Brand- oder Explosionsgefahren herbeigeführt werden können,*
- *Geräusche oder Lärm im übermäßigen Ausmaß verursacht werden können,*
- *das Auftreten und die Vermehrung von Krankheitserregern begünstigt werden können,*
- *die öffentliche Ordnung und Sicherheit gestört werden kann oder*
- *Orts- und Landschaftsbild sowie Kulturgüter erheblich beeinträchtigt werden können.“* (§2 ABSATZ 2 BUNDESGESETZ ÜBER EINE NACHHALTIGE ABFALLWIRTSCHAFT, BGBl. I Nr. 102/2002)

In der Richtlinie des Europäischen Parlaments über Abfälle (ART. 3 RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN) wird Abfall als *„jeder Stoff oder Gegenstand, dessen sich sein Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“* bezeichnet.

Abfall wird üblicherweise nach der Art des Abfallaufkommens unterteilt. So ist eine Unterscheidung zwischen Haushalts- (municipal waste) und Industrieabfällen eine

übliche Einteilung. Haushaltsabfälle sind gemischte Abfälle und beinhalten die Abfälle von Haushalten, Handel, Kleinunternehmen und öffentlichen Gebäuden. (EUROSTAT, 2017: 11) Industrieabfälle sind Abfälle, die von der Industrie verursacht werden und sich von Haushaltsabfällen in der Zusammensetzung unterscheiden. (EUROSTAT, 2017: 12) Gibt es keine Unterschiede in der Zusammensetzung von gewerblichen Abfällen so wird der Abfall als hausmüllähnlicher Gewerbeabfall bezeichnet und wie Haushaltsmüll behandelt. Die Unterscheidung zwischen Industrieabfällen und Haushaltsabfällen wird getroffen, da Industrieabfälle häufig eine größere Zahl an toxischen Substanzen enthalten. Neben den Haushalts- und Industrieabfällen spielen Bauabfälle, die beim Abbruch von Gebäuden entstehen, sowie unterschiedliche Formen des gefährlichen Abfalls noch eine große Rolle.

Neben der Unterscheidung des Abfallaufkommens ist die Unterscheidung von Abfällen durch die Art der Sammlung von Bedeutung. So ist für ein mögliches Recycling relevant ob es gemischte Abfälle sind oder separat gesammelte Abfälle. (EUROSTAT, 2017: 11) Einheitliche Sammelsysteme für Haushaltsabfälle gibt es kaum und deswegen auch keine einheitlichen Definitionen für die separat gesammelten Abfälle. Die Sammelsysteme unterscheiden sich gravierend. Zumeist sind es die untersten Ebenen der nationalen Behörden, in Österreich zum Beispiel die Gemeinden, die die Sammelaufgabe übernehmen. In der einen Gemeinde wird der Getränkekarton in einen anderen Sammelbehälter kommen als in der Nachbargemeinde. Deshalb unterscheiden sich die Sammelsysteme teilweise zwischen Gemeinden, Regionen und insbesondere zwischen Staaten enorm. (vgl. KNOLL, 1998: 81) In den Ländern der EU ist seit der Änderung der Abfallrahmenrichtlinie (RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN) die getrennte Sammlung von Papier, Metall, Kunststoffen und Glas verpflichtend vorgesehen. Ab dem Jahr 2024 wird die Sammlung von Bioabfällen und ab dem Jahr 2025 eine getrennte Sammlung von Alttextilien ebenfalls verpflichtend. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Abfälle werden darüber hinaus noch nach der Materialart unterschieden. Aufgrund der unterschiedlichen Abfallsortierung in den Sammelsystemen und der unterschiedlichen Zusammensetzung von Haushaltsmüll ist auch die Materialzusammensetzung unterschiedlich. Die Klassifikation des bereits sortierten Kunststoffabfalls erfolgt üblicherweise mit Klassifikationssystemen zur Erfassung des internationalen Handels. Dabei haben sich zwei Klassifikationssystemen etabliert: Die Standard International Trade Classification (SITC) der Vereinten Nationen und das Harmonized System (HS)

der World Customs Organization. (OECD 2018) Beide Nomenklatorsysteme unterscheiden Kunststoffe in die in Tabelle 3 abgebildeten Kunststoffgruppen.

Tab. 3 Klassifikationssysteme des Kunststoffabfalls, SITC und HS Nomenklatur (EUROSTAT 2019b) (eigene Darstellung)

Standard International Trade Classification (SITC)	Harmonised System (HS)
<i>Waste, pairings and scrap of polymers of ethylen</i>	<i>Waste, pairings and scrap of polymers of ethylen</i>
<i>Waste, pairings and scrap of polymers of Styren</i>	<i>Waste, pairings and scrap of polymers of Styren</i>
<i>Waste, pairings and scrap of polymers of Vinyl Chloriden</i>	<i>Waste, pairings and scrap of polymers of Vinyl Chloriden</i>
<i>Waste, pairings and scrap of polymers of other plastics</i>	<i>Waste, pairings and scrap of polymers of other plastics: polymers of polyethylene terephthalate</i>
	<i>Waste, pairings and scrap of polymers of other plastics: polymers of propylene</i>

Auf dem Harmonized System, das sich weltweit durchgesetzt hat, baut auch die Combined Nomenclature (CN) der EU auf, die von Eurostat erhoben wird und als Datengrundlage für die Analyse in dieser Arbeit dient. Die Combined Nomenclature geht bei der Unterscheidung der gehandelten Warengruppe noch mehr in die Tiefe – so wird noch unterschieden ob der Kunststoffabfall als Granulat oder in anderer Form gehandelt wird. (vgl. (EUROSTAT 2019b; OECD 2018))

3.2 Menge des Kunststoffabfalls

Die Menge des Kunststoffes auf der Erde oder des Kunststoffabfalls zu messen oder beschreiben, die unsere zurzeit noch größtenteils lineare Wirtschaft erzeugt, ist kein leichtes Unterfangen. Während in den entwickelten Staaten der Welt die Datenlage über Kunststoffproduktion und Kunststoffabfall sehr gut ist und die Wege des Kunststoffabfalls relativ gut nachvollzogen werden können, gibt es in weniger entwickelten Staaten kaum zuverlässige Daten. Die Datengrundlage für die Menge und den Umgang mit Abfall weltweit beruht auf Schätzungen mit einem relativ großen Unsicherheitsfaktor. GEYER et al. (2017) haben es als erste gewagt Daten über den weltweiten Kunststoffabfall zu veröffentlichen. Sie kamen durch die Synthese von Daten der Produktion und Daten über den Umgang mit dem Kunststoffabfall zum Ergebnis, dass die weltweit bis zum Jahr 2017 erzeugte Menge an Kunststoff bei 8300 Millionen Tonnen liegt. Sie betonen selbst, dass ihrer Arbeit einer gewissen Unschärfe unterliegt, weisen aber dennoch auf die Bedeutung derartiger Veröffentlichungen hin.

Die Menge des jährlich weltweit produzierten Kunststoffes lag 1950 noch bei 2 Millionen Tonnen, im Jahr 2015 bereits bei 380 Millionen Tonnen. (GEYER et al. 2017) Der jährliche Anstieg der Kunststoffproduktion liegt somit bei 8,4 Prozent und ist damit um 2,5 Mal höher als der Anstieg des generellen Wirtschaftswachstums ausgedrückt durch das weltweite Bruttoinlandsprodukt. (GEYER et al. 2017) Die Menge des biologisch abbaubaren Kunststoffes lag im Jahr 2015 bei 4 Millionen Tonnen und ist damit verschwindend gering.

Wie in Abbildung 11 zu erkennen ist, waren es bis zum Jahr 2015 etwa 8300 Millionen Tonnen an aus fossilen Rohstoffen produzierten Kunststoffen, die jemals auf der Erde produziert worden sind. Der so entstandene Kunststoffabfall sind 6300 Millionen Tonnen. Von diesen 6300 Millionen Tonnen sind 4900 Millionen Tonnen deponiert worden oder als Abfall in der Natur gelandet. 800 Millionen Tonnen wurden verbrannt, 600 Millionen Tonnen wurden recycelt und 2500 Millionen Tonnen an Kunststoffen sind zurzeit in Gebrauch. Der Anteil des Recyclings liegt weltweit somit bei 9 Prozent, 12 Prozent wurden verbrannt und 79 Prozent wurden entsorgt. (GEYER et al. 2017)

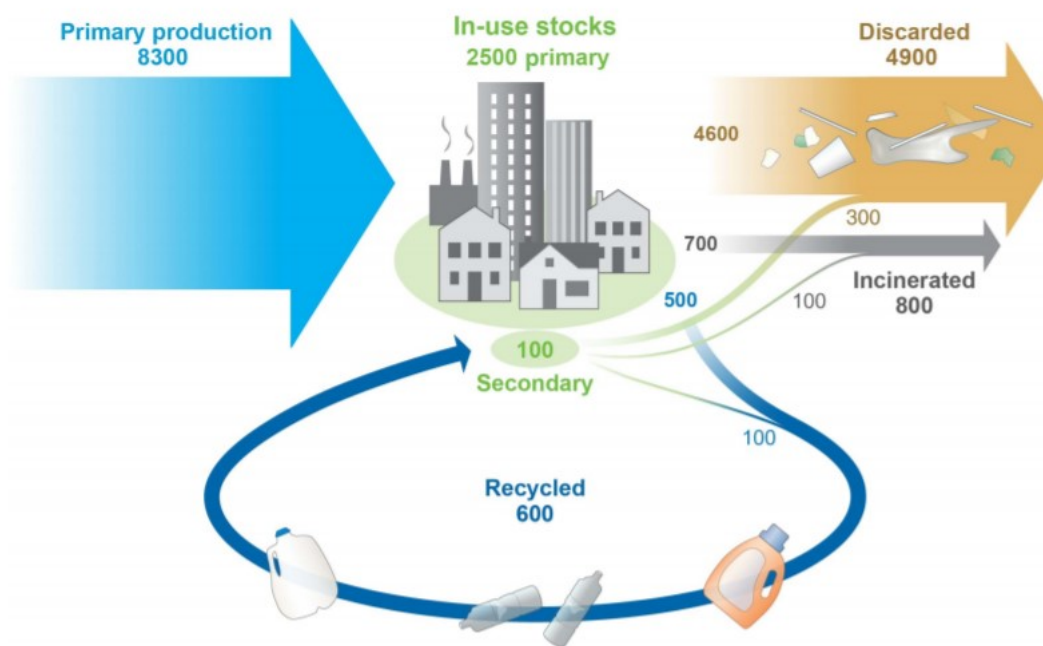


Abb. 11 Global production, use, and fate of polymers resins, synthetic fibers and additives (1950 -2015; in million metric tons) (GEYER et al. 2017)

3.3 Menge des Kunststoffabfalls innerhalb der EU

Die Menge des in der EU produzierten Kunststoffes betrug im Jahr 2018 61,8 Millionen Tonnen. Im Jahr 2017 waren es noch 64,4 Millionen Tonnen. Die Entwicklung der Kunststoffproduktion ist in Abbildung 12 dargestellt. Der Produktionsrückgang vom Jahr 2007 bis 2009 ist eine Folge der generellen wirtschaftlichen Entwicklung in den Jahren der Wirtschaftskrise. (AIDT et al., 2017) Das Produktionswachstum vom Jahr 2009 bis 2011 kann als ein Wiederaufholen nach den Krisenjahren angesehen werden. Das Vorkrisenniveau wurde in der EU allerdings noch nicht wieder erreicht. Das Ansteigen der Produktion in den Jahren 2016 und 2017 entspricht dem generellen Ansteigen des Rohstoffverbrauchs in der Wirtschaft und ist auf die starke weltweite Konjunktur zurückzuführen. (AIDT et al., 2017) Trotz guter konjunktureller Entwicklungen ist vom Jahr 2017 bis zum Jahr 2018 die in der EU produzierte Kunststoffmenge zurückgegangen, während die weltweite Kunststoffproduktion angestiegen ist. Der Kunststoffverbrauch der Kunststoffverwerter der EU in Abbildung 13 folgt der Entwicklung der Kunststoffproduktion in der EU. Auch hier ist eine Stagnation des Verbrauchs im Jahr 2018 erkennbar. Ein Produktions- und Verbrauchsrückgang auf Grund des effizienteren Umgangs mit Kunststoffen oder der Vermeidungsstrategien des Europäischen Kreislaufpaketes könnte vermutet werden. Es braucht allerdings einen Fortgang dieses Trends und die Verbrauchs- und Produktionsdaten der Folgejahre, um

eine derartige Vermutung zu verifizieren. (PLASTICS EUROPE, 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019)

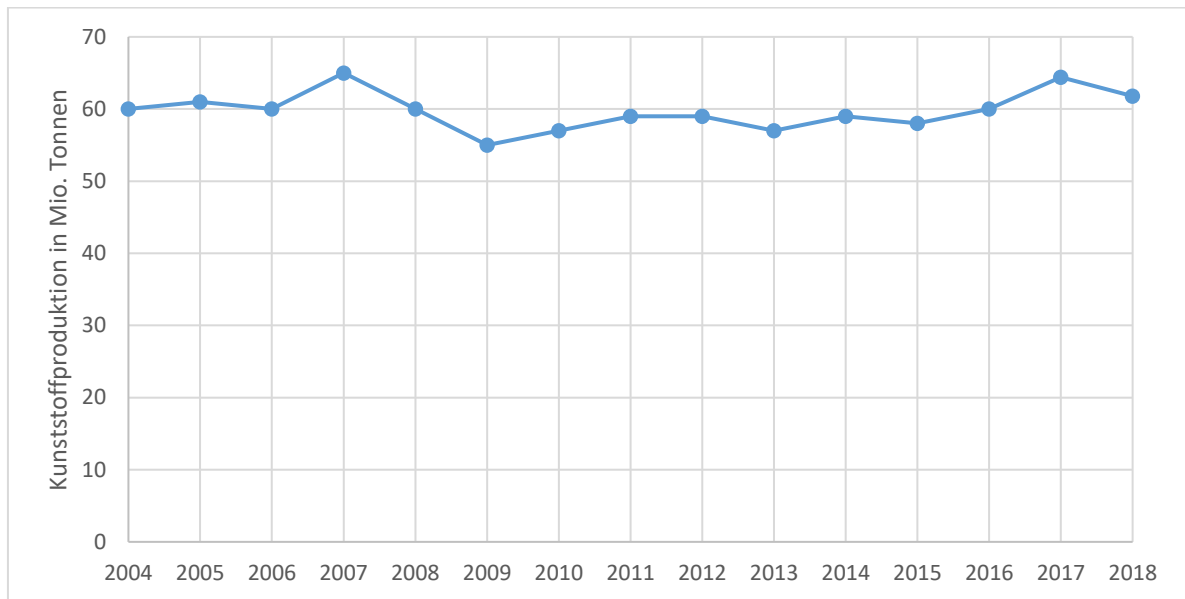


Abb. 12 Kunststoffproduktion in der EU in Mio. Tonnen¹

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) (eigene Darstellung)

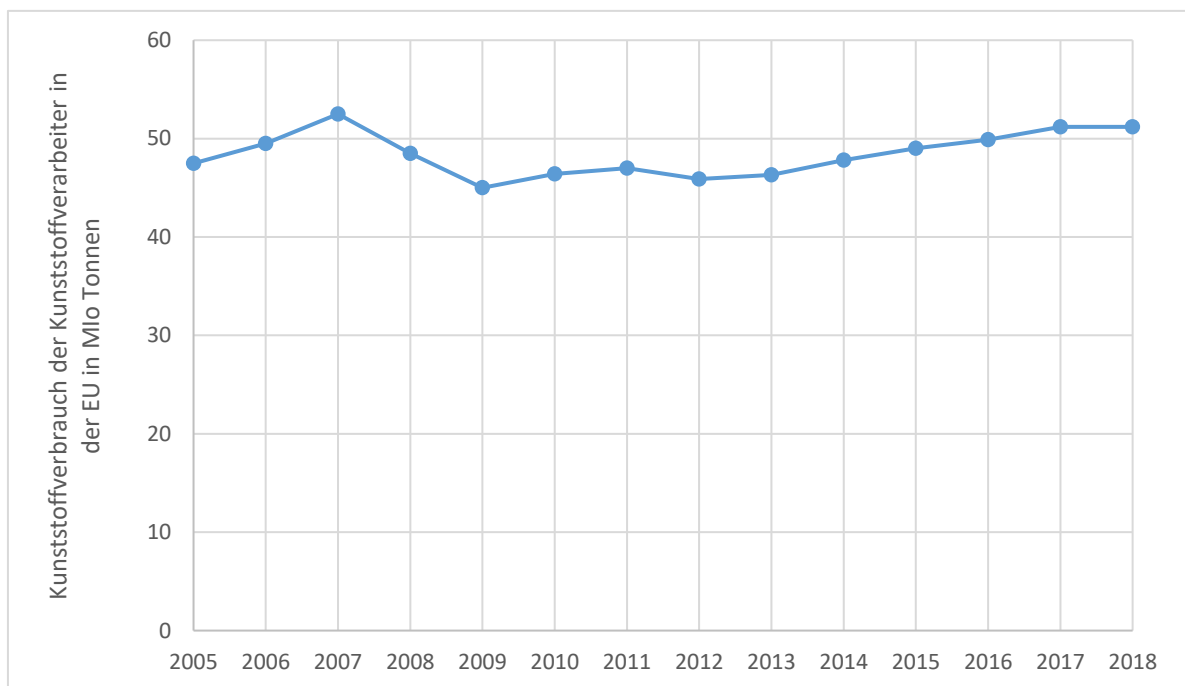


Abb. 13 Kunststoffverbrauch der Kunststoffverwerter in der EU in Mio. Tonnen¹

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) (eigene Darstellung)

¹ (2004- 2006 EU 25+ NO/CH, 2007 bis 2013 EU-27 + NO/CH, 2014-2018 EU-28 + NO/CH)

Die Menge des in der EU produzierten Abfalls ist in Tabelle 4 und Abbildung 14 ersichtlich. Die gesamte Abfallmenge der EU-28 Staaten summierte sich im Jahr 2016 auf 2.537 Millionen Tonnen. Nach einem minimalen Rückgang des Abfallaufkommens in der Folge der Wirtschaftskrise von 2006 bis 2008 hat sich die Menge des Abfalls wieder annähernd auf das Vorkrisenniveau gesteigert. Im Vergleichszeitraum 2004 bis 2016 hat sich das gesamte Abfallaufkommen um 0,39 Prozent verringert.

Für die Menge des Kunststoffabfalls werden zwei unterschiedliche Quellen in der Analyse verwendet. Die Datengrundlage von Eurostat und die von Plastics Europe, dem Verband der Kunststoffherzeuger in Europa. Beide Institutionen kommen für die Menge des Kunststoffabfalls zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Diese enormen Differenzen in den Daten sind in der Tabelle 4 dargestellt. So unterscheiden sich die Mengen des Kunststoffabfalls von beiden Institutionen für das Jahr 2016 um beinahe zehn Millionen Tonnen. Ein Teil dieser Differenz ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass Plastics Europe bei seiner Analyse der Kunststoffabfallmengen die Staaten Norwegen und Schweiz mit einbezieht. Der zweite Grund, der einen größeren Teil der Differenz erklärt, sind unterschiedliche Definitionen von Kunststoffabfällen. Eurostat (2019c) verwendet dabei eine sehr enge Definition von Kunststoffabfällen. So werden etwa Gummiabfälle, Textilfaserabfälle aus Textilfasern mit synthetischem Ursprung, medizinische Kunststoffabfälle, ungetrennte Kunststoffe in Bauabfällen, Fahrzeugen, Elektro- und Elektronikgeräten oder Altgeräten bei Eurostat nicht dem Kunststoffabfall zugerechnet.

Die Definition von Kunststoffabfällen von Plastics Europe ist weiter gefasst und versucht die komplette Menge der in der Wirtschaft eingesetzten Kunststoffe zu erfassen. Die Ergebnisse von Plastics Europe sind mit einer größeren Unsicherheit behaftet, entsprechen aber eher realistischeren Werten.

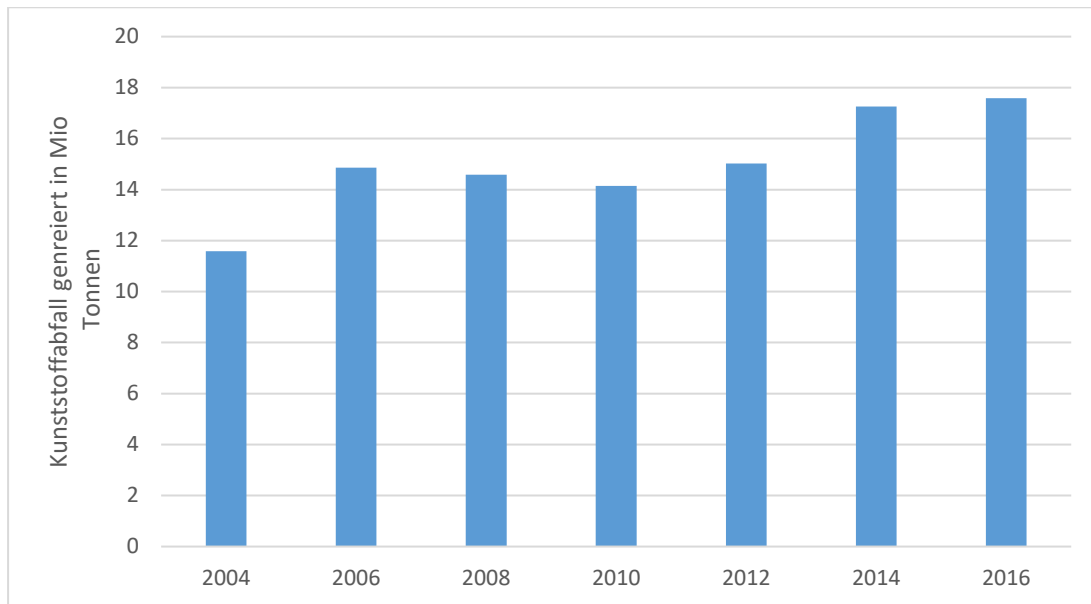


Abb. 14 Kunststoffabfall generiert in der EU-28 in Mio. Tonnen (2004-2016)

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

In Abbildung 14 ist die Menge des Kunststoffabfalls nach den von Eurostat veröffentlichten Daten abgebildet. Die Summe des Kunststoffabfalls betrug laut Eurostat im Jahr 2016 17,59 Millionen Tonnen und hat sich vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2016 um 51,89 Prozent gesteigert. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 4,32 Prozent. Der positive Trend der stagnierenden Abfallmengen, beim gesamten Abfall in den letzten zehn Jahren ist bei der Entwicklung der Kunststoffabfallmenge nicht erkennbar. Der Anteil des Kunststoffabfalls am gesamten Abfall hat sich vom Jahr 2014 bis zum Jahr 2016 sogar von 0,45 Prozent auf 0,69 Prozent gesteigert. (EUROSTAT 2019c)

Plastics Europe liefert die aktuellsten Zahlen über die Gesamtsumme des Kunststoffabfalls in Europa und kommt zu sehr ähnlichen Trends bei der Entwicklung des Kunststoffabfalles wie auch die Eurostat Daten. Die Ausgangsmenge der Kunststoffe ist im Vergleich zu Eurostat höher, der Trend von ansteigenden Kunststoffabfallmengen ist aber ebenfalls erkennbar. Im Jahr 2018 wurde 29,1 Millionen Tonnen Kunststoffabfall produziert. Im Vergleich zum Jahr 2004 entspricht das einem Anstieg um 12,79 Prozent. Die durchschnittlich jährliche Wachstumsrate des Kunststoffabfalls liegt im Zeitraum 2004 bis 2018 bei 0,91 Prozent. Der Anteil des Kunststoffabfalles am gesamten Abfall hat sich von 2004 bis 2016 von 1,01 auf 1,07 Prozent gesteigert. Einen Trend von leicht ansteigenden Kunststoffabfallmengen lassen also beide Datenquellen erkennen. (EUROSTAT 2019c, LASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019)

