



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Schriftenreihe

Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement

Ausgabe 1/2021

Tobias Röhr

Kreislaufwirtschaft nach dem Cradle-to-Cradle-Vorbild:
Wie kann ein geschlossener Ressourcenkreislauf erreicht werden?

Eine Untersuchung unternehmerischer Konzepte mit Beispielen aus der Praxis



Prof. Dr. Marlen Gabriele Arnold (Hrsg.)

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Titelgraphik: Vierthaler und Braun, München

Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement

Herausgeber: Technische Universität Chemnitz
Fakultät Wirtschaftswissenschaften
Professur Betriebswirtschaftslehre, Betriebliche Umweltökonomie
Prof. Dr. Marlen Gabriele Arnold
Thüringer Weg 7
09126 Chemnitz
<https://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/bwl8/index.php>

ISSN 2567-7934

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-223462>



Alle Texte dieser Veröffentlichung sind unter der CC-Lizenz CC BY lizenziert. Davon ausgenommen sind das Logo der TU Chemnitz, die Titelgrafik sowie Zitate und Abbildungen im Text.
Lizenzvertrag: [Creative Commons Namensnennung 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Zur Schriftenreihe

Die Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement bietet ein interdisziplinäres Forum für Forschung über aktuelle Themen im Bereich der trans-, interdisziplinär sowie systemisch und integrativ ausgerichteten Nachhaltigkeitsforschung.

In der Schriftenreihe werden innovative wissenschaftliche Aufsätze und konzeptionelle Beiträge zur Stärkung der inter- und transdisziplinären Nachhaltigkeitsforschung publiziert. Mit der Veröffentlichung von Studien-, Seminar- und Forschungsergebnissen trägt die Technische Universität Chemnitz essentiell dazu bei, den Wissenstransfer zwischen Forschungseinrichtungen sowie zwischen Praxis und Wissenschaft zu stärken.

Das Themenspektrum der Schriftenreihe ist breit gefächert und zielt auf Forschungsarbeiten und Praxiserfahrungen aus ökonomischer und interdisziplinärer Sicht im Bereich Nachhaltigkeit.

In der Schriftenreihe werden Beiträge sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache veröffentlicht.

Schlüsselwörter

Innovative Ansätze, Betriebliche Umweltökonomie, Nachhaltigkeitsmanagement, Systemische Konzepte, Integrative Konzepte, Interdisziplinäre Forschungsansätze

Series Corporate environmental management and sustainability management

The scientific series of corporate environmental economics and sustainability management offers an interdisciplinary forum for research on current topics in the area of trans-, interdisciplinary and systemic and integrative sustainability research.

Innovative scientific essays and conceptual contributions strengthening interdisciplinary and transdisciplinary sustainability research are published in the series. With the publication of study, seminar and research results, the Technical University of Chemnitz contributes significantly to the transfer of knowledge between research facilities and between practice and science.

The series comprises a broad thematic spectrum and aims at research and practical experience from an economic and interdisciplinary perspective.

Contributions are possible in German and English.

Key words

Innovative approaches, Corporate environmental management, Sustainability management, Systemic concepts, integrative concepts, interdisciplinary research approaches

Open Access

Die Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement wird ausschließlich online bereitgestellt. Die Herausgeberin unterstützt open access, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen kostenfrei und unbeschränkt zu erhalten.

Zitation des Beitrags

Röhr, T. (2021). Kreislaufwirtschaft nach dem Cradle-to-Cradle-Vorbild: Wie kann ein geschlossener Ressourcenkreislauf erreicht werden? Eine Untersuchung unternehmerischer Konzepte mit Beispielen aus der Praxis. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2021, Chemnitz.

Kreislaufwirtschaft nach dem Cradle-to-Cradle-Vorbild: Wie kann ein geschlossener Ressourcenkreislauf erreicht werden?

Eine Untersuchung unternehmerischer Konzepte mit Beispielen aus der Praxis

Abstract

Das aktuell vorherrschende lineare Wirtschaftsprinzip ist für viele Umweltprobleme verantwortlich. Neben der immensen Umweltverschmutzung sorgt der stetig wachsende Ressourcenverbrauch für eine zunehmende Verknappung vieler wertvoller Rohstoffe. Ein intelligentes Kreislaufwirtschaftskonzept wie Cradle-to-Cradle kann diesen Problemen entgegenwirken. Für eine erfolgreiche Umsetzung von Cradle-to-Cradle werden unternehmerische Ansätze benötigt. Im Rahmen dieses Artikels werden vier Konzepte untersucht, die in einer Kreislaufwirtschaft implementiert werden können. Diese sind Design für Demontage, Produkt-Service-Systeme, Take-back Strategien und Reverse Logistics. Für jeden dieser vier Ansätze werden die Voraussetzungen sowie Barrieren hinsichtlich der Umsetzung innerhalb eines Kreislaufwirtschaftssystems aufgezeigt. Zudem wird dargelegt, dass sie im Cradle-to-Cradle-System realisierbar sind. Weiterhin werden reale Beispiele in Form von Unternehmen vorgestellt, die die verschiedenen Modelle bereits erfolgreich umgesetzt haben. Alle vier untersuchten Konzepte sind für ein Kreislaufwirtschaftssystem unter Beachtung der Cradle-to-Cradle-Kriterien geeignet.

Schlagworte

Kreislaufwirtschaft, Cradle-to-Cradle, Design für Demontage, Produkt-Service-Systeme, Take-back, Reverse Logistics

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
1.1	Zielsetzung der Arbeit.....	9
1.2	Aufbau der Arbeit	9
2	Kreislaufwirtschaft	11
2.1	Regenerative Design	13
2.2	Performance Economy.....	14
2.3	Industrieökologie	14
2.4	Blue Economy.....	15
2.5	Biomimikry	16
3	Cradle-to-Cradle	18
3.1	Designkonzept.....	19
3.1.1	Abfall ist Nahrung.....	19
3.1.2	Erneuerbare Energien nutzen	20
3.1.3	Vielfalt feiern	20
3.2	Möglichkeiten der praktischen Umsetzung	21
3.2.1	Materialliste	21
3.2.2	Zertifizierung	22
4	Unternehmerische Konzepte	23
4.1	Design für Demontage	23
4.1.1	Voraussetzungen	24
4.1.2	Barrieren	26
4.1.3	Analyse	27
4.1.4	Beispiele.....	28
4.2	Produkt-Service Systeme	29
4.2.1	Voraussetzungen	31
4.2.2	Barrieren	32
4.2.3	Analyse	33
4.2.4	Beispiele.....	34
4.3	Take-back Strategien	35
4.3.1	Voraussetzungen	36
4.3.2	Barrieren	37
4.3.3	Analyse	38
4.3.4	Beispiele.....	39
4.4	Reverse Logistics	40
4.4.1	Voraussetzungen	41
4.4.2	Barrieren	42

4.4.3 Analyse	43
4.4.4 Beispiele.....	44
5 Ergebnisse.....	46
6 Limitierungen.....	49
Literaturverzeichnis.....	50

Abkürzungsverzeichnis

C2C – Cradle-to-Cradle

EoL – End-of-Life

DfR – Design für Recycling

DfD – Design für Demontage

CAD – Computer-Aided-Design

AR – Augmented Reality

VR – Virtual Reality

DiD – Demontage-integriertes Design

AD – Aktive Demontage

PSS – Produkt-Service-System

RL – Reverse Logistics

1 Einleitung

Der konventionelle Weg eines beliebigen Produktes durch das Wirtschaftssystem folgt in der Regel einem immer gleichen Ablauf. Aus der Umwelt werden Rohstoffe entnommen, die durch verschiedene Prozesse zu Produkten verarbeitet werden. Im Anschluss werden diese Erzeugnisse an Kund*innen verkauft und von diesen solange genutzt, bis sie ihren Zweck erfüllt haben. Nach dem Ende der Nutzung werden die Produkte auf Deponien entsorgt oder mithilfe der Müllverbrennung zur Energieerzeugung genutzt. Dieser gesamte Vorgang wird auch als lineares Wirtschaftsprinzip bezeichnet und dominiert das wirtschaftliche Handeln seit Jahrzehnten. Doch dieses Prinzip verursacht massive Probleme. Durch die Deponierung und die energetische Verwertung des Abfalls mittels Müllverbrennung gehen viele wertvolle Ressourcen, wie zum Beispiel Buntmetalle oder seltene Erden, unwiederbringlich verloren. Außerdem gelangen durch illegale Entsorgung oder fehlende Entsorgungsinfrastruktur viele Abfälle in die Umwelt. Jedes Jahr landet beispielsweise etwa sechs Millionen Tonnen Kunststoff in Meeren und Ozeanen.¹ Plastik ist nicht biologisch abbaubar und verbleibt somit für Jahrzehnte in den Gewässern der Erde. Zahlreiche Meereslebewesen verwechseln diese Abfälle mit Nahrung und verenden daran. Außerdem können sich kleinste Kunststoffpartikel, sogenanntes Mikroplastik, in den Tieren anreichern. Mittlerweile werden in neun Prozent der gefangenen Fische Rückstände von Plastik gefunden.² Durch den weltweiten Fischfang landen diese Fische wiederum als Nahrung bei den Menschen. Die zunehmende Umweltverschmutzung belastet somit nicht nur die Ökosysteme der Erde, sondern schadet letztendlich auch der Menschheit.

