

Working Papers



Technische Hochschule
Ingolstadt

*Zukunft in
Bewegung*



*Silvia Buchberger
Günter Hofbauer
Lukas Mangold
Katharina Truong*

Das Konzept der Circular Economy als Maxime für Beschaffung und Vertrieb in der Industrie

Abstract

Wachsende Müllberge, sinkende Rohstoffvorräte, aggressivere Ausbeutung der Bodenschätze, zunehmende Umweltverschmutzung und nicht zuletzt steigende Preise für Inputfaktoren rücken den Aspekt der Nachhaltigkeit in den Vordergrund. Unternehmen und Kunden werden umdenken müssen und bisherige Verhaltensmuster in Frage stellen. Insbesondere den unternehmerischen Funktionen Beschaffung und Vertrieb, den beiden Protagonisten der Transaktionsmechanismen von Nachfrage und Angebot, wird hier eine wichtige Rolle zugeschrieben.

In diesem Working Paper wird das Prinzip der Circular Economy dargestellt und als Handlungsmaxime für Beschaffung und Vertrieb vorgeschlagen. Es werden Voraussetzungen, Herausforderungen und Konsequenzen beschrieben. Dabei werden die 10 verschiedenen Strategien von Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle bis Recover erklärt und in die Wertschöpfungskette eingeordnet.

Der empirische Teil zeigt eine kritische Bestandsaufnahme mit ausgewählten Beispielen aus der Automobil-, Elektro- und Chemieindustrie.



*Silvia Buchberger
Günter Hofbauer
Lukas Mangold
Katharina Truong*

***The Concept of the Circular
Economy as a Maxim for
Procurement and Sales in Industry***

Abstract

Increasing piles of rubbish, shrinking reserves, aggressive exploitation of resources, rising pollution of the environment and in the end climbing prices for production factors put forward the importance of sustainability. Companies as well as customers will have to rethink the accustomed patterns of consumption behavior. Especially the entrepreneurial functions procurement and sales management, the two protagonists of value transaction, will have an important role for the change.

In this working paper the principle of the circular economy is explained and will be proposed as a maxim for procurement and sales to act on. Requirements, challenges and consequences are described. In addition, the ten different strategies refuse, rethink, reduce, reuse, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle and recover are explained and will be arranged into the value chain.

The empirical part contains a critical review with selected examples from the automotive, electrical and chemical industry.

Das Prinzip der Circular Economy als Maxime für Beschaffung und Vertrieb in der Industrie

von

Silvia Buchberger, Günter Hofbauer, Lukas Mangold, Katharina Truong

1 Einleitung

Die Ergebnisse einer Befragung zeigen in Abb. 1.1, dass knapp die Hälfte der Bevölkerung in Deutschland keine Vorstellung hat, was der Begriff „Circular Economy“ bedeutet. Nur 15 Prozent wissen sehr präzise oder ziemlich genau, was man darunter zu verstehen hat (vgl. Ipsos, 2015). Ein Grund mehr, sich mit dem Thema Nachhaltigkeit in diesem Working Paper auseinander zu setzen.

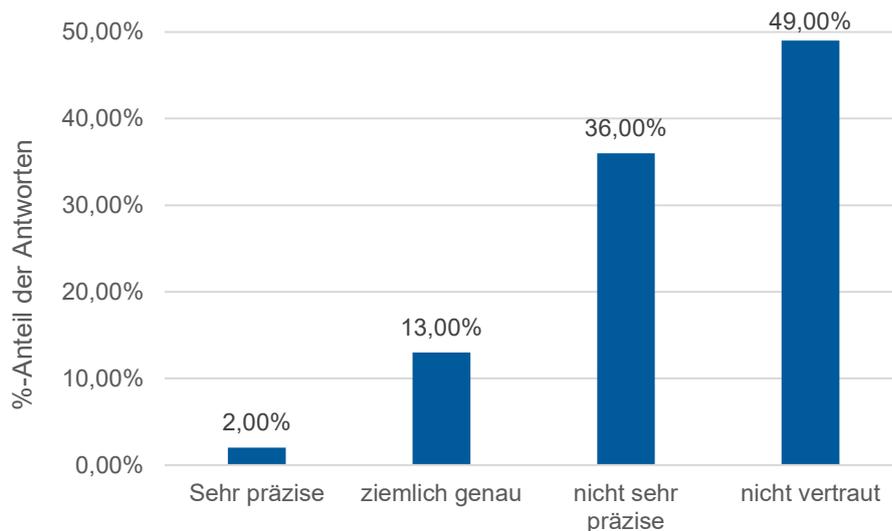


Abb. 1.1: Bewusstsein der Begrifflichkeit „Circular Economy“ (in Anlehnung an Ipsos 2015)

Diese Zahlen geben zu denken, denn diese Wirtschaftsform ist vermutlich die einzige, mit der auch in Zukunft unser Lebensstandard gehalten werden kann und die vor allem die endlichen Ressourcen der Erde nicht weiter verschwendet (vgl. Kranert 2017, S. VI f.). Dafür muss sich jedoch die Einstellung der Menschen grundsätzlich ändern. Weitere Umfragen in verschiedenen Ländern der EU haben gezeigt, dass die große Mehrheit der Menschen bisher beispielsweise von einer Sharing-Economy nicht überzeugt ist (vgl. ABN AMRO 2018; EURISPES 2018; Statistics Denmark 2017). Das Teilen wäre aber bereits ein erster Schritt in Richtung

Circular Economy, die darüber hinaus eine weitere Reihe an neuen Geschäftsmodellen mit sich bringen würde (vgl. Bungard 2018, S. 4).

Eine weitere wichtige Rolle für eine Implementierung der Circular Economy hat die Industrie, die mit neuen Angeboten die Kunden überzeugen muss. Auch die Industrie hätte langfristig einen Mehrwert davon, müsste aber in Vorleistung gehen. Damit könnte die Umstellung von einer derzeitig linear geprägten Wirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft nicht mehr als notwendiges Übel angesehen werden, sondern sollte vielmehr als Chance begriffen werden, Unternehmen nachhaltig für die Zukunft aufzustellen. Im Sinne einer Integrierten Produktpolitik (Hofbauer/Sangl 2018, S. 321-326) sollen Verschwendung und Umweltauswirkungen eines Produktes über alle Lebensphasen erfasst und minimiert werden. Laut einer Untersuchung der Ellen-MacArthur-Stiftung in Kooperation mit McKinsey sind durch eine Wandlung zur Circular Economy neben den ökologischen auch enorme ökonomische Potenziale vorhanden (vgl. Bungard 2018, S. 128).

Dieses Working Paper zeigt das Prinzip der Circular Economy auf, gibt einen Einblick über den aktuellen Stand von Umsetzungsmöglichkeiten und stellt Anforderungen und Auswirkungen auf die Industrie heraus.

1.1 Problemstellung

Bereits seit 40 Jahren werden von der Menschheit insgesamt mehr natürliche Ressourcen verwendet als die Erde im Stande wäre zu erneuern. Derzeit würden 1,7 Erden benötigt, um den Verbrauch aller Ressourcen zu decken (vgl. WWF Deutschland 2018, S. 3). Diese Problematik hängt zum einen mit der in der Vergangenheit stark gestiegenen und nach wie vor steigenden Weltbevölkerung zusammen (vgl. Kranert 2017, S. 7f.). Diese ist von 2,53 Milliarden im Jahre 1950 auf 7,55 Milliarden im Jahre 2017 gestiegen, hat sich somit fast verdreifacht (vgl. Statista 2017a). Es wird prognostiziert, dass diese bis zum Jahr 2100 nochmals auf 11,18 Milliarden steigen soll (vgl. Statista 2017b).

Das Bevölkerungswachstum allein hätte allerdings nicht eine solche Problematik verursacht. Erst in Verbindung mit dem enormen Wirtschaftswachstum seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts ist eine derartige Situation, wie sie heute zu finden ist, entstanden (vgl. Kranert 2017, S. 7). Das Wirtschaftswachstum ermöglichte den neuen Lebensstandard einer modernen Konsumgesellschaft, die ein beinahe grenzenloses Angebot an Artikeln aller Arten vorfindet. Dies wiederum führte zu neuen Verpackungsmethoden, weshalb die Müllproduktion ebenfalls immer weiter steigt. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies, dass 2016 weltweit 2,02 Milliarden

Tonnen Abfall produziert wurden und es wird prognostiziert, dass es 2030 bereits 2,59 Milliarden Tonnen sein werden, wenn der Trend weitergeht wie bisher (vgl. Statista 2018a).

Neben dem erhöhten Abfallaufkommen, führte das Wirtschaftswachstum im vergangenen Jahrhundert aber auch zu einem enormen Ressourcenverbrauch, um die geforderten Produkte herzustellen.

Insbesondere die Vorräte an fossilen, mineralischen und metallischen Rohstoffen nehmen immer weiter ab und der Verbrauch ist nach wie vor steigend (vgl. Kranert 2017, S. VI). Experten zufolge sind vor allem Seltene Erden, Kupfer, Aluminium, verschiedene Chemikalien sowie Eisenmetall und Stahl betroffen und könnten in absehbarer Zeit zu Neige gehen (vgl. Statista 2018b).

Das deutlich verringerte Ressourcenvorkommen weltweit hat aber nicht nur ökologische Folgen. Durch das geringer werdende Angebot steigen auch die Rohstoffpreise auf Niveaus wie seit über hundert Jahren nicht mehr (vgl. Preston 2012, S. 2). Aufgrund dessen müssen auch Unternehmen ihre Geschäftsmodelle überdenken und gegebenenfalls erneuern. Oftmals ist es dabei jedoch direkt sinnvoller, gleich ganz neue Geschäftsmodelle zu implementieren (vgl. Bungard 2018, S. V).

Wie anhand der aufgezählten Aspekte dargestellt wurde, kann die Wirtschaft nicht mit dem bisherigen Modell der Linear Economy (LE) weitermachen, indem die endlichen Ressourcen einfach verbraucht werden und am Ende eine enorme Müllproduktion steht. Eine Lösung für diese aufgezählten Probleme stellt die Circular Economy (CE) oder Kreislaufwirtschaft dar (Walcher/Leube 2017, S.1). Bei dieser wird durch mehrstufige Geschäftsmodelle einerseits jeglicher Müll wiederverwertet, so dass das Abfallvorkommen drastisch verringert wird, und andererseits durch die Wiederverwertung und Aufbereitung derartiger Materialien der Ressourcenverbrauch minimiert. Das Ziel der Circular Economy ist es, die Wertschöpfungskette zu einem Wertschöpfungskreis umzuwandeln, bei dem keine Ressourcen verloren gehen (vgl. Preston 2012, S. 3).

1.2 Zielsetzung und Aufbau

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die wesentlichen Eigenschaften und Prinzipien der Circular Economy genauer zu erklären.

Zunächst werden dafür die Grundlagen erläutert und eine ausführliche Definition der Kreislaufwirtschaft wird erarbeitet. Dabei werden zuerst die Linearwirtschaft und der Weg von dieser

Wirtschaftsform, inklusive Zwischenschritte, hin zur Kreislaufwirtschaft beschrieben. Weitergehend wird insbesondere auf die Herausforderungen und Barrieren im Hinblick einer Einführung der Circular Economy eingegangen und die aktuelle Lage in Europa und Deutschland aufgezeigt. Im Anschluss daran wird anhand verschiedener Modelle das Kernprinzip mit den Dimensionen der Kreislaufwirtschaft aufgezeigt. Es folgt eine detaillierte Analyse der sogenannten „Rs“. Danach werden mit der Elektronik-, Automobil- und Chemieindustrie drei wichtige Industriezweige für Deutschland genauer beleuchtet und hinsichtlich der derzeitigen Situation mit dem Fokus auf sozialer, ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit analysiert. Letztendlich werden die gesammelten Erkenntnisse zusammengeführt und ausgewertet, ehe zum Schluss noch ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben wird.

2 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird die Kreislaufwirtschaft näher beschrieben und auf Zielkonflikte eingegangen. Außerdem wird die aktuelle Lage in Europa und Deutschland aufgezeigt, um so einen Überblick über die Thematik zu erhalten.

2.1 Die Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft wird bereits seit 1990 in der Industrie sowie Politik thematisiert. Zusätzlich wird durch die zunehmende Dynamik in der Wirtschaft und Technologie die Kreislaufwirtschaft immer mehr an Bedeutung gewonnen (vgl. Holst et al., 2018, S. 113).

2.1.1 Definition der Kreislaufwirtschaft

Heutzutage bewegen wir uns von einer Linearwirtschaft hin zur Kreislaufwirtschaft. Allerdings kann noch längst nicht von einer vollständigen Kreislaufwirtschaft gesprochen werden. Im Folgenden wird zunächst die Linearwirtschaft näher erläutert und dann der Fokus auf die Kreislaufwirtschaft gelegt.

Linearwirtschaft

(auch: Wegwerfgesellschaft, Cradle-to-Grave), engl.: linear economy

Das Prinzip einer linearen Wirtschaft besteht grundsätzlich aus den Stufen 1) Rohstoffe, 2) Produktion, mit den Phasen Entwicklung, Herstellung und Vertrieb, 3) Nutzung, mit den Phasen Kauf, Verwendung und Nutzungsende sowie der finalen 4) Entsorgung durch Deponierung

oder Verbrennung (vgl. Kortmann/ Piller, 2016, S. 89). Umgangssprachlich wird das Linearmodell als Wegwerfgesellschaft oder Cradle-to-Grave (=von der Wiege zum Grab) Verfahren bezeichnet.