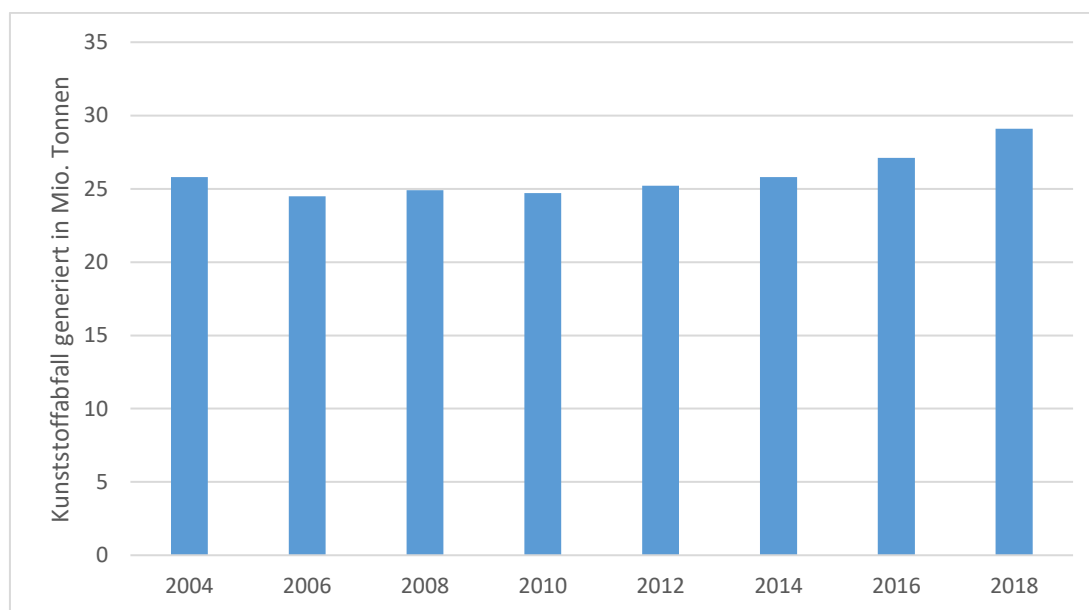


Abb. 15 Kunststoffabfall generiert in der EU-28 + NO/CH in Mio. Tonnen (2004-2018)

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene Darstellung)

Tab. 4 Abfall generiert in der EU-28 in Mio. Tonnen (2004-2018)

	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Kunststoffabfall (EUROSTAT)	11,58	14,86	14,58	14,15	15,02	17,26	17,59	-
Kunststoffabfall (PLASTICS EUROPE)	25,8	24,5	24,9	24,7	25,2	25,8	27,1	29,1
Gesamter Abfall EU-28	2.547	2.567	2.427	2.454	2.484	2.507	2.537	-
Kunststoffanteil am Abfall (EU-ROSTAT)	0,45%	0,58%	0,60%	0,58%	0,60%	0,69%	0,69%	-
Kunststoffanteil am Abfall (PLASTICS EUROPE)	1,01%	0,95%	1,03%	1,01%	1,01%	1,03%	1,07%	-

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c, PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene Darstellung)

Die annähernde Stagnation in der Produktion und dem Verbrauch der europäischen Kunststoffverwerter schlagen sich nicht in einem Rückgang des Abfalls in der EU nieder. Für den Anstieg des Kunststoffabfalles, obwohl es keinen Anstieg in der Produk-

tion gibt, kann man einige Erklärungsmöglichkeiten finden. Die Menge des Kunststoffes im Umlauf und im Gebrauch könnte sinken und somit zu dem hohen Müllaufkommen beitragen. Dagegen sprechen allerdings aktuelle Veröffentlichungen, die zu den Ergebnissen kommen, dass in der EU-28 die Mengen der Kunststoffe im Umlauf noch am Steigen sind. Die längere durchschnittliche Nutzungsdauer von Gebrauchsgütern aus Kunststoff und eine größere Anzahl an genutzten Gütern aus Kunststoff führen zu einer Zunahme der Kunststoffmenge in Gebrauch und somit im Kreislauf. (MROWIEC 2018)

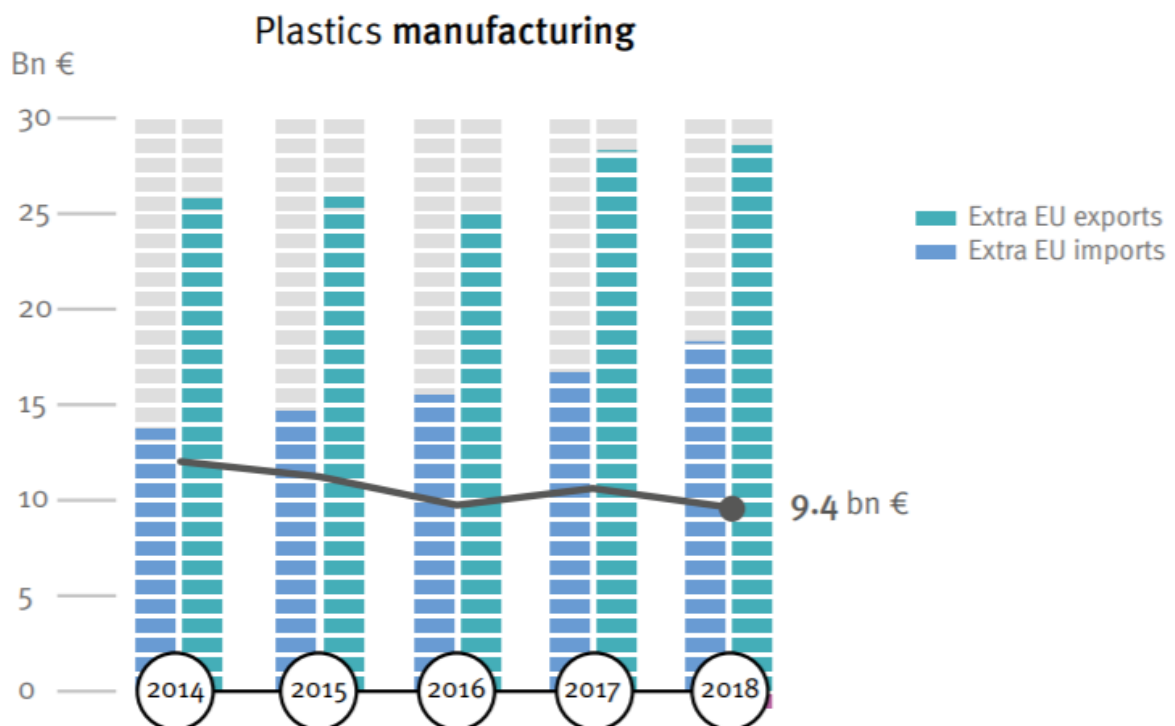


Abb. 16 Plastics Manufacturing (PLASTICSEUROPE 2019: 16)

Der Kunststoffimport aus dem Ausland ist vermutlich die Erklärung für die Zunahme der Kunststoffabfallmenge. Dabei sind es vor allem die in Produkten verarbeiteten Kunststoffe, die für einen Importüberschuss bei dem Handelsvolumen mit Kunststoffen verantwortlich sind. Betrachtet man den Handel des EU-Raumes mit Kunststoffrohprodukten in Abbildung 16 gibt es sowohl einen monetären als auch einen materiellen Handelsüberschuss gegenüber dem nicht EU-Raum. (PLASTICS EUROPE 2019) BROOKS et al. (2018) kommen deshalb zu dem Schluss, dass es der Handelsüberschuss mit verarbeiteten Gütern sein muss, der zu einem steigenden Kunststoffabfallaufkommen in der EU führt. Die Exporte der Kunststoff erzeugenden Betrie-

be in das EU-Ausland übersteigen die Importe bei weitem und erzeugen einen Handelsüberschuss von 9,4 Mrd. Euro.

4 Die Wege des europäischen Kunststoffabfalles

Die Wege von Kunststoffabfällen sind grundsätzlich sehr begrenzt. Es gibt den Weg der Ablagerung und des Ausbringens von Abfällen in die Natur – sowohl legal, als Deponierung und auch als illegale Formen der Entsorgung. Es gibt die Möglichkeit aus Kunststoffen durch unterschiedliche Formen der Wiederaufbereitung und des Recyclings wieder Rohstoffe zu gewinnen. Kunststoffe können verbrannt werden, sowohl zur Energiegewinnung als auch als Form der Entsorgung. Und Kunststoffe können über den Umweg des Exports ins Ausland einen dieser Wege einschlagen. Es gibt bereits die Möglichkeiten der Kompostierung von biologisch abbaubaren Kunststoffen. Die so entsorgten Mengen sind allerdings noch minimal und werden somit nicht genauer analysiert werden. Die möglichen Wege von Kunststoffabfall sollen in diesem Kapitel genauer analysiert. Zum einen werden die gesetzlichen Grundlagen, technischen Möglichkeiten sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Wege des Kunststoffabfalls analysiert. Zum anderen werden die Wege des europäischen Kunststoffabfalls an Hand aktueller Daten und Zahlen nachgezeichnet.

4.1 Deponierung und illegale Entsorgung

Bei der Ablagerung von Müll muss zwischen der legalen Deponierung und der illegalen Ablagerung unterschieden werden. Für die Deponierung gelten klare Kriterien für den Umgang mit Abfällen damit negative Auswirkungen auf die Umwelt ausbleiben. Die Ziele und Aufgaben der Deponierung sind in Österreich in der Deponieverordnung festgelegt

„Ziel dieser Verordnung ist es, durch die Festlegung betriebsbezogener und technischer Anforderungen in Bezug auf Deponien und Abfälle, Maßnahmen und Verfahren vorzusehen, mit denen während des gesamten Bestehens der Deponie negative Auswirkungen der Ablagerung von Abfällen auf die Umwelt, insbesondere die Verschmutzung von Oberflächenwasser, Grundwasser, Boden und Luft, und auf die globale Umwelt, einschließlich des Treibhauseffekts, und alle damit verbundenen Risiken für die menschliche Gesundheit weitest möglich vermieden oder vermindert werden.“

(§1 VERORDNUNG DES BUNDESMINISTERS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT ÜBER DEPONIEREN, BGBl. II Nr. 39/2008)

Neben der legalen Deponierung von Abfällen kommt es auch zur illegalen Entsorgung von Abfällen. Die IPEC (Intelligence Project on Environmental Crime) (2015) eine Unterorganisation von Europol, die sich um die Aufdeckung und Bekämpfung von Umweltsünden kümmert, bezeichnet illegale Entsorgung als Umweltverbrechen.

„Any illegal disposal with a negative, harming impact on the environment is an environmental crime.“

Illegal entsorgte Kunststoffabfälle sind allgegenwärtig und beinahe auf dem ganzen Globus verteilt. Durch die chemische Beständigkeit von Kunststoffen, eine der Eigenschaften die Kunststoffe als Werkstoff so beliebt macht, bleiben Kunststoffe ohne spezielle Behandlung oder Verwertung für Jahrzehnte oder Jahrhunderte als Abfall in der Umwelt. Kunststoffabfälle werden besonders über Flüsse und Meere über große Distanzen verbreitet und sind in allen marinen Ökosystemen zu finden. Von den Küstenregionen bis zu Hochseegebieten und von der Meeresoberfläche bis zum Meeresgrund. Diese Makro- und Mikrokunststoffe sind eine enorme Belastung für das marine Leben und eine Bedrohung für die globale Umwelt. (LI et al. 2016, DEPLEDGE et al. 2013)

JAMBECK et al. (2015) kamen für das Jahr 2015 auf einen vermuteten Kunststoffeintrag in die Weltmeere von 4.8 bis 12.7 Millionen Tonnen. Davon stammen ca. 80 Prozent aus Eintragung von Küstenregionen und Flüssen und ca. 20 Prozent aus direkter Eintragung auf den Meeren. Aus der Europäischen Union sind es jährlich ca. 100.000 Tonnen an Kunststoffabfällen, die in die Meere geraten, 49 Prozent davon ist Einwegplastik und 27 Prozent stammen aus verlorenem Equipment der Fischerei. (JOINT RESEARCH CENTER 2016) Einer der großen Ziele der Europäischen Kreislaufwirtschaft ist es die Eintragung von Kunststoffen in maritime Systeme zu reduzieren. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Auch an Land kommt es zur illegalen Entsorgung von Abfällen und Kunststoffabfällen und zu ähnlichen negativen Auswirkungen. Da an Land entsorgte Abfälle häufiger an Ort und Stelle und somit auch unentdeckt bleiben und sich nicht, wie die in marinen Systemen entsorgten Kunststoffen zu riesigen Müllinseln formieren, wird ihnen weniger mediale Aufmerksamkeit geschenkt. Die Bandbreite illegaler Müllentsorgung an Land reicht dabei vom achtlosen Wegwerfen von Abfällen von Einzelpersonen bis hin zur illegalen Deponierung in großem Maßstab durch Formen der organisierten Kriminalität. (BAIRD et al. 2014) Auch die falsche Deklaration gefährlicher Abfälle und somit die nicht fachgerechte Entsorgung oder die illegale Außerlandesbringung zum

Zwecke der Entsorgung oder Wiederaufbereitung in Ländern mit niedrigen Umwelt- und Arbeitsstandards sind Formen der illegalen Entsorgung.

Ein großes Problem dieser Abfallkriminalität ist, dass die illegale Abfallentsorgung oft ein Verbrechen ohne Opfer ist und somit nicht registriert und bekämpft wird. (BAIRD et al. 2014) Die IPEC (2015) beschreibt in dem zuletzt 2015 erschienenen Bericht über Umweltverbrechen in Europa die größte Zunahme von Umweltvergehen im Bereich der Abfallentsorgung. Während in allen anderen untersuchten Bereichen (illegaler Holzeinschlag, illegale Jagd und Fischerei, Tierquälerei, Gebrauch von Chemikalien, Nahrungsmittelsicherheit) die Anzahl der berichteten Fälle zurückgegangen ist, kam es bei Fällen der illegalen Müllentsorgung vom Jahr 2013 zum Jahr 2015 zu einer Steigerung der registrierten Fälle um 55 Prozent.

4.2 Formen der Kunststoffverwertung

Die Wiederaufbereitung von Kunststoffen bringt ökologische und ökonomische Vorteile. Ein zentrales Prinzip der Kreislaufwirtschaft ist es, die in Stoffe investierte Wertigkeit zu erhalten. Die Rohstoffe und die für die Produktion eingesetzte Energie in den Kunststoffen sollen erhalten werden und wieder in den Kreislauf integriert werden. Die Verlängerung der Nutzungsdauer, Wiederverwendung und Reparatur sind dabei die Kreisläufe, die den größten Teil der Wertigkeit erhalten. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f) Die Wiederverwendung von Verpackungsmaterial könnte eine Alternative für ca. 20 Prozent des weltweiten Verpackungsmaterials sein. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION 2016) Für einen größeren Teil von Kunststoffverpackungen müssen es Formen der Verwertung sein, die Stoffkreisläufe erreichen können. Dabei schonen Kunststoffverwertungsformen die Umwelt durch einen reduzierten Verbrauch von Primärrohstoffen und durch einen geringeren CO²-Ausstoß. Der CO²-Ausstoß für recycelten Kunststoff kann dabei um das 10-fache geringer sein, als bei entsprechenden Primärrohstoffen. (PLASTICS EUROPE 2019: 28)

Es werden dabei drei grundsätzliche Verwertungswege für Kunststoffe unterschieden: Die werkstoffliche Verwertung, auch als mechanisches Recycling bezeichnet, die Rohstoffliche Verwertung, auch als chemisches Recycling bezeichnet und die energetische (thermische) Verwertung. (vgl. MARTENS und GOLDMANN 2016: 272)

Die werkstoffliche Verwertung ist unter diesen Verwertungsverfahren dabei die effizienteste Möglichkeit, die in Kunststoffe investierte Energie und Rohstoffe zu erhalten. Deshalb besitzt das Werkstoffrecycling die beste Energie- und CO² Bilanz bei der Wiederaufbereitung von Kunststoffen. Darum sollte, wenn technisch möglich und

wenn die Qualität der Abfallkunststoffe es zulässt, das werkstoffliche Recycling das erste Mittel der Wahl zur Wiederaufbereitung von Kunststoffen sein. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

„Mechanical recycling is a robust and comparatively efficient way of reprocessing plastics into new resin that can be put back into the value chain.“

(EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f: 123)

Das Recycling durch werkstoffliche Verwertung stellt große Anforderungen an die Qualität der Altkunststoffe, die besonders bei der Aufbereitung von gemischten Kunststoffen aus Haushaltsabfällen nicht erfüllt werden können. Deshalb wird zur Zeit der größte Teil Altkunststoffe rohstofflich oder energetisch verwertet.

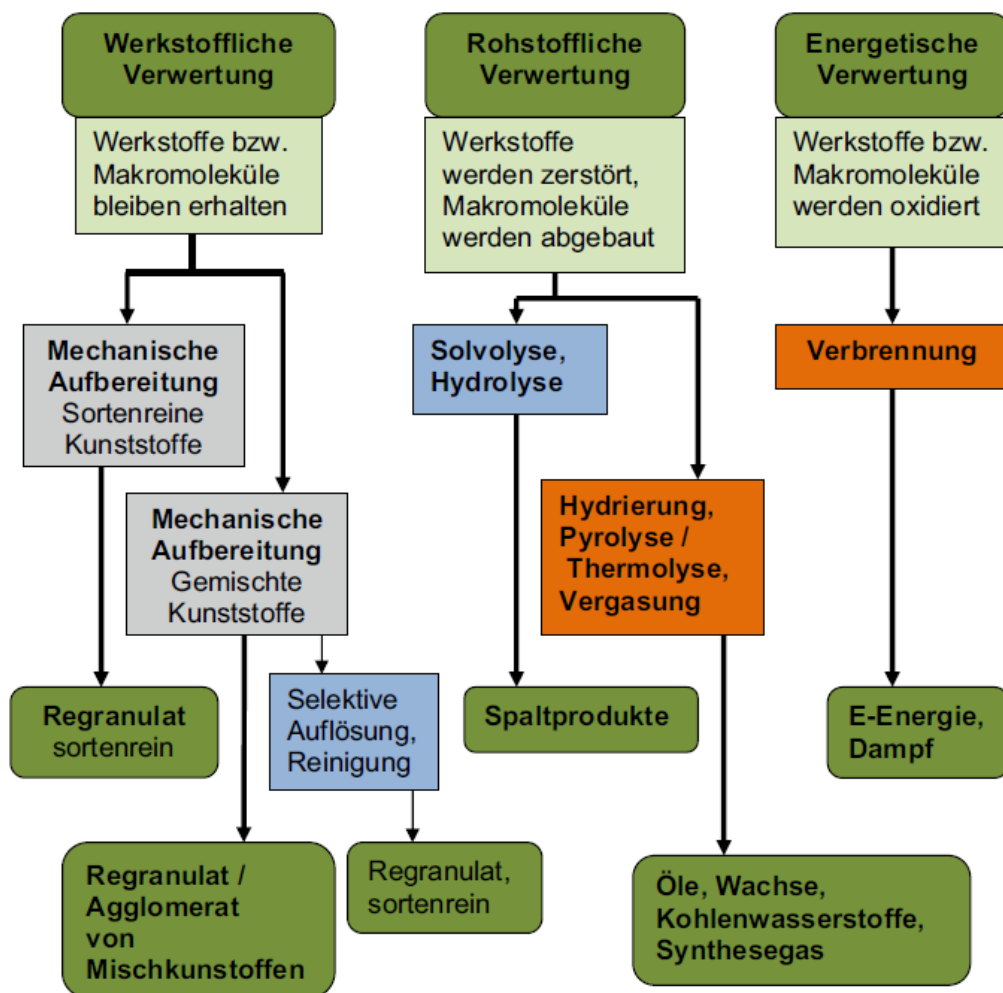


Abb. 17 Verfahrenswege des Kunststoffrecyclings (MARTENS und GOLDMANN 2016: 272)

Die wichtigsten Kunststoffsorten für das Recycling waren für Europa im Jahr 2014 gemischtes PET, HDPE, LDPE und PP. (DELOITTE SUSTAINABILITY 2017) Für das

Untersuchungsjahr 2014 kam DELOITTE SUSTAINABILITY auf die Summe von 2.15 Millionen Tonnen Kunststoffe, die durch Recycling in die europäische Wirtschaft zurückgeführt werden konnten. Die Nachfrage nach Kunststoffen und recycelten Kunststoffen übersteigt dabei das Angebot der am Markt verfügbaren Sekundärrohstoffe. Die Anwendungsgebiete für recycelte Kunststoffe sind dabei annähernd divers wie bei Kunststoffen als Primärrohstoff. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

Anwendungsgebiete und Menge der vier bedeutendsten recycelten Kunststoffe sind in Tabelle 5 dargestellt. Es ist vor allem die Verpackungsindustrie, die einen großen Teil des wiedergewonnenen Rohstoffes abnimmt, wobei die teilweise niedrigeren Preise der Recyclate gegenüber Primärrohstoffen über alle Branchen hinweg ein wichtiges Argument für die Verwendung sind. Die wiedergewonnenen Kunststoffe werden dabei vor allem in Bereichen mit geringeren Qualitätsanforderungen verwendet. So nutzt die Verpackungsindustrie wiedergewonnenen Kunststoffe zum Beispiel kaum für die Verpackung von Lebensmittel, da die Hygieneansprüche und die Grenzwerte von Additiven bei Lebensmittelverpackungen nicht erfüllt werden können.