Für das lineare Wirtschaftsprinzip werden zudem große Mengen an Rohstoffen für die Herstellung neuer Produkte benötigt. Viele Ressourcen, die als Ausgangsstoff für die moderne Industrie gebraucht werden, sind jedoch endlich. Zahlreiche Metalle sowie Erdöl, das als Basis für Kunststoff benötigt wird, werden bei dem aktuellen Ressourcenverbrauch bereits in absehbarer Zeit knapp. Zusätzlich sorgt das exponentielle Bevölkerungswachstum dafür, dass die Nachfrage nach neuen Produkten steigt und somit noch mehr Rohstoffe gebraucht werden. Zudem wird sich die Anzahl der Menschen, die in der globalen Mittelschicht angesiedelt werden können, von 1,9 Milliarden im Jahr 2009, auf etwa 4,9 Milliarden bis 2030 erhöhen. Dieser massenhafte soziale Aufstieg hat eine hohe Nachfrage nach industriell gefertigten Gütern zur Folge.³

Eine Alternative zu diesem linearen Prinzip ist eine Kreislaufwirtschaft, deren Ziel es ist, die Ressourcen vollständig in einem Kreislauf zirkulieren zu lassen. In diesem System sind Deponien überflüssig, da jeder Abfall wieder als Rohstoff genutzt werden kann. Die Verschmutzung der Umwelt würde zumindest reduziert werden, da alle gebrauchten Materialien einen Wert als Ausgangsstoff für neue Produkte haben. Mehrere Konzepte beschreiben den Aufbau eines Kreislaufwirtschaftssystems ausführlich. Cradle-to-Cradle (C2C) ist eines davon.⁴ Bei diesem Ansatz existieren zwei Kreisläufe, die Biosphäre und die Technosphäre. In der Biosphäre zirkulieren alle biologisch abbaubaren Rohstoffe und in der Technosphäre alle Materialien, die recycelt werden müssen. Allerdings sind für C2C neben dem Kreislaufgedanken noch andere Aspekte von zentraler Bedeutung. Bereits während der Designphase soll darauf geachtet werden, dass das Produkt nach der Nutzung schnell zurück in den Kreislauf gelangt. Weiterhin

¹ Vgl. Roos, E./Maile, K./Seidenfuß, M.: Werkstoffkunde für Ingenieure; Grundlagen, Anwendung, Prüfung, Berlin 2017, S. 412.

² Vgl. Roos, E./Maile, K./Seidenfuß, M.: Werkstoffkunde für Ingenieure; Grundlagen, Anwendung, Prüfung, Berlin 2017, S. 412.

³ Vgl. Ellen MacArthur Foundation: Towards the Circular Economy, 2013, 2013, S. 14.

⁴ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002.

sollen nur gesunde Materialien verwendet werden. Umweltbelastende und gesundheitsschädliche Stoffe werden im C2C-Konzept vermieden. Dies hat den Hintergrund, dass die meisten Produkte während ihrer Nutzung verschiedene Chemikalien ausgasen. Diese chemischen Ausgasungen können langfristig zu gesundheitlichen Problemen bei Menschen führen.⁵

Es ist an der Zeit, ein nachhaltiges Kreislaufkonzept wie C2C zu etablieren, welches Lösungen zu drängenden Problemen bietet. Die zunehmende Verschmutzung der weltweiten Ökosysteme und der stetig steigende Ressourcenverbrauch können mit dem linearen Wirtschaftsprinzip nicht gelöst werden. Zudem könnte die Belastung von Menschen und Umwelt durch schädliche Inhaltsstoffe durch die Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft reduziert werden.

1.1 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die Eignung ausgewählter unternehmerischer Konzepte für eine geschlossene Kreislaufwirtschaft zu untersuchen. Es werden insgesamt vier verschiedene Herangehensweisen analysiert. Es wird für jedes Konzept geprüft, welche Voraussetzungen und Barrieren bei einer Implementierung vorliegen. Des Weiteren werden jeweils zwei Beispiele vorgestellt, die die Modelle erfolgreich in der Praxis etabliert haben. Zusätzlich wird analysiert, inwiefern die Konzepte hinsichtlich der C2C-Kriterien realisierbar sind.

In der vorliegenden Arbeit sollen demnach folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Sind die vorgestellten unternehmerischen Konzepte für die Umsetzung eines geschlossenen Ressourcenkreislaufs geeignet?
- Welche Voraussetzungen und Barrieren existieren bei diesen Konzepten?
- Sind die ausgewählten Modelle hinsichtlich der C2C-Kriterien realisierbar?

Das Ziel dieser Arbeit besteht somit darin, einen Überblick über die Eignung der Konzepte für eine Kreislaufwirtschaft unter C2C-Kriterien zu geben. Die Ergebnisse sollen Lösungen für zirkuläre Geschäftsmodelle aufzeigen. Überdies sollen die Ergebnisse Anknüpfungspunkte für weitere Forschung liefern.

1.2 Aufbau der Arbeit

In Kapitel 2 wird auf die Kreislaufwirtschaft eingegangen. Dabei wird zunächst der Begriff definiert und es wird ein kurzer Überblick über die historische Entwicklung gegeben. Danach werden fünf Konzepte vorgestellt, die sich alle im Bereich der Kreislaufwirtschaft gebildet haben. Dabei soll vor allem die Vielfalt der verschiedenen Ideen deutlich werden.

Das Kapitel 3 wird das Konzept C2C detailliert vorstellen. Dazu werden die Idee und die Denkschule erläutert. Im Anschluss werden die C2C-Prinzipien innerhalb des Designkonzeptes dargestellt. Danach werden Möglichkeiten der praktischen Umsetzung des Konzeptes thematisiert.

Das vierte Kapitel beinhaltet die Untersuchung der unternehmerischen Konzepte. Die analysierten Modelle sind Design für Demontage, Produkt-Service-Systeme, Take-back-Strategien und Reverse Logistics. Für jedes Konzept werden zunächst die Voraussetzungen und Barrieren für eine praktische Implementierung herausgearbeitet. Anschließend werden die Modelle auf ihre Eignung für die Kreislaufwirtschaft und hinsichtlich der C2C-Standards analysiert. Nachfolgend werden jeweils zwei Unternehmen vorgestellt, die die Modelle in der Praxis bereits anwenden.

⁵ Vgl. Braungart, M./McDonough, W./Bollinger, A.: Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions, a strategy for eco-effective product and system design, in: Journal of Cleaner Production, 2007. Jg., H. 15, S. 1337-1348, S. 1341.

In Kapitel 5 werden die Erkenntnisse zusammengefasst. Außerdem wird ihre Bedeutung bezüglich der Forschungsfrage verdeutlicht. In einem Ausblick werden Möglichkeiten und Herausforderungen in der Zukunft thematisiert.

Im letzten Kapitel werden die Limitierungen der vorliegenden Arbeit reflektiert.

2 Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft, im englischen als „Circular Economy“ bezeichnet, beschreibt die Idee eines Wirtschaftssystems, bei dem alle Materialien im Kreislauf zirkulieren. Es steht damit im Gegensatz zum aktuell vorherrschenden linearen Wirtschaftsmodell. Im folgenden Abschnitt werden einige Schlüsselbegriffe definiert, um das Themengebiet der Kreislaufwirtschaft genauer abzugrenzen.