Abb. 2.1: Darstellung der Linearwirtschaft (Eigene Darstellung)

Wiederverwendungswirtschaft

(auch: Wiederverwendungsökonomie), engl. reuse economy

Eine Wiederverwendungsökonomie ist bereits eine Verbesserung der linearen Ökonomie. Alte Produkte werden verwendet, um wieder neue Produkte daraus herzustellen. So wird beispielsweise altes Papier wiederverwendet, um neues Papier herzustellen. Hierbei werden nicht alle Rohstoffe wiederverwendet und es fallen aber auch Abfälle an, die nicht wiederverwertbar sind.

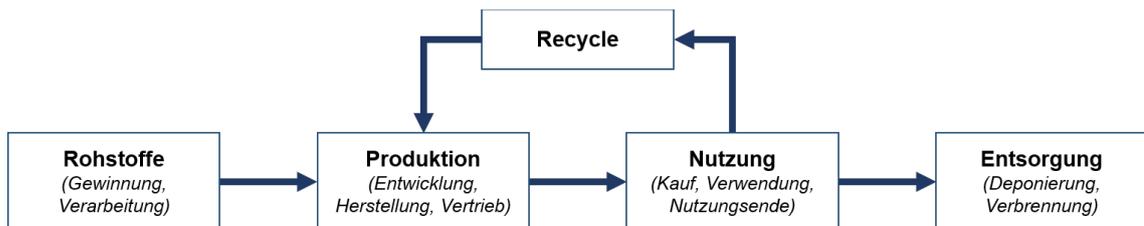


Abb. 2.2: Wiederverwendungswirtschaft (Eigene Darstellung)

Kreislaufwirtschaft

(Cradle-to-Cradle C2C, engl. circular economy)

Beim Kreislaufmodell werden die Stoffströme geschlossen (vgl. Walcher/Leube, 2017, S. 3 f.). Die Kreislaufwirtschaft (siehe Abbildung 2.3) wurde von Michael Braungart und William McDonough entwickelt (vgl. Utopia, 2015). Die eingesetzten Rohmaterialien werden nach dem Ablauf der Nutzungsdauer dem Stoffkreis wieder zurückgeführt bzw. biologisch abgebaut, so dass neue Produkte entstehen, die durch erneuerbare Energien hergestellt wurden (vgl. Utopia, 2015). Anhand des Rahmenmodells 9Rs wird erläutert, wie eine vollständige Kreislaufwirtschaft erreicht werden kann. Dies wird in Kapitel 2.2.2 näher beschrieben. Das Rahmenmodell zeigt die Entwicklung von einer Linearwirtschaft zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaft auf (vgl. Lankester, 2018).

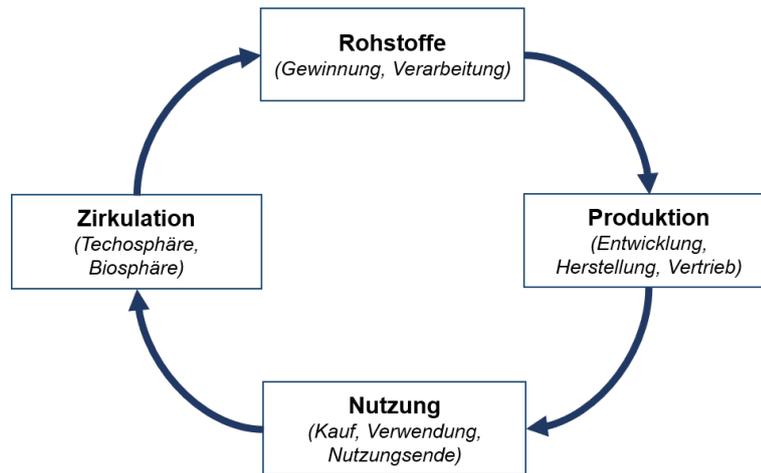


Abb. 2.3: Kreislaufwirtschaft (Eigene Darstellung)

2.1.2 Herausforderungen und Barrieren der Kreislaufwirtschaft

In Kapitel 1.1 wurden bereits die aktuellen Probleme der Wirtschaft aufgezeigt, die sich in Zukunft noch weiter verschärfen, da sich die Rahmenbedingungen noch nicht grundlegend geändert haben und der Konsum weiter fortschreitet (vgl. Bungard 2018, S. 113). Als Ausweg bietet sich die Circular Economy (CE) an, deren Umsetzung derzeit immer mehr vorangebracht wird. Dies ist unter anderem begründet durch neue Technologien und neue Geschäftsmodelle. So gibt es beispielsweise zunehmende Zahlen bei Geräten, die über das „Internet der Dinge“ miteinander kommunizieren oder neue Unternehmen, deren Geschäftsmodell auf eben jenen Technologieentwicklungen aufgebaut ist. Daneben existieren aber auch noch Treiber, die gesellschaftspolitischer Natur sind, wie die kaum von der Hand zu weisende ökologische Vorteilhaftigkeit und mögliche neue Arbeitsplätze, die durch die CE entstehen können (vgl. Bungard 2018, S. 114).

Auf der anderen Seite wiederum gibt es aber auch eine Menge Barrieren, welche die Einführung der Circular Economy erschweren. Dabei geht es vor allem um die Bereiche Technologie, Politik, Ökonomie, Management, Kunden und Soziales (vgl. Galvao et al. 2018, S. 82).

Unternehmen werden seit Jahren so geführt, dass sie möglichst schnell und intensiv wachsen, ohne aber auf Nachhaltigkeit zu achten, was einen großen Ressourcenverbrauch nach sich zieht. Aufgrund dessen verfügen sie in diesem Geschäftsmodell über eine Erfahrung, die sie logischerweise nicht so einfach aufgeben wollen. Außerdem ist in diesen Geschäftsmodellen in der Vergangenheit eine Abhängigkeit der gesamten Industrie nach fossilen Energien und einfachen linearen Produktionsprozessen entstanden, die sich nicht so leicht überwinden lässt (vgl. Preston 2012, S. 14).

Auf politischer Seite müssen Subventionen, die den Verbrauch von primären Rohstoffen begünstigen, langfristig aufgehoben werden und darüber hinaus der Gebrauch von Sekundärrohstoffen gefördert werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass sich die Preise möglichst durch den Markt ergeben, da es sonst zur Ausnutzung bestimmter Interessensgruppen kommen kann (vgl. Preston 2012, S. 14). Auch sollte die Politik bei der Abfallwirtschaft zielführend eingreifen, da es derzeit hauptsächlich um die sichere Entsorgung von Müll geht und nicht um die mögliche Wiederverwendung der enthaltenen Ressourcen. Hier sollte ein Umdenken stattfinden, da in diesem Wirtschaftssektor die Entwicklung stagniert, was aber gerade im Hinblick auf CE ein großes Hemmnis darstellt (vgl. Wilts/von Gries 2017, S. 5).

Auch wenn durch die Circular Economy langfristig Ressourcen eingespart werden können und die Unabhängigkeit von massiven Rohstoffpreisschwankungen erhöht wird, so ist die Umstellung zunächst einmal mit Investitionen und Risiken verbunden, die viele Unternehmen abschrecken. Beispielsweise müssen neue Maschinen angeschafft, Fabriken möglicherweise verlagert, neue Entwicklungs- und Logistikprozesse eingeführt und das Personal umgeschult werden. Aufgrund dessen ist zunächst ein klarer Plan aufzustellen, der eingehalten werden muss, und zusätzlich ist die politische Unterstützung erforderlich (vgl. Preston 2012, S. 15).

Heutzutage werden Produkte oftmals in unterschiedlichen Ländern von vielen verschiedenen Firmen produziert und verkauft bzw. konsumiert. Deshalb müssten bei einer CE auch derartige internationale Supply-Chains neu organisiert werden, damit die Produkte wiederverwendet bzw. wiederaufbereitet werden können (vgl. Preston 2012, S. 15). Es sollte von den Unternehmen jedoch auch bereits in der Produktentwicklung (Hofbauer/Sangl 2018, S. 323 und 461ff.) darauf geachtet werden, dass lediglich nachhaltige Rohstoffe bzw. Sekundärrohstoffe verwendet werden und die Langlebigkeit und Reparaturfähigkeit eines Produkts sollte stärker in den Fokus rücken, damit es erst gar nicht weggeworfen werden muss (vgl. Wilts/von Gries 2017, S. 6). Die betrieblichen Funktionen Beschaffung (Hofbauer 2017) und Vertrieb (Hofbauer/Hellwig 2016) sind hier ebenfalls gefordert, den Weg zur Circular Economy über Nachfrage und Angebot zu beschleunigen.

Die Umstellung weg von der Linear Economy und hin zu einer Circular Economy kann auch nur dann funktionieren, wenn die Kunden diesen Schritt mittragen und ggf. Preiserhöhungen akzeptieren, andernfalls wäre der Anreiz für Unternehmen schlichtweg zu gering. Um jedoch überhaupt unterscheiden zu können, ob die Produkte nachhaltig gefertigt wurden oder nicht,

wäre die Einführung eines Labelling-Systems von Vorteil. Dabei ist jedoch aufgrund der Globalisierung der Supply Chains eine vergleichbare, internationale Variante zu achten, damit dies einheitlich erkannt werden kann (vgl. Preston 2012, S. 15).

Um all die Herausforderungen zu meistern, bedarf es aber auch noch einer Menge an neuen technischen Entwicklungen bzw. der breiten Einführung solcher Systeme und Entwicklungen in der Industrie. Beispielsweise müssen für die Optimierung globaler Supply-Chains smarte Infrastruktursysteme und Tracking-Technologien eingeführt werden. Dabei geht es vor allem darum, dass diese Technologien durchgängig in den einzelnen verschiedenen Unternehmen innerhalb einer Supply-Chain vorhanden sind, so dass sie miteinander kommunizieren können. Dies erhöht jedoch auch das Risiko der Datensicherheit und weitergehend der Wettbewerbsfähigkeit, da heutzutage und in Zukunft vermutlich noch mehr das geistige Eigentum deutlich an Wert zunimmt. Deshalb müssen vor einem Informationsaustausch unbedingt die Richtlinien klar geregelt werden, um Datenmissbrauch vorzubeugen (vgl. Preston 2012, S. 15f.). Derzeit werden aber solche Systeme, um beispielsweise die Materialeffizienz zu messen, in Deutschland nur vereinzelt verwendet. Hier ist definitiv noch Nachholbedarf vorhanden, da dies die Umstellung zur CE erleichtern würde (vgl. Neligan 2018, S. 104).

Eine weitere Herausforderung ist, die Unternehmen zu einem Umdenken ihres Geschäftsmodells zu bewegen. Da Produkte nachweisbar in den letzten Jahren immer kürzere Lebensdauern aufweisen, damit diese möglichst schnell nach Garantieablauf ersetzt werden müssen, wäre es förderlich, wenn Unternehmen ihre Produkte langlebiger machen bzw. lediglich verleihen und nicht verkaufen. Dadurch sind sie selbst an einer möglichst langlebigen Variante interessiert und es werden Ressourcen durch den verlängerten Lebenszyklus und einer geringeren Zahl an Produkten an sich gespart. Damit Unternehmen selbst auch finanzielle Vorteile davon hätten, könnte dies durch Steuererleichterungen ermöglicht werden (vgl. Wilts/von Gries 2017, S. 6).

2.1.3 Aktuelle Initiativen in Europa und Deutschland

Von politischer Seite gibt es eine Menge Hindernisse, die die Einführung der Kreislaufwirtschaft hemmen. Daher wurde sowohl auf europäischer als auch auf deutscher Ebene umfassend diskutiert, welche Barrieren vorliegen und wie man diese umgehen oder aufheben kann. Ziel hierbei ist es, einen rechtlichen Rahmen zu schaffen, der einen Anreiz zur Umstellung auf die Kreislaufwirtschaft bietet und auch bei der Implementierung unterstützt.

Die neueste Initiative mit dem Ziel, die Europäische Wirtschaft in eine nachhaltigere Wirtschaft zu wandeln, ist das Circular Economy Package, das im Januar 2018 von der Europäischen Kommission verabschiedet wurde. Dieses Paket beinhaltet verschiedene einzelne Maßnahmen, die bei der Erfüllung dieses Zieles helfen sollen. Hierunter fallen Strategien zum Umgang mit Plastik und Abfall, sowie einen Rahmen zur Überwachung des Fortschritts auf dem Weg zur Circular Economy. Zudem beinhaltet das Circular Economy Package auch einen Aktionsplan, der versucht, Ansätze zur Einführung der Kreislaufwirtschaft zu bieten (vgl. Europäische Kommission, 2018).

Auch in Deutschland befasste man sich mit diesem Thema. Es resultierten verschiedene Gesetze und Programme, die jeweils einen kleinen Bereich der Problematik bei der Einführung der Circular Economy behandeln. So regelt zum Beispiel das Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 1. Juni 2012 hauptsächlich die Modernisierung der deutschen Abfallwirtschaft (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2016). Auch das Ressourceneffizienzprogramm befasst sich nur mit dem Ziel, die Nutzung der Ressourcen effizienter zu gestalten (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2015). Andere Ansätze, die über eine reine Betrachtung der Ressourcen hinausgehen, wurden aber noch nicht entwickelt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Thema Circular Economy auch in der Politik große Beachtung findet, aber man auch dort nur schwer einen ganzheitlichen Ansatz für Maßnahmen und Regulatoren bieten kann.