Tab. 5 Verwendung des Recyclats, der vier an den häufigsten recycelten Kunststoffen in der EU 2014

(Datengrundlage EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019; eigene Darstellung)

recyceltes PET (rPET)	Verpackungsmaterial (313 Kilotonnen), Fasern (121 Kilotonnen), andere Industrien (80 Kilotonnen)
recyceltes HDPE (rHDPE)	Bauwirtschaft (321 Kilotonnen), Verpackungsmaterial (143 Kilotonnen), andere Industrien (80 Kilotonnen)
recyceltes PP (rPP)	Automobilindustrie (125 Kilotonnen), Verpackungsmaterial (69 Kilotonnen), Bauwirtschaft (63 Kilotonnen) Elektronik (53 Kilotonnen) , andere Industrien (73 Kilotonnen)
Recyceltes LDPE (rLDPE)	Verpackungsmaterial (180 Kilotonnen), Bauwirtschaft (150 Kilotonnen), andere Industrien und Endnutzer (320 Kilotonnen)

In Abbildung 18 sind die Kreisläufe des Kunststoffrecyclings dargestellt. Ziel muss es sein, dass die Endprodukte des Recyclings in möglichst „kleinen“ Kreisen innerhalb

der Wirtschaft agieren. So sind die kleinen Kreise von „Reuse und Repair“ denen des Recyclings vorzuzuziehen. Beim Recycling sind es die Reihenfolgen mechanisch vor chemisch und chemisch vor energetisch, die die größten Energie- und Ressourcenersparnisse bringen und somit im Sinne der Kreislaufwirtschaft agieren. Die Deponierung ist in den perfekten Kreisläufen einer idealtypischen Kreislaufwirtschaft gar nicht vorgesehen. (PLASTICSEUROPE 2018; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

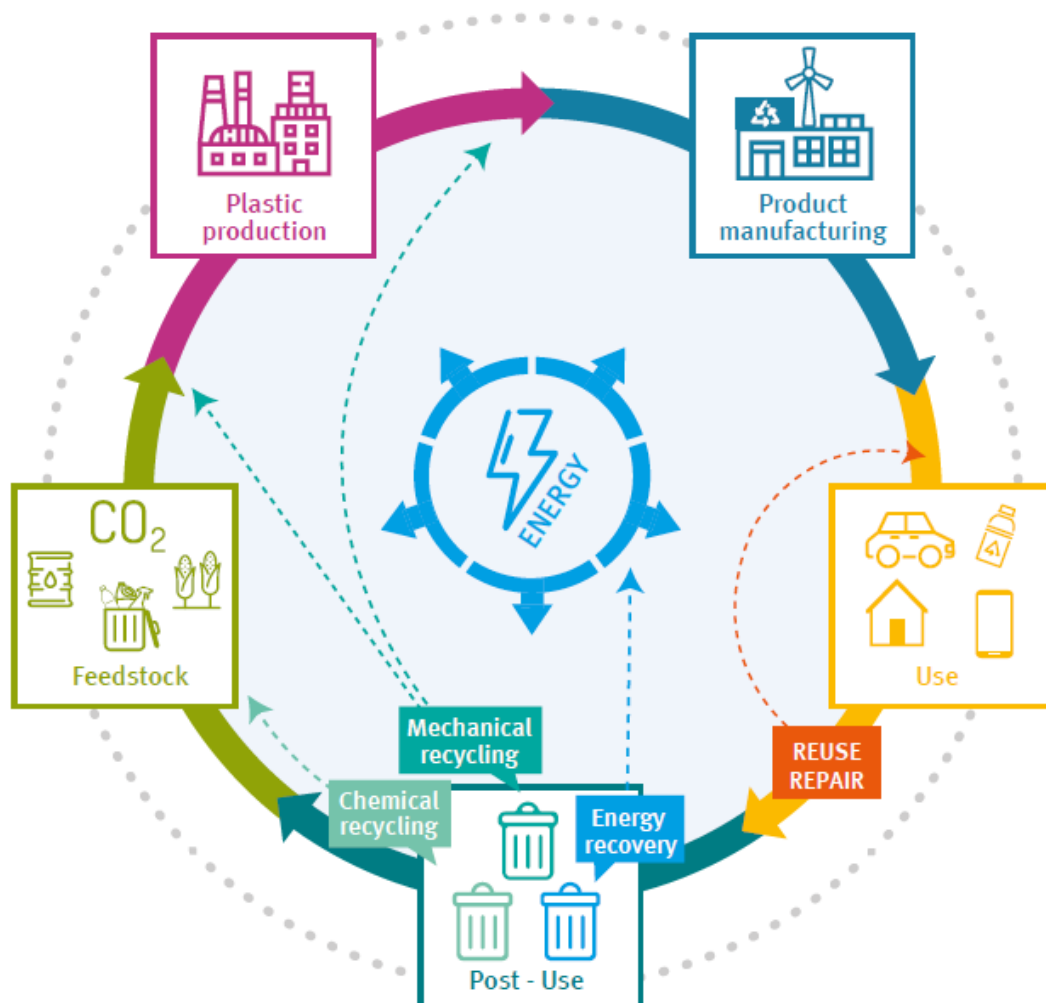


Abb. 18 Kreislaufwirtschaft bei Kunststoffen (PLASTICSEUROPE 2018: 7)

NEHER (2018: 118) kommt zu drei Grundsätzen, die erfüllt werden müssen, damit Recycling nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch sinnvoll ist. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, ist die Verwertung aus wirtschaftlicher Sicht nicht beste Alternative und eine andere Verwertungsmethode, wie etwa die Deponierung ist effizienter.

- Der Verkauf der Recyclate muss die Kosten der Verwertung und die der Opportunitätskosten bei Deponierung übersteigen.
- Die Preise von Sekundärrohstoffen müssen die Preise von Primärrohstoffen unterschreiten.
- Der Einsatz von Recyclaten muss im Produktionsprozess möglich sein.

An dieser rein ökonomischen Sichtweise wird vor allem das Fehlen von Externalitäten kritisiert. Die Langzeitfolgen und –kosten der Deponierung von Abfällen können nicht abgeschätzt werden, weshalb dieses rein ökonomische Denken um Umweltaspekte und die Kosten von externen Effekten ergänzt werden muss. Die Kosten von Umweltschäden durch Deponierung, illegale oder falsche Entsorgung trägt die Umwelt und die Allgemeinheit und müssen in die ökonomischen Überlegungen miteinbezogen werden. (ESHET et al. 2016)

4.2.1 Mechanisches Recycling/ Werkstoffrecycling

Beim mechanischen Recycling, auch Werkstoffrecycling genannt, werden Kunststoffe durch Zerkleinerung wiederaufbereitet. Die chemische Struktur der Polymere bleibt unverändert. Durch mechanische Zerkleinerung und ein erneutes Formen durch Extrusion, Aufschmelzung oder ähnliche Verfahren können so aus Kunststoffabfällen wieder Rohstoffe werden. Je nach Verarbeitungsverfahren kann das Endprodukt (Recyclat oder Sekundärkunststoff) dabei als Mahlgut, Kunststoffflocken, Kunststoffpellets oder auch als Granulat gefertigt werden. (MANRICH und SANTOS 2009: 22)

Bei der Verwertung von Kunststoffen ist es das mechanische Recycling, das den größten Teil der in Kunststoffe investierten Wertigkeit erhält. Deshalb muss das Werkstoffrecycling, wenn möglich anderen Formen des Recyclings vorgezogen werden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

Aufgrund von Altkunststoffen mit niedriger Qualität und unzureichender Sortierung gemischter Kunststoffe, ist der Vorbereitungsaufwand für das Werkstoffrecycling oftmals allerdings so groß, dass mechanisches Recycling für die Verwertung von Altkunststoffen nicht möglich ist. Das mechanische Recycling ist dann effizient, wenn die in die Aufbereitung der Kunststoffe investierte Energie und Mittel geringer sind als die Energie- und Aufwandsersparnis gegenüber anderen Formen des Recyclings. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 271)

Die beim Recycling entstehenden aufbereiteten Kunststoffe werden als Sekundärrohstoffe bezeichnet und sind nicht unbedingt ident mit Primärrohstoffen. Da in der Produktion selten sortenreine Kunststoffe ohne Zugabe von Additiven genutzt werden und diese Zusatzstoffe bei der mechanischen Aufbereitung nicht entfernt werden können, bleiben alle zuvor in dem Kunststoff erhaltenen Zusatzstoffe auch im Sekundärrohstoff. Diese im Recyclat verbleibenden Zusatzstoffe sind auch eines der großen Probleme des mechanischen Recyclings. Die Additive, die bei Kunststoffen besondere thermische oder mechanische Belastbarkeit ermöglichen oder auch zur Färbung eingesetzt werden, verbleiben im Endprodukt des Recyclings und mindern die Qualität und Einsatzbereiche der Recyclate. (MANRICH und SANTOS 2009: 25)

Kunststoffe können durch Oxidation, UV-Strahlung oder Wärmebelastung geschädigt werden. Diese Schädigungen im Kunststoffabfall bleiben auch im Endprodukt des Recyclings und verringern die Reinheit und somit auch die Nutzungsbereiche des wiederaufbereiteten Kunststoffes. Deshalb braucht es für qualitativ hochwertige Recyclate möglichst sortenreine Kunststoffe ohne Additive. Sortenreine abfallende Altkunststoffe entstehen häufig bei Kunststoffverwertern, die Abfallkunststoffe aus der Formung oft innerhalb der Produktionskreisläufe und Produktionswerke verwerten. Diese sortenreinen Produktionsabfälle müssen nur mechanisch aufbereitet werden (meist geschreddert) und können danach wie Primärrohstoffe verwendet werden. In den „echten“ Recyclingkreislauf kommen Kunststoffabfälle aus der Produktion vor allem dann, wenn die Kunststoffe mit anderen Werkstoffen (Glas, Fasern, Metallen, Textilien etc.) verbunden sind, die Kunststoffe in der Produktion beschichtet oder verschmutzt wurden oder mit anderen Kunststoffen zu Verbundkunststoffen verarbeitet wurden. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 361)

Grundbedingungen für ein effizientes Werkstoffrecycling sind somit funktionierende Sammel- und Sortiersysteme, die ein möglichst sortenreines Ausgangsprodukt und somit ein qualitätsvolles Endprodukt ermöglichen. Dieses sortenreine Sammeln funktioniert besser bei industriellen Kunststoffabfällen, da die Menge an sortenrein anfallenden Abfällen größer ist, als bei Haushaltsabfällen. Bei Haushaltsabfällen, besonders bei ungetrenntem Haushaltsabfall, ist die Sortierung und Waschung aufgrund der Vielfalt an Werkstoffen, Kunststoffen, unterschiedlichen Formen und Verunreinigungen eine der größten Herausforderungen. (MARTENS und GOLDMANN 2016)

Bei Industrieabfällen gibt es meist auch mehr Informationen über Zusammensetzung und Additive des Ausgangsproduktes, sodass ein sortenreines Recycling erleichtert wird. Bei Haushaltsabfällen sind es vor allem effiziente Kennzeichnungs-, Sammel-

und Sortiersysteme, die die Bedingungen für das Werkstoffrecycling optimieren. Da allerdings die Komplexität in der Kunststoffverwertung in den letzten Jahren stark zugenommen hat und die Identifizierung der Kunststoffsorten technisch immer aufwändiger wird, steigen damit auch die Probleme für das Werkstoffrecycling. (MANRICH und SANTOS 2009)

Werkstoffrecycling funktioniert in großem Maßstab zurzeit nur bei Thermoplasten. Bei Elastomeren und vernetzten Kunststoffen lässt sich kein zweiter Formgebungsprozess durchführen, was sie für das werkstoffliche Recycling sehr schwer nutzbar macht. Elastomere werden dabei vor allem zu Mahlgut verarbeitet, das als Zusatzstoff bei der Primärproduktion oder bei der Herstellung von Sonderprodukten mit geringeren Anforderungen dient. Altreifen, die den größten Teil der Altelastomere ausmachen, werden von den im Reifen enthaltenen Fasern und Stahldrähten getrennt, der Gummi wird in Kalt- und Warmverfahren gemahlen. Das Gummigranulat wird zerkleinert, von Reststoffen gesäubert und dient als Zusatzstoff bei der Erzeugung neuer Reifen oder noch häufiger als Bitumenadditiv bei der Asphalterzeugung. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 361)

4.2.2 Chemisches Recycling

Die beschriebenen Qualitätsprobleme für das Recyclat, des werkstofflichen Recyclings, sind der Grund warum dem chemischen Recycling in den letzten 20 Jahren mehr Bedeutung zu kommt. (VAN EYGEN et al. 2016) Beim chemischen Recycling werden die Polymere der Kunststoffe durch Depolymerisation oder Zersetzung aufgespalten. Dabei kann es entweder zur Zerlegung in Monomere, zur Hydrierung zu flüssigen Kohlenwasserstoffen, zur thermischen Zersetzung zu Ölen und Gasen oder zur Vergasung zu Synthesegasen kommen. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 308) Die so erzeugten Zwischenprodukte oder Rohstoffe lassen sich effizient reinigen und sind als Ausgangsprodukt für viele organische Synthesen nutzbar. Innerhalb des chemischen Recyclings wird zwischen den Lösungsmittel-basierten Recyclingverfahren, der Depolymerisation und dem rohstofflichen Recycling unterschieden. (SHEN und WORREL 2014: 182)

Lösungsmittel-basierte Verfahren arbeiten mit chemischen Lösungsmitteln, in denen die Kunststoffpolymere gelöst werden und so Unreinheiten, Farbstoffe und Additive aus dem Kunststoff entfernen können. Bei den Lösungsmittel-basierten Verfahren bleiben die Kunststoffpolymere erhalten, weshalb Lösungsmittel-basierte Recyclingverfahren oftmals auch dem mechanischen Recycling zugerechnet werden und nicht

dem chemischen. Da der Einsatz von Chemikalien zur Wiederaufbereitung dient, ist eine Zuordnung zum chemischen Recycling ebenfalls möglich. Eine eindeutige Nomenklatur gibt es dazu nicht. Das Endergebnis bei Lösungsmittel-basierten Verfahren sind gelöste Polymere, die wieder in Kunststoffrohprodukte umgewandelt werden können. Lösungsmittel-basierte Verfahren funktionieren zurzeit nur für eine relativ kleine Menge an Polymertypen. Besonders für die weit verbreiteten und gut erforschten Polyethylene können Lösungsmittel-basierte Verfahren bereits in großem Maßstab eingesetzt werden. Die Mengen und Preise der im Verfahren genutzten Lösungsmittel müssen allerdings in Relation zu den Preisen des Recyclats gestellt werden. Für die Optimierung der Recyclingprozesse und die Reduzierung des Lösungsmittelbedarfs braucht es weitere Forschung, insbesondere auch für die weniger häufig verwendeten Kunststoffe. (MANRICH und SANTOS 2009: 25; SHEN und WORREL 2014: 183)

Depolymerisation ist die Umkehr des bei der Kunststoffproduktion stattfindenden Prozesses der Polymerisation. Polymere, lange verbundenen Monomere, werden durch Erhitzung, enzymatische Reaktionen, Strahlung, Katalysatoren oder die Beimischung von Chemikalien in kürzere Polymerketten oder in ihre Monomerbestandteile zerlegt. Nach dem Prozess der Depolymerisation und der Trennung von Reststoffen können die Monomere wieder durch Polymerisation in Kunststoffe umgewandelt werden. Die depolymerisierten Kunststoffe können sowohl zur Produktion von Primärrohstoffen als auch als Beimengung bei der Kunststoffproduktion genutzt werden. Das durch Depolymerisation entstandene Produkt unterscheidet sich dabei nicht oder kaum von Primärrohstoffen und kann für dieselben Zwecke eingesetzt werden. (MANRICH und SANTOS 2009: 28; SHEN und WORREL 2014: 184)

Neben dem chemischen Prozess der Depolymerisation gewinnen die Polymerzerlegung durch Hydrierung, Hydrolyse und Alkoholyse immer mehr an Bedeutung. Auch hier werden die Polymerketten aufgespalten um anschließend durch Polymerisation wieder als Recyclate verwendet werden zu können. Hydrierung, Hydrolyse und Alkoholyse sind der Depolymerisation, sowohl hinsichtlich der Effizienz, den Voraussetzungen und dem Endprodukt sehr ähnlich und werden hier nicht gesondert erläutert.

Die Depolymerisation spielt vor allem bei der Wiederaufbereitung von PET in unterschiedlichen Dichten, sowie Polyamiden (PA) und Polyurethan (PUR) eine Rolle. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f: 143) Einer der großen Vorteile des Depolymerisation Recyclings bei PET ist, dass PET mit unterschiedlichen Dichten und Kettenlängen beim Recycling verwendet werden können. Da die Polymerketten aufge-

brochen und wieder zusammengefügt werden ist eine Vermischung von PET, PET-LD und PET-MD. PET-HD kein Problem und das Endprodukt wird sich trotz der unterschiedlichen Altkunststoffe nicht unterscheiden. Ein Anwendungsbeispiel ist das chemische Recycling von PET-Flaschen oder PET-Fasern. Beim chemischen Recycling muss beispielsweise der Schraubverschluss der PET-Flasche (PET-HD) nicht von der restlichen PET-Flasche (PET-LD, PET-MD) getrennt werden. (MARTENS und GOLDMANN 2016)

H2020 DEMETO (2019), ein EU finanziertes Forschungsprojekt und Innovationsprogramm für chemisches Recycling, schätzt das CO²-Äquivalent, das bei der Depolymerisation von PET, den weltweit am häufigsten produzierten Kunststoff entsteht, auf 60 Prozent des CO²-Äquivalent gegenüber der Produktion aus fossilen Energieträgern. Das chemische Recycling hat somit enormes Potential zur Ressourcenschonung und Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Besonders gegenüber der thermischen Verwertung, der häufigsten Endstation von PET ist das CO²-Einsparungspotential und die Ressourcenschonung von Primärrohstoffen enorm.

Beim Rohstoffrecycling werden die Kunststoffe durch die chemischen Prozesse der Pyrolyse und Vergasung in Grundchemikalien synthetisiert. Bei der Pyrolyse und Vergasung werden Altkunststoffe durch thermische Erhitzung in einer sauerstofffreien (Pyrolyse) oder sauerstoffarmen (Vergasung) Atmosphäre in ihre Grundstoffe aufgespalten. Diese chemischen Grundstoffe können nicht einfach wieder durch die Polymerisation in Kunststoffe umgewandelt werden. Es benötigt dazu noch weitere Umwandlungsprozesse und Trennungungsverfahren, wie Kondensationsverfahren, weshalb das Rohstoffrecycling vom chemischen Recycling unterschieden wird. Die beim Rohstoffrecycling erzeugten Rohstoffe, wie Öle, Wachse, Kohlenwasserstoffe und Synthesegase können durch weitere Prozesse wieder für die Kunststoffproduktion genutzt werden, dienen allerdings auch als Grundstoffe in der Chemieindustrie oder im Falle von Synthesegasen und flüssigen Kohlenwasserstoffen als Treibstoff.

Sowohl Pyrolyse und Vergasung von Altkunststoffen funktionieren zurzeit nur in relativ kleinen Maßstäben. Für industrielle Wiederverwertungsprozesse im großen Stil braucht es weitere Forschungsarbeit und Innovationen zur Verbesserung der Produktionsprozesse. (MANRICH und SANTOS 2009; SHEN und WORREL 2014; EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

Auch beim chemischen Recycling gibt es wieder eine klare Hierarchie hinsichtlich der Ressourcen- und Energieeffizienz. Lösungsmittel-basierte Recyclingverfahren verbrauchen weniger Energie und erhalten mehr Wertigkeit als die Depolymerisation und

die Depolymerisation ist energieeffizienter als das Rohstoffrecycling. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f) In Abbildung 19 sind die chemischen Recyclingprozesse als Kreisläufe dargestellt, wobei es wieder das Ziel sein muss, die Kunststoffe in den innersten Kreisläufen zirkulieren zu lassen. Dabei erzeugen die größeren Kreisläufe qualitätsvollere Endprodukte als die kleineren. Verwendet man bei, mit einer großen Menge an Additiven verunreinigten, Kunststoffen ein Lösungsmittel-basiertes Verfahren wird die Qualität und damit auch der erreichte Verkaufspreis des Recyclats zu niedrig sein. Die ökologisch und ökonomisch beste Recyclingmethode hängt deshalb immer von der Zusammensetzung und Qualität der Abfälle ab und muss nach jedem Sammel- und Sortierschema im Einzelfall entschieden werden. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 361)

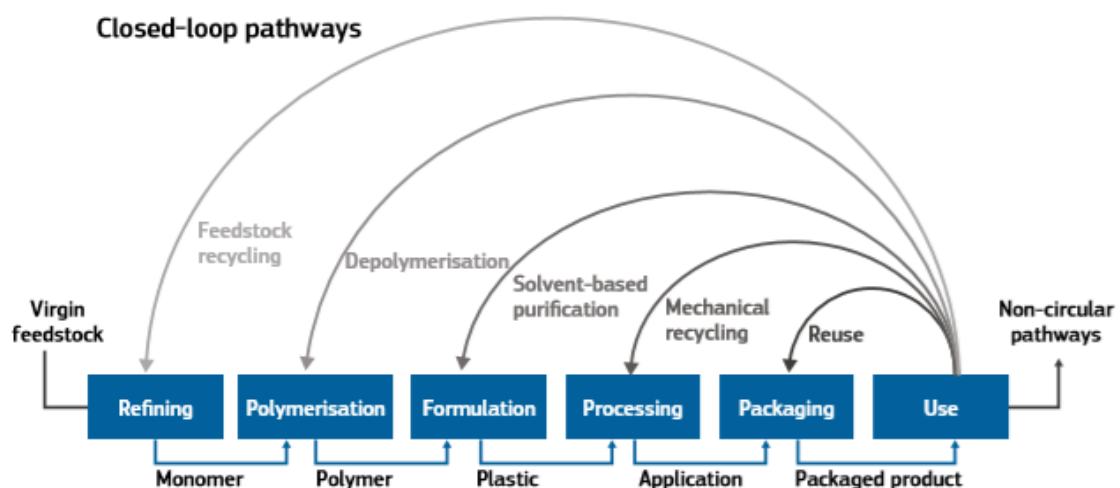


Abb. 19 Unterschiedliche Recyclingkreisläufe von Kunststoffen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

4.2.3 Energetische/ Thermische Verwertung

Bei der energetischen, oder auch thermischen Verwertung, werden Altkunststoffe verbrannt. Der stoffliche Charakter des eingesetzten Materials geht dabei verloren und die bei der Verbrennung entstanden Energie, die als Wärmeenergie frei wird, kann energetisch genutzt werden. Die in den Kunststoffen enthaltene Energie kann zur Erzeugung von Wärme, Dampf oder Elektrizität genutzt werden. Die chemischen Prozesse, die bei der Verbrennung ablaufen, sind mehrere Teilprozesse die teilweise zeitlich und räumlich überlagert ablaufen. Der Verbrennungsvorgang kann in die Pro-

zesse Trocknung, Entgasung, Vergasung und Oxidation unterschieden werden. (WOIDASKY 2012:106)

Als Verbrennungskonzepte gibt es dabei Mono-Verbrennungssysteme zur ausschließlichen Verbrennung von Kunststoff und Co-Verbrennungssysteme zur gemeinsamen Verbrennung mit anderen Stoffen. Bei den Co-Verbrennungssystemen werden Kunststoffe sowohl als Co-Brennstoff in Kraftwerken, als auch in Müllverbrennungsanlagen eingesetzt. Als Co-Brennstoffe, auch Ersatzbrennstoffe, werden Altkunststoffe in möglichst kleine Partikel zermahlen und bei der Befeuerung von Kraftwerken genutzt. Bei Kohlekraftwerken mit Staubfeuerung kann der Brennstoffanteil des Kunststoffes bis zu 20 Prozent betragen. (CAMPBELL et al. 2011) Dabei werden sowohl getrennt gesammelte Kunststoffe, die für andere Verwertungsmethoden nicht in Frage kommen als Brennstoff genutzt, als auch ungetrennte Kunststoffe in Haushaltsabfällen.

Bei allen Verbrennungsanlagen gibt es dabei ein thermisches Hauptverfahren, in dem die Verbrennung stattfindet, irgendeine Form der Wärmenutzung und eine meist mehrstufige Rauchgasreinigung. Die Rauchgasreinigung filtert bei der Verbrennung entstandene Verbrennungsgase. Bei jeglicher Verbrennung und natürlich auch bei der Verbrennung von Abfällen entsteht CO_2 , das in die Atmosphäre freigesetzt wird. Neben dem CO_2 entstehen bei der Verbrennung von Kunststoffen und besonders bei der Verbrennung, der in den Kunststoffen enthaltenen, Zusatzstoffen noch weitere Abgase wie H_2O , SO_2 , NO_x , HCL , HF , Chloride, ZnO , BaO und Dioxine. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 504) Diese müssen in den Rauchgasreinigungsanlagen gefiltert werden, um die Emissionsgrenzwerte der Verbrennungsanlagen einzuhalten.