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft hat insgesamt, aber vor allem im Zusammenhang mit dieser Arbeit, einen nachhaltigen Aspekt. Damit die Idee deshalb umfassend verstanden werden kann, muss zunächst geklärt werden, was „Nachhaltigkeit“ bedeutet. Iris Pufé definiert den Begriff folgendermaßen:

„Nachhaltigkeit beschreibt die Nutzung eines regenerierbaren Systems in einer Weise, dass dieses System in seinen wesentlichen Eigenschaften erhalten bleibt und sein Bestand auf natürliche Weise regeneriert werden kann.“⁶

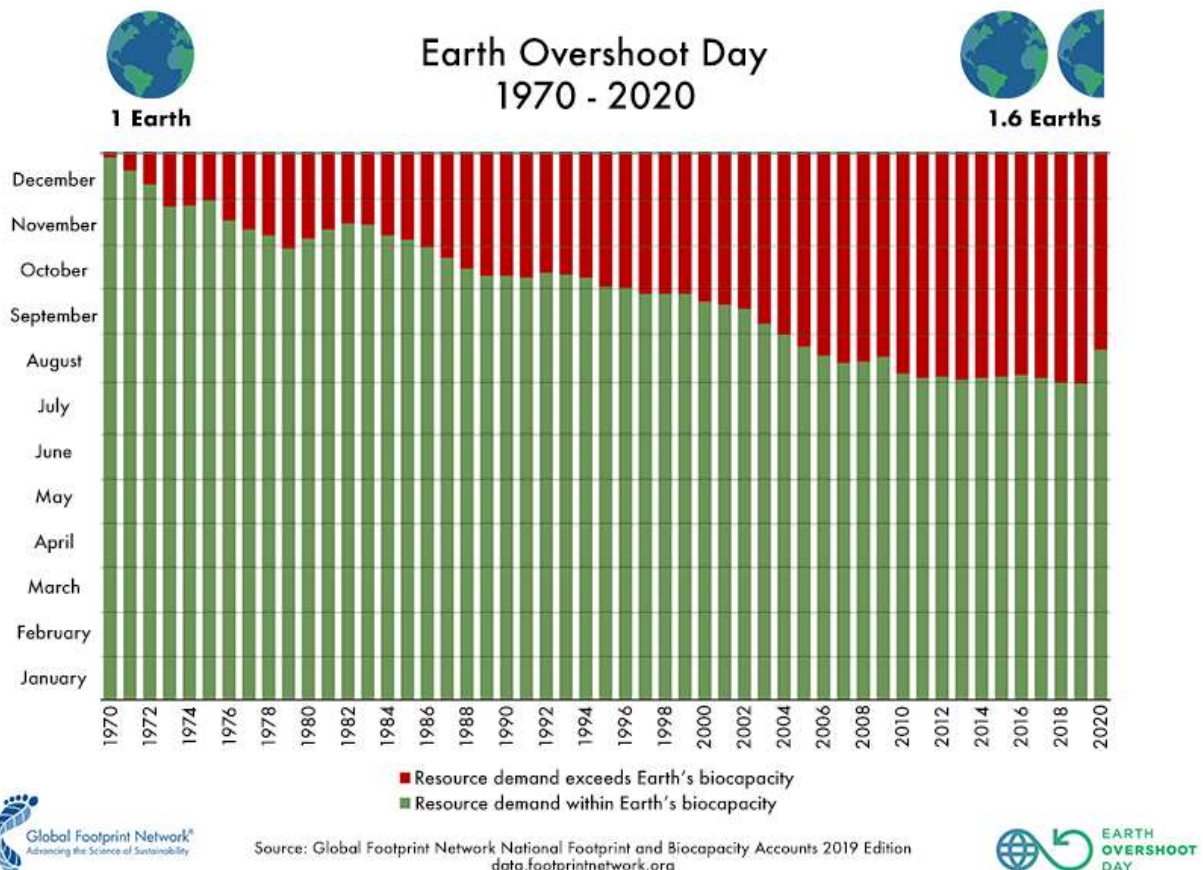


Abbildung 1: Earth Overshoot Day

Das Bevölkerungswachstum in Verbindung mit einem steigenden Ressourcenverbrauch führt dazu, dass das regenerierbare System der Erde zunehmend belastet wird. Der sogenannte Earth Overshoot Day illustriert diesen Aspekt sehr anschaulich. Dieser Tag findet jedes Jahr genau dann statt, wenn die Menschheit so viele Ressourcen verbraucht hat, wie die Erde innerhalb

⁶ Vgl. Pufé, I.: Nachhaltigkeit, Konstanz, München 2014, S. 128.

eines Jahres regenerieren kann. Im Jahr 2020 war dieser Tag der 22. August. Das bedeutet, dass an diesem Tag das Limit der Regenerationsfähigkeit erreicht wurde. Das übrige Jahr nutzt die Menschheit somit Ressourcen, die erst für das folgende Jahr bestimmt sind. In den Jahren 2018 und 2019 lag dieses Datum bereits am 29. Juli. Die Verschiebung für 2020 kann auf die Corona-Pandemie zurückgeführt werden. Durch das eingeschränkte öffentliche und wirtschaftliche Leben in vielen Teilen der Welt ist der Ressourcenverbrauch gesunken. Dadurch wird auch deutlich, dass eine Änderung des Verhaltens bereits klare Auswirkungen auf die Regenerationsfähigkeit hat.⁷ Dauerhaft führt die übermäßige Nutzung der Ressourcen zu einer Degradation des Systems Erde und damit zur Zerstörung der Grundlage für menschliches Leben. Die Menschheit muss also das aktuelle Verhalten ändern, um wieder nachhaltig zu leben. Die Kreislaufwirtschaft kann hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten.

Da durch diese Definition von Nachhaltigkeit die Grundlage geschaffen wurde, wird nun der Begriff der „Kreislaufwirtschaft“ in den Fokus gerückt. Die Kreislaufwirtschaft, im englischen „Circular Economy“ genannt, hat keine einheitliche Definition. Vielmehr unterscheiden sich die Definitionen je nach Veröffentlichung und Autor*in. Kirchherr/Hekkert/Reike (2017) haben beispielsweise in 114 Veröffentlichungen 95 verschiedene Definitionen gefunden.⁸ Allerdings erschwert diese Anzahl eine produktive Diskussion zum Thema und bietet keine einheitliche Grundlage. Daher ist es sinnvoll, eine Definition zu nutzen, die das Themengebiet möglichst umfassend und treffend beschreibt. Die Ellen MacArthur Foundation (2012) definiert Kreislaufwirtschaft folgendermaßen:

„Circular Economy is an industrial system that is restorative by intention and design. It replaces the ‚end-of-life‘ concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models.“⁹

Hierbei wird die Kreislaufwirtschaft als eigenständiges Wirtschaftssystem beschrieben, welches an die Stelle der aktuellen Linearwirtschaft tritt. Neben dem wichtigen Aspekt der Wiederverwendung wird vor allem der Fokus auf intelligentes Design von Materialien, Produkten und Geschäftsmodellen gelegt, um Abfall zu vermeiden. Außerdem spielen erneuerbare Energien und die Eliminierung von toxischen Substanzen eine wichtige Rolle. Diese Definition bietet somit eine sehr gute Grundlage, sodass die Kreislaufwirtschaft insgesamt als eigenständiges Wirtschaftssystem verstanden werden kann.

Nach der Definition wird im folgenden Abschnitt der historische Ursprung thematisiert. Dadurch wird die Grundlage für die Idee insgesamt deutlich. Der Begriff der „Kreislaufwirtschaft“ oder eben „Circular Economy“ lässt sich nicht auf die Veröffentlichung eines Autors oder einer Autorin zurückführen. Somit wird der eigentliche Ursprung des Konzeptes bis heute diskutiert. Auch wenn verschiedene Möglichkeiten bestehen, wird von vielen Autor*innen der Artikel „The Economics of the Coming Spaceship Earth“ von Kenneth Boulding aus dem Jahr 1966 als Ursprung der Idee genannt.^{10, 11} Darin beschreibt er die Entwicklung eines geschlossenen

⁷ Vgl. <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>, 04.01.21.

⁸ Vgl. Kirchherr, J./Hekkert, M./Reike, D.: Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, in: Resources, Conservation and Recycling, 2017, H. 127, S. 221-232, S. 225ff.

⁹ Vgl. Ellen MacArthur Foundation: Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition, 2012, S. 12.

¹⁰ Vgl. Murray, A./Skene, K./Haynes, K.: The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in an global context, in: Journal of Business Ethics, 2015, H. 140, S. 9.

¹¹ Vgl. Ghisellini, P./Cialani, C./Ulgiati, S.: A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, in: Journal of Cleaner Production, 2016, H. 114, S. 11-32, S. 14.