2.2 Stand der Technik

Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Dimensionen und Strategien in der Circular Economy verankert sind. Die Kernaussagen, wurden in einer Graphik zusammengefasst. Basis für die Entwicklung des Schaubildes war die Abbildung „The circular economy – an Industrial system that is restorative by design“ der Ellen MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2012, S. 24) und das 9R Rahmenkonzept (Kircherr et al. 2017, S. 224).

2.2.1 Dimensionen der Kreislaufwirtschaft

Die Circular Economy kann in zwei Bereiche aufgeteilt werden, zum einen die Dimension der technischen Materialien und zum anderen die der biologischen Materialien. Diese Bereiche unterscheiden sich, wie der Name schon sagt, in Bezug auf die in einem Kreislauf fließenden Ma-

materialien. Innerhalb der beiden Dimensionen unterscheiden sich auch die Strategien und Zeitpunkte, anhand derer die Rohstoffe wieder in den Entstehungsprozess zugeführt werden. Um diesen Sachverhalt deutlich darzustellen, ist in nachfolgender Abbildung der Lebenszyklus eines Produktes, von der Entwicklung bis hin zur Verwertung, in einzelnen Teilschritten dargestellt. In dem Bereich über dem Produktlebenszyklus, der als zeitliche Achse dient, befinden sich alle Strategien, zur Wiederverwertung technischer Materialien, wohingegen unterhalb die biologische Dimension dargestellt ist.

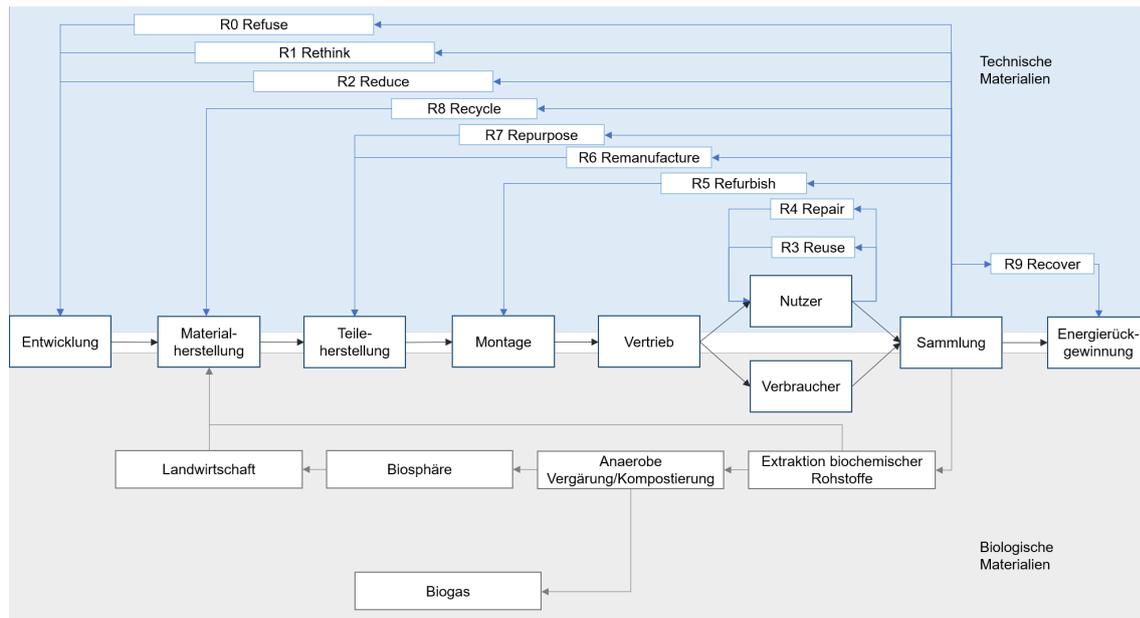


Abb. 2.4: Das Kernprinzip der Kreislaufwirtschaft (Eigene Darstellung)

In der ersten Dimension werden die Wiederverwendungsmöglichkeiten technischer Materialien betrachtet. Der Endkunde wird hierbei als Nutzer bezeichnet, da die Grundstruktur des Produkts nach Verwendung die gleiche ist, wie zuvor. Für die Wiederverwendung von Stoffen aus der technischen Dimension gibt es mehrere, verschiedene Strategien, wie das Produkt ganz oder in verschiedenen Abstufungen von Einzelteilen den Schritten des Produktlebenszyklus wieder zugeführt werden kann. Diese Strategien sind unter dem Rahmenkonzept, genannt „9Rs“, zusammengefasst und werden im Folgenden näher erläutert.

In dem Bereich der biologischen Dimension werden dagegen alle Stoffe betrachtet, die biologisch abbaubar und ohne Schäden am Menschen oder der Umwelt wieder der Natur zugeführt werden können (vgl. Walcher/Leube, 2017, S. 8). Im Kreislauf der biologischen Materialien wird der Endkunde als Verbraucher bezeichnet, da das Produkt verbraucht wird und nach der Verwendung in einer stofflich anderen Form vorliegt. Ein typisches Beispiel hierfür sind Nah-

rungsmittel. Die Rückführung dieser Produkte in die Kreislaufwirtschaft findet durch die Extraktion biochemischer Rohstoffe und die anaerobe Vergärung oder Kompostierung statt. Das Ergebnis dieser Prozesse wird häufig in der Landwirtschaft zur Erzeugung neuer Rohstoffe genutzt oder als Biogas zu Energiegewinnung. Dies führt dazu, dass der Weg der biologischen Stoffe immer bei der Sammlung der verbrauchten Produkte beginnt und entweder zu Materialherstellung hin, zum Beispiel als Dünger in der Landwirtschaft, oder aus dem System herausführt, durch die Verbrennung als Biogas.

2.2.2 Das 9R Rahmenkonzept

Die Strategien des 9R Rahmenkonzeptes können grob in drei Bereiche gegliedert werden. Die erste Gruppe sind die Konzepte R0 bis R2, also „Refuse“, „Rethink“ und „Reduce“. In diesen drei Strategien werden die über den Produktlebenszyklus anfallenden Informationen bei der Entwicklung eines neuen Produktes verwendet, um dies ressourceneffizienter und besser wiederverwertbar zu gestalten. Die Konzepte R3 bis R7 befassen sich mit allen Möglichkeiten, bei denen Teile des Produktes wiederverwertet werden können. Im Gegensatz dazu werden in den letzten beiden Strategien R8 und R9 die Produkte in ihre einzelnen Rohstoffe zerlegt und diese durch verschiedene Methoden in einem neuen Produkt genutzt werden.

Stufe	Bezeichnung	Erklärung
R0	Refuse	Ersetzen oder Aufgabe des Produkts
R1	Rethink	Intensivere Nutzung eines Produktes
R2	Reduce	Steigerung der Effizienz bei der Produktherstellung
R3	Reuse	Wiederverwendung eines entsorgten, funktionsfähigen Produkts durch einen anderen Nutzer
R4	Repair	Reparatur oder Wartung eines defekten Produkts
R5	Refurbish	Wiederherstellung und Aufbesserung des Wirkungsgrades bzw. Erscheinungsbildes eines alten Produkts
R6	Remanufacture	Wiederverwendung von entsorgten Teilen in einem Produkt mit gleicher Funktion
R7	Repurpose	Wiederverwendung von entsorgten Teilen in einem Produkt mit anderer Funktion
R8	Recycle	Rückgewinnung von Rohstoffen
R9	Recover	Energetische Wiederverwertung von Materialien

Abb. 2.5: Überblick 9R Rahmenkonzept (Eigene Darstellung)

Ziele von R0, R1 und R2: "Intelligenterer Produktverwendung und Herstellung"

Das Ziel der Strategien des Refuse, Rethink und Reduce Prozesses (vgl. Abbildung 2.6) ist es, dass der Herstellungs- und Logistikbereich sowie die Produktverwendung optimiert bzw. intelligenter gestaltet werden soll (vgl. De Pádua Pieroni et al., 2018, S. 183). Im Folgenden werden die einzelnen Prozesse dieser Dimension näher beschrieben.

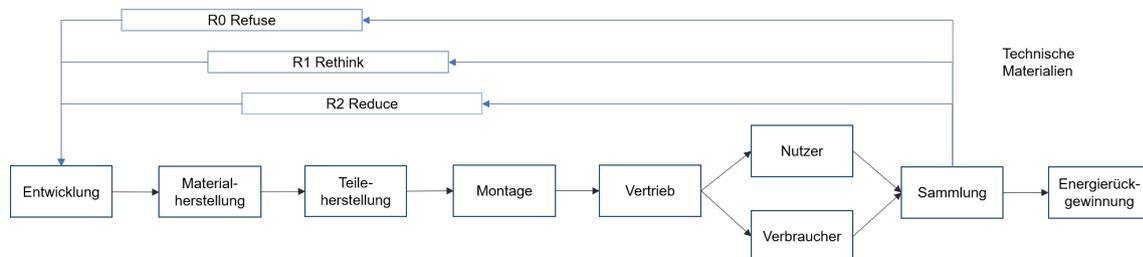


Abb. 2.6: Dimensionen Refuse, Rethink und Reduce (Eigene Darstellung)

R0: Refuse

Der erste Ansatz zu einer vollständigen Kreislaufwirtschaft beschreibt das Level „Refuse“. Hierbei soll das Produkt redundant werden, oder von einem Produkt mit einer ähnlichen Funktion ersetzt werden (vgl. Lankester, 2018). Anhand einer Untersuchung kann festgestellt werden, dass es kaum Unternehmen gibt, die bereits den Ansatz von Refuse implementiert haben, um eine vollständige Zirkulation zu generieren.

R1: Rethink

Der Rethink-Prozess beschreibt den Umgang mit Produkten und kritischen Fragen, wie beispielsweise was wir kaufen, warum wir es kaufen und wie wir es nutzen und entsorgen werden. Hierbei wird versucht, dass die Produkte intensiver genutzt und ausgeschöpft werden, beispielsweise anhand eines „Sharing Products“.

R2: Reduce

In diesem Prozess wird versucht, dass die Effizienz der Produktherstellung erhöht wird bzw. das Produkt mit weniger kritischen Rohmaterialien produziert wird. Außerdem können Herstellungs- und Logistikprozesse optimiert werden, sodass die CO₂-Emissionen gesenkt werden.

Ziele von R3, R4, R5, R6 und R7: "Verlängerung der Lebensdauer des Produkts und seiner Teile"

Die Konzepte Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture und Repurpose behandeln verschiedene Möglichkeiten der Behandlung und Wiederverwertung einzelner Teile eines Produktes (vgl. Hofbauer/Rau 2011, S.104-110). Der Grundgedanke dabei ist es, den Lebenszyklus des

Produktes oder zumindest einzelner Teile so lange wie möglich auszudehnen (vgl. Kirchherr et al. 2017, S. 224). Für die Einzelteile bedeutet dies, dass sie an unterschiedlichsten Stellen im Wertschöpfungsprozess wieder eingebracht werden.

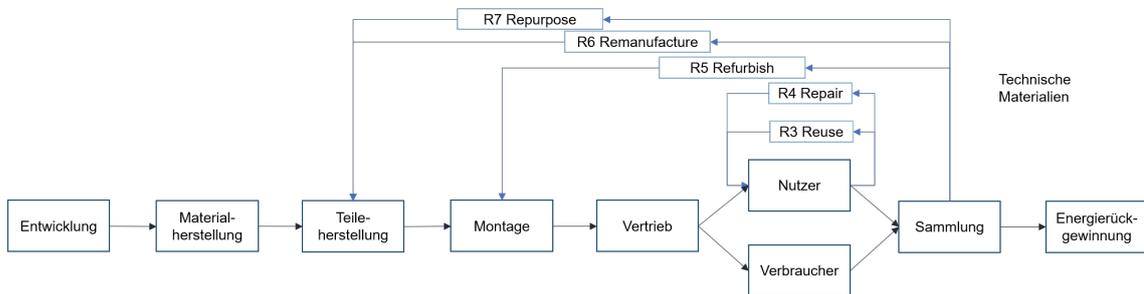


Abb. 2.7: Dimensionen Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture & Repurpose (Eigene Darstellung)

R3: Reuse

Das Konzept „Reuse“ umfasst alle Wiederverwertungsmöglichkeiten, die existieren, nachdem ein Nutzer sein noch funktionierendes Produkt nicht mehr verwenden möchte. Diese Gebrauchsgüter werden im Sinne der Reuse-Strategie gesammelt und an andere Nutzer vermarktet. Der klare Vorteil hierbei ist, dass keine Ressourcen zur Herstellung eines neuen Erzeugnisses verwendet werden müssen. Damit dieses Konzept aber seine volle Wirkung entfalten kann, muss bei der Entwicklung und dem Design eines neuen Produktes vor allem ein Aspekt beachtet werden: Die Ware muss für einen langen Lebenszyklus gebaut sein. Ohne dies ist es kaum möglich, dass das Produkt über zwei Nutzungszyklen verwendet werden kann. Zudem muss von den Unternehmen auch ein Konzept zu Sammlung und neuen Vermarktung erstellt werden (vgl. Reuse/Redistribute: Circular Economy Toolkit, 2019). Da ansonsten alle Umsätze, die durch die Weitervermarktung zu Stande kommen würden, an andere Unternehmen oder Personen gehen, die schon nach einem ähnlichen Konzept arbeiten. Ein Beispiel für ein Unternehmen, das dieses Konzept nutzt, ist Momox. Diese Unternehmen bietet eine Onlineplattform, auf welcher der Kunde alle seine nicht mehr gebrauchten Bücher, Spiele und mehr verkaufen kann. Diese werden nach der Sammlung auch von Momox weiterverkauft (vgl. Momox, 2019).