Auf Grund des hohen Heizwertes und geringen Feuchtegehalt in Kunststoffabfällen beginnt der Großteil der Kunststoffabfälle bei niedrigen Temperaturen zu vergasen, zu zünden und zu verbrennen, was sie als Initialbrennstoff bei Müllverbrennungsanlagen interessant macht. Bei gemischten Haushaltsabfällen sind es Kunststoffe, die den besten Brennwert haben und die eine effiziente Verfeuerung in Müllverbrennungsanlagen ermöglichen. Die Bezeichnung Müllverbrennungsanlagen (auch Hausmüllverbrennungsanlagen) ist eigentlich nicht korrekt, werden derartige Anlagen heute doch korrekterweise als Müllheizkraftwerke bezeichnet. Abfallverbrennungsanlagen nutzen die bei der Verbrennung erzeugte Energie nicht und dienen allein der Abfallentsorgung, ohne dabei gleichzeitig Energie zurückzugewinnen. (MARTENS und GOLDMANN 2016: 501)

Der Heizwert von Kunststoffen übersteigt dabei oftmals sogar den Heizwert von Steinkohle und in manchen Fällen sogar den von Erdöl. Die Heizwerte ausgewählter

sortenreiner Kunststoffe und verschiedener Vergleichsmaterialien ist in Tabelle 6 dargestellt. Man muss allerdings beachten, dass auf Grund von Zusatzstoffen und Verunreinigung bei Altkunststoffen, diese Heizwerte in der Realität nicht erreicht werden. (WOIDASKY, 2012:110)

Tab. 6 Heizwerte ausgewählter Kunststoffe und Vergleichsmaterialien

Material	Heizwert H_u [MJ/kg]
Polypropylen (PP)	44
Polyethylen (PE)	43
Polystyrol (PS)	40
Polyvinylchlorid (PVC)	18-26
Erd-/Heizöl	42
Steinkohle	29-30
Holz	15-17
Papier	13-15
Hausmüll	8,5

(WOIDASKY, 2012:110; eigene Darstellung)

Bei der Verbrennung von Kunststoffabfällen und besonderes bei der Verbrennung gemischter Haushaltsabfälle in Müllheizkraftwerken fallen als Verbrennungsprodukt Asche und andere Feststoffe als Schlacke sowie Filterstäube aus der Abgasfilterung an. Die Schlacken können ebenfalls wiederaufbereitet werden und besonders die, in den Aschen von Hausaltsmüll anfallenden, Metalle werden isoliert und besitzen eine wirtschaftliche Bedeutung. Die üblichen Stoffe der Schlacke und die Filterstäube können wirtschaftlich nicht genutzt werden und müssen deponiert werden. Eine echte Kreislaufwirtschaft, ganz ohne Abfallprodukte kann also durch die bei der Verbrennung entstanden Abfallprodukte nicht erreicht werden. Von der Aufbringung der eigentlich fruchtbaren Aschen als Düngemittel muss abgesehen werden, ist doch der Restgehalt an umweltschädlichen Stoffen wie Schwermetallen so hoch, dass eine Eintragung in die Natur zu großen Risiken birgt. (WINTER 2005)

Während bei chemischen oder mechanischen Recyclingverfahren das aus fossilen Energieträgern stammende CO_2 in den Stoffen erhalten bleibt, wird bei der energetischen Verwertung das CO_2 in die Atmosphäre entlassen. Diese ausgestoßenen Treibhausgase tragen natürlich ebenfalls zum Treibhauseffekt bei, weshalb bei Kunststoffen andere Varianten des Recyclings als klimafreundlicher angesehen werden. Manche Kunststoffabfälle können auf Grund unterschiedlicher Faktoren allerdings nicht ökonomisch oder auch ökologisch effizient recycelt werden. Das trifft vor

allem dann zu, wenn die Durchmischung an unterschiedlichen Werkstoffen zu groß ist und es keine effizienten oder ausreichenden Kapazitäten zur Sortierung gibt, wenn Abfälle zu stark verunreinigt sind und die Mittel für die Waschung und Aufbereitung die erwarteten Erlöse aus dem Recyclat übersteigen oder wenn Recyclate nicht die Erfordernisse für die Wiedereingliederung in den Markt erfüllen. Unter diesen Voraussetzungen ist die energetische Verwertung von Abfällen die beste Option. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d, 2019f; MARTENS und GOLDMANN 2016) Die vollständige Aussortierung von Kunststoffen aus dem Haushaltsabfall, wie immer wieder im Modell der Kreislaufwirtschaft gefordert hat allerdings zur Folge, dass das energetische Verbrennungspotential von Haushaltsabfällen deutlich sinkt und dieser schwieriger rentabel als Brennmaterial für Müllkraftheizwerke genutzt werden kann, was den Energieaufwand und die Kosten für die Müllverbrennung erhöhen würde. (BING et al. 2014)

4.3 Kunststoffsammlung

Geringe Möglichkeiten der Reinigung und die Unverträglichkeit mancher Kunststoffsorten miteinander fordern für ein effektives Recycling eine Sammellogistik die möglichst sortenreine Kunststoffsammlung. Der Wirrwarr an unterschiedlichen Sammel- und Sortierungssystemen in der Europäischen Union ist riesig. Dazu variieren die Sammelsysteme innerhalb der Staaten teilweise enorm. Da die Abfallentsorgung, -logistik, und -aufbereitung häufig in den Zuständigkeitsbereich von Gemeinden und Kommunen fällt, unterscheiden sich die Sammelmethoden mancherorts sogar in den niedrigsten administrativen Ebenen. Manche Abfallverbände sammeln Kunststoffe getrennt, manche gemischt mit anderen Stoffen wie Metallen, manche trennen unterschiedliche Kunststoffsorten und manche verzichten beinahe ganz auf die Trennung durch KonsumentInnen. Das Ziel aller Sammelsysteme muss es sein, das Recycling und die Gewinnung von Wertigkeit aus dem Abfall zu ermöglichen. Sammelsysteme müssen deshalb an die Systeme der Vorbehandlung, Sortierung und des Recyclings angepasst sein um optimale Ressourcenschonung und Energie- und Kosteneffizienz zu erreichen. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

Sortenspezifische Sammelsysteme für PET-Flasche, Kunststofffenster mit PVC Profilen, Verbundverpackungen (bekannt unter dem Markennamen Tetra Pak) und Altreifen sind schon in allen Staaten der EU etabliert worden. (FRANE et al. 2014) Die Sammelraten variieren dabei stark innerhalb der EU aber auch stark zwischen den Kunststoffarten und teilweise gibt es sogar Unterschiede innerhalb der Kunststoffarten. So liegen die Sammelquoten für PET in Flaschenform in manchen Regionen bei

80 Prozent, die für PET in Folienform in denselben Regionen allerdings im Promillebereich. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a)

Die EUROPÄISCHE KOMMISSION (2019f) kritisiert die mangelnden Daten und Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen von Sammelsystemen auf die Recyclingeffizienz und das Recyclingergebnis. Es braucht genauere Information und Forschung über die Auswirkung unterschiedlicher Sammel- und Sortiermethoden auf das Recycling. Eine genauere Sortierung von Kunststoffen bedeutet nicht automatisch verbesserte Bedingungen für das Recycling. So führen Fehlsortierungen durch EndnutzerInnen im Haushalt zu zusätzlichem Aufwand und Kosten bei der zentralisierten Sortierung in Recyclinganlagen und qualitätsgeminderten Recyclaten. Eine genauere Trennung von Haushaltsabfällen ist somit nicht automatisch der richtige Weg. Je nach technischer Ausstattung, Alter und Art der Sortierungs- und Wiederaufbereitungsanlagen gibt die automatisierte Trennung von gemischt gesammelten Kunststoffen und Haushaltsabfällen teilweise bessere Ergebnisse als von KonsumentInnen getrennte Kunststoffe. Neue Innovationen und Entwicklungen bei Recyclinganlagen garantieren bessere Recyclingprozesse und -ergebnisse, weshalb intensivere Forschung und Entwicklung und erhöhte Forschungsförderung für den Bereich der Abfallwirtschaft benötigt werden, um bessere Recyclingkreisläufe im Sinne der Kreislaufwirtschaft zu erreichen. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019a, 2019f; MARTENS und GOLDMANN 2016: 376, LAMONTAGNE 2016)

4.4 Ziele für die Kunststoffabfallverwertung im Rahmen der Kreislaufwirtschaft der EU

Mit dem Kreislaufwirtschaftspaket hat die Europäische Union klare und verbindliche Ziele für den Umgang mit Kunststoffabfällen geschaffen. Diese Ziele sind dabei Mindeststandards, die von allen Mitgliedstaaten erfüllt werden müssen und sollen hier vorgestellt werden, bevor in den folgenden Kapiteln die Entwicklung der Verwertung der Kunststoffabfälle analysiert werden. Für die Erreichung der Ziele und die Umsetzung sind die Mitgliedstaaten verantwortlich. Erreichen sie die verbindlichen Ziele nicht, können Aufschübe für 5 Jahre gewährt werden. Können in diesen 5 Jahren die Mindeststandards nicht erreicht werden, drohen Vertragsverletzungsverfahren. Neben diesem Mindestrecycling betreffen vor allem die verpflichtende, getrennte Sammlung von Kunststoffabfällen (sowie Papier, Metall und Glas) und das Verbot der Deponierung von getrennt gesammelten Abfällen die Kunststoffabfallwirtschaft. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019d)

Mindestanteile für das Recycling gibt es bereits seit der Einführung der Abfallverordnung im Jahr 2008, das Kreislaufwirtschaftspaket geht mit seinen ambitionierten Zielen allerdings noch um einige Schritte weiter. Der erforderliche Anteil des Recyclings für alle Haushaltsabfälle beträgt für die Mitgliedstaaten bis zum Jahr 2025 mindestens 55 Prozent, bis zum Jahr 2030 mindestens 60 Prozent und bis zum Jahr 2035 mindestens 65 Prozent. Der Deponierungsanteil für alle Haushaltsabfälle darf bis zum Jahr 2035 höchstens 10 Prozent betragen.

(RICHTLINIE 94/62/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 20. DEZEMBER 1994 ÜBER VERPACKUNGEN UND VERPACKUNGSABFÄLLE)

Bis zum Jahr 2020 sind 22,5 Prozent aller Verpackungsabfälle aus Kunststoff die recycelt werden müssen. Diese verpflichtende Vorgabe stammt noch aus der Abfallverordnung, die im Jahr 2008 eingeführt und somit vor der Implementierung der Kreislaufwirtschaft wirksam wurde. In Tabelle 7 werden die Recyclingziele des Aktionsplanes der Kreislaufwirtschaft dargestellt. Für Kunststoffe aus Haushaltsabfällen muss der Anteil des Recyclings bis zum Jahr 2025 50 Prozent und bis zum Jahr 55 Prozent betragen.

Tab. 7 Recyclingziele für Verpackungsabfälle

	Bis 2025	Bis 2030
Alle Verpackungen	65 %	70 %
Kunststoff	50 %	55 %
Holz	25 %	30 %
Eisenmetalle	70 %	80 %
Aluminium	50 %	60 %
Glas	70 %	75 %

(RICHTLINIE 94/62/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 20. DEZEMBER 1994 ÜBER VERPACKUNGEN UND VERPACKUNGSABFÄLLE) (eigene Darstellung)

4.5 Kunststoffverwertung in den Staaten der EU in Zahlen

Die Daten zur Kunststoffverwertung in der Europäischen Union kommen von den veröffentlichten Daten von PLASTICS EUROPE (jeweils 2005-2019) und aus den erhobenen Daten der Europäischen Statistikbehörde Eurostat. Plastics Europe liefert dabei Informationen über den Anteil des Recyclings, der energetischen Verwertung und

der Deponierung sowie die vermutlich akkuratere Schätzung über das gesamte Abfallaufkommen aus Kunststoffen. (vgl. Kapitel 3.3) Eurostat liefert besonders ausführliche Daten für den Umgang mit Verpackungsabfällen, die ebenfalls aufbereitet und analysiert werden. Diese werden für alle EU-Staaten veröffentlicht, was eine vergleichende Analyse zwischen den EU-Staaten ermöglicht.

Für das Jahr 2018, die Daten für 2019 wurden noch nicht veröffentlicht, sollen die Wege des Kunststoffabfalls nochmals genauer beschrieben werden. Laut Plastics Europe wurden in der EU-28 plus Norwegen und Schweiz im Jahr 2018 29,1 Millionen Tonnen an Kunststoffabfällen produziert. (PLASTICS EUROPE 2019: 26) Von diesen 29,1 Millionen Tonnen wurden 32,5 Prozent oder 9,4 Millionen Tonnen recycelt, 42,6 Prozent der Kunststoffabfälle oder 12,4 Millionen Tonnen wurden energetisch verwertet und 24,9 oder 7,2 Millionen Tonnen wurden deponiert. Diese Wege des Kunststoffabfalls sind in Abbildung 20 dargestellt.

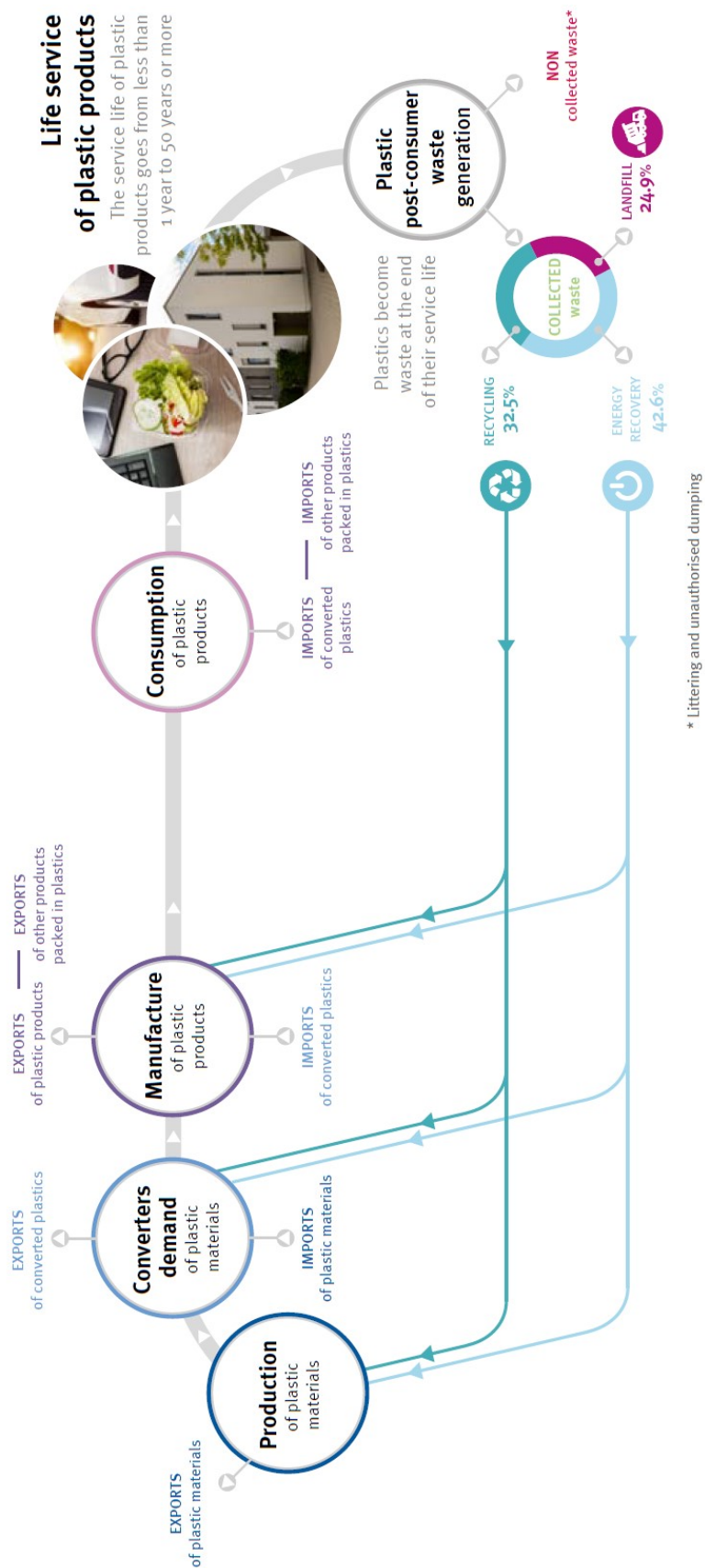


Abb. 20 Der Lebenszyklus von Kunststoffprodukten (PLASTICSEUROPE, 2019: 26)

In Abbildung 21 und Tabelle 8 und 9 ist die Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalls in der EU sowie Norwegen und Schweiz dargestellt. Für die Jahre 2010, 2013, 2015 und 2017 und 2019 wurden von Plastics Europe keine Daten erhoben. Die im Zeitraum 2005 bis 2018 zur EU beigetretenen Staaten (2007 Rumänien und Bulgarien, 2013 Kroatien) wurden ab dem Datum des Beitritts berücksichtigt.

Der Deponierungsanteil in der EU steigt seit dem Jahr 2005. Waren es im Jahr 2015 noch 54 Prozent aller Kunststoffabfälle, oder 13,9 Millionen Tonnen, die deponiert wurden, sind es im Jahr 2018 nur mehr 24,9 Prozent. Das entspricht einer Reduktion um 48 Prozent und einer durchschnittlichen jährlichen Reduktion um 3,7 Prozent. Die jährliche Änderungsrate war dabei besonders hoch von 2008 bis 2014 und begann ab 2014 wieder etwas zu sinken. Im Jahr 2014 hat die energetische Verwertung von Kunststoffen die Deponierung als wichtigste Verwertungsmethode überholt und seit 2016 ist auch der Anteil der recycelten Kunststoffabfälle höher als der Deponierungsanteil. (FISCHER, 2018)

Der Anteil des Recyclings, sowie auch der Anteil der energetischen Verwertung weisen einen sehr ähnlichen, steigenden Verlauf auf. Die energetische Verwertung hat sich von einem Anteil von 29 Prozent oder 7,5 Millionen Tonnen im Jahr 2005 auf 42,6 Prozent im Jahr 2018, oder 12,4 Millionen Tonnen gesteigert. Die energetische Verwertung von Kunststoffabfällen macht zurzeit den größten Anteil der Verwertung von Kunststoffabfällen in der EU aus. Die Steigerung der energetischen Verwertung entspricht einem absoluten Anstieg von 65 Prozent und einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 12,75 Prozent. Das Recycling ist mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 16,6 Prozent noch deutlich schneller gewachsen. Von einem Ausgangswert von 17 Prozent, oder 4,4 Millionen Tonnen hat sich das Recycling auf einen Anteil von 32,5 Prozent und eine absolute Menge von 9,5 Millionen Tonnen gesteigert. Im Jahr 2016 hat die Menge der recycelten Kunststoffabfälle die Menge der deponierten Abfälle überschritten. Prozentuell ist das Recycling im Untersuchungszeitraum um 115 Prozent gewachsen und hat somit die stärkste Dynamik der drei Verwertungsmethoden. (PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019)

Die in Kapitel 4.4 erwähnten Ziele der europäischen Kreislaufwirtschaft mit einem verbindlichen Mindestrecyclinganteil von 22,5 Prozent bis zum Jahr 2020 und von 50 Prozent bis zum Jahr 2025 beziehen sich nur auf Haushaltsabfälle und somit eine andere Definition von Kunststoffabfällen als Plastics Europe sie verwendet. (vgl. Kapitel 3.3) Würde man die von der EU festgelegten Ziele von einem Mindestrecyclingan-

teil von 50 Prozent bei den Kunststoffen allerdings auf alle die Definition von Plastics Europe umlegen, wären wir von der Erreichung der Mindestziele meilenweit entfernt.

Tab. 8 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Prozent (2005-2006 EU 25+ NO/CH, 2007 bis 2013 EU-27 + NO/CH, 2014-2018 EU-28 + NO/CH)
(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene Darstellung)

	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2014	2016	2018
Recycling in %	17,0	19,7	20,4	21,3	22,5	25,1	26,3	29,7	31,1	32,5
Energetische Verwertung in %	29,0	30,3	29,2	30,0	31,5	34,1	35,6	39,5	41,6	42,6
Deponierung in %	54,0	50,0	50,0	48,7	46,0	40,9	38,1	30,8	27,3	24,9

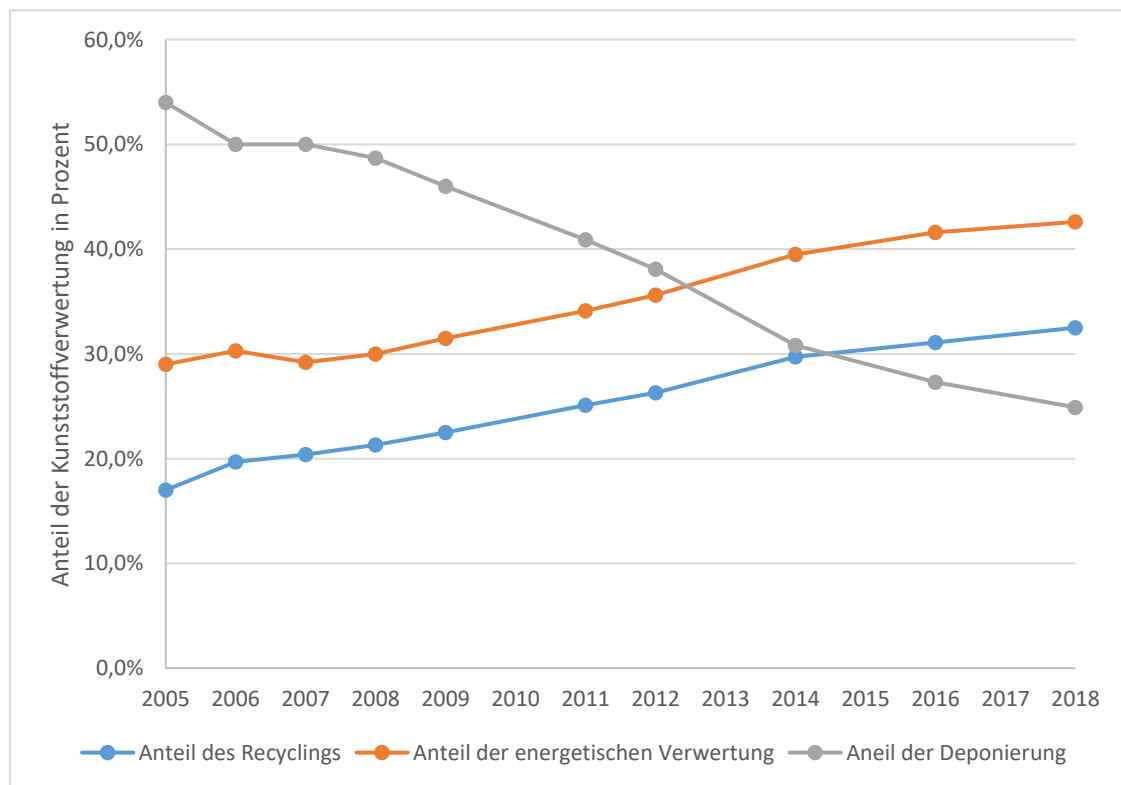


Abb. 21 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Prozent²

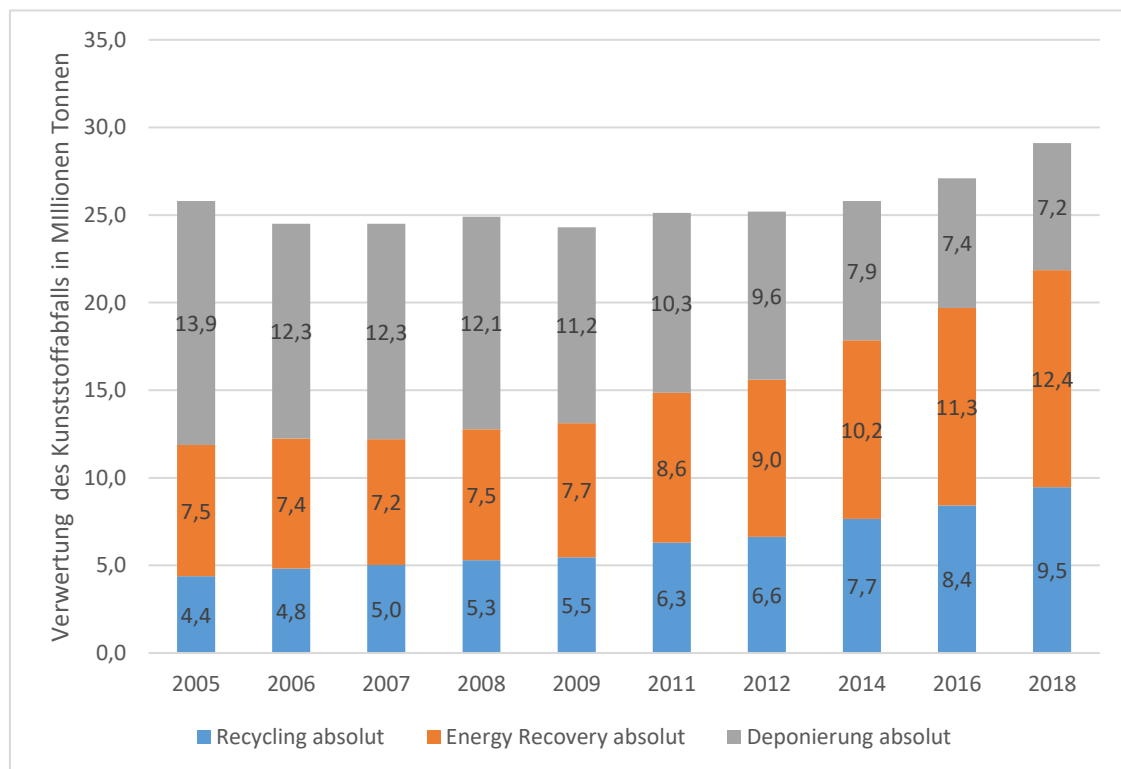
(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene Darstellung)