Wirtschaftssysteme in der Zukunft als unausweichlich. Seine Vorstellung davon formuliert er folgendermaßen:

„The closed economy of the future might similarly be called the "spaceman" economy, in which the earth has become a single spaceship, without unlimited reservoirs of anything, either for extraction or for pollution, and in which, therefore, man must find his place in a cyclical ecological system which is capable of continuous reproduction of material form even though it cannot escape having inputs of energy.“¹²

Boulding spricht in dieser Veröffentlichung von einem Kreislaufsystem, in dem eine kontinuierliche Reproduktion von Gütern mit begrenzten Ressourcen möglich sein muss. Damit diese Idee allerdings realistischer wird, braucht es deutlich mehr Inhalt. Die Aussage von Boulding dient somit nur als Grundlage für alle weiteren Entwicklungen hin zu einer echten Kreislaufwirtschaft.

Im Laufe der Jahrzehnte haben sich aus dieser Idee zahlreiche verschiedene Strömungen und Konzepte entwickelt. Einige davon werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert. Die beschriebenen Beispiele machen vor allem die Vielfalt der Möglichkeiten deutlich, die sich trotz der gemeinsamen Grundlage entwickelt haben. Regenerative Design und Performance Economy werden ausgewählt, um zu zeigen, dass es bereits vor 44 Jahren nützliche Ansätze gab. Industrieökologie sowie Blue Economy werden aufgeführt, weil sie komplette Industrien und Geschäftsmodelle auf Grundlage der Kreislaufwirtschaft analysieren und entwerfen können. Biomimikry schließlich ist die jüngste Idee in dieser Auswahl und beschreibt die Natur als Vorbild und Partner für die Entwicklung von Prozessen und gesamten Systemen. Dieser Ansatz steht somit für die neue Nähe zur Natur. Die Reihenfolge der aufgeführten Konzepte orientiert sich an der Entwicklung und erstmaligen Veröffentlichung.

2.1 Regenerative Design

Der US-amerikanische Professor John T. Lyle stellte 1976 seinen Student*innen eine besondere Aufgabe. Diese sollten Ideen für eine Gesellschaft entwickeln, in der Tätigkeiten des täglichen Lebens so gestaltet werden, dass sie ausschließlich mit erneuerbaren Rohstoffen und ohne jegliche Umweltschäden umgesetzt werden können. Infolgedessen wurde der Ausdruck „Regenerative Design“ mit dieser Idee verbunden.^{13, 14}

In seinem Buch „Regenerative Design for Sustainable Development“ erklärt er die Notwendigkeit eines regenerativen Designs. Damit die Bevölkerung am Leben erhalten werden kann, muss die vom Menschen gestaltete Umwelt kontinuierlich Rohstoffe und Energie für Lebensraum, Alltag und Wirtschaft bereitstellen. Nach dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik kann Energie allerdings nicht erzeugt, sondern nur von einem Zustand in einen anderen übertragen werden. Im linearen Wirtschaftssystem werden endliche Rohstoffe, wie zum Beispiel fossile Brennstoffe genutzt, um Strom zu generieren und Fahrzeuge anzutreiben. Die dabei erzeugte Energie kann allerdings nur einmalig genutzt werden und ist demnach nicht nachhaltig. Damit dieser Zustand dauerhaft aufrechterhalten werden kann, muss das System dafür sorgen, dass sich Rohstoffe und Energie in ihrem Betrieb ständig selbst erneuern oder regenerieren können. Die Energie für ein solches System kann aus erneuerbaren Quellen, wie zum Beispiel aus Wind-, Wasser- oder Solarkraftwerken, stammen. Rohstoffe und Materialien müssen recycelt und

¹² Vgl. Boulding, K.: The Economics of the Coming Spaceship Earth, in: Environmental Quality Issues in a Growing Economy, 1966, S.7f.

¹³ Vgl. https://oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/c88g8s45/entire_text/ 28.03.2020.

¹⁴ Vgl. Ellen MacArthur Foundation: a.a.O. (Towards the Circular Economy), S.31.

wiederverwendet werden. Damit dieses regenerative System als Ganzes funktioniert, müssen noch einige weitere Voraussetzungen erfüllt sein. Fossile Brennstoffe sowie synthetische Chemikalien sollten deshalb nur minimal genutzt werden. Außerdem ist der Einsatz anderer nicht-nachwachsender Rohstoffe auf das nötige Minimum zu reduzieren. Nachwachsende Rohstoffe sollten lediglich innerhalb ihrer natürlichen Kapazitätsgrenzen genutzt werden. Diese Grenzen unterscheiden sich und sind von der jeweiligen Regenerationsfähigkeit des Rohstoffes abhängig. Vor diesem Hintergrund gilt es ferner, Abfall hinsichtlich Zusammensetzung und Menge auf eine Weise zu entsorgen, dass die Umwelt keinen Schaden davonträgt. In einem linearen Wirtschaftssystem führen die Ausbeutung endlicher Rohstoffe oder die ungenügend organisierte Entsorgung umweltschädlichen Abfalls zu einem insgesamt degenerativen Trend, der dauerhaft zu einer irreversiblen Schädigung der Umwelt führt. Regenerative Systeme können hierbei ein Teil der Lösung sein.¹⁵

2.2 Performance Economy

Die Performance Economy ist eine Idee von Walter Stahel. Der Schweizer Architekt und heutige Industrieanalytiker gilt als ein Pionier der Kreislaufwirtschaft. Bereits 1976 verfasste er im Auftrag der Kommission der Europäischen Union zusammen mit Genevieve Reday den Bericht „Jobs for Tomorrow, the Potential for Substituting Manpower for Energy“. Darin wurden die Auswirkungen einer Kreislaufwirtschaft auf die Schaffung von Arbeitsplätzen, den ökonomischen Wettbewerb, Ressourceneinsparungen sowie Abfallvermeidung analysiert.¹⁶

Das im Jahr 1982 von Walter Stahel und Orio Giarini in Genf gegründete Institut für Produktdauer-Forschung ist nach eigenen Angaben die älteste unabhängige und nicht-gewinnorientierte Beratungsorganisation für nachhaltiges Wirtschaften in Europa. Seitdem beschäftigt sich das Institut mit der Entwicklung und Verbreitung der Performance Economy. Im Mittelpunkt steht dabei die Idee, nicht nur ein Produkt, sondern ebenso den dazugehörigen Service und damit eine komplette Performance zu verkaufen. Diese Vorgehensweise soll dazu führen, dass hochwertigere Produkte produziert werden, da die Hersteller daran interessiert sind, dass die Produkte reibungslos funktionieren. Außerdem bleiben die in den Produkten verwendeten Ressourcen somit im Eigentum der Unternehmen, sodass sie zum Ende der Lebensdauer wiederverwendet werden können. Diese Wiederverwendung ist ein weiterer zentraler Aspekt der Performance Economy. Indem veraltete oder defekte Geräte durch Aufbereitung oder Reparatur erneut auf den Markt gebracht werden, kann die energieintensive Verarbeitung von Rohstoffen vermieden werden. Stattdessen werden ausgebildete Fachkräfte benötigt, die in Werkstätten die Wiederaufarbeitung durchführen und somit lokale Arbeitsplätze schaffen. Daraus folgt wiederum eine Schonung von oftmals endlichen Ressourcen und damit final der Umwelt.¹⁷

Walter Stahel hat mit der Performance Economy die Grundlage für viele weitere Konzepte der Kreislaufwirtschaft, wie beispielsweise der sogenannten Produkt-Service-Systeme gelegt. Außerdem gilt er bis heute als einer der bekanntesten und profiliertesten Experten der Kreislaufwirtschaft.

2.3 Industrieökologie

Im Gegensatz zu Regenerative Design und Performance Economy lässt sich die Industrieökologie nicht mit der Idee einer einzelnen Person in Verbindung bringen. Die Bezeichnung „in-

¹⁵ Vgl. Lyle, J. T.: Regenerative Design for Sustainable Development, New York 1994, S. 10f.

¹⁶ Vgl. Ellen MacArthur Foundation: a.a.O. (Towards the Circular Economy), S. 12.