R4: Repair

Die Strategie „Repair“ befasst sich auch mit den Möglichkeiten, dass ein Nutzer ein Produkt noch einmal verwendet. Der Ausgangspunkt hierbei ist ein nicht mehr funktionsfähiges Produkt, das der Nutzer aber selbst weiter in Gebrauch nehmen möchte und dieses daher repariert wird. Auch hier werden kaum Ressourcen zur Umsetzung dieses Konzeptes benötigt, da die Produktion und der Ressourcenverbrauch für neue Ware nicht anfällt. Einzig und allein für die

Herstellung der benötigten Ersatzteile werden Rohstoffe verbraucht. Bei der Entwicklung und dem Design eines neuen Produkts muss, wie auch bei Reuse, ein langer Produktlebenszyklus im Mittelpunkt stehen. Zudem muss aber auch darauf geachtet werden, dass die anfallenden Reparaturen schnell und einfach durchgeführt werden können, und es muss ein Konzept zur organisierten Durchführung der Reparaturen entwickelt werden (vgl. Hofbauer/Rau 2011, S. 90-103 und Maintain/Repair: Circular Economy Toolkit, 2019).

R5: Refurbish

Wörtlich übersetzt bedeutet „refurbish“ etwas aufzupolieren, oder zu verschönern. Diese Tätigkeiten sind auch der Grundgedanke in der Strategie „Refurbish“. Hier wird ein altes Produkt so wiederhergestellt, dass es funktionsfähig ist, höheren Anforderungen entspricht und das Erscheinungsbild eines neuen Produktes hat. Im Vergleich zu einem aktuellen Neuprodukt entspricht der technische Stand nicht mehr den neuesten Anforderungen und muss auch hier nachgebessert werden (vgl. Kirchherr et al. 2017, S. 224). Um das Konzept „Refurbish“ erfolgreich auszuführen, benötigt ein Unternehmen -so wie bei Reuse- ein Konzept zur Sammlung der gebrauchten Ware. Zudem muss aber auch noch ein Prozess zur Wiederaufbereitung definiert werden, auf den schon bei der Entwicklung des Produktes geachtet werden muss.

R6: Remanufacture

Alle bisherigen Strategien haben sich mit den Möglichkeiten befasst, ein Produkt als Ganzes wiederzuverwerten. Bei „Remanufacture“ und der noch folgenden Strategie „Repurpose“ werden nur noch einzelne Teile des Produkts wiederverwendet. Diese Einzelteile werden bei „Remanufacture“ in einem neuen Produkt mit gleicher Funktion verwendet, sodass bei der Produktion ein Teil der Rohstoffe eingespart werden kann (vgl. Kirchherr et al. 2017, S. 224). Die Herausforderung bei „Remanufacture“ besteht darin, dass schon bei der Entwicklung eines Produktes die nachfolgende Verwendungsmöglichkeit mit im Fokus liegen muss, um zu gewährleisten, dass die Teile von dem einen auf das andere Produkt übertragbar sind. Zudem muss auch hier wieder gewährleistet sein, dass die alten Produkte gesammelt werden und die wiederverwertbaren Einzelteile aus dem Produkt entnommen werden.

R7: Repurpose

Das Konzept „Repurpose“ ist ähnlich zu „Remanufacture“, nur werden hier die einzelnen Teile, die wiederverwertet werden, in einem Produkt mit anderer Funktion als die bisherige genutzt (vgl. Kirchherr et al. 2017, S. 224). Hier muss darauf geachtet werden, dass schon bei der Entwicklung das andere Produkt, in dem die Teile verbaut werden sollen, mitbetrachtet wird. Hier ist ebenfalls ein Konzept für die Sammlung und Wiederverwendung der alten Teile zu erstellen.

Ziele von R8 und R9: „Nützliche Anwendungen der Materialien“

Die zwei Rs Recycle und Recover bilden die sogenannten „Long Loops“ unter den betrachteten neun Rs (vgl. Reike et al. 2018, S. 256). Dies ist in Abbildung 2.8 insbesondere in Bezug auf Recycling klar ersichtlich, da die verwerteten Stoffe den größten Weg innerhalb der Wertschöpfungskette zurücklegen und ganz am Anfang bei der Materialherstellung in den Kreislauf zurückgeführt werden. Das Prinzip „Recover“ wird ebenfalls als „Long Loop“ bezeichnet, auch wenn das verwertete Material nicht mehr in den stofflichen Kreislauf direkt zurückgeführt wird (vgl. Reike et al. 2018, S. 256). Jedoch werden die Stoffe zur Energiegewinnung genutzt und dadurch indirekt durch die in ihnen enthaltene Energie wieder zurückgeführt und wiederverwertet (vgl. Kirchherr et al. 2017, S. 224).

Ziel der beiden Prinzipien „Recycle“ und „Recover“ ist es, dass auch Produkte und Materialien, die nicht mehr direkt aufbereitet und wiederverwendet werden können, zumindest der Herstellung neuer Produkte dienen, indem sie entweder den Grundstoff bilden oder die Energie dafür liefern. Dadurch wird verhindert, dass neue Primärrohstoffe verbraucht werden müssen (vgl. Kranert 2017, S. 253).

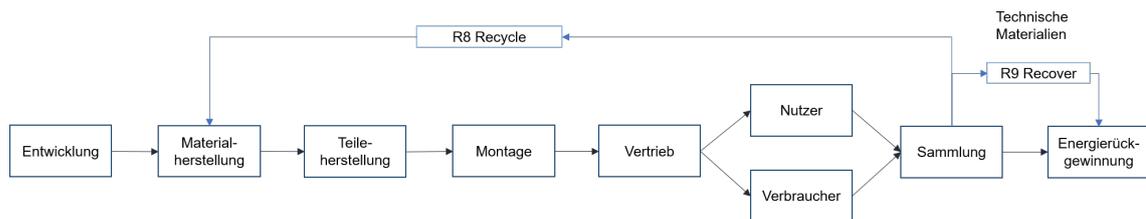


Abb. 2.8: Dimensionen Recycle und Recover (Eigene Darstellung)

R8 und R9 sollten jedoch nur als letztmögliche Alternative betrachtet werden, wenn die vorangegangenen Prinzipien nicht mehr anwendbar sind (vgl. Bungard 2018, S. 132).

R8: Recycle

Unter dem Prinzip „Recycle“ versteht man die Verarbeitung von Produkten am Ende ihres Produktlebenszyklus (vgl. Bungard 2018, S. 132) von hochwertigen technischen Geräten durch Schreddern, Schmelzen oder sonstigen Aktivitäten zu neuen zu verarbeitenden Grundstoffen (vgl. Reike et al. 2018, S. 256f.). Dadurch soll die im Material vorhandene energetische Leistung und Arbeitsleistung erhalten bleiben. Die entstehenden Grundstoffe werden auch „Sekundärrohstoffe“ genannt. Dadurch unterscheidet sich Recycling auch gravierend von den niedrigstufigeren Rs, da beim Recycling das entstehende Material nichts mehr mit den Ausgangsprodukten gemeinsam hat und im Prinzip überall verwendet werden kann (vgl. Reike et al. 2018, S. 257).

Es kann jedoch zwischen werkstofflichem und rohstofflichem Recycling unterschieden werden. Beim werkstofflichen Recycling erfolgt die stoffliche Umformung ohne chemische Veränderung und das Material kann direkt für neue Produkte verwendet werden. Dafür sollte jedoch das Ausgangsmaterial bereits ziemlich sortenrein sein (vgl. Kranert 2017, S. 253). Aufgrund dessen werden bei der Sammlung der Materialien diese bereits nach unterschiedlichen Qualitäten sortiert.

Das rohstoffliche Recycling macht sich die Materialbestandteile auf Molekülebene zu Nutze und wandelt diese um, indem chemische Bindungen verändert und dadurch Moleküle verkleinert werden. Die entstehenden Produkte können anschließend chemisch oder energetisch genutzt werden (vgl. Kranert 2017, S. 253).

Derzeit steht Recycling an erster Stelle im Hinblick auf Materialwiederverwertung innerhalb der verschiedenen Prinzipien (vgl. Bungard 2018, S. 132). In den Jahren 2012 bis 2014 wurden immer noch 76-78% des Materials recycelt, wenngleich diese Zahl einem Trend folgt, der leicht geringer wird (vgl. Kirchherr et al. 2018, S. 226). Dies sollte sich jedoch bei fortschreitender Entwicklung der Circular Economy ändern, da das Recycling eigentlich die energetisch aufwändigste stoffliche Materialwiederverwertung darstellt und deshalb nur als letzter Ausweg für die stoffliche Wiederverwendung in Betracht gezogen werden sollte (vgl. Reike et al. 2018, S. 257).

R9: Recover

„Recover“ beschreibt die energetische Verwertung der nicht mehr für stoffliche Verwertung zu gebrauchenden Materialien hauptsächlich durch Verbrennung (vgl. Kirchherr et al. 2018, S. 224). Dabei wird die in den Stoffen enthaltene Energie genutzt (vgl. Kranert 2017, S. 254) und freigesetzt, wodurch diese für andere Zwecke eingesetzt werden kann (vgl. Reike et al. 2018, S. 257). Die Energie kann jedoch je nach Prozessauswahl (z.B.: Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse oder anaerobe Gärung) in verschiedenen Formen auftreten, wie zum Beispiel als Wärme, Elektrizität oder Treibstoff (vgl. Kalmykova et al. 2018, S. 196). Dadurch sind die eingesetzten Materialien zwar direkt verloren, können jedoch indirekt wieder dem Wertschöpfungskreislauf zugeführt werden. Die Option „Recover“ sollte noch nach dem Recycling die letzte Alternative sein, um Material indirekt wieder in den Kreislauf zurückzuführen, da es sehr viel kostenintensiver ist, neue Rohstoffe herzustellen und zu fördern und deshalb die bereits verwendeten Materialien solange wie möglich im Einsatz bleiben sollten (vgl. Jörgensen/Pedersen 2018, S. 109). Aufgrund dessen steht dieses Prinzip auch an letzter Stelle der CE und dennoch ist dieses Vorgehen heute weltweit noch am weitesten verbreitet, weshalb ein großer

Wert an Ressourcen verloren geht und die Umwelt massiv beeinflusst wird (vgl. Ghisellini et al. 2016, S. 19).

3 Kreislaufwirtschaft in der industriellen Praxis

Im Folgenden wird die Kreislaufwirtschaft, die in unterschiedlichen Unternehmen angewendet wird, beschrieben. Es wird auf die drei Säulen der Nachhaltigkeit eingegangen, um zu verstehen, wie der Begriff „Nachhaltigkeit“ in Unternehmen etabliert ist. Anschließend werden Anwendungsbeispiele in verschiedenen Branchen aufgezeigt, um einen Überblick der aktuellen Situation in der industriellen Praxis zu erhalten.

3.1 Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit im Unternehmen

Die drei Säulen der Nachhaltigkeit bestehen grundsätzlich aus Soziales, Ökologie und Wirtschaft. (vgl. Abbildung 3.1)



Abb. 3.1: Dimensionen der Nachhaltigkeit (Eigene Darstellung)

Der Treiber der Unternehmen, um nachhaltig zu agieren, ist die Wettbewerbsfähigkeit sowie das Erzielen von langfristigen Gewinneinnahmen. Das Ziel einer Kreislaufwirtschaft ist es, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern. Dafür werden die drei Säulen der Nachhaltigkeit herangezogen. Die einzelnen Säulen der Nachhaltigkeit bestehen aus Soziales, Ökologie und Ökonomie (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 223).

Soziale Nachhaltigkeit

(Werte im Umgang mit Menschen, Ethische Grundsätze)

Hierbei wird versucht, dass der Staat sowie die Gesellschaft einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. Hierfür können als Beispiele solidarische Systeme, wie Diversität und Gleichberechtigung oder Jobsicherheit herangezogen werden (vgl. Tröger/Wieser, 2015, S. 23ff.). Die Kreislaufwirtschaft versucht den Schutz, die Transformation und Stärkung der Entwicklung in der Gesellschaft, menschliches Wohlergehen sowie die Sicherung der Arbeitsplätze, die in der sozialen Säule verankert ist, sicherzustellen (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 223).

Ökologische Nachhaltigkeit

(Ressourcenschonendes Handeln/Umweltaspekte)

Um das Ökosystem zu schützen, muss der Umgang mit knappen Ressourcen mit Sorgfalt gelernt werden, um auch die CO₂-Emissionen zu verringern (vgl. Tröger/Wieser, 2015, S. 18). Der ökologische Aspekt betrachtet, inwiefern die Kreislaufwirtschaft für die Aufrechterhaltung, den Schutz sowie die Wiederherstellung der Umwelt geeignet ist und wie die Ressourceneffizienz gestaltet werden kann. Dies führt dazu, dass die Kreislaufwirtschaft den Übergang zu einer emissionsfreien Wirtschaft betrachtet (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 223).