² (2005- 2006 EU 25+ NO/CH, 2007 bis 2013 EU-27 + NO/CH, 2014-2018 EU-28 + NO/CH)

**Tab. 9 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Millionen Tonnen
(2005- 2006 EU 25+ NO/CH, 2007 bis 2013 EU-27 + NO/CH, 2014-2018 EU-28 +
NO/CH)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2014	2016	2018
Recycling	4,4	4,8	5,0	5,3	5,5	6,3	6,6	7,7	8,4	9,5
Energetische Verwertung	7,5	7,4	7,2	7,5	7,7	8,6	9,0	10,2	11,3	12,4
Deponierung	13,9	12,3	12,3	12,1	11,2	10,3	9,6	7,9	7,4	7,2
Kunststoffab- fallmenge	25,8	24,5	24,6	24,9	24,3	25,1	25,2	25,8	27,1	29,1

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene
Darstellung)



**Abb. 22 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Millionen Tonnen
(2005- 2006 EU 25+ NO/CH, 2007 bis 2013 EU-27 + NO/CH, 2014-2018 EU-28 +
NO/CH)**

(Datengrundlage: PLASTICS EUROPE 2006, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019; eigene
Darstellung)

4.6 Recyclingraten für Kunststoffverpackungen in der EU

Die Daten zur Analyse der Recyclingraten auf Staatenbasis stammen von Eurostat. (2019c) Dabei beziehen sich alle in diesem Kapitel analysierten Kunststoffdaten ausschließlich auf Kunststoffverpackungen. Diese Kunststoffverpackungen machen EU-weit ca. 40 Prozent des Kunststoffverbrauches und 65 Prozent des Kunststoffabfalls aus. (vgl. Kapitel 1.3.3 Verwendung von Kunststoffen) (PLASTICS EUROPE 2019) Für die anderen 35 % des Kunststoffabfalls, im Baugewerbe, der Automobilbranche, der Landwirtschaft, der Elektronikindustrie und den restlichen Bereichen können leider keine Aussagen getroffen werden, weil in diesen Bereichen keine gesonderten Daten für Kunststoffabfälle erhoben werden. EUROSTAT (2019d) betont aber, dass trotzdem valide Aussagen über den Umgang mit Kunststoffen getroffen werden können. Für die Branchen abseits der Kunststoffverpackungen werden ähnliche Tendenzen im Umgang mit Kunststoffen vermuten. Für genaue Aussagen bräuchte es allerdings ausführlichere Daten, die mit den aktuellen gesetzlichen Regelungen über den Umgang mit Abfällen, allerdings zurzeit nicht erhoben werden können. Ins EU-Ausland exportierte Abfälle werden in den Daten für das Recycling, die Verwertung und die Deponierung nicht miteinbezogen und welche Methoden der Abfallentsorgung im Ausland verwendet werden, spielt für die hier analysierten Daten keine Rolle. (EUOSTAT 2019d)

In Abbildung 23 ist die Entwicklung der Recyclingrate für Kunststoffverpackungen von 2005 bis 2017 dargestellt. Vor 2005 wurden keine Daten erhoben und die Daten für 2018 wurden teilweise noch nicht veröffentlicht. Zum Vergleich ist die Entwicklung für alle Verpackungsabfälle, inklusive getrennter Sammlung (Glas, Kunststoff Papier und Pappe, Metall, Holz, Andere) und unsortierte Haushaltsabfälle ebenfalls dargestellt. Die Recyclingrate für Kunststoffverpackungsabfälle liegt dabei bei weitem unter der Rate für alle Verpackungsabfälle. Im Kapitel 4.2 werden die Schwierigkeiten und Probleme des Kunststoffrecyclings genauer erläutert, deshalb werden Gründe für die niedrigen Recyclingquoten bei Kunststoffverpackungsabfällen hier nicht genau analysiert. Bei den Kunststoffverpackungsabfällen hat sich die Recyclingquote von 24 Prozentpunkten in 2006 auf 41,9 in 2018 gesteigert. Das entspricht einer Steigerung um 42 Prozent in 12 Jahren und übersteigt somit das prozentuelle Wachstum der allgemeinen Verpackungsabfälle (18 Prozent) und der unsortierten Haushaltsabfälle (30 Prozent). Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für das Recycling von Kunststoffabfällen beträgt 3,5 Prozent wobei die Dynamik in den letzten Jahren etwas abgeflaut ist. Die Jahre mit den größten prozentuellen Steigerungen waren dabei die Jahre

2006, 2008 und 2010 im Jahr 2017 hat es sogar einen Rückgang der Recyclingquote gegeben.

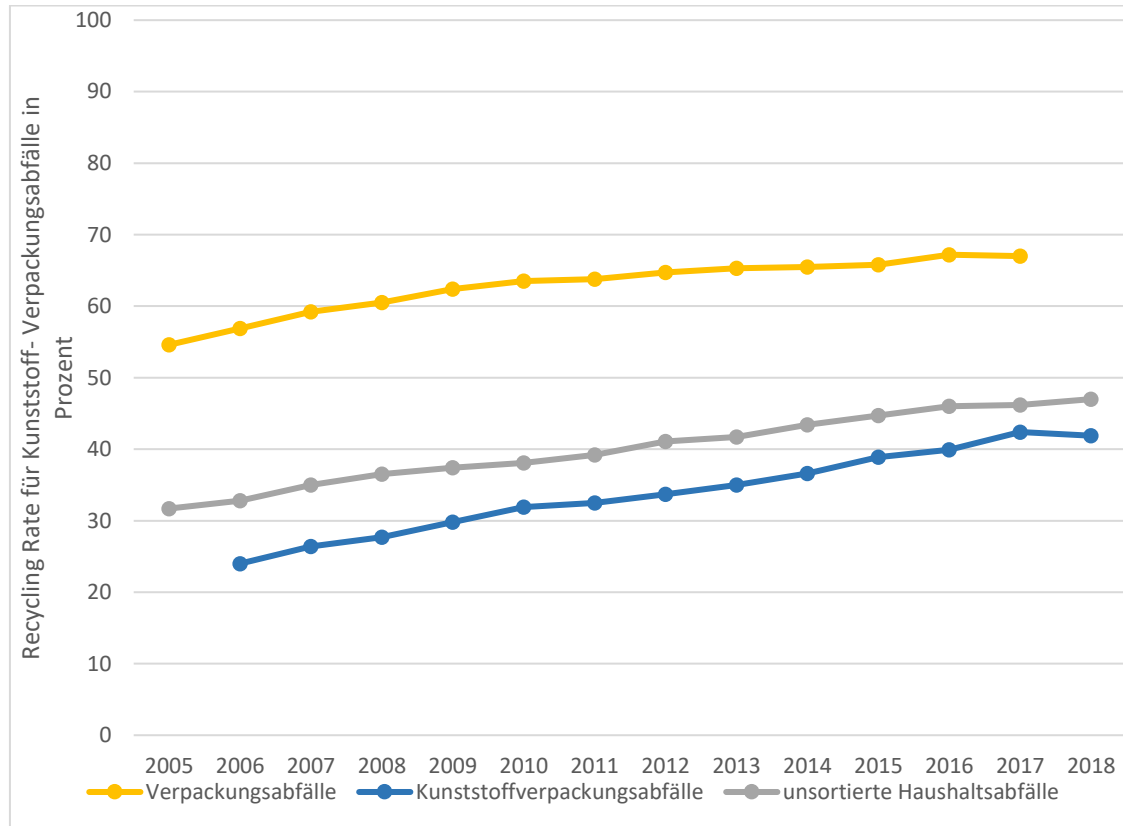


Abb. 23 Entwicklung der Recycling Rate für Kunststoffverpackungsabfälle (2006-2018) alle Verpackungsabfälle (2005-2017) und unsortierter Haushaltsabfälle in der EU-28

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Die Differenz bei der Recyclingrate zwischen allen Verpackungsabfällen und den Kunststoffverpackungsabfällen ist sehr groß, bei der Verwertungsrate allerdings werden die Unterschiede geringer. (Abbildung 24) Die Verwertung inkludiert das Recycling und ergänzt das Recycling um die Methoden der thermischen/energetischen Verwertung. 2017 wurden 80 Prozent aller Verpackungsabfälle und 75 Prozent aller Kunststoffverpackungsabfälle verwertet. Die Verwertungsrate für Kunststoffverpackungsabfälle ist dabei von 58 Prozent im Jahr 2008 auf 75 Prozent in 2017 gestiegen. Das entspricht einer Steigerung von 23 Prozent, in den neun Jahren in denen Daten vorhanden sind, und einer durchschnittlichen Wachstumsrate von 2,5 Prozent, die durchschnittliche Steigerung der Wachstumsabfälle beträgt nur 1 Prozent.

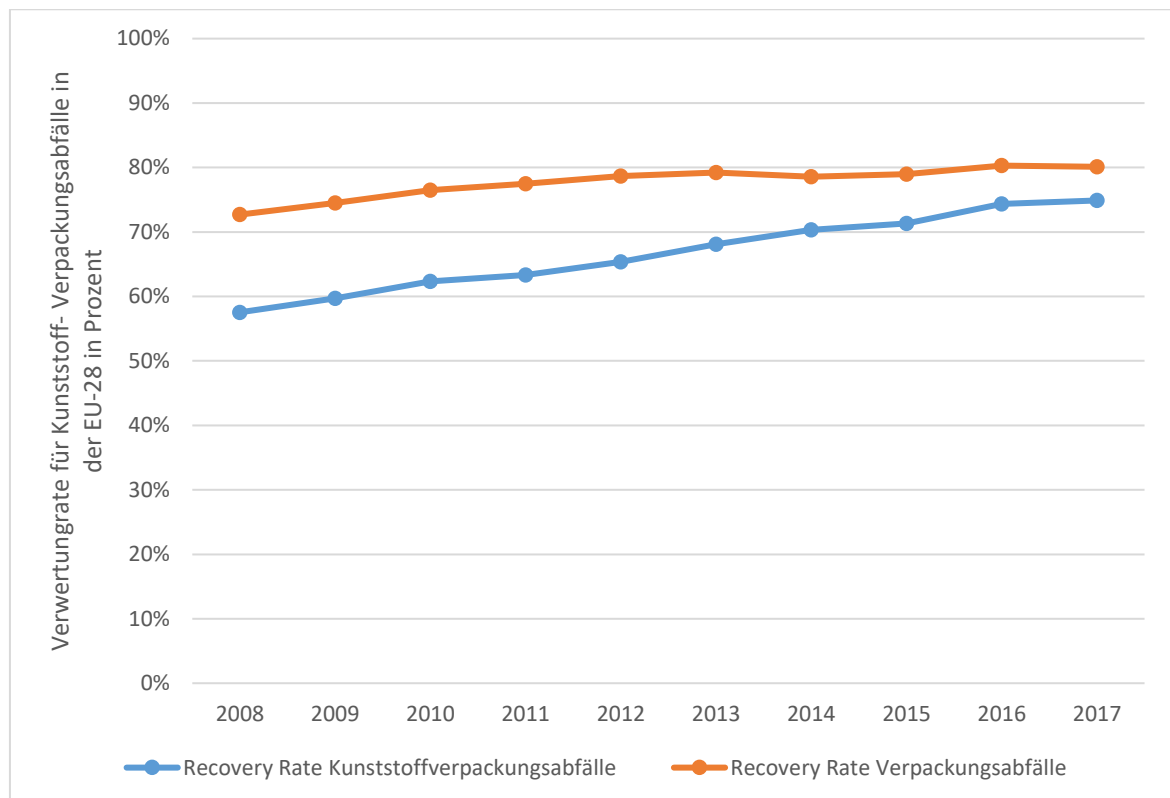


Abb. 24 Entwicklung der Verwertungsrate für Kunststoffverpackungsabfälle (2008-2017) und alle Verpackungsabfälle (2008-2017)

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Die Deponierungsrate ist nur die Umkehrung der Verwertungsrate für Kunststoff- und Verpackungsabfälle. Alle nicht verwerteten Abfälle und die Restprodukte aus dem Recycling und der Verwertung werden, sofern sie nicht illegal entsorgt werden, deponiert. Die Möglichkeit der illegalen Entsorgung (Abfallverstreung „Littering“, illegale Deponierung, illegaler Export) wird in der Statistik berücksichtigt, die Summe dieser Entsorgung wird allerdings weit unter 1 Prozent geschätzt. (IPEC 2015)

Der Rückgang der Deponierungsrate für Kunststoffabfälle in der EU ist eine der erfreulichsten Entwicklungen in der Abfallwirtschaft. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019e) Die Deponierungsrate sinkt sowohl für alle Verpackungsabfälle als auch für Kunststoffabfälle.

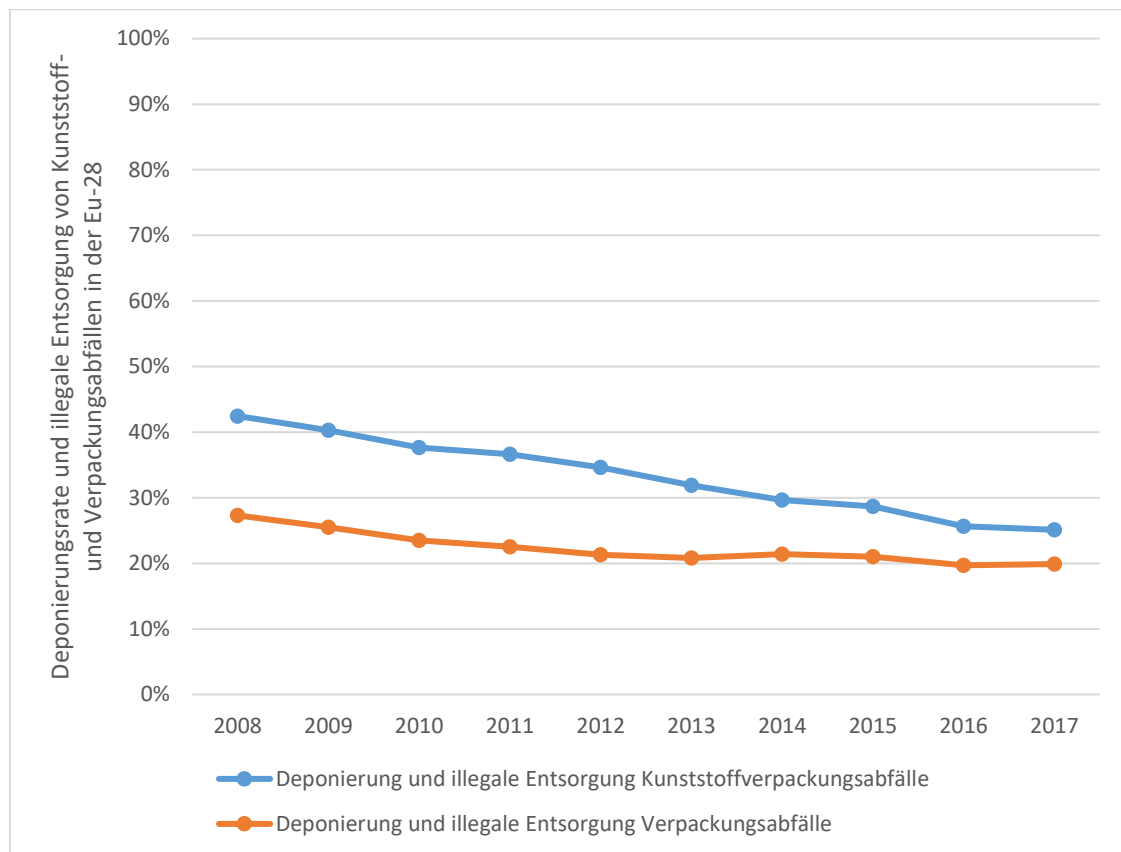


Abb. 25 Entwicklung der Deponierungsrate für Kunststoffverpackungsabfälle (2008-2017) und alle Verpackungsabfälle (2008-2017)

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Die Daten zeigen klar, dass Kunststoffe beim Recycling klar hinter den anderen Verpackungsabfällen zurückliegen, bei der Verwertung sind diese Unterschiede immer noch da, die Differenz ist allerdings geringer. Die niedrigen Recyclingquoten können durch die allgemein schwierigen Bedingungen für das Recycling von Kunststoffverpackungsabfällen erklärt werden. Der hohe Grad an Verschmutzung und die große Durchmischung unterschiedlicher Kunststoffarten und Formen machen das Recycling aufwändig, teuer und im Endeffekt unrentabel. Deshalb ist Verwertung, was bei Kunststoffen vor allem die Verbrennung in Müllheizkraftwerken bedeutet, oftmals die ökonomischere Alternative. Hier sind auch die Ansatzpunkte des Europäischen Kreislaufwirtschaftspaketes. Die unterschiedlichen gesetzlichen Vorgaben und eine Fülle an weiteren Interventionen (vgl. Kapitel 2.7.3) zum Umgang mit Abfällen und insbesondere Kunststoffabfällen versuchen die Recyclingbedingungen zu optimieren. So sollen insbesondere die erhöhte Differenzierung bei der Sammlung, die verpflichtende getrennte Sammlung, Entwicklungen und Innovationen bei der Sortierung und das

Deponierungsverbot von getrennt gesammelten Abfällen dafür sorgen, dass sich die Recyclingquote erhöht und besonders die Deponierungsquote vermindert.

Betrachtet man die absoluten Zahlen kann man trotz aller positiver Entwicklungen, bei der Recycling-, Verwertung- und Deponierungsrate allerdings ein großes Problem ausmachen. Die Wege des Abfalls in der Europäischen Union verbessern sich. Das Recycling liefert hinsichtlich der Rückgewinnung der in die Kunststoffe investierten Wertigkeit, der Ressourcenschonung der Erde sowie dem Ausstoß von CO² bei weitem bessere Ergebnisse, als es die Verwertung durch Energiegewinnung schafft. Unter diesem Gesichtspunkt ist es für zukünftige Entwicklungen notwendig den Anteil des Recyclings noch weiter zu steigern. Die Verwertung von Abfall zur Energiegewinnung ist besser als die Abfälle zu deponieren, allerdings sind es in Anbetracht der Abfallhierarchie die obersten Punkte der Hierarchie, die ökologisch am besten abschneiden. Insbesondere die Abfallvermeidung ist es, der das größte Potential zur Ressourcenschonung innewohnt. Betrachtet man die Tabelle 10 und 11 und die Abbildung 26, die die Entwicklung des Abfalls in absoluten Zahlen und pro EinwohnerIn lässt sich erkennen, dass es die Abfallvermeidung ist, bei der die Europäische Kreislaufpolitik versagt. So hat sich die Kunststoffabfallmenge pro Person von 29,9 kg/EW im Jahr 2008 auf 33,5 kg/EW gesteigert. Sowohl das absolute als auch das Abfallaufkommen pro EinwohnerIn bestätigen die Trends des erhöhten Recyclings und erhöhter Verwertung.

Tab. 10 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls in der EU-28 in Millionen Tonnen 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Abfall generiert	15,0	14,6	14,8	15,0	15,1	15,0	15,4	15,9	16,3	16,8
Abfall verwertet	8,6	8,7	9,2	9,5	9,9	10,2	10,8	11,4	12,1	12,6
Abfall recycelt	4,6	4,7	4,9	5,2	5,4	5,6	6,1	6,4	7,0	7,1
Abfall deponiert	6,4	5,9	5,6	5,5	5,2	4,8	4,6	4,6	4,2	4,2

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Tab. 11 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls in der EU-28 in kg pro EW 2008-2017

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Abfall generiert/EW	29,9	29,1	29,5	29,9	30,1	29,9	30,7	31,7	32,5	33,5
Abfall verwertet/EW	17,2	17,4	18,4	19,0	19,8	20,4	21,5	22,7	24,1	25,1
Abfall recycelt/EW	9,2	9,4	9,8	10,4	10,8	11,2	12,2	12,8	14,0	14,2
Abfall deponiert/EW	12,8	11,8	11,2	11,0	10,4	9,6	9,2	9,2	8,4	8,4

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

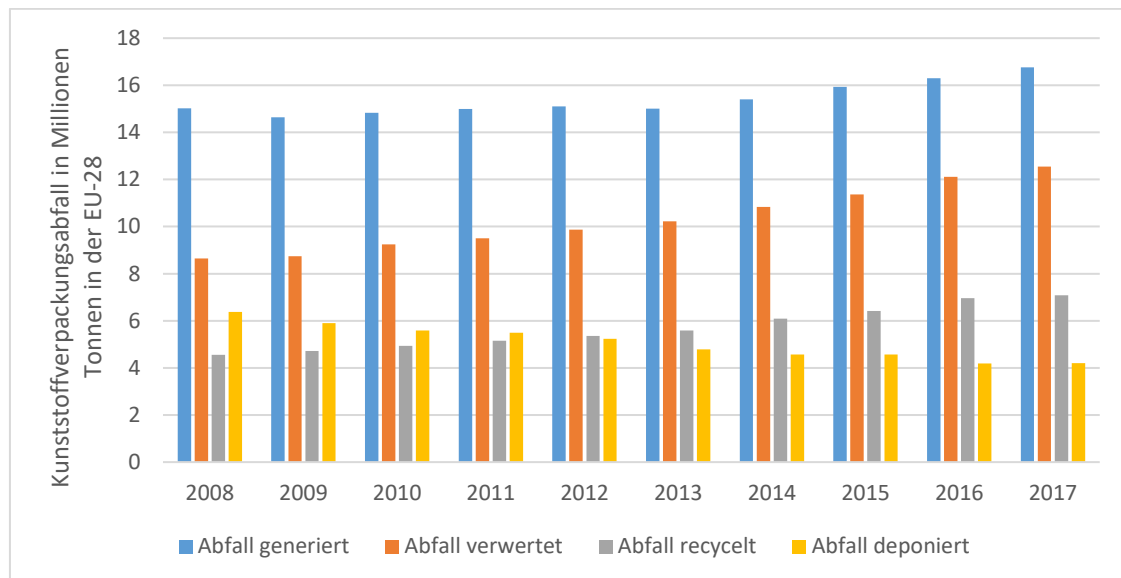


Abb. 26 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls in der EU-28 in Millionen Tonnen 2008-2017

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

4.7 Recyclingraten für Kunststoffe in den Staaten der EU

Die für die einzelnen Staaten veröffentlichten Daten von Eurostat lassen Vergleiche zwischen den Staaten zu. In diesem Kapitel sollen Unterschiede und unterschiedliche Entwicklungen zwischen den Staaten der EU-28 aufgezeigt werden. Die Gründe für diese unterschiedlichen Entwicklungen sind derartig divers und komplex, dass diese hier nicht genauer analysiert werden können.