¹⁷ Vgl. <http://www.product-life.org/de> 30.03.2020.

dustrielles Ökosystem“ wurde erstmals 1989 von Robert Frosch und Nicholas Gallopoulos verwendet. In ihrem Bericht beschreiben sie die Notwendigkeit des industriellen Systems, sich insgesamt wie ein Ökosystem zu verhalten. Der Ressourcen- und Energieverbrauch müsse minimiert werden, um nachhaltig sein zu können. Der bei der Herstellung verschiedener Produkte entstehende Abfall solle wiederum als Rohstoff für andere Produkte dienen. Die Schaffung von Kreisläufen und die minimale Verwendung neuer Rohstoffe ist das primäre Ziel.¹⁸

In der Folge wurde allmählich der Begriff der Industrieökologie entwickelt. Im selben Jahr führte Robert Ayres das Konzept des industriellen Stoffwechsels (Industrial Metabolism) ein. Dieses Konzept erlaubt es, die gesamten Material- und Energieflüsse durch das industrielle System, die Transformationen sowie die Abfallbeseitigung zu untersuchen. Durch diesen holistischen Ansatz lässt sich analysieren, welcher Bereich oder welches Produkt wie viel Material und Energie verbraucht und wie hoch der Anteil des Abfalls ist. Daraufhin können Optimierungen und Verbesserungen durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise lässt sich auf jegliche Ebene des industriellen Systems übertragen. Sowohl die Herstellung eines einzelnen Produktes als auch ein gesamter Industriezweig können auf diese Weise untersucht werden.¹⁹

Die Anwendung des Konzeptes des industriellen Stoffwechsels macht somit die Wechselwirkungen des industriellen Systems mit dem umgebenden Ökosystem erkennbar. Das Ziel der Industrieökologie ist nun, die negativen Wechselwirkungen zu minimieren. Dabei spielt zunächst der Ressourcenverbrauch eine große Rolle. Die Förderung endlicher Ressourcen ist auf ein Minimum zu beschränken, denn nur wenn die Materialien in Kreisläufen zirkulieren, ist eine dauerhafte Versorgung gewährleistet. Anderenfalls sind viele Rohstoffe nur noch begrenzt verfügbar. Auch nachwachsende Ressourcen müssen nachhaltig genutzt werden, um eine Versorgung in der Zukunft sicherzustellen. Bei der Förderung aller Rohstoffe ist darauf zu achten, dass der Eingriff in das Ökosystem so minimal wie möglich ist, denn nur ein funktionierendes Ökosystem bietet den benötigten Lebensraum für die Menschheit. Die Energieversorgung des industriellen Systems sollte mit erneuerbaren Energien gedeckt werden, denn im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen sind diese unendlich verfügbar und richten bei intelligenter Anwendung keine Schäden an der Umwelt an.²⁰

Die Industrieökologie hat mit der ganzheitlichen Herangehensweise eine wichtige Funktion innerhalb der nachhaltigen Wirtschaft. Die Kreislaufwirtschaft, welche das primäre Ziel der Industrieökologie ist, kann somit außerordentlich von den dortigen Entwicklungen profitieren.

2.4 Blue Economy

Die Blue Economy wurde 1994 vom belgischen Unternehmer Gunter Pauli entwickelt. Das Ziel dieses Konzeptes ist die Gestaltung eines industriellen Systems, welches sich wie ein Ökosystem verhält. Während die Industrieökologie das gleiche Ziel mithilfe der Optimierung des bestehenden Systems verfolgt, sollen bei der Blue Economy neue wirtschaftliche Ansätze entwickelt werden. Die globalisierte Industrie mit oftmals zentralisierten Produktionsstätten in Regionen, in denen die Produktion möglichst kostengünstig sichergestellt werden kann, muss sich verändern. Dabei können Unternehmen, die sich bisher auf die Herstellung eines Produktes spezialisiert haben, aufgrund neuer Ansätze mehrere unterschiedliche Produkte erzeugen. Auf einer abgeernteten Kaffeeplantage können beispielsweise auf den unverkäuflichen Resten, die

¹⁸ Vgl. Frosch, R./Gallopoulos, N.: Strategies for Manufacturing, in: Scientific American, 1989, H. 261, S. 1.

¹⁹ Vgl. Garner, A./Keoleian, G.: Industrial Ecology: An Introduction, University of Michigan, Ann Arbor, November 1995, S. 3.

²⁰ Vgl. Garner, A./Keoleian, G.: Industrial Ecology: An Introduction, University of Michigan, Ann Arbor, November 1995, S. 4.

bei der Ernte übrig bleiben, Pilze gezüchtet werden. Die bei der Pilzernte anfallenden Abfälle eignen wiederum sich als Tierfutter. Aus bisher ungenutztem Abfall sind somit noch zwei weitere Einkommensquellen entstanden.²¹

Mit wirtschaftlicher Kreativität lässt sich daher ein riesiges Potenzial entfalten. Allerdings kann auch die Wissenschaft wesentlich dazu beitragen, dass kreative, nachhaltige und gleichzeitig wirtschaftliche Ideen nach Vorbild der Natur entstehen. Japanische Forscher*innen haben zum Beispiel einen Prozess entwickelt, bei dem mithilfe eines Pilzes die Stärke in Küchenabfällen in Polymilchsäure umgewandelt wird. Diese Säure wiederum dient als Ausgangsmaterial für biologischen Kunststoff. Dieser Prozess bringt zwei Vorteile mit sich. Zum einen arbeitet der Pilz schon bei Umgebungstemperatur, sodass keine zusätzliche Energie zugeführt werden muss. Zum anderen fungieren Essensreste aus Restaurants als Ausgangsmaterial, sodass keine wertvollen Ackerflächen genutzt werden müssen. Die Anwendung dieses sogenannten Kaskadensystems bewirkt somit einen Mehrwert für Umwelt und Wirtschaft gleichermaßen.²²

Die Blue Economy ist eine weltweite Open-Source Bewegung. Dadurch werden Projekte aus aller Welt zusammengetragen und als Inspiration für neue Ideen verwendet. Nach eigenen Angaben wurden schon mehr als 180 Projekte umgesetzt, die sich an den Grundgedanken der Blue Economy orientieren.²³

2.5 Biomimikry

Die Idee zu Biomimikry stammt von der US-Amerikanerin Janine Benyus. In ihrem 1997 erschienenen Buch „Biomimicry: Innovation inspired by Nature“ stellt sie das Konzept vor. Das Ziel dieser Idee ist das Nachahmen der Natur zur Lösung komplexer menschlicher Probleme. Hierbei geht es nicht nur um das Kopieren von Formen aus der Natur, sondern um das Studieren und gezielte Imitieren von Formen, Prozessen und ganzen Systemen. Statt die Umwelt zu dominieren und hinsichtlich menschlicher Bedürfnisse anzupassen, soll von der Natur gelernt werden. Dabei sollen Lösungen für moderne Probleme gefunden werden, ohne das ökologische System negativ zu beeinflussen. Biomimikry orientiert sich somit an den drei folgenden Schlüsselprinzipien:

- Natur als Modell: Das Imitieren und Nachahmen von Formen, Prozessen oder Systemen der Natur, um menschliche Problemstellungen zu lösen.
- Natur als Maßstab: Für die Überprüfung der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der entwickelten Innovationen wird ein ökologischer Standard verwendet.
- Natur als Mentor: Statt die Natur für menschliche Zwecke auszunutzen, soll von der Natur gelernt werden. Hiermit soll auch eine neue Sichtweise auf die Natur vermittelt werden.²⁴

Die Natur kann ebenfalls als Vorbild für die Etablierung eines funktionierenden Kreislaufwirtschaftssystems dienen. In einem Prozess, der sich über Jahrmilliarden hinzog, hat die Natur Strategien entwickelt, die in allen Ökosystemen gleichermaßen zu finden sind und die eine nachhaltige Existenz sichern. Janine Benyus hat diese Strategien in zehn Punkten zusammengefasst. Demnach handeln alle Organismen in ausgereiften Ökosystemen folgendermaßen:

1. Nutzung von Abfall als Rohstoff
2. Diversifizierung und Zusammenarbeit, um den Lebensraum vollständig zu nutzen
3. Effiziente Sammlung und Nutzung von Energie

²¹ Vgl. <http://www.gunterpauli.com/the-blue-economy.html#> 06.04.2020.

²² Vgl. <http://www.gunterpauli.com/the-blue-economy.html#> 06.04.2020.

²³ Vgl. <http://www.gunterpauli.com/the-blue-economy.html#> 06.04.2020.

²⁴ Vgl. Benyus, J. Biomimicry: Innovation inspired by Nature, New York 1997, S. 1ff.

4. Eher optimieren als maximieren
5. Sparsame Verwendung von Materialien
6. Keine Beschmutzung des Lebensraums
7. Kein irreversibler Verbrauch von Ressourcen
8. In Gleichgewicht mit der Biosphäre bleiben
9. Mit Informationen arbeiten
10. Lokal einkaufen²⁵

Da das wirtschaftliche System ähnlich wie ein Ökosystem ein sehr komplexes Netzwerk ist, können diese zehn Punkte als Orientierung dienen. Derartige Strategien, die über eine lange Zeit funktionieren, können demzufolge auch im Kreislaufwirtschaftssystem erfolgreich sein und damit dem Menschen zu einer nachhaltigen Zukunft verhelfen. Das ist ebenso Ziel von Cradle-to-Cradle, das im nachfolgenden Kapitel dargelegt wird.