Für die ökologische Betrachtung müssen die Prozesse für den Gebrauch, Produktion und Entsorgung untersucht werden, um so die Folgen für die Umwelt zu ermitteln. Dazu wird die Produktlebenszyklusanalyse als Tool verwendet, um den gesamten Energieverbrauch entlang der genannten Prozesse zu ermitteln (vgl. Tröger/Wieser, 2015, S. 18).

Ökonomische Nachhaltigkeit

(Geschäftsphilosophie)

Der ökonomische Teil der Nachhaltigkeit zielt auf die Aufrechterhaltung, Schutz und die Umgestaltung in der Wirtschaft ab und wie diese nachhaltig gestärkt werden kann. Dabei wird versucht, dass die langfristige Nachfrage durch neue innovative Geschäftsmodelle sichergestellt wird, um so einen Anreiz für die Unternehmen zu schaffen (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 223).

Die Kreislaufwirtschaft - Cradle-to-Cradle, C2C in der industriellen Praxis

Für die Betrachtung der Kreislaufwirtschaft darf die Berücksichtigung der drei Säulen der Nachhaltigkeit nicht vernachlässigt werden. Um eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu implementieren, müssen die drei Säulen der Nachhaltigkeit erfüllt werden (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 227).

Der Cradle-to-Cradle Prozess wird bereits von vielen Unternehmen praktiziert, dabei werden ihre eigenen Produkte zurückgenommen und zu neuen Produkten umgewandelt. Für den Umwandlungsprozess zu neuen Produkten wird auf erneuerbare Energien zurückgegriffen, um den CO₂-Verbrauch zu reduzieren (vgl. Utopia, 2015). Der Fokus liegt in der Design- und Konzeptphase eines Produkts, sodass die Wiederaufbereitung erleichtert wird (vgl. Utopia, 2015). Der Vorteil des Cradle-to-Cradle Prozesses liegt darin, dass ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil generiert wird (vgl. Utopia, 2015).

Um die Kreislaufwirtschaft voranzutreiben, werden unterschiedliche Geschäftsmodelle entwickelt, sodass die drei Säulen der Nachhaltigkeit erfüllt werden (vgl. Kirchherr et al., 2017, S. 228). Der Fokus auf nachhaltige Geschäftsmodelle wurde bereits im Jahr 2012 entdeckt (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012). In Abbildung 3.2 sind die unterschiedlichen Geschäftsmodelle dargestellt, die zu einer vollkommenden Kreislaufwirtschaft führen sollen. Dabei werden die einzelnen Phasen der Produktion, Nutzung und Zirkulation mit den verschiedenen Zielen der Economy näher betrachtet und Geschäftsmodelle vorgestellt.

Ziele:	Maker Economy	Sharing Economy	Circular Economy
Plattformen	Maker-Plattform Betreiber	Sharing-Plattform Betreiber	Zirkulations-Plattform Betreiber
Allianzen	Co-Creation Hersteller	Co-Creation Dienstleistungsanbieter	Recycling Allianz
Einzelfirmen	Transaktionsorientierter Hersteller	Serviceorientierter Anbieter	Rückführungsorientierter Anbieter
Phasen:	Produktion	Nutzung	Zirkulation

Abb. 3.2: Unterschiedliche Geschäftsmodelle (in Anlehnung an Walcher/Leube, 2017, S. 28)

3.2 Anwendungsbeispiele aus der Industrie

Durch die zunehmende Globalisierung steigt die Abhängigkeit der Unternehmen an den Rohstofflieferungen weltweit (vgl. Förtsch/Meinholz, 2015, S. 347f.). Dabei werden folgende Aspekte für die kritischen Rohstoffe berücksichtigt:

- wirtschaftliche Bedeutung
- Versorgungsrisiko

Um das Rohmaterial nach der wirtschaftlichen Bedeutung zu beschreiben, sind die Verwendung und der Einsatzort des Produkts ausschlaggebend (vgl. Förtsch/ Meinholz, 2015, S. 347f.).

Die Abbildung 3.3 zeigt die Ergebnisse einer Befragung von 91 Personen. Unter anderem wurden Geschäftsführer, Vorstände und Einkaufsleiter mit der Frage "Für welche Rohstoffe rechnen Sie aktuell und zukünftig mit Versorgungsproblemen?" konfrontiert. Die Umfrage wurde im Jahr 2017 in Deutschland, Österreich und Schweiz vorgenommen.

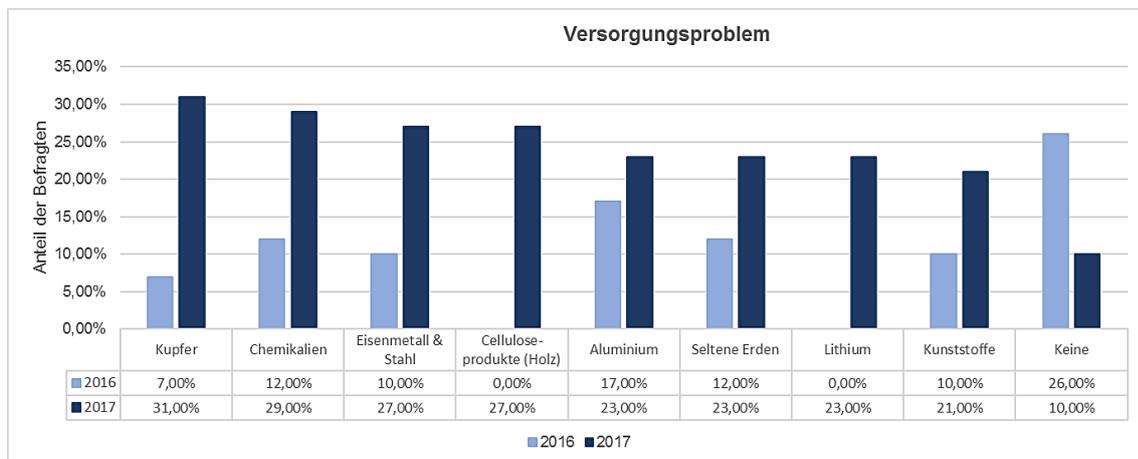


Abb. 3.3: Einschätzung von Versorgungsproblemen für ausgewählte Rohstoffe (Statista, 2018b)

Es kann festgestellt werden, dass durchgängig ein höheres Versorgungsproblem für alle angegebenen Rohstoffe befürchtet wird.

3.2.1 Elektroindustrie

In diesem Abschnitt wird auf die Elektroindustrie eingegangen. Es werden Elektro- und Elektronik-Altgeräte (EAG) sowie spezielle Rohmaterialien wie Seltene Erden und Kupfer beschrieben. Unter der EAG werden folgende "(...) Geräte bezeichnet, die zu Abfall geworden sind oder nicht mehr zweckmäßig eingesetzt werden können (z.B. defekt)." (Schebek, 2007, S. 7).

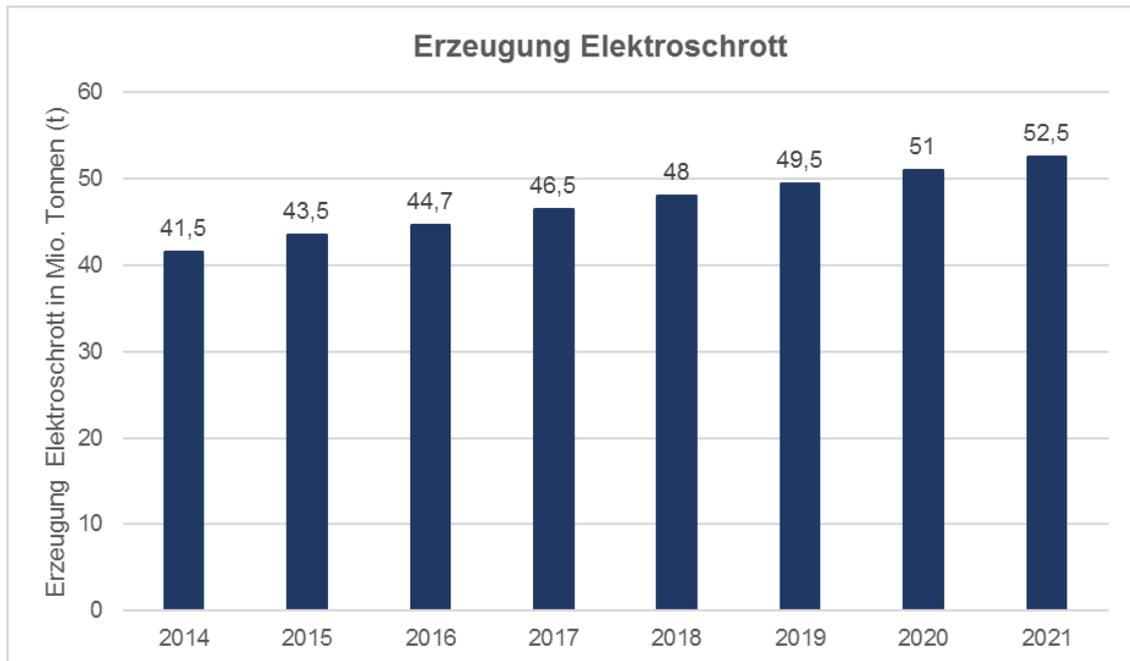


Abb. 3.4: Elektroschrotterzeugung 2014 bis 2021 weltweit (in Anlehnung an Statista 2018g)

Obsoleszenzgründe

Ein wesentlicher Treiber, welcher die Kreislaufwirtschaft verhindert, ist die Obsoleszenz von Produkten, die von ihrer Nutzungsdauer abhängig ist. Dabei wird die Nutzungsdauer von der Qualität der Materialien sowie der Konstruktion und Auslegung des Produkts beeinflusst (vgl. Träger/Wieser, 2015, S.16). Das Ziel einer Linearwirtschaft ist es, die Produkte mit einer künstlichen Obsoleszenz auszulegen, sodass eine kürzere Nutzungsdauer entsteht (vgl. Träger/Wieser, 2015, S. 37). Daraus resultierend werden die Güter schneller unbrauchbar, sodass die Verbraucher neue Produkte kaufen müssen (vgl. Walcher/Leube, 2017, S. 21).

Die wesentlichen Gründe werden in Abbildung 3.5 dargestellt. Für eine Obsoleszenz eines Produkts können diese in drei Kategorien Matter, Mind und Money eingeteilt werden (vgl. Walcher/Leube, 2017, S. 21).

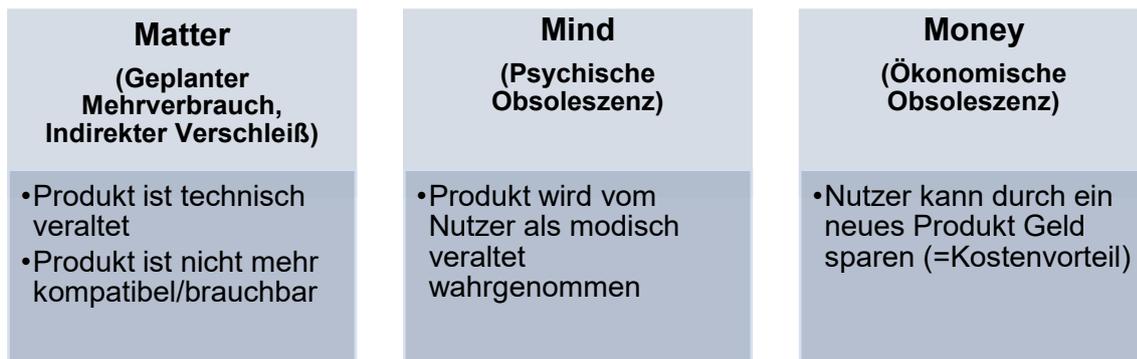


Abb. 3.5: Gründe für Obsoleszenz (in Anlehnung an Tröger/Wieser, 2015), (in Anlehnung an Reuß/Dannoritzer, 2013)

Im Folgenden wird der Fokus auf IT- und Telekommunikationsgeräte gelegt. Der Anteil an Elektro- und Elektronik-Altgeräten (EAG) im Bereich IT- und Telekommunikationsgeräten wurde in der EU auf 750.000 Tonnen geschätzt (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012). Allein im Jahr 2013 wurden in Deutschland 232.678 Tonnen in den Verkehr gebracht (vgl. Förster/Köster, 2018, S. 554). In einem Mobiltelefon werden wertvolle Rohmaterialien wie Gold, Silber und Seltene Erden verbaut. Mit 15% nimmt Kupfer den zweithöchsten Anteil am Mobiltelefon ein (vgl. Tröger/Wieser, 2015, S. 19). Allerdings ist die Rückgewinnung dieser Materialien kaum verbreitet. Aufgrund der Verknappung der Seltenen Erden, kann ein leichter Anstieg der Recyclingquote von Mobiltelefonen wahrgenommen werden (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012). Mithilfe eines neuen Geschäftsmodells „Lease/Buy-Back-Modell“ kann eine Art Pfandsystem eingeführt werden, um wiederverwendbare Bauteile zu gewinnen und die Rückgewinnung von Rohmaterialien zu erreichen (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012). Um eine vollständige Kreislaufwirtschaft für Mobiltelefone zu erhalten, müsste die Telefonindustrie eine Allianz mit Sammelstellen wie beispielsweise OEMs, Betreibern, Einzelhändlern sowie Rücknahmelogistiker bilden. So könnte eine zirkuläre Wirtschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette sichergestellt werden (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012). Die Verwertung der EAG wird folgendermaßen betrachtet: (Schebek, 2007, S. 33).