Die Abbildungen 27, 28, 29 und 30 veranschaulichen die unterschiedliche Lage in den Staaten der EU-28. Manche Staaten, wie etwa Litauen, das bereits 74 Prozent seiner Kunststoffverpackungsabfälle recycelt, erfüllen schon jetzt die Recyclingziele des Europäischen Kreislaufwirtschaftspaketes für 2030. Andere Staaten, wie Malta, das mit 24 Prozent den geringsten Wert bei der Recyclingquote aufweist, haben noch einen langen Weg vor sich. Die Mindestquote des Recyclinganteils von 22,5 Prozent, die erst im Jahr 2025 durch das Ziel von 50 Prozent abgelöst wird, erfüllen bereits alle Staaten der EU-28. Die 50 Prozentquote erreichen jetzt bereits 8 Staaten und die 55 Prozentquote bereits 4. Österreich ist mit einem Recyclinganteil von 34 Prozent im Jahr 2016 im hinteren Drittel zu finden und ist einer der Staaten, bei denen das verpflichtende Recycling von getrennt gesammelten Kunststoffen Erfolge erzielen kann. Zurzeit reichen die Recyclingkapazitäten für die Kunststoffsammlung nicht aus, so dass getrennt gesammelte Kunststoffe der thermischen Verwertung zugeführt werden anstatt des, für das Klima besseren, Recyclings.

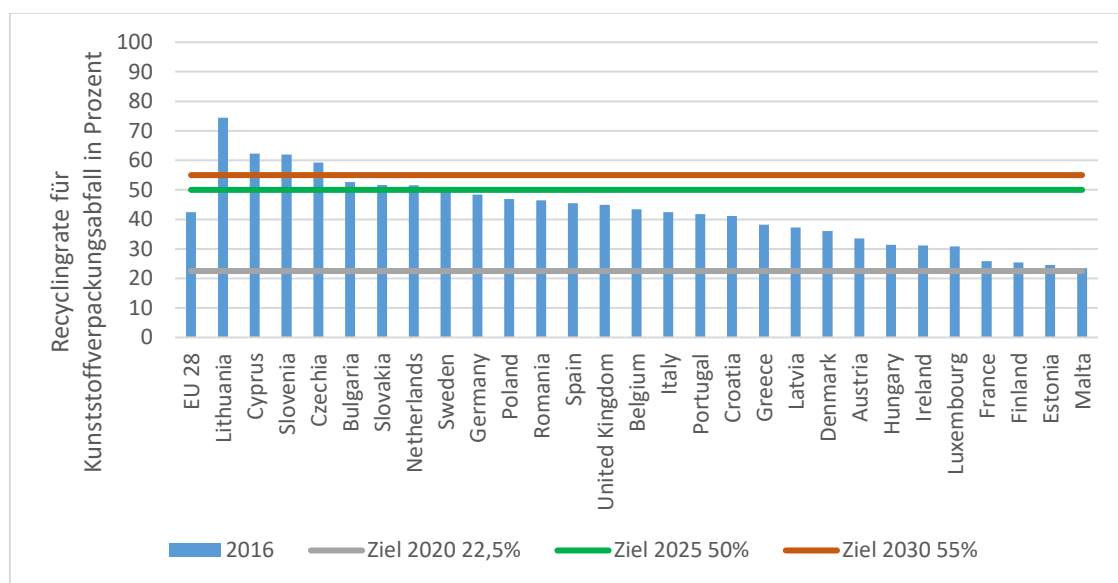


Abb. 27 Recycling Rate für Kunststoffverpackungsabfall 2016 in der EU-28 und Kunststoffrecyclingziele der EU

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Große Differenzen gibt es ebenfalls bei der Verwertungsrate. (Abbildung 28) Österreich ist mit einem Verwertungsanteil bei den Verpackungskunststoffabfällen von 100 Prozent dabei absoluter Spitzenreiter. Haushaltsabfälle und getrennt gesammelte Abfälle werden in Österreich nicht deponiert, sondern in vollem Ausmaß einer Verwertung zugeführt. Zwei Drittel der Verwertung erfolgt allerdings durch Verbrennung in Müllheizkraftwerken. Diese großen Differenzen zwischen Recycling und Verwertung gibt es in einigen Staaten Europas nicht oder kaum. In Staaten, wie Bulgarien, Kroatien,

ten, Griechenland und auch Malta gibt es kaum thermische Verwertungsanlagen, die Energie durch die Verbrennung von Abfällen erzeugen. In diesen Staaten werden beinahe alle Kunststoffabfälle deponiert oder ohne die Gewinnung von Energie (oder mit zu niedrigem Wirkungsgrad) in Abfallentsorgungsanlagen verbrannt. Bei der thermischen Verwertung kann man ein Wohlstandsgefälle vermuten. SOMMER und RAGOSSNIG kamen bereits 2011 zu dem Ergebnis, dass mehr Förderungen und strengere politische Vorgaben bei der Abfallentsorgung zu höheren Verwertungsraten in den EU-15 gegenüber den (damals) EU-27 geführt haben. Es wurden allerdings noch eine Fülle an weiteren Einflussfaktoren ermittelt, der wichtigste darunter die einheitlichen rechtlichen Grundlagen der Europäischen Abfallrichtlinien, die mit dem Europäischen Kreislaufpaket überarbeitet wurde und so zu einer positiven Entwicklung führen könnten.

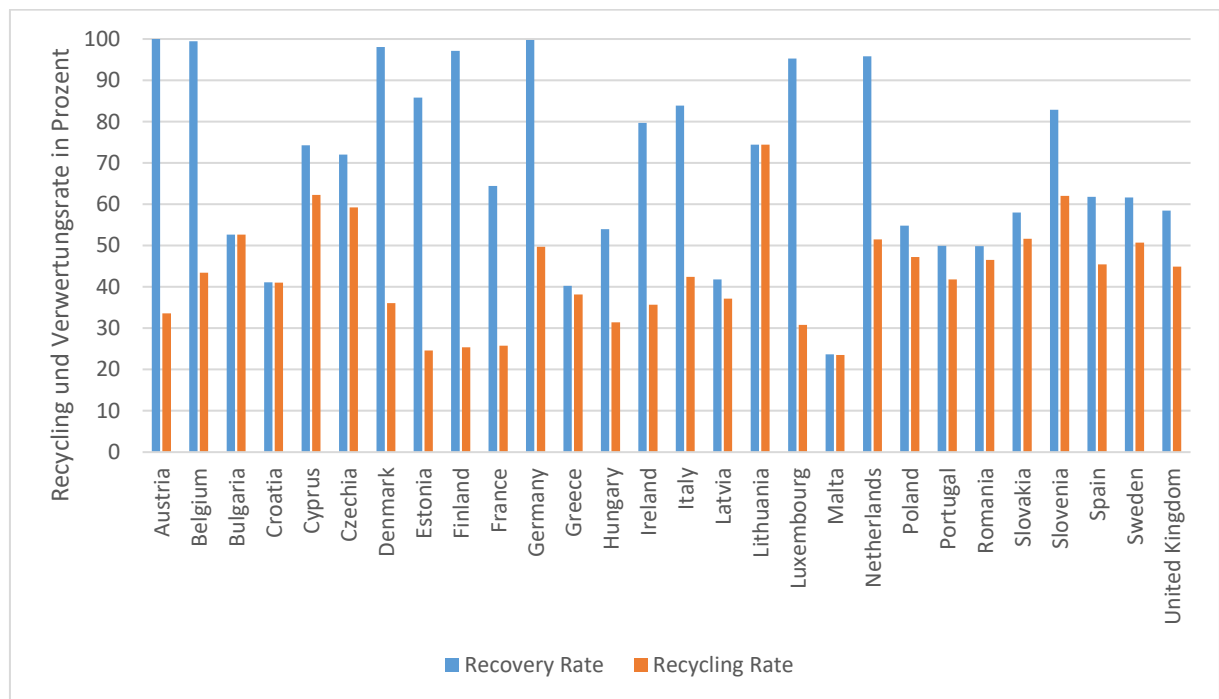


Abb. 28 Recycling- und Verwertungsrate für Kunststoffverpackungsabfall 2016 in der EU-28 und Kunststoffrecyclingziele der EU

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Größer noch als die Differenzen beim Umgang mit Abfällen ist das Abfallaufkommen bei den Kunststoffverpackungen. So erzeugt ein/e durchschnittliche/r BürgerIn in Irland 57 kg an Kunststoffverpackungsabfall pro Jahr, während BürgerInnen in Kroatien bloß 13 kg generieren. Damit erzeugen BürgerInnen in Irland um das 4,5-fache mehr Plastikverpackungsabfall als in Kroatien. Besonders viel Kunststoffabfall pro EinwohnerIn erzeugen ebenfalls Estland (49 kg) und Luxemburg (48 kg) und Werte unter 20 kg pro Einwohner erreichen Zypern, Rumänien, Griechenland, Bulgarien und Kroatien.

tien. ÖsterreicherInnen generieren durchschnittlich 34 kg Kunststoffabfall pro EinwohnerIn und liegen hier wieder im vorderen Drittel. Ein leichtes Wohlstands-, West-Ost-, alte EU-Staaten-neue EU-Staaten Gefälle lässt sich durchaus vermuten. Die 3 neuesten EU-Staaten Kroatien, Bulgarien, Rumänien belegen Spitzenplätze, die alten EU-Staaten sind eher auf den niedrigeren Plätzen zu finden.

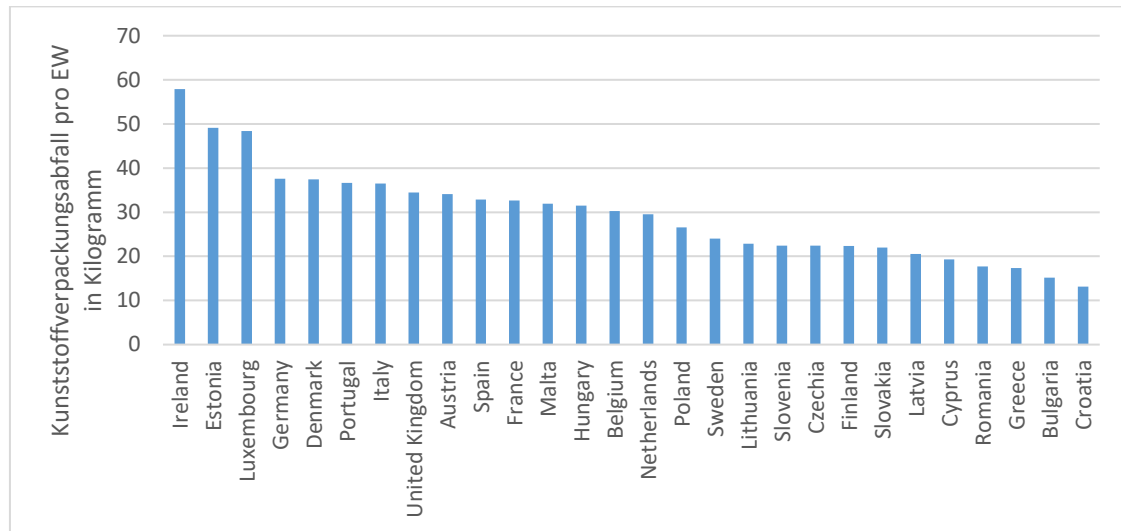


Abb. 29 Kunststoffverpackungsabfall pro EW, 2016. EU-28, in Kilogramm

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

In der Abbildung 29 sind Menge der Kunststoffverpackungsabfälle und der verwertete und generierte Anteil nochmals gemeinsam dargestellt. Staaten, die ein hohes Abfallaufkommen pro EinwohnerIn aufweisen, haben bis auf wenige Ausnahmen (Portugal, Großbritannien) einen hohen Verwertungsanteil der Abfälle. Staaten mit geringem Aufkommen haben häufig einen geringen Verwertungsanteil. (Kroatien, Bulgarien, Griechenland, Bulgarien) Eine mögliche Erklärungstheorie dafür ist, dass sich in den neuen, weniger wohlhabenden Staaten aufgrund des geringeren Abfallaufkommens und der für effiziente Verwertung notwendigen großen Abfallmengen noch keine Infrastruktur für die thermische Verwertung etabliert hat. Mit den Zielen und den damit verbundenen Interventionen des Europäischen Kreislaufwirtschaftspaketes sind Anreize zur Schaffung dieser allerdings vorhanden.

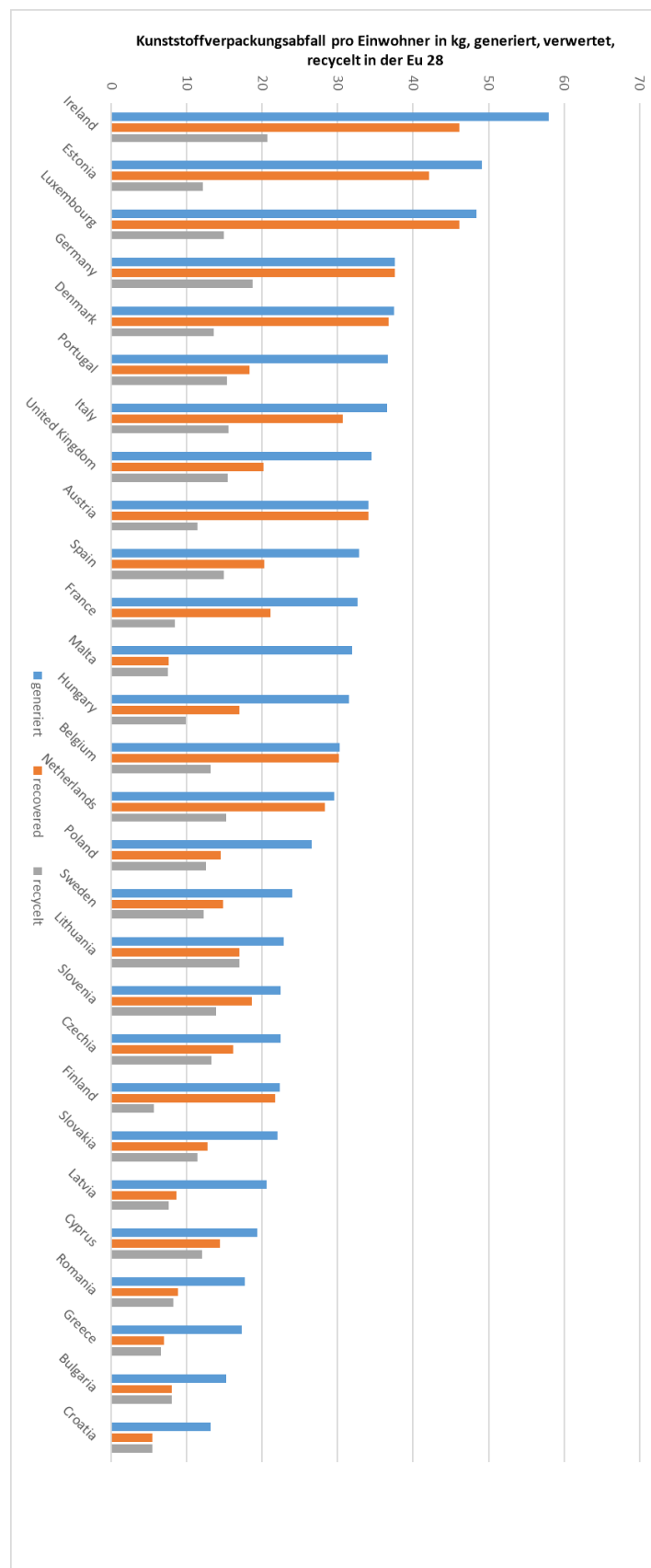


Abb. 30 Kunststoffverpackungsabfall pro EW 2016, EU-28, in Kilogramm, generiert, verwertet, recycelt
(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

4.8 Der Handel mit Kunststoffabfällen

Recycelte Materialien können im Sinne der Kreislaufwirtschaft wieder als neue Substanzen oder Produkte in die Wirtschaft eingeführt werden. Manche Staaten haben allerdings nicht die Kapazitäten den anfallenden Kunststoffabfall wiederaufzuwerten und exportieren recycelbaren Abfall in andere Staaten. Auch in der Europäischen Union ist der Export von Abfällen und Kunststoffabfällen eine Antwort auf die unzureichenden Recycling- und Verwertungskapazitäten und die restriktiven Vorgaben zum Umgang mit Abfällen. (EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY 2019b) Dieses Kapitel soll die gesetzlichen Grundlagen für den Handel mit Kunststoffabfällen vorstellen. Mit den von Eurostat gesammelten Daten werden die Mengen und Wege des in der EU generierten Kunststoffabfalls beschrieben und die Auswirkungen und Folgen des Europäischen Kreislaufwirtschaftspaketes auf den Kunststoffabfallhandel erörtert.

4.8.1 Europäische Gesetzesgrundlagen für den Handel mit Kunststoffabfall

Die gesetzlichen Grundlagen für den Handel mit Abfällen und Kunststoffabfällen werden in der Europäischen Union durch die Verordnung über die Verbringung von Abfällen geregelt. (VERORDNUNG 660/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENT UND DES RAT DER EUROPÄISCHEN UNION VOM 15. MAI 2014 ZUR ÄNDERUNG DER VERORDNUNG 1013/2006 ÜBER DIE VERBRINGUNG VON ABFÄLLEN) Die Verordnung regelt den Handel von Abfällen zwischen den Staaten der EU, und den Export sowie Import von Abfällen aus Nicht-EU Staaten. Die Verordnung verbiete den Handel von Kunststoffabfällen zur Deponierung in Staaten außerhalb der Europäischen Freihandelszone und den Handel von gefährlichen Kunststoffabfällen mit Staaten außerhalb der OECD. Diese Vorschriften sollen einem intransparenten und umweltschädlichen Umgang mit Kunststoffabfällen in Staaten mit geringeren gesetzlichen Vorgaben den Riegel vorschieben.

Neben diesen EU-Richtlinien ist es vor allem das internationale Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung, die den Handel mit Kunststoffabfällen regelt. Bestimmte Kunststoffe wurden im Mai 2019 dem Übereinkommen hinzugefügt. Kontaminierte, gemischt und schwierig zu recycelnde, Kunststoffe sind seit 2019 also zusätzlich durch das Baseler Übereinkommen geregelt. Das von der UN eingeführte Basler Abkommen wurde mittlerweile von 187 Staaten unterzeichnet und reguliert den Handel mit gefährlichen Stoffen aller Vertragspartner. (UN ENVIROMENT 2019)

Daneben sind es noch nationale Export- und Importbeschränkungen oder andere Handelsbarrieren von Staaten, die den Handel mit Kunststoffabfällen beschränken. Besonders Importbeschränkungen, Importverbote und Importzölle der Staaten in Asien, die einen großen Teil des weltweiten gehandelten Kunststoffabfalls verarbeiten haben, haben enorme Auswirkungen, auf den Kunststoffabfallhandel. Das sieht man an dem chinesischen Importverbot, das die Muster des weltweiten Kunststoffabfallhandels stark verändert hat. Neben den unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen zur Deponierung und Verwertung von Kunststoffen sind es vor allem unterschiedliche Kosten für Verwertung oder Deponierung, die den Handel mit Kunststoffabfällen erklären können. Gibt es sowohl im Export als auch im Importland ausreichend Kapazitäten ist es für Abfallentsorger eine Kostenrechnung, die über Export oder Verwertung im eigenen Land entscheidet. Dabei sind es in der EU vor allem niedrigere Lohnkosten, kaum vorhandene Einfuhrzölle und Umweltstandards in den Exportstaaten und niedrige Kosten für Administration und Transport die den Export als die kostengünstigere Alternativ darstellen lassen. (UN ENVIROMENT 2019)

4.8.2 Datengrundlage

Die Handelsdaten über den internationalen Warenhandel der EU-Länder werden von EUROSTAT veröffentlicht. Die europäische Statistikbehörde erfasst den Wert und die Menge der gehandelten Waren. Es wird beim Internationalen Handel zwischen INTRA-EU und EXTRA-EU unterschieden. EXTRA-EU beschreibt allen Handel mit Staaten außerhalb der Europäischen Union. INTRA-EU beschreibt die Handelstransaktionen, die innerhalb der Europäischen Union zwischen den Mitgliedsländern stattfinden. Der INTRA-EU und EXTRA-EU Handel werden auf unterschiedliche Weise erhoben.

Da, durch den europäischen Binnenmarkt und dem Wegfall von Zollformalitäten auch keine statischen Daten mehr erfasst werden können, musste ein neues System zur Datenerfassung gefunden werden – Intrastat. Intrastat dient folglich nur zur Erfassung des INTRA-EU Handels. Wenn der Handel von Waren im Binnenmarkt über internationale Grenzen erfolgt und eine Freibetragsgrenze überschritten wird, muss der Handel im Intrastat System registriert werden. Durch die Verknüpfung dieses Intrastat - Systems mit der Mehrwertsteuer, insbesondere der Mehrwertsteuerrückerstattung wird eine gute Datenqualität garantiert.

Der EXTRA-EU Handel registriert Güter, die in die EU importiert werden und die von der EU an Nicht-EU-Länder exportiert werden. Transit-Güter, die nur durch die EU

durchreisen, werden nicht registriert. Die EXTRA-EU Handelsdaten werden von den Europäischen Zollbehörden erhoben und basieren auf den Zolldeklarationen und weisen deshalb ebenfalls eine gute Datenqualität auf. (vgl. EUROSTAT, 2019b)

Recyclbare Kunststoffabfälle werden im Warenhandelscode der Europäischen Union, dem CN-Code genau definiert. Der CN-Code (Combinde Nomenclature Code) ist ein Klassifikationssystem der Europäischen Union, in dem alle gehandelten Güter kategorisiert sind. Auf der Grundlage des von der World Customs Organization verwendeten Harmonized System (HS), das bereits aus über 5000 hierarchisch kategorisierten Warengruppen besteht, werden die Güter im CN-Code nochmals in Unterkategorien unterteilt und ihnen eine Nummer zugewiesen. Diese Einteilung hat den Zweck, den Warenhandel möglichst effizient zu erfassen und hat große Bedeutung für die Verzollung des Außenhandels. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2019f)

CN-code	Description of CN-code (label)	material
39151000	Waste, parings and scrap, of polymers of ethylene	plastics
39152000	Waste, parings and scrap, of polymers of styrene	plastics
39153000	Waste, parings and scrap, of polymers of vinyl chloride	plastics
39159011	Waste, parings and scrap, of polymers of propylene	plastics
39159018	Waste, parings and scrap, of addition polymerization products (excl. that of polymers of ethylene, styrene and vinyl chloride and propylene)	plastics
39159080	Waste, parings and scrap, of plastics (excl. that of polymers of ethylene, styrene, vinyl chloride and propylene)	plastics
39159090	Waste, parings and scrap, of plastics (excl. that of addition polymerization products)	plastics
40040000	Waste, parings and scrap of soft rubber and powders and granules obtained therefrom	plastics
40122000	Used pneumatic tyres of rubber	plastics
40122010	Used pneumatic tyres of rubber, for civil aircraft	plastics
40122090	Used pneumatic tyres of rubber (excl. Those for civil aircraft of subheading 40 4012.20.10)	plastics

Abb. 31 CN-Code für recycelbaren Kunststoff (EUROSTAT 2019f)

Die Abbildung31 zeigt die Unterteilung des recycelbaren Kunststoffes in weiter Produktgruppen. Die CN-Codes beginnend mit 3915 sind unterschiedliche Kunststoffsorten. Die Codes beginnend mit 4... sind Gummiarten insbesondere Altreifen, die in der Statistik den recycelbaren Kunststoffen zugerechnet werden.