²⁵ Vgl. Benyus, J, Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, New York 1997, S. 273.

3 Cradle-to-Cradle

Das Cradle-to-Cradle Konzept wurde in den 1990er Jahren vom deutschen Chemiker Michael Braungart und dem US-amerikanischen Architekten William McDonough entwickelt. Es kann wie alle im vorigen Kapitel beschriebenen Konzepte zum Bereich der Kreislaufwirtschaft gezählt werden. Die Einstellung und die Vision des Konzeptes werden in der C2C Denkschule beschrieben. Diese Denkschule im Folgenden erläutert, damit die Grundgedanken und die Perspektive von C2C verständlich werden.

Aufgrund der verheerenden Umweltbilanz einer globalen Industrie und der aufziehenden Klimakatastrophe ist es verständlich, dass sich die Menschheit als Belastung für den Planeten Erde sieht. Jede Fahrt mit einem Kraftfahrzeug, unabhängig davon, ob sie dem Transport oder der persönlichen Mobilität dient, stößt klimaschädliches Kohlendioxid aus. Mit jedem Einkauf im Supermarkt werden auch Verpackungen gekauft, die nach dem Verzehr der Lebensmittel als Abfall auf der Deponie oder in der Müllverbrennung landen. Im schlimmsten Fall endet dieser Müll sogar in der Umwelt.

Vielen Menschen ist deshalb bewusst, dass jede kleinste Entscheidung oder Handlung einen negativen Einfluss auf die Umwelt haben kann. Daher erscheint es zunächst nachvollziehbar, dass nur durch Reduktion und Verzicht diesem Trend entgegengewirkt werden kann. Doch mit dieser Denkweise werden die negativen Konsequenzen nicht vermieden, sondern nur aufgeschoben. Damit ein tatsächlicher Unterschied entstehen kann, darf sich die Menschheit nicht als Schädling sehen, sondern muss sich vielmehr als Nützlichling begreifen. Anstatt eines möglichst kleinen negativen Fußabdrucks sollte ein möglichst großer positiver Fußabdruck das Ziel sein.²⁶

Die Menschheit hat sich in den letzten Jahrhunderten durch technologische Entwicklungen immer weiter von der Natur entfernt. Diese Entwicklung hat sich seit der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert noch weiter beschleunigt. Die wachsende Industrie hat alle Möglichkeiten genutzt, um die Schätze der Natur auszubeuten. Dabei wurden jegliche Konsequenzen für die umgebenden Ökosysteme ignoriert. Egal ob mithilfe der Elektrizität die Nacht zum Tag erhellt, ein reißender Fluss durch einen Staudamm gezähmt wird oder jeder Ort der Erde mithilfe eines Flugzeugs in wenigen Stunden erreicht werden kann, die Menschheit hat in vielerlei Hinsicht die Herrschaft über die Natur erlangt. Doch genau diese Sichtweise hat zu den aktuellen Problemen geführt. Daher muss sich die Menschheit wieder als Teil der Natur begreifen, denn ohne Wasser als Grundlage allen Lebens oder Sauerstoff, der von allen Pflanzen gebildet wird, sind Menschen nicht überlebensfähig. Obwohl sich die Menschheit von der Natur entfernt hat, ist sie immer noch von ihr abhängig.

Das Ziel von C2C ist daher, dass sich die Menschen als Teil der Natur begreifen und in gleichberechtigter Partnerschaft einen positiven Fußabdruck hinterlassen. Dadurch können die aufkommenden Probleme, die sowohl die Menschen als auch die Natur bedrohen, abgemildert oder sogar gelöst werden. Mit der gleichen Willenskraft und Kreativität, die die industrielle Revolution angetrieben hat, kann nun auch der Wandel der Menschheit vom Schädling zum Nützlichling gelingen. Es gibt bereits zahlreiche Beispiele, die den Erfolg des Konzeptes beweisen und Inspiration geben. Dazu zählen Häuser, die mehr Energie erzeugen als sie verbrauchen oder Produkte, die vollständig kreislauffähig sind. Solche Produkte sind beispielsweise T-Shirts, bei denen sämtliche Inhaltsstoffe vom Garn bis zu den Farben komplett biologisch abbaubar sind.

²⁶ Vgl. <https://c2c-ev.de/c2c-konzept/denkschule/> 01.05.2020.

Als Vorbild dient C2C dabei die Ameise. Dieses Insekt ist zwar deutlich kleiner als ein Mensch, hat aber auf die gesamte globale Population betrachtet eine fünfmal höhere Biomasse als die gesamte Menschheit. Die Ameisen gibt es weltweit auf jedem Kontinent und sie besiedeln zahlreiche verschiedene Ökosysteme. Dabei leben sie jedoch immer im Einklang mit ihrer Umwelt. Alle Materialien, sowohl die eigenen als auch die anderer Organismen, werden von den Ameisen wiederverwertet. Dadurch zirkulieren die Nährstoffe kontinuierlich in einem Kreislauf.²⁷

3.1 Designkonzept

Das C2C Designkonzept schließt an die Denkschule an und überträgt die grundsätzliche Denkweise in konkrete Prinzipien. Diese drei Prinzipien lauten „Abfall ist Nahrung“, „Erneuerbare Energien nutzen“ und „Vielfalt feiern“. Die drei Grundsätze dienen somit als Orientierung und Leitfaden bei der Herstellung von Produkten und dem Bau von Gebäuden.

3.1.1 Abfall ist Nahrung

Das erste Prinzip beschreibt den Kern der Kreislaufwirtschaft, denn in einer Kreislaufwirtschaft dient jedes Material oder Produkt, welches nicht mehr benötigt wird als Rohstoff. Abfall oder Müll, der nicht wiederverwendet werden kann, existiert nicht. Dieses Prinzip, wie auch die Kreislaufwirtschaft insgesamt, orientiert sich an der Natur. C2C unterscheidet dabei zwei getrennte Kreisläufe, die Biosphäre und die Technosphäre. Aussortierte Produkte werden in ihre Ausgangsmaterialien zerlegt und anschließend einem der beiden Kreisläufe zugeführt.

In der Biosphäre zirkulieren alle Materialien, die biologisch abbaubar sind. Solche sogenannten Verbrauchsgüter müssen so designt sein, dass sie in der Natur entsorgt werden können, ohne dabei umweltschädliche Stoffe freizusetzen. In den biologischen Kreislauf gehören auch alle Produkte, bei denen Partikel über Abrieb in die Umwelt gelangen, wie zum Beispiel Reifen, Bremsbeläge oder Schuhsohlen.²⁸

Alle Materialien, die nicht in der Biosphäre zirkulieren können, sind demnach Teil der Technosphäre. Diese Produkte werden als Gebrauchsgüter bezeichnet. Damit ein dauerhafter Kreislauf ohne Qualitätsverlust der Materialien gewährleistet werden kann, müssen Produkte so designt sein, dass eine sortenreine Stofftrennung möglich ist. Zurzeit werden beispielsweise Fahrzeugkarosserien als Ganzes zusammengepresst und anschließend eingeschmolzen. Die ursprünglich enthaltenen Metalle, wie Aluminium, Eisen oder Stahl, werden demnach untrennbar miteinander verbunden. Hierbei entsteht ein Stoff-Mix, der nicht mehr für Fahrzeugkarosserien genutzt werden kann und dementsprechend nur noch begrenzte Nutzungsszenarien aufweist. Dieser Qualitätsverlust kann mit einer sortenreinen Stofftrennung vermieden werden.²⁹

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Vorgehensweise müssen die beiden Kreisläufe strikt getrennt werden. Materialien der Technosphäre dürfen nicht in den biologischen Kreislauf gelangen, da sie der Umwelt schaden können. Andererseits sollten sich Stoffe der Biosphäre nicht mit dem technischen Kreislauf vermischen. Hierbei würden die biologischen Nährstoffe der Umwelt vorenthalten und die Qualität der Materialien der Technosphäre würde sinken.³⁰

²⁷ Vgl. McDonough, W./Braungart, M.: The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance, New York 2013, S. 26.

²⁸ Vgl. <https://c2c-ev.de/c2c-konzept/designkonzept/> 01.05.2020.

²⁹ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002, S. 110f.

³⁰ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002, S. 104f.