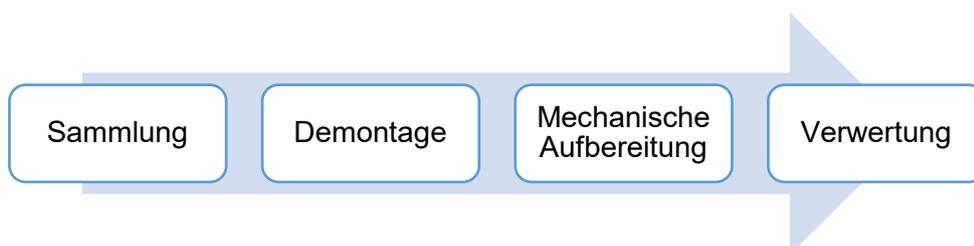


Abb. 3.6: Stufen der EAG-Entsorgung (in Anlehnung an Schebek, 2007, S. 33)

Die Abbildung 3.7 zeigt die Darstellung für eine Annäherung einer Kreislaufwirtschaft für Mobiltelefone. Der Status quo für Mobiltelefone ist der Recyclingprozess zurück bis zur Materialherstellung. Einen Remanufacturing Prozess gibt es derzeit noch nicht. Im Gegensatz dazu existiert ein Reuse-Prozess, jedoch in einer geringen Anzahl, die vom Konsumenten zurück zum Service-Dienstleister zurückfließen (vgl. Ellen MacArthur Foundation, 2012).

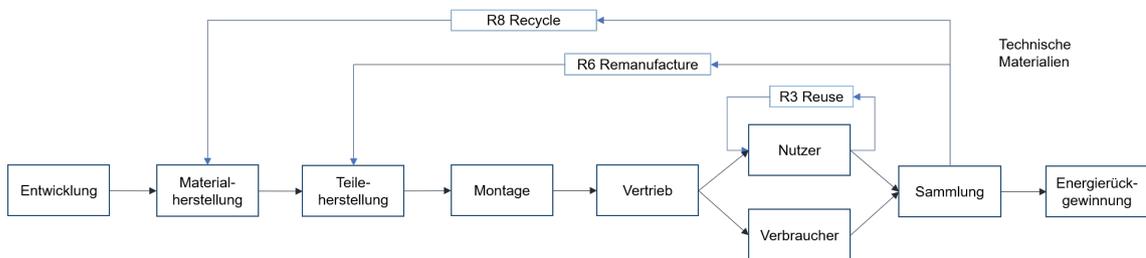


Abb. 3.7: Szenario für zirkuläre Kreislaufwirtschaft – Mobiltelefone (in Anlehnung an Ellen MacArthur Foundation, 2012)

Schließlich kann festgestellt werden, dass vor allem bei Seltenen Erden die Recyclingraten unter 1% liegen und für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft erhöht werden müssen. Um dieses Ziel zu ermöglichen, kann das Zusammenspiel von Stoff- und Informationskreisläufen verwendet werden (vgl. Thärichen, 2018).

3.2.2 Automobilindustrie

Die Automobilindustrie zählt zu den bedeutendsten Industriezweigen in Deutschland. 2015 erzielte sie eine Bruttowertschöpfung in Höhe von knapp 124 Milliarden Euro, was einem Anteil an der gesamten Wertschöpfung von circa 4,5% entspricht. Verglichen mit der gesamten Bruttowertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes, lag der Anteil dieser Industrie sogar bei 19,6% und unterstreicht somit die Bedeutung für die deutsche Wirtschaft (vgl. Statistisches Bundesamt 2017).

In Bezug auf die Circular Economy interessieren vor allem die Möglichkeiten der stofflichen Wiederverwertung innerhalb der Automobilindustrie. Aufgrund dessen sind nachfolgend die Hauptbestandteile eines Autos in Abbildung 3.8 aufgelistet.

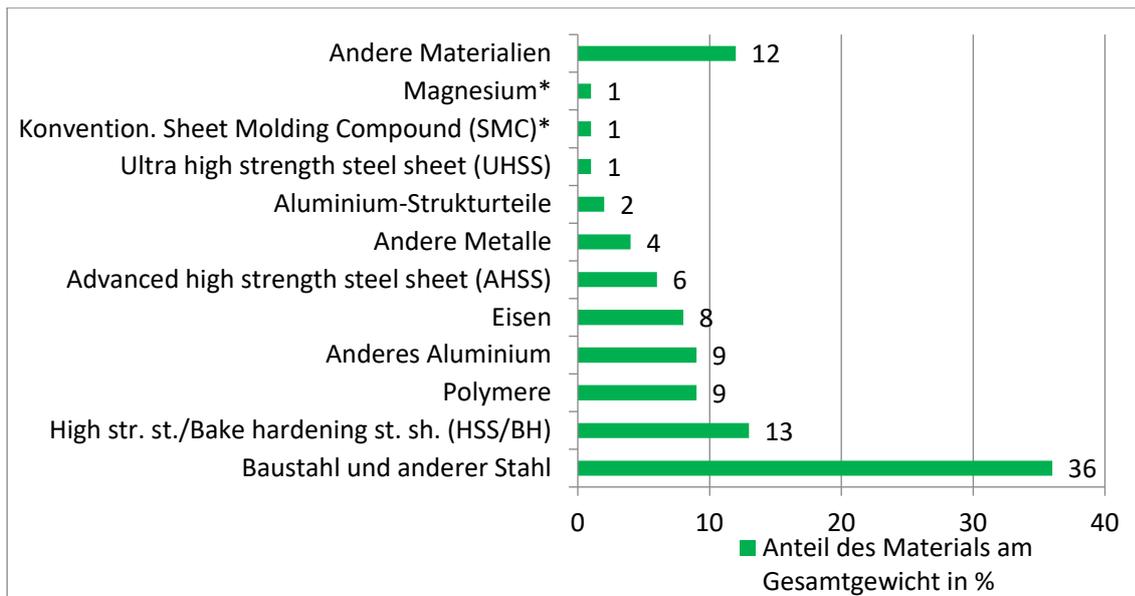


Abb. 3.8: Verwendete Materialien in der Automobilindustrie weltweit (in Anlehnung an Ducker 2016)

Es ist zu erkennen, dass überwiegend Metalle zum Einsatz kommen, die in der Regel relativ häufig stofflich verwendet bzw. gut verwertet werden können. Bis zu 97% der im Auto vorkommenden Metalle können aufbereitet werden (vgl. Umweltbundesamt 2016). Deshalb ist es besonders wichtig, dass so viele Materialien wie möglich wiederverwendet werden.

Jährlich werden in etwa 7 Millionen Fahrzeuge in Europa abgemeldet und aus dem Fahrzeugregister gelöscht (vgl. Despeisse et al. 2015, S. 668). Davon stammten im Jahr 2010 knapp 3,2 Millionen PKWs aus Deutschland, von denen wiederum circa 2 Millionen Autos exportiert werden und 500.000 verwertet werden (vgl. Förtsch/Meinholz 2015, S. 214). Der Verbleib der übrigen Fahrzeuge kann nicht genau ermittelt werden, da es sich dabei vermutlich um gestohlene oder illegale Wagen handelt (vgl. Faulstich/Mocker 2011, S. 13). Die Verwertung läuft dabei in zwei Stufen ab. Zunächst werden alle Flüssigkeiten und alle direkt wiederverwendbaren Teile der Fahrzeuge entfernt. Im zweiten Schritt werden die Karosserien geschreddert (vgl. Förtsch/Meinholz 2015, S. 214).

In Europa gibt es für die Verwertung gesetzliche Regelungen, die vorschreiben, dass mindestens 95% (vor 2015: 85%) des eingesetzten Materials verwertet werden müssen, wobei mindestens 85% (vor 2015: 80%) davon recycelt und somit stofflich dem Wertschöpfungskreislauf wieder zugeführt werden müssen (vgl. Wagner et al. 2018, S. 250).

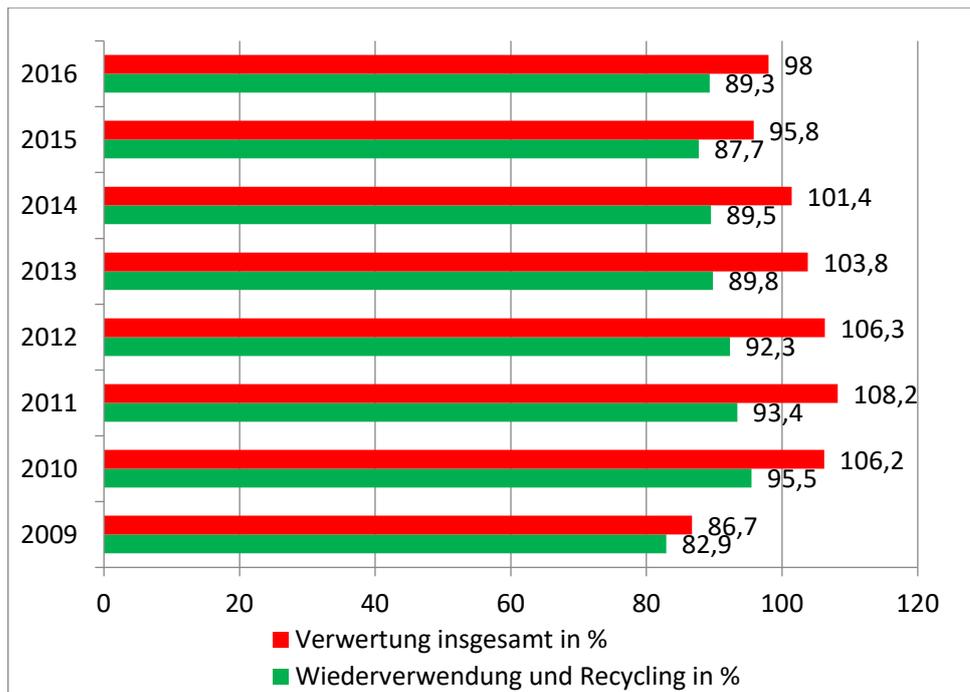


Abb. 3.9: Altfahrzeuge Verwertungsquoten in Deutschland (in Anlehnung an Statistisches Bundesamt 2018a)

Wie in Abbildung 3.9 zu sehen ist, liegen die Verwertungsquoten von Altfahrzeugen stets über den geforderten Richtlinien der Europäischen Union. Es ist jedoch anzumerken, dass die hohen Werte in den Jahren 2010 bis 2014 aufgrund von Anstauungen im Zuge der Abwrackprämie 2009 zustande kamen. Ab dem Jahr 2015 hat sich diese Lage wieder normalisiert, sodass die Werte für 2015 und 2016 durchaus repräsentativ die Verwertungsquote der Automobilindustrie darstellen (vgl. Statistisches Bundesamt 2018a). Diese ist im Jahr 2016 mit 89,3% in der stofflichen Wiederverwendung und 98,0% in der Verwertung insgesamt bereits sehr hoch. Vor allem im Vergleich zur durchschnittlichen Recyclingquote aller Abfallarten in Deutschland, die im gleichen Jahr bei 70% lag (vgl. Statistisches Bundesamt 2018b). Somit kann festgehalten werden, dass die Automobilindustrie bereits heutzutage ein Vorreiter in der Abfallverwertung in Deutschland ist.

Nichts desto trotz darf nicht vergessen werden, dass es sich bei diesen Werten lediglich um die Quoten der Altfahrzeuge handelt, die einer Verwertung zugeführt werden. Es gibt jedoch noch deutlich mehr Fahrzeuge, die nicht verwertet werden und somit noch jede Menge rohstoffliches Potenzial, das abgerufen werden könnte und wodurch nochmals deutliche Ressourcensparungen möglich wären (vgl. Faulstich/Mocker 2011, S. 13). Außerdem entspricht die Verwertung an sich nicht den Ansprüchen einer Circular Economy, da bei dieser zunächst die direkte Wiederverwendung angestrebt und das Recycling als letzte stoffliche Alternative verwendet werden soll.

Es gibt jedoch schon erste Ansätze diesbezüglich innerhalb der Automobilindustrie. So ging BMW bereits einen ersten Schritt in Richtung Circular Supply-Chain bei seinem Modell i3. Bei diesem werden erhöhte Mengen an nachhaltigen Rohstoffen und recycelten Materialien eingesetzt. Außerdem kann das Auto mit Strom aus erneuerbaren Energien fahren (vgl. Bungard 2018, S. 117).

Ein weiteres Beispiel ist „eX-change“ von Bosch. Dabei handelt es sich um ein Austauschprogramm von Fahrzeugteilen, die hochwertig wiederaufbereitet werden und somit einen verlängerten Lebenszyklus haben. Zu erwähnen ist dabei ebenfalls, dass diese Teile die gleiche Garantie besitzen wie Neuteile. Dadurch sind vorsätzliche Obsoleszenzen unwahrscheinlich.

Der mittlerweile wohl bekannteste und am weitesten verbreitete Ansatz in Richtung Circular Economy ist dennoch das Car-Sharing, das heutzutage bereits von einigen Automobilherstellern direkt angeboten wird. Beispiele dafür sind „car2go“ von Daimler und „DriveNow“ von BMW. Ebenfalls auf dem Sharing-Gedanken basiert das Modell von Audi. Dabei handelt es sich um „Audi unite“, bei dem ein Auto von einer Gruppe von fünf Leuten geteilt wird (vgl. Bungard 2018, S.117). Bei diesen Car-Sharing-Geschäftsmodellen, die von den Automobilherstellern selbst angeboten werden, bleiben die Autos im Besitz der Hersteller. Dies führt dazu, dass sie ihren Fokus verstärkt auf Langlebigkeit dieser Fahrzeuge legen, wodurch neben der geringeren Anzahl an Automobilen an sich auch weniger Ressourcen für neue Fahrzeuge mit diesem Zweck verbraucht werden.