„The aim of international trade statistics as stated in the UN 2010 manual is ‘to record all goods which add to or subtract from the stock of material resources of a country by entering (imports) or leaving (exports) its economic territory.’“
(EUROSTAT, 2019a)

4.8.3 Handel mit Kunststoffabfall in der EU

Weltweit werden ca. 4 Prozent aller Abfälle exportiert, was in etwa 13 Millionen Tonnen Abfall entspricht. In etwa 50 Prozent davon stammt aus den G7 Ländern. Dabei folgen der Abfallhandel und auch der Kunststoffabfallhandel dem Muster von Müll produzierenden und exportierende wohlhabenden Staaten des ökonomischen Norden und den Importländern des ökonomischen Südens. (BROOKS et al. 2018) Die Europäische Union ist dabei einer der großen Exportregionen der Welt. Die UN schätzt, valide Daten sind für diese Jahre kaum vorhanden, dass die EU von 1998 bis 2016 für 31 Prozent des gehandelten Kunststoffabfalls und 26 Prozent des kompletten gehandelten Abfalls verantwortlich ist. PLASTICS EUROPE (2017, 2019) schätzte für 2018 den innerhalb der EU aufbereiteten Kunststoffabfall auf 81 Prozent und den im extra-EU Raum auf 19 Prozent. Dabei ist von 2016 bis 2018 der Anteil des Recyclings innerhalb der EU von 63 auf 81 Prozent angestiegen.

Tab. 12 Recycling des Kunststoffabfalls der EU innerhalb und außerhalb der EU 2016+2018 (PLASTICSEUROPE 2017,2019)

	2016	2018
Recycling EU-inside	63,00%	81,00%
Recycling EU-outside	37,00%	19,00%

In Abbildung 32 ist die Entwicklung des Kunststoffabfallhandels der EU-28 von 2005 bis 2018 dargestellt. Die Importe aus dem Extra-EU Raum betragen für 2018 444.340 Tonnen. Die Exporte betragen 2.948.105 Tonnen und übersteigen die Importe somit um das mehr als 6-fache. Die Exporte stiegen dabei konstant von 2005 bis 2012 und fiel im Jahr 2013 und ab dem Jahr 2014. Der Kunststoffabfallexport hat sich im Zeitraum 2005 bis 2018 um 36 Prozent gesteigert und die durchschnittliche jährliche

Wachstumsrate entspricht 2,7 Prozent. Die Importe in die EU sind von einem niedrigen Niveau aus von 2005 bis 2018 um 26 Prozent gewachsen- das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 2 Prozent.

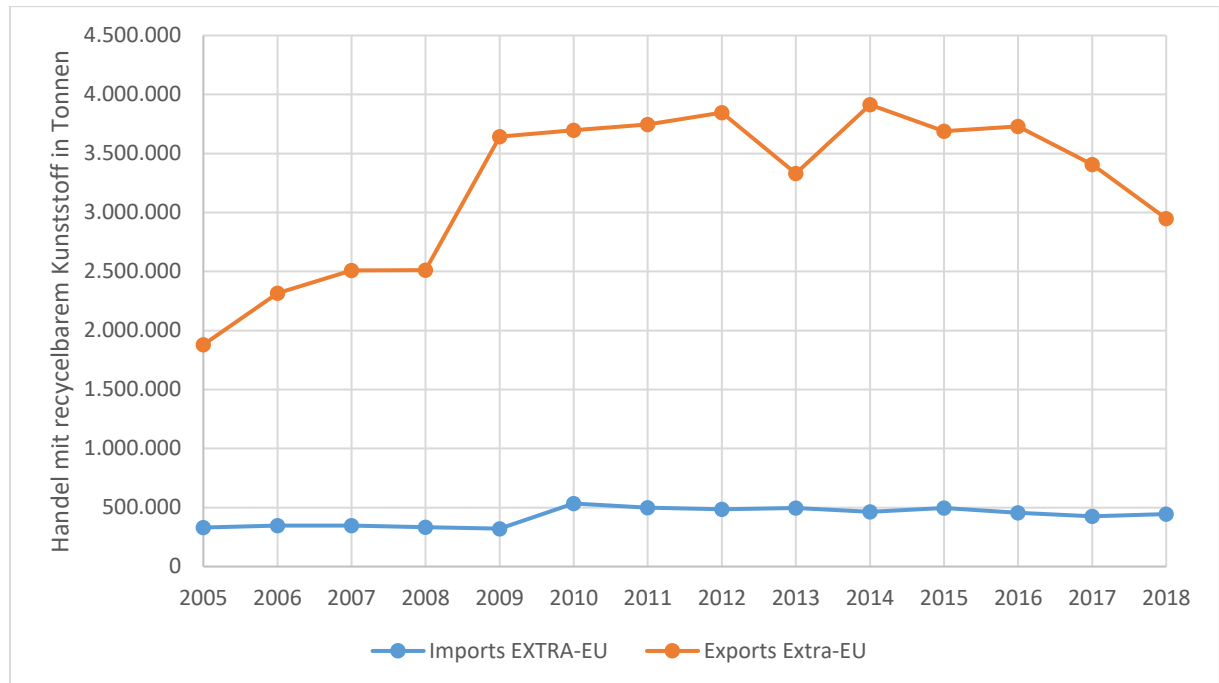


Abb. 32 Handel mit recycelbarem Kunststoff in der EU 2004-2018, in Tonnen

(Datengrundlage: EUROSTAT 2019c; eigene Darstellung)

Die höheren Mengen, des ins Ausland exportieren, Kunststoffabfalls sind eine direkte Folge der stärkeren regulativen Kontrolle von Abfällen in der Europäischen Union. Die Implementierung der Abfallrichtlinien haben sowohl die Deponierung als auch die Verwertung innerhalb der EU stärker reguliert und somit auch verteuert, was die Voraussetzungen für den Export erleichtert hat. (RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 19. NOVEMBER 2008 ÜBER ABFÄLLE UND ZUR AUFHEBUNG BESTIMMTER RICHTLINIEN; BROOKS et al. 2018; UN ENVIROMENT 2019)

Die Exportrückgänge seit 2014 sind vor allem durch die Importbeschränkungen Chinas, dem bisher wichtigsten Importland für Kunststoffabfälle, erklärbar. Bereits seit 2010 hat China begonnen durch strenge Zoll- und Qualitätskontrollen von recycelbaren Kunststoffabfällen die Importmengen zu beschränken. Seit 2018 gibt es ein komplettes Importverbot auf bestimmte Abfälle unter anderem auch Kunststoffabfälle. In der Abbildung 33 sind die wichtigsten Handelspartner für den Export von Kunststoffabfällen der EU-28 dargestellt. Die Importbarrieren Chinas und Hongkongs haben zu

einem Rückgang der exportierten Kunststoffabfallmengen und zu einer Umverteilung des Kunststoffabfallhandels auf die anderen Staaten Asiens geführt. So ist der Handel mit Indonesien von 32.640 auf 190.933 Tonnen, der Handel mit Malaysia von 137.876 auf 404.123 und der Handel mit der Türkei von 19.377 auf 270.339 angestiegen. Auch der Kunststoffabfallhandel mit Indien, Taiwan, Thailand, Vietnam und der mit anderen Staaten ist stark angestiegen.

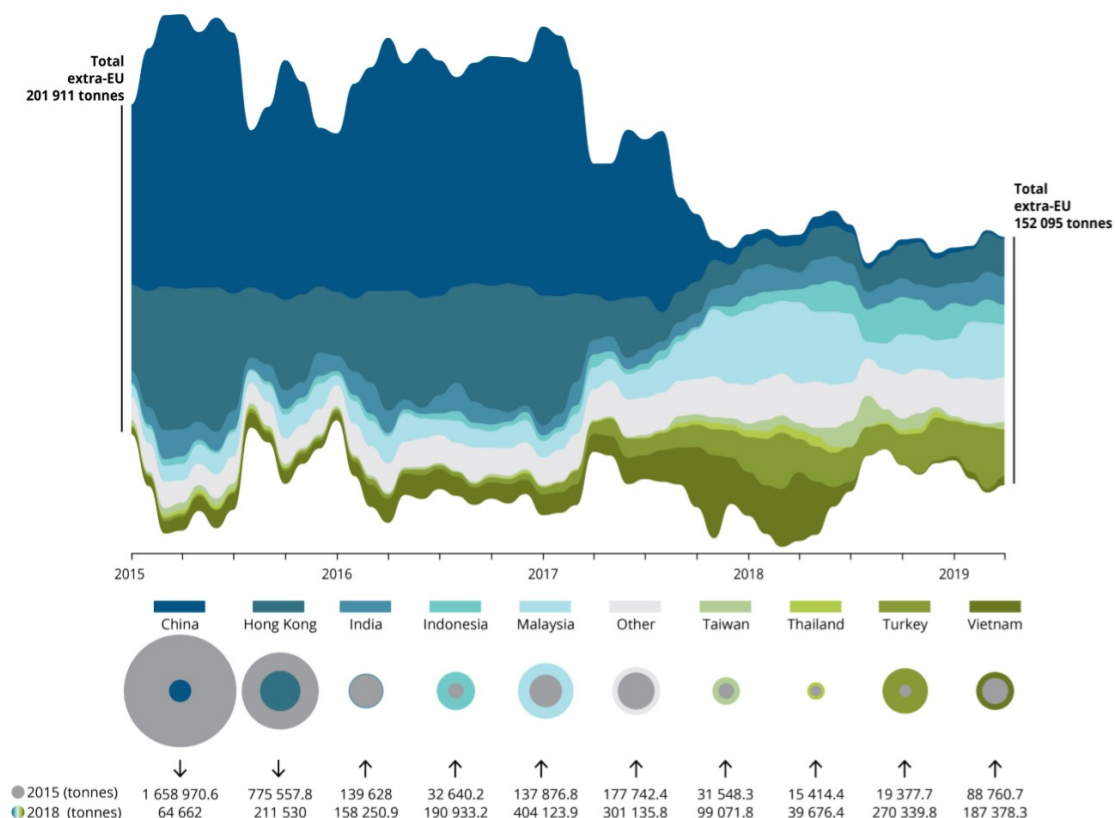


Abb. 33 Handel mit recycelbarem Kunststoff, die wichtigsten extra-EU Handelspartner; 2015-2019 in Tonnen (ENVIROMENT AGENCY 2019b: 3)

Angeichts der erheblich niedrigeren Umweltstandards bei der Entsorgung und Verwertung von Abfällen in den Staaten Asiens ist der Export von Abfällen aus der EU aus ökologischer Sichtweise sehr kritisch zu sehen. Das Deponierungsverbot von international gehandelten Abfällen des Basler Abkommens führt lediglich zu einem Verdrängungseffekt, da keine ausreichenden Verwertungskapazitäten bestehen. Importierte Abfälle werden verwertet und heimische deponiert. Die Deponierungsquoten werden in Abbildung 34 dargestellt und veranschaulichen die Dramatik. Der Anteil der deponierten oder einfach abgelagerten Abfälle ist in Südasien und Ostasien bei weitem höher als in Europa. Ein Export von Abfällen und Kunststoffabfällen kann somit nicht als Lösung der Abfallproblematik in den Staaten der EU gesehen werden.

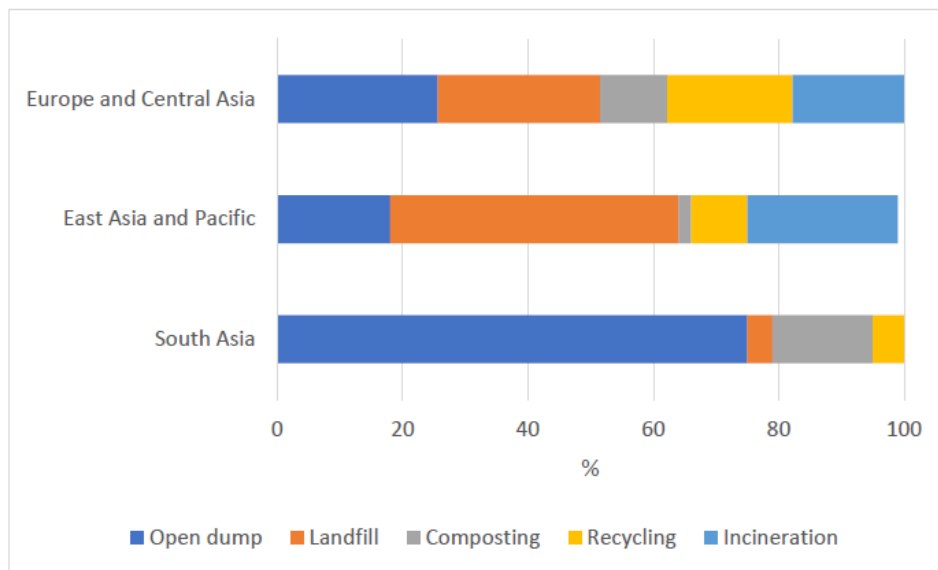


Abb. 34 Abfallverwertung in unterschiedlichen Regionen (UN ENVIROMENT 2019: 12)

Es besteht die Gefahr der Aushöhlung der Europäischen Kreislaufwirtschaft durch den kaum regulierten Export von Kunststoffabfällen in Staaten außerhalb der EU. Das Wissen und die Transparenz über den Umgang mit den exportierten Abfällen ist sehr beschränkt. Die strengen Vorgaben und Ziele über den Umgang mit Abfällen in der EU gelten im Ausland nicht und der Abfallexport ist oftmals eine Alternative zu den restriktiven Richtlinien der EU. Die Fortschritte in der europäischen Abfallbewirtschaftung innerhalb der EU drohen so durch die negativen Folgen des Exports von Abfällen in Staaten der EU wieder weg gemacht zu werden. Der Export von Abfällen ins Ausland darf nicht zur Verdrängung und Verlagerung der Abfallproblematik in Entwicklungsstaaten mit weniger ausgeprägten und intransparenten Strukturen führen. (BROOKS et al. 2018; UN ENVIROMENT 2019)

5 Conclusio

Ziel der Arbeit war es die Wege des europäischen Kunststoffabfalls zu beleuchten. Wie haben sich die Kunststoffabfallmengen in den Staaten der EU-28 entwickelt und was passiert mit den in der Europäischen Union generierten Kunststoffabfällen? Die zentrale Forschungsfrage dabei war, wie sich die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft auf den Kunststoffabfall auswirkt.

Zusammenfassend lassen sich folgende Ergebnisse aus der Literatur- und Datenanalyse festhalten: Die Menge der in der EU generierten Abfälle ist vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2016 nur minimal gestiegen und das pro-Kopf Abfallaufkommen leicht zurückgegangen. Diesen positiven Trend in der Entwicklung des Abfallaufkommens gibt es bei Kunststoffen nicht. Sowohl die Kunststoffproduktion und der Kunststoffverbrauch der europäischen Kunststoffproduzenten und Kunststoffverwerter sind noch leicht am Steigen. Der in der EU-28 generierte Kunststoffabfall ist vom Jahr 2004 bis zum Jahr 2018 um 12 Prozent angestiegen. Mit dem Ziel der Abfallvermeidung aus dem Europäischen Kreislaufpaket als oberste Priorität der europäischen Abfallhierarchie ist dieses Steigen der Kunststoffabfallmengen nicht vereinbar. Die stärkere Orientierung der Wirtschaft in Richtung einer Kreislaufwirtschaft findet, was das Kunststoffabfallaufkommen betrifft also noch nicht statt. Mit weiteren rechtlichen Vorgaben zur Vermeidung von Einwegkunststoffen ab 2021 und Initiativen zur Förderung der Reparatur und Wiederverwendung der Europäischen Union soll sich dieser Trend umkehren. Für die Endverbraucher und Kunststoffverpackungen gibt es Perspektiven für eine rückläufige Entwicklung der Kunststoffabfallmengen in der Zukunft. Die Fokussierung auf Kunststoffverpackungen und die Verbraucher bei der Reduktion der Abfallmengen lässt effektive Strategien zur Reduktion von Abfällen im Baugewerbe, in der Elektronik- und Elektroindustrie und in der Landwirtschaft vermissen.

Die Menge der recycelten Kunststoffabfälle in der EU-28 haben sich von 4,4 Millionen Tonnen im Jahr 2005 auf 9,5 Millionen Tonne im Jahr 2018 gesteigert, die Menge der energetisch verwerteten Kunststoffe hat sich von 7,5 Millionen Tonnen auf 12,4 Millionen Tonnen gesteigert und die Menge der deponierten Abfälle hat sich von 13,9 Millionen Tonnen auf 7,2 Millionen Tonnen reduziert. Die energetische Verwertung hat die Deponierung im Jahr 2014 als wichtigste Verwertungsmethode abgelöst und der Anteil der recycelten Kunststoffabfälle übersteigt seit dem Jahr 2016 den Anteil der deponierten Kunststoffabfallmengen. Dieser Rückgang bei der Deponierung und die positiven Entwicklungen beim Recycling und der energetischen Verwertung werden durch regulative Änderungen durch das Kreislaufwirtschaftspaket begünstigt. Einheitli-

che Kriterien für die Deklaration und die Reinheit von sortierten Kunststoffabfällen und Recyclaten, Förderungen von Recycling- und Verwertungsanlagen, strengere verpflichtende Ziele für den Umgang mit Kunststoffverpackungsabfällen ab dem Jahr 2025 und eine Fülle an anderen Maßnahmen haben großes Potential diesen positiven Trend weiterzuführen. Trotz dieser positiven Trends bei Recycling und Verwertung ist man von den gesetzten Zielen von 50 Prozent Recyclinganteil bei Kunststoffverpackungsabfall bis 2025 und 55 Prozent bis 2030 noch weit entfernt, betrug der Recyclinganteil EU-weit 2016 doch erst 42 Prozent.

Besonders die unterschiedlichen Entwicklungen zwischen den Staaten der EU-28 lassen die zukünftigen Potentiale erkennen. In Litauen können bereits 74 Prozent der Kunststoffverpackungsabfälle recycelt werden, in Malta erst 24 Prozent. Auch die fehlende Infrastruktur zur thermischen Verwertung von Kunststoffabfällen in manchen Staaten wie Kroatien, Bulgarien, Griechenland oder Malta kann in Zukunft noch große ökologische Verbesserungen bringen und die Wirtschaft mehr zirkulär und weniger linear ausrichten. Synergieeffekte durch Wissens- und Erfahrungstransfer bei der Kunststoffabfallsammlung, -sortierung und -verwertung zwischen den Staaten sollen laut Aktionsplan der Europäischen Kreislaufwirtschaft zu Verbesserungen in den Staaten mit unzureichenden Verwertungsstrukturen führen.

Die Menge des ins EU-Ausland exportierten Kunststoffabfalls ist von 2005 bis 2012 stark gestiegen und beginnt ab dem Jahr 2014 bis zum Jahr 2018 wieder zu fallen. Der steigende Kunststoffabfallexport bis 2014 ist eine Folge der strengen gesetzlichen Regelungen der Europäischen Union, die mit strengen Umweltstandards für Verwertung und Deponierung den Abfallexport als Alternative attraktiver machen. Fehlende Kapazitäten für die Verwertung, niedrige Exportkosten sowie die Bereitschaft von Staaten mit niedrigen Umwelt- und Arbeitsstandards in Asien zum Import haben diesen verstärkten Kunststoffabfallexport ebenfalls gefördert. China und Hongkong waren bis 2017 die wichtigsten Staaten für den Export von Kunststoffabfällen. Mit den von China und Hongkong eingeführten Handelsbarrieren und Importverbot haben sich die Exportmuster geändert und die Summe der Kunststoffabfallexporte beginnen ab 2017 zu sinken. Dabei haben sich andere Staaten wie Indonesien, Malaysia und auch die Türkei als die neuen Hauptabnehmer von Kunststoffabfall etabliert.

Die positiven Entwicklungen bei der Verwertung von Kunststoffabfällen innerhalb der EU drohen durch den gestiegenen Export von Abfällen nach Asien wieder weg gemacht zu werden. Der Handel mit Kunststoffabfällen der EU Staaten ist eine Möglichkeit mit den unzureichenden Verwertungs- und Recyclingkapazitäten innerhalb der EU

umzugehen und bedroht die positiven Entwicklungen durch die Einführung der Europäischen Kreislaufwirtschaft.

6 Literaturverzeichnis

- AIDT, T., JIA L. und LOW H. (2017): The economics of material demand reduction. – In: Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 375 (209), 1-20.
- ALLESCH A. und BRUNNER P. (2016). Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft – Werden die Ziele der Abfallwirtschaft erreicht? – In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 68, 405-411.
- BAIRD J., CURRY R. und CRUZ P. (2014): An overview of waste crime, its characteristics, and the vulnerability of the EU waste sector. – In: Waste Management & Research 32(2), 97-105.
- BARDT, H. (2006): Die gesamtwirtschaftliche Bedeutung von Sekundärrohstoffen. - In: IW-Trends - Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung 33, 45-57.
- BARNES D. K. A., GALGANI F., Thompsons R. C. und BARLAZ M. (2009): Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. - In: Philos. Trans. R. Soc 364, 1985-1998.
- BASSAM, A. und SANSOM M. R. (2016).: Sustainable metal construction.- In: Journal of constructional steel research 62(11), 1178-1183.
- BDE – BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN ENTSORGUNGS- WASSER- und ROHSTOFFWIRTSCHAFT (2018): Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft. – Berlin.
- BiPRO (2012): Screening of Waste Management Performance of EU Member States. Report submitted under the EC project „Support to Member States in improving waste management based on assessment of Member States’ performance“Report prepared for the European Commission, DG ENV. – Brüssel.
- BIO BY DELOITTE (2015): Study on data for a raw material system analysis: Roadmap and test of the operational MSA for raw materials. Prepared for the European Commission. Online unter:
https://ec.europa.eu/assets/jrc/msa/images/msa_final_report.pdf.
(30.10.19).