3.1.2 Erneuerbare Energien nutzen

Die Natur hat als einzige Energiequelle die Sonne zur Verfügung. Am Anfang jeder Nahrungskette stehen Pflanzen. Diese nutzen zur Durchführung der Photosynthese die Energie der Sonne. Der Wasserkreislauf und demzufolge auch Wind sind direkte Folgen der Sonneneinstrahlung. Die Menschheit hingegen nutzt für einen Großteil ihrer Aktivitäten andere Energiequellen. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht enorme Emissionen von Kohlenstoffdioxid, welches maßgeblich zum Klimawandel beiträgt. Dazu zählt zum Beispiel die Verbrennung von Kohle zur Stromerzeugung oder die Nutzung von erdölbasierten Kraftstoffen für den Fahrzeugantrieb. Bei der Kernspaltung in Atomkraftwerken bleibt radioaktives Material zurück, welches über Jahrhunderte sicher verwahrt werden muss.

C2C setzt auf die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, um dauerhaft sicher und klimafreundlich Energie zur Verfügung zu haben, denn im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen sind diese unendlich verfügbar. In den letzten Jahrzehnten wurden die Technologien der erneuerbaren Energiequellen immer wirtschaftlicher. Windräder werden von Menschen schon seit langer Zeit genutzt und haben sich mittlerweile zu einer modernen Energieform entwickelt. Dänemark beispielsweise deckte 2019 bereits 47% seines Energiebedarfs mit Windenergie.³¹ Außerdem ist die Solarenergie auf dem Vormarsch. Solarkollektoren sind so effektiv geworden, dass eine Fläche von etwa 360 km² (zum Vergleich: Chemnitz hat eine Fläche von etwa 220 km²) ausreichen würde, um die kompletten USA mit Strom zu versorgen.³² Dieses Gebiet erscheint zunächst groß, allerdings könnten die Kollektoren auf das ganze Land verteilt werden. Die Kollektoren könnten entlang von Straßen oder auf Dächern installiert werden, sodass bebautes Gebiet sinnvoll genutzt wird.

Eine weitere Form der erneuerbaren Energien ist Biogas. Alle biologisch abbaubaren Materialien emittieren unter anderem Kohlenstoffdioxid und Methan. Diese Gase können aufgefangen und zur Energiegewinnung genutzt werden. Eine Tonne Abfall erzeugt genug Energie, um ein Einfamilienhaus für etwa 38 Tage mit Strom zu versorgen. In den USA fallen jährlich circa 220 Millionen Tonnen Abfall an, die so genutzt werden könnten.³³

Es ist somit eine Mischung aus mehreren Energiequellen nötig, um eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten. Sonne, Wind und Biogas sind allerdings nahezu überall auf der Erde verfügbar.

3.1.3 Vielfalt feiern

Über Jahrmillionen haben sich auf der Erde zahllose verschiedene Ökosysteme entwickelt. Diese Ökosysteme entwickeln und verändern sich ständig und passen sich den klimatischen Bedingungen an. Alle darin lebenden Tier- und Pflanzenarten sowie die Mikroorganismen sind von diesen Prozessen betroffen. Je vielfältiger ein Ökosystem aufgestellt ist, desto widerstandsfähiger ist es gegenüber Veränderungen. Ebenso haben sich die Menschen über Jahrtausende an die jeweiligen Bedingungen angepasst. Dadurch hat sich auf der ganzen Erde eine enorme Vielfalt an kulturellen Besonderheiten entwickelt. Seit der industriellen Revolution und der fortschreitenden Globalisierung lässt sich allerdings ein Trend der Vereinheitlichung erkennen. Sowohl bei der Herstellung von Produkten und dem Bau von Gebäuden als auch kulturell sind

³¹ Vgl. <https://w3.windmesse.de/windenergie/news/33413-danemark-rekord-halfte-strom-anteil-offshore-onshore> 02.05.2020.

³² Vgl. McDonough, W./Braungart, M.: *The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance*, New York 2013, S. 69.

³³ Vgl. McDonough, W./Braungart, M.: *The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance*, New York 2013, S. 68.

identische Vorbilder zu erkennen. Im Bereich der Mode zum Beispiel bestimmen global operierende Konzerne und Marken die Trends, die in der Folge von den Menschen weltweit getragen werden. Traditionelle und regional typische Kleidung wird oft nur noch zu speziellen Anlässen getragen.³⁴

C2C hingegen steht für eine Vielfalt von Formen und Lösungen. Je nach klimatischen Bedingungen ändert sich beispielsweise die Bauweise von Gebäuden. In tropischen und Wüstenregionen sind kühlende Gebäude von Vorteil. In Regionen mit kalten Wintern sollten Häuser die Wärme gut isolieren können. Dabei ist die Verwendung von regionalen Ressourcen von Vorteil. Dies fördert die lokale Wirtschaftskraft und trägt zum Wissenserwerb bei. Weltweit entstehen dadurch zahlreiche verschiedene Varianten. Bei aufkommenden Veränderungen, wie zum Beispiel dem Klimawandel, kann die Menschheit daher auf eine vielfältige Anzahl von Lösungen zurückgreifen und ist dementsprechend anpassungsfähiger.³⁵

Bei der Herstellung von Produkten ist außerdem darauf zu achten, von wem und wie dieses Produkt verwendet wird. Dabei muss auf die Wünsche und Bedürfnisse der Konsument*innen eingegangen werden. Beispielsweise lassen sich Verpackungen je nach regionalen Gegebenheiten anpassen. In den ländlichen Gebieten Afrikas, in denen kaum recycelt wird, bieten sich biologisch abbaubare Verpackungen an. In den dicht besiedelten Metropolen Indiens und Südostasiens, in denen Energie teuer ist, sind brennbare (ungiftige) Verpackungen vorteilhaft. Diese können beispielsweise als Brennstoff beim Kochen genutzt werden. Hingegen sind in industrialisierten Ländern Polymerverpackungen sinnvoll, da sie dauerhaft im technischen Kreislauf zirkulieren können.³⁶

3.2 Möglichkeiten der praktischen Umsetzung

Die Grundannahmen der Denkschule und die Prinzipien beschreiben den theoretischen Rahmen von C2C. Damit das Konzept auch in der Praxis umgesetzt werden kann, gibt es verschiedene Methoden und Hilfestellungen. Diese helfen sowohl den Unternehmen als auch den Verbrauchern. In den folgenden Abschnitten werden zwei dieser Möglichkeiten beschrieben.

3.2.1 Materialliste

Eine Materialliste kann dabei helfen, ein Produkt aus ausschließlich gesunden Materialien herzustellen. Dafür müssen alle Materialien identifiziert werden, die im fertigen Produkt enthalten sind. Außerdem sollten alle Substanzen ermittelt werden, die während der Herstellung oder des Gebrauchs entstehen. Alle gefundenen Materialien müssen anschließend auf ihre potentielle Gesundheitsschädlichkeit geprüft werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden in drei verschiedene Listen eingetragen, die X-Liste, die graue Liste und die P-Liste.³⁷

Die X-Liste beinhaltet die schädlichsten Substanzen. Dazu zählen alle Materialien, die erwiesenermaßen oder zumindest in hohem Maße verdächtig erscheinen, gesundheits- oder umweltschädlich zu sein. Die Internationale Agentur für Krebsforschung sowie die MAK-Liste (Ma-

³⁴ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things*, New York 2002, S. 118ff.

³⁵ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things*, New York 2002, S. 123ff.

³⁶ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things*, New York 2002., S. 139f.

³⁷ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things*, New York 2002., S. 173f.

ximale Arbeitsplatz-Konzentration) der Deutschen Forschungsgemeinschaft geben bereits einen sehr guten Überblick über solche Stoffe. Die in diesen Listen aufgeführten Substanzen sind alle der X-Liste zuzuordnen. Die gesammelten Informationen können nun dafür genutzt werden, die in der Liste enthaltenen Stoffe beim Herstellungsprozess zu vermeiden oder zu ersetzen. Zu dieser Liste gehören zum Beispiel Asbest und Vinylchlorid, welche erwiesenermaßen krebserregend sind. Während Asbest kaum noch verwendet wird, ist Vinylchlorid als Ausgangsstoff zur Herstellung von dem Kunststoff PVC nach wie vor im Einsatz.³⁸

Die graue Liste führt ebenfalls schädliche Materialien auf, deren Substitution allerdings weniger dringend ist als bei den Stoffen der X-Liste. Dazu zählen auch Substanzen, deren Verwendung in den Endprodukten nach aktuellen Erkenntnissen alternativlos ist. Solange diese Stoffe in der Technosphäre zirkulieren und der Kontakt mit Menschen und der Umwelt verhindert werden kann, können sie weiterhin genutzt werden. Allerdings sollten sie ersetzt werden, sobald eine Alternative entwickelt wurde. Auf dieser Liste steht beispielsweise Cadmium. Dieses Element ist zwar giftig, aber für den Bau von Solarkollektoren ist es aktuell unverzichtbar.³⁹