Renault dagegen hat bereits die Konstruktion bzw. den Einsatz der Materialien in den Modellen eco² überdacht. Bei diesen Modellen können 95% der Materialien direkt wiederverwendet bzw. recycelt werden (vgl. Preston 2012, S. 9).

Die genannten Beispiele zeigen, dass bereits erste Schritte in der Automobilindustrie in Richtung Circular Economy getätigt werden, wenngleich es noch ein sehr weiter Weg ist, bis diese vollständig erreicht wird.

3.2.3 Chemieindustrie

Mit einem Umsatz von 195,55 Mrd. € und einem Anteil am gesamten Umsatz der verarbeitenden Gewerbe von ca. 10%, ist die Chemieindustrie die drittgrößte Industriebranche in Deutschland (vgl. Statista, 2019a). Die Chemieindustrie befasst sich mit der Herstellung chemischer Produkte, die in anderen Industrien weiterverarbeitet oder verwendet werden. Da der chemische Produktionsprozess immer eine stoffliche Umwandlung der Rohstoffe in Endprodukte beinhaltet, ist die Auswahl der Konzepte im Rahmen der Circular Economy begrenzt. Die am

häufigsten angewandten Methoden sind „Recycling“ und „Recovery“, die Strategien „Refuse“, „Rethink“ und „Reduce“ können unterstützend angewandt werden.

Der erste Bereich, der mit Blick auf die Anwendungsansätze der Circular Economy analysiert wird, ist die Herstellung von Kunststoffen, auch Polymere genannt, da dies 20,5 % des Gesamtumsatzes der Chemieindustrie in Europa ausmacht (vgl. Statista, 2019b). Ein Beispiel für einen häufig verwendeten Kunststoff ist Polyethylenenterephthalat oder auch PET genannt, ein allgemein bekanntes Material für Pfandflaschen. Ein weiteres geläufiges Polymer, vor allem im Baubereich als Bodenbelag, ist Polyvinylchlorid (PVC). Diese zwei sind nur ausgewählte Beispiele aus der großen Anzahl an Kunststoffarten, von denen jede seine eigenen spezifischen Eigenschaften und dadurch auch Anwendungsbereiche besitzt. Die größten vier dieser Anwendungsbereiche sind Verpackungen, Bau, Fahrzeuge und Elektronik (vgl. Förster/Köster, 2018, S. 549).

Wie zuvor schon erwähnt sind die Hauptstrategien der Circular Economy in der Chemieindustrie „Recycling“ und „Recover“. Diese Strategien finden auch schon bei der Verwertung von Kunststoffabfällen Anwendung, wie folgende Abbildung 3.10 zeigt.

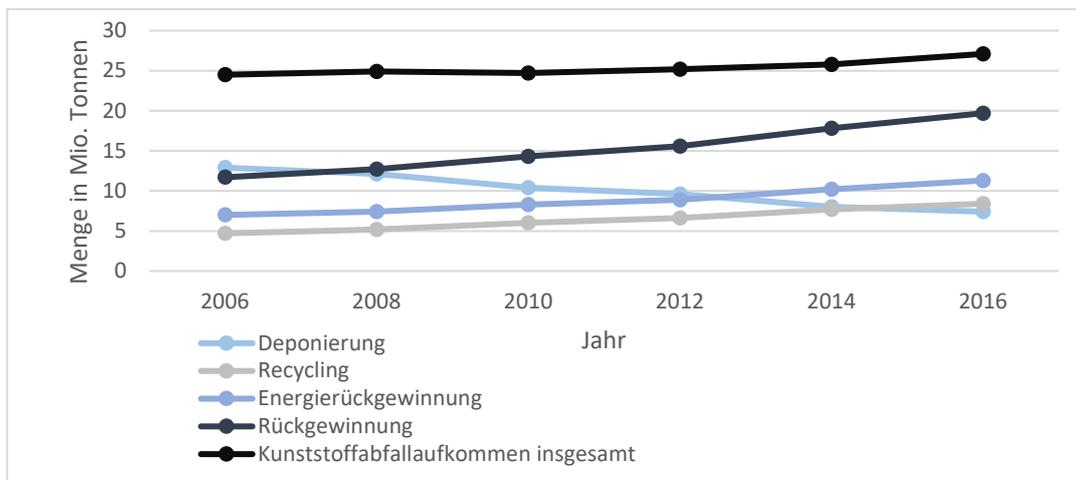


Abb. 3.10: Unterschiedliche Ansätze der Rückgewinnung von Kunststoffen (in Anlehnung an PlasticsEurope, 2018)

Hier sieht man, dass der Anteil an wiederverwerteten Abfällen, sowohl durch Recycling, als auch durch Energierückgewinnung und Rückgewinnung seit 2006 in Europa stetig ansteigt und die Menge der Deponierung um die Hälfte gesunken ist. Da aber der Hauptrohstoff für die Herstellung der Kunststoffe Erdöl ist und dies aufgrund seiner Eigenschaft als fossiler, nicht nachwachsender Rohstoff, in Zukunft in immer geringeren Mengen verfügbar sein wird, ist auch die Energierückgewinnung auf lange Sicht kein ressourcenschonender Vorgang. Denn in

der Energierückgewinnung werden die Kunststoffabfälle wegen ihres hohen Energiegehaltes thermisch verwertet, das heißt, zum Beispiel in einer Müllverbrennungsanlage zu Energieerzeugung genutzt.

Befasst man sich nun mit dem Anwendungsbereich, in dem der meiste Kunststoffabfall entsteht, so ist es in Deutschland mit 3.015 Tausend Tonnen Kunststoffabfall von 5.005 Tausend Tonnen der Bereich der Verpackungen (vgl. BKV, 2016). Daher ist es sinnvoll, sich einmal genauer mit den Ansätzen der Circular Economy für Kunststoffverpackungen auseinanderzusetzen. Vor allem, wenn man bedenkt, dass die Nutzungsdauer von Verpackungen kürzer ist als die in allen anderen Verwendungsbereichen. Der grundlegende Rohstoff für die Kunststoffproduktion ist Erdöl. Wird nun zum Beispiel der Herstellungsprozess einer Plastiktüte aus Polyethylen (PE) betrachtet, so ergibt sich, dass für ein Kilogramm Polyethylen etwa zwei Kilogramm oder umgerechnet 2,5 Liter Erdöl nötig sind (vgl. Wissenschaft, 2010). Bei einer Gesamtmenge an in Deutschland genutzten Plastiktüten im Jahr 2017 von 2,4 Milliarden (vgl. GVM, 2018) und einem Durchschnittsgewicht von 30 Gramm pro Tasche (vgl. Deutsche Umwelthilfe, 2015) ergibt sich eine Polyethylenmenge von 72 Millionen Kilogramm. Dies entspricht 90 Millionen Liter Erdöl, die pro Jahr für die Herstellung von Plastiktüten verwendet werden. Die Problematik des Erdölverbrauchs und auch der kurzen Lebensdauer ist schon länger allgemein bekannt und bewirkte die Einführung der Verpackungsverordnung im Jahre 1991 (vgl. Bundesanzeiger Verlag, 1991) und die Überarbeitung der Verordnung bis hin zum Verpackungsgesetz, das am 01.01.2019 in Kraft getreten ist. In diesem Gesetz sind der grundsätzliche Umgang mit Verpackungen und ihre vorgeschriebenen Recycling- beziehungsweise Verwertungsquoten angegeben. Die Verwertungsquote für Kunststoffverpackungen liegt bei 90 Massenprozent, wobei davon 65 Prozent werkstofflich verwertet werden müssen (vgl. Hesselmann Service GmbH, 2017). Dies bedeutet aber, dass immer noch 35 Prozent der Rohstoffe zur Energieerzeugung genutzt werden. Zudem können 10 Prozent sogar ohne Wiederverwertung entsorgt werden. Grundsätzlich gibt es aber für die Umsetzung dieser Richtlinien zwei unterschiedliche Ansätze. Als erstes gibt es die am nächsten liegende Methode des „Recyclings“ aus der Dimension der technischen Materialien des zuvor erklärten Prinzips der Circular Economy. Hier wird versucht, dass bei der Produktion neuer Kunststoffware ein möglichst großer Anteil von aus alten Kunststoffprodukten aufbereiteten Rohstoffen verwendet wird. Die andere Möglichkeit ist ein Konzept, das zum Teil der Dimension der biologischen Materialien der Circular Economy zugeordnet werden kann. Und zwar die Verwendung von natürlichen Materia-

lien. Hierbei gibt es wieder zwei verschiedene Ansätze. Zum einen die Möglichkeit bei der Herstellung des Kunststoffes nur nachwachsende Rohstoffe zu nutzen, wie zum Beispiel Mais- oder Kartoffelstärke, oder zum anderen die Produktion eines Kunststoffes, der biologisch abbaubar ist. Eine Kombination beider Methoden wäre das hier anzustrebende Optimum (vgl. Stallmann, 2017).

Die biologischen Kunststoffe sind nur ein Ansatz von vielen aus der Chemieindustrie, sich mit den Wiederverwertungsmethoden in der Dimension der biologischen Materialien zu befassen. Ein weiterer ist die Rückgewinnung von Phosphor aus der Aufbereitung von Klärschlamm. Seine stärkste Verwendung findet Phosphor in der Düngemittelherstellung, hierfür werden etwa 90 Prozent der weltweit abgebauten Phosphorerze verwendet. Probleme, die hierdurch entstehen, sind zum einen die Verfügbarkeit, da ein wirtschaftlicher Abbau des Phosphaterzes erst ab einem bestimmten Mindestgehalt gegeben ist und sich somit die wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen auf wenige Staaten beschränken. Zum anderen existiert ein nicht unerhebliches Risiko von Schwermetallbelastungen der Rohphosphate, was bei der Weiterverarbeitung zu erheblichen Mehraufwänden führt. Aus diesem Grund ist es notwendig, sich eine alternative Quelle für Phosphate zu suchen. Eine dieser Möglichkeiten ist Klärschlamm, da sich im Abwasser die Reste der durch die Nahrung aufgenommen und nicht verwerteten Phosphate befinden. An wirtschaftlichen Prozessen, die die Gewinnung von Phosphaten aus Klärschlamm ermöglichen wird noch gearbeitet (vgl. Kausch/Bertau/Matschullat, 2016, S. 50f.).

4 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Working Paper konnte herausgestellt werden, dass es sinnvolle Strategien gibt, um eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu generieren und zu implementieren. Dabei empfiehlt sich, dass das System des Rahmenkonzepts 9Rs zusammen mit den drei Säulen der Nachhaltigkeit angewendet wird.

Der Handlungsbedarf ist riesen groß, aber die Wirtschaft entwickelt sich zu langsam und nur schrittweise in Richtung Kreislaufwirtschaft. Das Konzept des „End-of-Life“ eines Produkts wird durch verschiedene Arten der Reduktion ersetzt. Diese Reduktionen werden durch bereits angewendete Ansätze der Wiederverwendung, dem Recycling und die Rückgewinnung von unterschiedlichen Materialien in den Bereichen der Produktions- und Verbrauchsprozesse entwickelt. Im Sinne der Nachhaltigkeit und Schonung der Ressourcen sind die Schritte aber noch viel zu klein.

In Zukunft wird die integrierte Zusammenarbeit auf der Mikroebene (Produkte, Unternehmen und Verbraucher), auf der Mesoebene (Ökologie und die Industrie), sowie auf der Makroebene (Stadt, Region und Land) stärker in den Fokus gerückt, um eine abgestimmte und nachhaltige Entwicklung erreichen zu können. Dabei werden nachhaltige Umweltqualität, wirtschaftlicher Wohlstand und soziale Gerechtigkeit angestrebt. Diese Ziele können dazu führen, dass die heutige sowie zukünftige Generationen einen Planeten vorfinden, der über ausreichend Ressourcen verfügt und einen ausbalancierten Wertstoffkreislauf vorweist. Eine Änderung der Konsumgewohnheiten ist unabdingbar!

Literaturverzeichnis

- ABN AMRO. (Januar 2018). *Share of people willing to consume circularly in the Netherlands in 2017, by type of consumption*. Abgerufen am 5. Januar 2019 von <https://www-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistics/856826/share-of-people-willing-to-consume-circularly-in-the-netherlands-by-type/>
- BKV. (10 2016). *Aufkommen, Verwertung und Beseitigung von Post-Consumer-Abfällen bei Kunststoffen in Deutschland nach Einsatzfeldern im Jahr 2015*. Abgerufen am 10. 01 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244281/umfrage/aufkommen-verwertung-und-beseitigung-von-post-consumer-abfaellen-bei-kunststoffen/>
- Bundesanzeiger Verlag. (12. 06 1991). *Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1991, Teil 1*. Von https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl191s1234.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl191s1234.pdf%27%5D__1547121009956 abgerufen
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit. (07. 12 2016). *Eckpunkte des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes*. Abgerufen am 12. 01 2019 von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit: <https://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/abfallpolitik/kreislaufwirtschaft/eckpunkte-des-neuen-kreislaufwirtschaftsgesetzes/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (31. 03 2015). *Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess)*. Abgerufen am 12. 01 2019 von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: <https://www.bmu.de/themen/wirtschaft-produkte-ressourcen-tourismus/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm/>
- Bungard, P. (2018). *CSR und Geschäftsmodelle - Auf dem Weg zum zeitgemäßen Wirtschaften*. Berlin: Springer Gabler.
- CIPS. (2018). *Chartered Institute for Procurement and Supply*. Abgerufen am 06. 11 2018 von <https://www.cips.org/en/knowledge/procurement-topics-and-skills/srm-and-sc-management/global-supply-chains/>.