- BILHARZ und BELZ (2007): Nachhaltiger Konsum, geteilte Verantwortung und Verbraucherpolitik: Grundlagen. – Berlin.
- BING X., BLOEMHOF-RUWAARD J. M. und VAN DER VORST J. (2014): Sustainable reverse logistics network design for household plastic waste. -In: Flexible Services and Manufaktur Journal. (26)1-2, 119-142.
- BOCKEN N. M. E., PAUW I., BAKKER C. und VAN DER GRINTEN B. (2016): Product design and business model strategies for a circular economy. In: Journal of industrial and production engineering. 5(33), 308-320.
- BOWEN F. E., COUSINS P., LAMMING R. C. und FARAK A. C. (2001): The role of supply chain management in green supply. - In: Production and operations management 10(2), 174-189.
- BRAUNGART M. und MCDONOUGH W. (2014): Cradle to Cradle: Einfach intelligent produzieren. München.
- BROOKS A.L., SHUNLIN W. und JAMBECK J. R. (2018): The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. - In: Science advances 4(6), 131- 139.
- CAMACHO-OTERO J., BOKS C. und NILSTAD P. I. (2018): Consumption in the Circular Economy: A Literature Review. – In: Sustainability 10(8), 2758.
- CAMPBELL P. E., EVANS R. H. MCMULLAN J. T. und WILLIAM B. C. (2011): The potential for adding plastic waste fuel at a coal gasification power plant. - In: Waste Management & Research (19) 6, 526-532.
- CIRCLE ECONOMY (2019): The circularity gap report 2019. -Amsterdam.
- CULLEN J.M. (2017): Circular economy: Theoretical benchmark or perpetual motion machine? - In: Journal of Industrial Ecology (21) 3, 483-486.
- DEPLEDGE M. H., GALGAN F., PANTI C., CALIANI I., CASINI S., und FOSSI M. C. (2013): Plastic litter in the sea. – In: Marine Environmental Research 92(2013), 279-281.
- DESROCHER P. (2002): Industrial symbiosis: the case for market coordination. – In: Journal of cleaner production 12, 59-65.
- DELOITTE SUSTAINABILITY (2017): Blueprint for plastics packaging waste: Quality sorting & recycling. – Online unter:

http://www.plasticsrecyclers.eu/sites/default/files/PRE_blueprint%20packaging%20waste_Final%20report%202017.pdf (01.02.2020).

DEMETRAKIS S., CONSTANINOU M. und SOCRATUS M. (2018). Public vs Private Waste Management: Is it a matter of privatisation or effective public management: - In: European Procurement & Public Private Partnership Law Review (16) 2, 156-168.

DEUTSCHER NATURSCHATZRING EU-KOORDINATION (Hrsg.) (2018). EU-Abfallpolitik 2018. – Online unter:
https://www.dnr.de/fileadmin/Publikationen/Steckbriefe_Factsheets/18_06_07_EUK_Steckbrief_Kreislaufwirtschaftspaket_2018.pdf (19.11.19).

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (Hrsg.) (2013): Towards the Circular Economy 1: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. – London.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (Hrsg.) (2016): New Plastics Economy. – London.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (Hrsg.) (2019): Completing the Picture. How the Circular Economy tackles Climate Change. – London.

ELSNER P. (2012): Einführung in Polymer Engineering. -In: ELSNER P., EYERER P. und HIRTH T. (Hrsg.) Kunststoffe. Eigenschaften und Anwendungen. – Heidelberg u.a., 1-45.

ESHET T., AYALON O. und SHECHTER M. (2016): Valuation of externalities of selected waste management alternatives: A comparative review and analysis. –In: Resources, Conservation and Recycling, 46(4), 335-364.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY (Hrsg.) (2017): Circular by design. Products in the circular economy. – Brüssel.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY (Hrsg.) (2019a): Paving the way for circular economy. insights on status and potentials. – Brüssel.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY (Hrsg.) (2019b): The plastic waste trade in the circular economy. – Brüssel.

EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY (Hrsg.) (2019c): Plastic waste trade and the environment – Brüssel.

- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2015a): From Waste to resources. Factsheet. – Online unter: https://ec.europa.eu/commission/publications/waste-resources_de (01.12.19).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2015b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. – Online unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614> (01.12.19).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2015c): Anhang der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. – Online unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614> (01.12.19).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2017): Circular Economy Research and Innovation – Connecting Economic and environmental gains. -Brüssel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2018): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über einen Überwachungsrahmen für die Kreislaufwirtschaft. – Online unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0029&from=EN> (15.11.19).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2018): Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft. -Brüssel
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019a): A European Strategy for Plastics in a circular economy. Factsheet. – Online unter: https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/plastics-factsheet-industry_en.pdf (15.12.19).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019b): Report from the Commission of the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of the Circular Economy Action Plan. – Online unter: <https://eur->

lex.europa.eu/legal-
content/EN/TXT/?qid=1551871195772&uri=CELEX:52019DC0190
(15.12.19).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019c): Packaging Waste Statistics; - On-
line unter: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-
explai-
ned/index.php/Packaging_waste_statistics#Recycling_and_recovery_rates](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics#Recycling_and_recovery_rates)
online. (17.12.19).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019d): Circular Economy. Implementa-
tion of the Circular Economy Action Plan. – Online unter:
<https://ec.europa.eu/environment/circular-economy>. (15.11.19).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019e): Horizon 2020 Work Programme
2018 – 2020. – Online unter:
[https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-
2020/main/h2020-wp1820-intro_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-intro_en.pdf). (15.11.19).

EUROPÄISCHE KOMMISSION (Hrsg.) (2019f): A Circular Economy for Plastics.
Insights from research and innovation to inform policy and funding deci-
sions. – Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2019): Commission Implementing Regulation
(EU) 2019/1776 of 9 October 2019 amending Annex I to Council Regula-
tion (EEC) No 2658/87 on the tariff and statistical nomenclature and on the
Common Customs Tariff. Online unter:
[http://publications.europa.eu/resource/cellar/4fdaf64e-fc25-11e9-8c1f-
01aa75ed71a1.0006.01/DOC_1](http://publications.europa.eu/resource/cellar/4fdaf64e-fc25-11e9-8c1f-01aa75ed71a1.0006.01/DOC_1) (17.12.19).

EUROSTAT (Hrsg.) (2017): Guidance on municipal waste data collection. Online
unter:
[https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351811/Municipal+Waste
+guidance/bd38a449-7d30-44b6-a39f-8a20a9e67af2](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/342366/351811/Municipal+Waste+guidance/bd38a449-7d30-44b6-a39f-8a20a9e67af2) (13.12.19).

EUROSTAT (Hrsg.) (2018): Real GDP growth rate 2018. Online unter:
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tec00115&lang=en>
(01.12.19).

EUROSTAT (Hrsg.) (2019a): Internationale Trade statistics. Online unter:
[https://ec.europa.eu/eurostat\(Hrsg.\)/cache/metadata/EN/ei_et_esms.htm](https://ec.europa.eu/eurostat(Hrsg.)/cache/metadata/EN/ei_et_esms.htm)
(13.12.19).

- EUROSTAT (Hrsg.) (2019b): International Trade statistics – background. Online unter: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/International_trade_statistics_-_background (17.12.19).
- EUROSTAT (Hrsg.) (2019c): Eurostat Dissemination database. Online unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database> online (13.12.19).
- EUROSTAT (Hrsg.) (2019d): Recovery rate of construction and demolition waste: Online unter: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/cei_wm040 (31.01.20).
- EUROSTAT (Hrsg.) (2019e) Recycling rate of packaging waste by type of packaging. Online unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/product?code=ten00063> (31.01.20).
- EUROSTAT (Hrsg.) (2019f): List of CN-codes used for indicator calculation (Trade in recyclable raw materials). Online unter: https://ec.europa.eu/eurostat/documents/8105938/8465062/cei_srm020_esmsip_CN-codes.pdf (30.11.19).
- FEKETITSCH J. und LANER D. (2015): Kunststoffe in Österreich – Eine Analyse der Entwicklung in den letzten 15 Jahren. In -Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 67, 35-42.
- FENICHELL S. (1996): Plastic: the making of a synthetic century. - New York.
- FELLNER J., LEDERER J., SCHARFF C. und LANER D. (2017). Present Potentials and Limitations of a Circular Economy with Respect to Primary Raw Material Demand. – In: Journal of Industrial Ecology 21 (3), 494-496.
- FRÅNE A., STENMARCK A., GÍSLASON S., LYG K., LØKKE S., CASTELL-RÜDENHAUSEN M. UND WAHLSTRÖM M. (2014): Collection & recycling of plastic waste. Improvements in existing collection and recycling systems in the Nordic countries. – Copenhagen.
- FISCHER C. (2018): The development and achievements of EU waste policy. –In: Journal of Material Cycles and Waste Management 13(1), 2-9.
- GENOVESE A., ACQUAYE A., FIGUERO A. und KOH L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. – In: Omega 66, 344-357.

- GUIDE D. R., HARRISON T. P. und VANWASSEHOVE L. (2003): The challenge of closed loops supply chains. - In: *Linthicum* (33) 6, 3-6.
- GEYER R., JAMBECK J. R. und LAW K. L. (2017): Production use and fate of all plastics ever made. - In: *Science Advances* 3 (7), 1700-1705.
- GREGSON N., CRANG M., FULLER S. und HOLMES H. (2015): Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. - In: *Economy and Society* 44(2), 218-24
- HAWKEN P. (1999): *Natural capitalism. The next industrial revolution.* – London.
- H2020 DEMETO (2019): *Progress of DEMETO Project.* – Brüssel.
- HOOG D., VERGUNST T, ELLIOT T, ELLIOT L, CORBIN M und NORSTEIN H. (2016): Support the Waste Target Review. – In: *Report for: DG Environment of the European Commission.*
- HORNBOGEN E., BODE R. und DONNER P. (1993): *Recycling. Materialwissenschaftliche Aspekte.* – Berlin.
- HORNBOGEN E. (1994): *Werkstoffe. Aufbau und Eigenschaften von Keramik-Metall- Polymer- und Verbundwerkstoffen.* – Berlin.
- HOBSON K. und LYNCH N. (2016): Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world. In - *Futures* (2016)82, 15–25.
- HUYSMAN S., DE SCHAEPMEESTER J., RAGERT K., DEWULF J. und DE MEESTER S. (2017): Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste. In: *Resources, Conservation and Recycling* 120, 46-54.
- INTELLIGENCE PROJECT ON ENVIRONMENTAL CRIME (2015): *Report on Environmental Crime in Europe.* – Den Haag.
- JAMBECK J. R., GEYER R., WILCOX C., SIEGLER T. R., PERRYMAN M., ANDRADY A., NARAYAN R. und LAW K. L. (2015): Plastic waste inputs from land into the ocean. –In: *Science* 347(2015), 768-771.
- JOERGES B. (1981): Ökologisch Aspekte des Konsumverhaltens – Konsequenzen für die Verbraucherinformationspolitik.- In: *Zeitschrift für Verbraucherpolitik* 5, 310-325.

- JOINT RESEARCH CENTER TECHNICAL REPORTS (2016): Top Marine Beach Litter Items in Europe. - Luxemburg.
- KAWECKI D., SCHEEDER P. und NOWACK B. (2018): Probabilistic Material Flow Analysis of Seven Commodity Plastics in Europe. - In: Environ. Sci. Technol. 2018, 52, 9874–9888.
- KIRCHHERR J., REIKE D. und HEKKERT M. (2017a): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. -In: Resources, Conservation & Recycling 127, 221-232.
- KIRCHHERR J., HEKKERT M., BOUR R., HUIBRECHTSE-TRUIJENS A., KOSTENSE-SMIT E. und MULLER J. (2017b): Breaking the Barriers to the Circular Economy. – Utrecht.
- KNOLL K. H. (1998): Abfallsammlung. Hygiene bei der Entsorgung von Siedlungsabfällen. – Leipzig.
- KRANERT M. (2017): Einleitung. – In: KRANERT M. (Hrsg.): Einführung in die Kreislaufwirtschaft.- Planung, Recht, Verfahren. -Stuttgart.
- KORHONEN J., NUUR C., FELDMANN A. und BIRKIE S. (2017): Circular Economy as an essentially contested concept. –In: Journal of cleaner production 175, 544-552.
- KORHONEN J., HONKASALO A. und SEPPÄLA J. (2018): Circular Economy. The Concept an it's limitations. – In: Ecological Economics 143, 37-46.
- LADOU J. und LOVEGROVE S. (2013): Export of electronics equipment waste. In: International Journal of Occupational and Enviromental Healt 14 (1), 1-10.
- LAMONTANGE N.D. (2016): Recycling the Unrecyclable: Industry innovations aim to keep traditionally difficult-to-recycle plastics out of the landfill. –In: Plastics Engineering 72(4), 14-16.
- LEWANDOWSKI M. (2016): Designing the business models for circular economy—Towards the conceptual framework. – In: Sustainability 8, 43.
- LI W. C., TSE H. F. und FOK L. (2016): Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. –In: Science of The Total Enviroment 566(2016), 333-349.
- MARTENS H. und GOLDMANN D. (2016): Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. – Wiesbaden.

- MAYER A., HAAS W., WIEDENHOFER D., KRAUSMANN F., NUSS P. und BLENGINI G. A. (2019): Measuring Progress towards a Circular Economy: A Monitoring Framework for Economy-wide Material Loop Closing in the EU28. - In: Journal of Industrial Ecology 23 (1), 62-76.
- MANRICH S. und SANTOS A. S. F. (2009): Plastic Recycling. – New York.
- MORANA R. und SEURING S. (2011). A Three Level Framework for Closed-Loop Supply Chain Management—Linking Society, Chain and Actor Level. In: Sustainability 3, 678-691.
- MOSS K. (2019): What goes wrong with the circular economy and how to keep it on track. In: World Ressource Report 2010-2100, 72-80.
- MOSSMANN S. (1997): Early plastics: perspektives, 1850-1950. – London.
- MROWIEC B. (2018): Plastics in the circular economy [CE], - In: Environmental Protection and Natural Resources 29(4), 16-19.
- OECD (Hrsg.) (2018): Improving Markets for Recycled Plastics. -Paris.
- PLASTICSEUROPE (Hrsg.) (2016): Plastic – The Facts 2016. – Brüssel.
- PLASTICSEUROPE (Hrsg.) (2017): Plastic – The Facts 2017. – Brüssel.
- PLASTICSEUROPE (Hrsg.) (2018): Plastic – The Facts 2018. – Brüssel.
- PLASTICSEUROPE (Hrsg.) (2019): Plastic – The Facts 2019. – Brüssel.
- RANACHER C. und FRISCHHUT M. (2015): Rechtsakte. – In: RANACHER C. STAUDIGL F. und FRISCHHUT M. (Hrsg.): Einführung in das EU-Recht: Institutionen, Recht und Politiken der Europäischen Union. – Wien.
- RENIER DE MAN, FRIEGE H. (2016): Circular economy: European policy on shaky ground. In: Waste Management & Research 34, 93-95.
- RIZOS V., TOUKKO K. und BEHRENS A. (2017): The Circular Economy: A Review of Definitions, Processes and Impacts. – In: Centre for European Policy Studies.
- RUDOLPH N., KIESEL R. und AUMNATE C. (2017): Understanding Plastic Recycling. Ohio.
- SHEN L. und WOREL E. (2014): Handbook of Recycling. –Amsterdam.
- SEMPELS C. und HOFFMANN J. (2013): Sustainable innovation strategy. Creating value in a world of finite resources. Hampshire.

- SINGH B. und SHARMA N. (2008): Mechanistic implications of plastic degradation. In: Polymer Degradation and Stability. (93) 3, 561-584.
- SINGH N., LI J. und ZENG X. (2016): Global responses for recycling wastes CRTs in e-waste. In: Waste Management 57, 187-197.
- SOMMER M. und RAGOSSNIG A. (2011): Energy from waste in Europe: An analysis and comparison of the EU 27. -In: Waste Management & Research 29(10), 69-77.
- STAHEL W.R. (2016): The circular economy. – In: Nature 351, 435-438.
- SU B., HESHMATI A., GENG Y., YU X. (2013): A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. In: Journal of Cleaner Production 42, 215-227.
- SCHWEDT G. (2013): Plastisch, elastisch, fantastisch – Ohne Kunststoffe geht es nicht. – Bonn.
- TARANIC I., BEHRENS A. und TOPI C. (2016): Understanding the Circular Economy in Europe, from Resource Efficiency to Sharing Platforms: The CEPS Framework. In - Centre for European Policy Studies.
- THOME-KOZMIENSKY (1995): Einleitung. – In: THOME-KOZMIENSKY (Hrsg.) Management der Kreislaufwirtschaft. – Berlin.
- TUKKER A. (2015): Product services for a resource-efficient and circular economy - a review. In: Journal of cleaner Production 97, 76-91.
- UN ENVIRONMENT (2019): Basel Convention on the control of transboundary movements of hazardous waste and their disposal. . Basel.
- UMWELTBUNDESAMT(Hrsg.) (2017): Kunststoffabfälle in Österreich – Aufkommen und Behandlung. Material zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2017. – Wien.
- VAN EYGEN E., FEKETITISCH J., LANER D., RECHBERHER H. und FELLNER J. (2017): Comprehensive analysis and quantification of national plastic flows: The case of Austria. –In: Resources, Conservation and Recycling 117(2017), 183-194.
- WEETMAN K. (2016): A Circular Economy Handbook for business and supply chains: Repair, remake, redesign, rethink. -London.

- WACKERBAUER J. (2014): Die Entsorgungswirtschaft auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft. – In: Ifo Schnelldienst 67, 31-35.
- WALCHER D. und LEUBE M. (2017): Kreislaufwirtschaft in Design und Produktmanagement. – Wiesbaden.
- WANG C., ZHAO L., LIM M. K., CHEN W. und SUTHERLAND J.W. (2020): Structure of the global plastic waste trade network and the impact of China's import Ban. –In: Science Advances 6(4), 126-131.
- WIJLMAN A. und SKANBERG K. (2015): The Circular Economy and Benefits for Society: Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. – In: Club of Rome 2015, 59.
- WINTER B., SZEDNY I., REISING H., BÖHMER S. und JANHNSEN T. (2005): Abfallvermeidung und -verwertung: Aschen, Schlacken und Stäube in Österreich. – Wien.
- WOIDASKY J. (2012): Kreislaufwirtschaft und Recycling. -In: ELSNER P., EYERER P. und HIRTH T. (Hrsg.) Kunststoffe. Eigenschaften und Anwendungen. – Heidelberg u.a., 106-114.
- WORLD ECONOMIC FORUM (Hrsg). (2016): The new plastic economy – Rethinking the future of plastics. – Köln/Genf.
- YANG J., YANG Y., WU W., ZHAO J. und JIANG L. (2014): Evidence of Polyethylene Biodegradation by Bacterial Strains from the Guts of Plastic-Eating Waxworms. - In: Environ. Sci. Technol. (48) 23, 13776-13784.
- YANG S. (2019): Trade for the Environment: Transboundary Hazardous Waste Movements after the Basel Convention. Online unter: <https://ssrn.com/abstract=3386820> (02.01.20).
- ZINK, T. und GEYER R. (2017): Circular Economy Rebound. In: Journal of Industrial Ecology (21) 3, 593-602.

7 Gesetzesquellen

ABFALLWIRTSCHAFTSGESETZ (2002) (AWG 2002; BGBl. I Nr. 102/2002 i.d.F. BGBl. I Nr. 155/2004 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 43/2007): Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft. – Wien.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2008) (DVO 2008; BGBl. II Nr. 39/2008): Depo-nierverordnung 2008. – Wien.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (1994): Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle. – In: Amtsblatt der Europäischen Union L 365. – Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (1999): Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über AbfalldPONien.- In: Amtsblatt der Europäischen Union L 182. – Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2005): Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG des Rates sowie der Richtlinien 96/57/EG und 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L191/29. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2008): Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L312/7. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2009): Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L285/10. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2010): Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch energieverbrauchsre-

levante Produkte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen. -
In: Amtsblatt der Europäischen Union L153/1. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2011): Richtlinie 2011/83/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2011 über die Rechte der Verbraucher, zur Abänderung der Richtlinie 93/13/EWG des Rates und der Richtlinie 1999/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung der Richtlinie 85/577/EWG des Rates und der Richtlinie 97/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates Text von Bedeutung für den EWR. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L304/64. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2014): Verordnung 660/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates der Europäischen Union vom 15. Mai 2014 zur Änderung der Verordnung 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen. - In: Amtsblatt der Europäischen Union L189/135. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2006): Verordnung 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung. 793/93 des Rates, der Verordnung 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L136/3. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2017): Entschließung des Europäischen Parlaments vom 4. Juli 2017 zum Thema „Längere Lebensdauer für Produkte: Vorteile für Verbraucher und Unternehmen. -In: Amtsblatt der Europäischen Union C334/60. - Brüssel.

EUROPÄISCHE UNION (Hrsg.) (2019): Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt. -In: Amtsblatt der Europäischen Union L155/1. - Brüssel.

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Kunststoffverbrauch nach Sektoren 2018	8
Abb. 2 Kunststoffverbrauch nach Sektoren und Polymerarten 2018	11
Abb. 3 Weltweite Kunststoffproduktion in Mio. Tonnen (2004-2018)	12
Abb. 4 Kreislaufwirtschaft	16
Abb. 5 Lineare Wirtschaft.....	18
Abb. 6 Lineare Wirtschaft	18
Abb. 7 Lineare- und Kreislaufwirtschaft	20
Abb. 8 Ziele und Motive der Kreislaufwirtschaft	24
Abb. 9 Materialflüsse in der Wirtschaft der EU-28 im Jahr 2014	39
Abb. 10 Implementierung der Kreislaufwirtschaft in der EU und China	40
Abb. 11 Global production, use, and fate of polymers	48
Abb. 12 Kunststoffproduktion in der EU	49
Abb. 13 Kunststoffverbrauch der Kunststoffverwerter in der EU	49
Abb. 14 Kunststoffabfall generiert in der EU-28	51
Abb. 15 Kunststoffabfall generiert in der EU-28	52
Abb. 16 Plastics Manufacturing	53
Abb. 17 Verfahrenswege des Kunststoffrecyclings	58
Abb. 18 Kreislaufwirtschaft bei Kunststoffen	60
Abb. 19 Unterschiedliche Recyclingkreisläufe von Kunststoffen	66
Abb. 20 Der Lebenszyklus von Kunststoffprodukten	73
Abb. 21 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles	75
Abb. 22 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles	76
Abb. 23 Entwicklung der Recycling Rate für Kunststoffverpackungsabfälle	78
Abb. 24 Entwicklung der Verwertungsrate für Kunststoffverpackungsabfälle	79
Abb. 25 Entwicklung der Deponierungsrate für Kunststoffverpackungsabfälle	80
Abb. 26 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls	82
Abb. 27 Recycling Rate für Kunststoffverpackungsabfall	83
Abb. 28 Recycling- und Verwertungsrate für Kunststoffverpackungsabfall	84
Abb. 29 Kunststoffverpackungsabfall	85
Abb. 30 Kunststoffverpackungsabfall pro EW 2016.....	86
Abb. 31 CN-Code für recycelbaren Kunststoff.....	89
Abb. 32 Handel mit recycelbarem Kunststoff in der EU	91
Abb. 33 Handel mit recycelbarem Kunststoff, die wichtigsten Handelspartner	92
Abb. 34 Abfallverwertung in unterschiedlichen Regionen	93

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Kunststoffarten. Anteil am Verbrauch und Verwendung 2018	10
Tab. 2 Die weltweite Kunststoffproduktion.....	12
Tab. 3 Klassifikationsysteme des Kunsstoffabfalls, SITC und HS Nomenklatur.....	46
Tab. 4 Abfall generiert in der EU-28 in Mio. Tonnen.....	52
Tab. 5 Verwendung des Recyclats, der vier am häufigsten recycelter Kunststoffe ...	59
Tab. 6 Heizwerte ausgewählter Kunststoffe und Vergleichsmaterialien.....	68
Tab. 7 Recyclingziele für Verpackungsabfälle	71
Tab. 8 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Prozent	75
Tab. 9 Entwicklung der Verwertung des Kunststoffabfalles in Millionen Tonnen	76
Tab. 10 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls in der EU-28	81
Tab. 11 Entwicklung des Kunststoffverpackungsabfalls in der EU-28 pro EW.....	82
Tab. 12 Recycling des Kunststoffabfalls der EU innerhalb und außerhalb der EU.....	90