- De Pádua Pieroni, M., Blomsma, F., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2018). Enabling circular strategies with different types of product/service-systems. *Procedia CIRP*, 73, 179-184. doi:10.1016/j.procir.2018.03.327
- Despeisse, M., Kishita, Y., Nakano, M., & Barwood, M. (2015). Towards a circular economy for end-of-life vehicles: A comparative study UK – Japan. *Procedia CIRP*(29), S. 668-673.
- Deutsche Umwelthilfe. (01 2015). *Einwegplastiktüten*. Abgerufen am 11. 01 2019 von Deutsche Umwelthilfe: http://www.duh.de/uploads/media/Einwegplastiktueten_Hintergrundpapier_2015_01.pdf
- Ducker. (August 2016). *Anteile der bei der Produktion eines Pkws verwendeten Materialien im Jahr 2015 (bezogen auf das Gewicht in Pfund)*. Abgerufen am 21. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/658683/umfrage/verwendete-materialien-in-der-automobilproduktion/>
- Ellen MacArthur Foundation. (25. Januar 2012). *Ellen MacArthur Foundation*. Abgerufen am 08. Dezember 2018 von <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- EURISPES. (Januar 2018). *Usage of share economy services in Italy in 2017*. Abgerufen am 5. Januar 2019 von <https://www-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistics/680160/usage-of-share-economy-services-italy/>
- Europäische Kommission. (23. 07 2018). *2018 Circular Economy Package*. Abgerufen am 01. 12 2019 von European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>
- Faulstich, M., & Mocker, M. (2011). *Stoffströme in der industriellen Kreislaufwirtschaft*.
- Förster, U., & Köster, S. (2018). *Umweltschutztechnik* (9. Aufl.). Berlin: Springer Vieweg.
- Förtsch, G., & Meinholz, H. (2015). *Handbuch Betriebliche Kreislaufwirtschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Galvao, G. D., de Nadae, J., Clemente, D. H., Chinen, G., & de Carvalho, M. M. (2018). Circular Economy: Overview of Barriers. *Procedia CIRP*(73), S. 79-85.

- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*(114), S. 11-32.
- GVM. (06 2018). *Entwicklung des Verbrauchs von Plastikeinkaufstüten in Deutschland von 2000 bis 2017 (in Milliarden)*. Abgerufen am 11. 01 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/738315/umfrage/verbrauch-von-tragetaschen-in-deutschland/>
- Hesselmann Service GmbH. (05. 07 2017). *Verpackungsgesetz- VerpackG*. Abgerufen am 10. 01 2019 von Des Verpackungsgesetz: <https://www.verpackungsgesetz.com/gesetzestexte/verpackg/>
- Hofbauer, G.; Sangl, A. (2018). *Professionelles Produktmanagement - Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien*, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Erlangen, 2018.
- Hofbauer, G.; Hellwig, C. (2016). *Professionelles Vertriebsmanagement - Der prozessorientierte Ansatz aus Anbieter- und Beschaffersicht*, 4. aktualisierte und erweiterte Auflage, Erlangen 2016.
- Hofbauer, G. (2017). *Technische Beschaffung: Der Beschaffungsprozess (Strategisches Beschaffungsmanagement)* Berlin 2017.
- Hofbauer, G.; Rau, D. (2011). *Professionelles Kundendienstmanagement, Strategie, Prozess, Komponenten*, Erlangen 2011.
- Holst, A., Buddemeier, P., & Machur, W. (2018). *Circular Economy - Deutsche Unternehmen auf dem Weg zu transformativen Geschäftsmodellen*. In P. Bungard, *CSR und Geschäftsmodelle, Auf dem Weg zum zeitgemäßen Wirtschaften* (S. 113-122). Berlin, Deutschland: Springer Gabler Verlag.
- Inverto. (2019). *Für welche Rohstoffe rechnen Sie aktuell und zukünftig mit Versorgungsproblemen?* (CHEManager) Abgerufen am 08. Januar 2019 von Statista 2019: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/800187/umfrage/erwartete-rohstoffknappheit-nach-rohstoff/>

- Ipsos. (Oktober 2015). *Personally, do you have a precise idea of what the term "circular economy" means?* Abgerufen am 5. Januar 2019 von <https://www-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistics/766778/economy-circular-notoriety-french/>
- Jørgensen, S., & Pedersen, L. J. (2018). *RESTART Sustainable Business Model Innovation*. Cham, Schweiz: Palgrave Macmillan.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation & Recycling*(135), S. 190-201.
- Kausch, P., Bertau, M., & Matschullat, J. (2016). *Rohstoffwirtschaft und gesellschaftliche Entwicklung - Der nächsten 50 Jahre*. (H. Mischo, Hrsg.) Berlin: Springer Verlag.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*(127).
- Kortmann, S., & Piller, F. (2016). Open Business Models and Closed-Loop Value Chains. *California Management Review*, 58, 88-108. doi:10.1525/cmr.2016.58.3.88
- Kranert, M. (2017). *Einführung in die Kreislaufwirtschaft*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Lankester, A. (17. Juni 2018). *Changing Gears Expedition*. Abgerufen am 08. December 2018 von What is a Circular Economy?: <https://www.changinggears.net/what-is-circular-economy/>
- Maintain/Repair: Circular Economy Toolkit*. (05. 01 2019). Von Circular Economy Toolkit: <http://circulareconomytoolkit.org/maintain-repair.html> abgerufen
- Neligan, A. (2018). Digitalisation as Enabler Towards a Sustainable Circular Economy in Germany. 101-106. Berlin: ZBW - Leibniz Information Centre for Economics.
- Okorie, O., Salonitis, K., Charnley, F., Moreno, M., Turner, C., & Tiwari, A. (2018). Digitisation and the Circular Economy: A Review of Current Research and Future Trends. *MDPI*, 1-33. doi:10.3390/en11113009
- Patzelt, H., Alexy, O., Breugst, N., & Milanov, H. (2015). Guidelines for theses, seminar papers and reports. Munich.

- PlasticsEurope. (Dezember 2018). *Kunststoffabfallaufkommen und recycelte Menge Kunststoff in Europa*. Abgerufen am 11. 01 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/206843/umfrage/kunststoffabfallaufkommen-und-recycelte-menge-kunststoff-in-europa/>
- Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Chatham House.
- Reike, D., Vermeulen, W. J., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? – Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation & Recycling*(135), S. 246-264.
- Reuse/Redistribute: Circular Economy Toolkit*. (04. 01 2019). Von Circular Economy Toolkit: <http://circulareconomytoolkit.org/reuse-redistribute.html> abgerufen
- Reuß, J., & Dannoritzer, C. (2013). *Kaufen für die Müllhalde - Das Prinzip der geplanten Obsoleszenz*. Freiburg: Orange Press.
- Rüdiger, H. (1998). *Gestaltung von managementorientierten Anreizsystemen zur Unterstützung von Strategien des Wandels*. Diplomica Verlag GmbH.
- Schebek, L. (2007). *Elektro- und Elektronik-Altgeräte - Müll oder mehr?* Michelstadt, Deutschland, Baden-Württemberg. Abgerufen am 08. 12 2018 von <https://slideplayer.org/slide/665321/>
- Statista. (Juni 2017a). *Weltbevölkerung von 1950 bis 2017 (in Milliarden)*. Abgerufen am 19. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/1716/umfrage/entwicklung-der-weltbevoelkerung/>
- Statista. (Juni 2017b). *Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100 (in Milliarden)*. Abgerufen am 19. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>
- Statista. (September 2018a). *Abfallaufkommen weltweit im Jahr 2016 und Prognose für die Jahre 2030 und 2050 (in Milliarden Tonnen)*. Abgerufen am 19. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/917565/umfrage/prognose-abfallaufkommen-weltweit/>

- Statista. (Januar 2018b). *Für welche Rohstoffe rechnen Sie aktuell und zukünftig mit Versorgungsproblemen?* Abgerufen am 19. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/800187/umfrage/erwartete-rohstoffknappheit-nach-rohstoff/>
- Statista. (2019a). *Umsätze der wichtigsten Industriebranchen in Deutschland.* Abgerufen am 10. 01 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/241480/umfrage/umsaetze-der-wichtigsten-industriebranchen-in-deutschland/>
- Statista. (2019b). *Umsatzverteilung der Chemieindustrie in der EU nach Sektoren.* Abgerufen am 10. 01 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/181859/umfrage/eu-chemieindustrie--umsatzanteile-nach-sektoren/>
- Statista, U. N. (2019). *Erzeugung von Elektroschrott weltweit in den Jahren von 2014 bis 2016 und eine Prognose bis 2021 (in Millionen Tonnen).* Abgerufen am 08. January 2019 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/792541/umfrage/erzeugung-von-elektroschrott-weltweit/>
- Statistics Denmark. (Juni 2017). *Share of individuals who participated in the sharing economy in Denmark in 2017.* Abgerufen am 5. Januar 2019 von <https://www-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistics/885584/participation-in-sharing-economy-in-denmark/>
- Statistisches Bundesamt. (14. September 2017). *Automobilindustrie trägt 4,5 % zur Bruttowertschöpfung in Deutschland bei.* Abgerufen am 11. Februar 2019 von https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2017/09/PD17_326_811pdf.pdf?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt. (Juni 2018a). *Verwertungsquoten von Altfahrzeugen in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2016.* Abgerufen am 21. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/170062/umfrage/altfahrzeuge-verwertungsquoten-in-deutschland-seit-2004/>
- Statistisches Bundesamt. (Juli 2018b). *Recyclingquoten der Hauptabfallströme in Deutschland im Jahr 2016.* Abgerufen am 21. Dezember 2018 von <https://de-statista-com.thi.idm.oclc.org/statistik/daten/studie/197703/umfrage/recyclingquoten-der-hauptstroeme-von-abfaellen/>

- Thärichen, H. (08. Dezember 2018). *Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018* vorgestellt. Von Verband Kommunalen Unternehmen e.V (VKU):
[https://www.vku.de/themen/europa/statusbericht-der-deutschen-kreislaufwirtschaft-2018/?sword_list\[\]=reiche&no_cache=1](https://www.vku.de/themen/europa/statusbericht-der-deutschen-kreislaufwirtschaft-2018/?sword_list[]=reiche&no_cache=1) abgerufen
- Tröger, N., & Wieser, H. (2015). Die Nutzungsdauer und Obsoleszenz von Gebrauchsgütern im Zeitalter der Beschleunigung. *Arbeiterkammer (AK) Wien*.
 doi:10.13140/RG.2.1.4951.0567
- Umweltbundesamt. (8. Januar 2016). *Altauto, Altautoverwertung*. Abgerufen am 21. Dezember 2018 von <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/mobilitaet/altauto-altautoverwertung#textpart-2>
- Utopia. (21. October 2015). Abgerufen am 08. December 2018 von Cradle to Cradle - Die Vision von der Kreislaufwirtschaft ohne Abfall: <https://utopia.de/ratgeber/cradle-to-cradle-die-vision-von-der-kreislaufwirtschaft-ohne-abfall/>
- Wagner, H., Koch, B., & Seitz, F. (2018). Cradle to Cradle in der Automobilindustrie. In H. Wagner, & S. Kabel, *Mobilität 4.0 – neue Geschäftsmodelle für Produkt- und Dienstleistungsinnovationen* (S. 245-270). Wiesbaden: Springer Fachmedien GmbH.
- Walcher, D., & Leube, M. (2017). *Kreislaufwirtschaft in Design und Produktmanagement - Co-Creation im Zentrum der zirkulären Wertschöpfung*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Wilts, H., & von Gries, N. (2017). Der schwere Weg zur Kreislaufwirtschaft. In H. Wilts, *Gesellschaft, Wirtschaft, Politik (GWP)* (S. 23-28). Wuppertal: Wuppertal Institut.
- Wissenschaft. (21. 09 2010). *Wie viel Öl steckt in Plastiktüten?* - *Wissenschaft.de*. Abgerufen am 11. 01 2019 von *Wissenschaft.de*: <https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/wie-viel-oel-steckt-in-plastiktueten/>
- WWF Deutschland. (2018). *Living Planet Report 2018 - Kurzfassung*.



*Silvia Buchberger
Günter Hofbauer
Lukas Mangold
Katharina Truong*

***The Concept of the Circular
Economy as a Maxim for
Procurement and Sales in Industry***

Impressum

Herausgeber

Der Präsident der Technischen Hochschule Ingolstadt
Esplanade 10, 85049 Ingolstadt
Telefon: +49 841 9348-0
Fax: +49 841 9348-2000
E-Mail: info@thi.de

Druck

Hausdruck

Die Beiträge aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“ erscheinen in unregelmäßigen Abständen. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist gegen Quellenangabe gestattet, Belegexemplar erbeten.

Internet

Alle Themen aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“, können Sie unter der Adresse www.thi.de nachlesen.