Die P-Liste wird auch als Positiv-Liste bezeichnet und darin werden alle Stoffe gesammelt, die sowohl während der Herstellung als auch des Gebrauchs explizit als sicher eingestuft werden. Die Substanzen auf dieser Liste dürfen beim Kontakt mit Menschen oder der Umwelt keinerlei negativen Konsequenzen aufweisen. Außerdem dürfen während der Nutzung des Produktes keine giftigen Gase austreten. Bei der Entwicklung eines neuen Produktes sollten im Idealfall nur Materialien von der P-Liste verwendet werden.⁴⁰

3.2.2 Zertifizierung

Wie bereits im Gliederungspunkt 3.2 erwähnt, wird das Zertifikat durch das „Cradle to Cradle Products Innovation Institute“ vergeben. Das Institut bewertet Produkte verschiedener Unternehmen in fünf Stufen (Basic, Bronze, Silber, Gold, Platin). Es müssen mindestens 95% der Inhaltsstoffe bekannt sein, um das Zertifikat in Basic zu erhalten. Die Zusammensetzung der Stoffe muss bis auf den Anteil eines Millionstels (parts per million) untersucht werden. Des Weiteren dürfen keine Substanzen der X-Liste verwendet werden. Außerdem müssen die Materialien eindeutig dem biologischen oder dem technischen Kreislauf zugeordnet werden können. Der Basic-Level dient somit als Einstieg in die Zertifizierung. Das Unternehmen wird fortan alle zwei Jahre auf Fortschritte überprüft und erhält Orientierung und Hinweise vom Institut. Für Verbraucher*innen und Kund*innen ist die Zertifizierung ein deutliches Indiz auf die nachhaltige Ausrichtung eines Unternehmens.⁴¹

Wie Unternehmen zirkuläre Modelle realisieren können, zeigt das nachfolgende Kapitel auf.

³⁸ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002., S. 174.

³⁹ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002., S. 174f.

⁴⁰ Vgl. Braungart, M./McDonough, W.: Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things, New York 2002., S. 175f.

⁴¹ Vgl. McDonough, W./Braungart, M.: The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance, New York 2013, S. 51f.

4 Unternehmerische Konzepte

In dem folgenden Kapitel werden vier Konzepte vorgestellt, die unter anderem für eine Kreislaufwirtschaft infrage kommen. Diese Ansätze stellen lediglich eine selektive Auswahl von Konzepten dar, die in realen Unternehmen bereits angewendet werden. Diese sind Design für Demontage (DfD), Produkt-Service-Systeme (PSS), Take-back Strategien sowie Reverse Logistics (RL). Für das jeweilige Modell werden zunächst Voraussetzungen und Barrieren identifiziert. Danach werden die Konzepte auf ihre Eignung für eine Kreislaufwirtschaft geprüft und hinsichtlich der C2C-Kriterien analysiert. Zum Abschluss werden Unternehmen aufgezeigt, die diese Modelle anwenden. Die Reihenfolge der untersuchten Konzepte orientiert sich an den jeweiligen Phasen der Produktnutzung. In der folgenden Abbildung lässt sich erkennen, dass DfD bereits in der Entwicklungsphase eines Produktes genutzt wird. Die PSS finden in der Nutzungsphase Anwendung und die Take-back Strategien am Ende der Produktnutzung. Das Konzept der RL findet schließlich in der Recyclingphase statt.

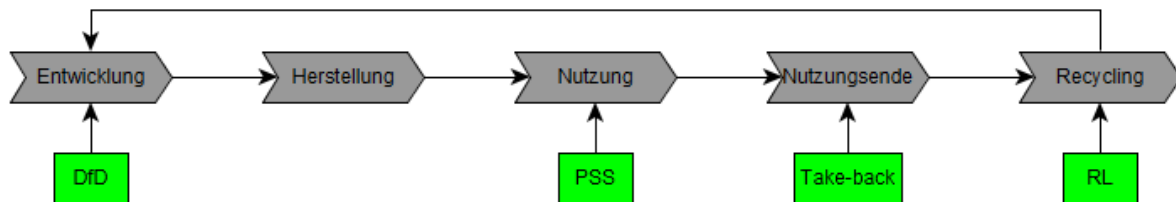


Abbildung 2: Produktnutzungsphasen, eigene Darstellung

Das Konzept Design für Demontage, oftmals auch Design für Recycling genannt, wird betrachtet, weil es in der frühesten Phase der Produktentwicklung stattfindet. Zu diesem Zeitpunkt werden die Materialien ausgewählt, aus denen das Produkt hergestellt werden soll. Das C2C-Konzept sieht vor, dass bereits in der Designphase das Ende der Nutzungsdauer beachtet werden soll, daher wird Design für Demontage als passend erachtet.

Produkt-Service-Systeme sowie Take-back Strategien werden ausgewählt, weil sie von den Vordenkern von C2C selbst als mögliche unternehmerische Konzepte vorgeschlagen werden.⁴² Reverse Logistics wird betrachtet, weil es dazu beitragen kann, den Materialkreislauf zu schließen.

4.1 Design für Demontage

Das Konzept des Designs für Demontage (DfD) hat sich Anfang der 1990er Jahre aus der Idee des Designs für die Umwelt, engl. Design for the Environment, entwickelt.⁴³ Diese Entwicklung ist vor allem einem wachsenden öffentlichen Bewusstsein zuzuschreiben. Sowohl die Forderungen von Verbraucher*innen und Konsument*innen als auch immer strengere Umweltauf-

⁴² Vgl. McDonough, W./Braungart, M.: The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance, New York 2013 S. 87ff.

⁴³ Vgl. Johnson, M. R./Wang, M. H.: Planning product disassembly for material recovery opportunities, in: International Journal of Production Research, 1995. Jg., H. 33, S. 3119–3142, S. 3119.

lagen von Behörden haben bei Unternehmen dazu geführt, umweltfreundlichere Wege zu gehen.⁴⁴ Bisher beschränken sich die Forschung und die industrielle Anwendung allerdings hauptsächlich auf die Automobil- und Elektronikindustrie.⁴⁵

Ein weiterer zentraler Grund für die Entstehung von DfD liegt in der maßgeblichen Einsparung von Demontagezeit. Sofern die Demontage als autonomer Prozess angesehen wird, der am Ende der Produktnutzungsdauer stattfindet, kann durch Optimierungen die Demontagezeit um etwa 10-20% reduziert werden. Wird der Prozess des Demontierens allerdings bereits in der Designphase berücksichtigt, kann die benötigte Zeit um 80-90% gesenkt werden.⁴⁶

DfD zielt darauf ab, ein Produkt zu designen, das am Ende der Nutzungsdauer leicht und schnell demontiert werden kann. Die einzelnen Bestandteile können anschließend für einen anderen Zweck verwendet oder dem Recycling zugeführt werden. Dieser Aspekt gewinnt immer mehr an Wichtigkeit, da der Anteil an komplexen Produkten, wie zum Beispiel Elektronikwaren oder Fahrzeuge im Abfallstrom steigt. Je einfacher ein Produkt demontiert werden kann, desto besser können die Materialien dem Kreislauf zugeführt werden.⁴⁷

4.1.1 Voraussetzungen

Damit DfD erfolgreich umgesetzt werden kann, müssen vor allem drei Aspekte beachtet werden. Grundlegend für die Demontage ist die Produktstruktur. Weiterhin spielt die Materialauswahl eine wichtige Rolle. Zusätzlich kommt den verwendeten Verbindungs- und Fügeelementen eine entscheidende Bedeutung zu.⁴⁸

Der Produktstruktur kommt als Grundlage eine besondere Wichtigkeit zu. Je einfacher ein Produkt aufgebaut ist, desto schneller kann es demontiert werden. Die Modulbauweise ist demnach ein vielversprechender Ansatz. Die Modularität ergibt sich durch den systematischen Aufbau des Produkts aus Unterbaugruppen und Komponenten. Je nach gewählter Verbindung der Module untereinander kann somit die Zeit und die Komplexität des Demontageprozesses entscheidend reduziert werden. Dadurch sinken auch die Arbeitskosten der Demontage. Außerdem lassen sich Produkte und Anlagen mit Modulbauweise einfacher warten und reparieren.⁴⁹

Es können verschiedene mathematische Modelle genutzt werden, um die optimale Reihenfolge der Demontage zu finden. Hierbei kommen vor allem Optimierungsalgorithmen, Algorithmen auf Basis einer wirtschaftlichen Analyse und CAD-basierte Algorithmen zum Einsatz.⁵⁰ Weiterhin können die Technologien der Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) genutzt werden. Damit können bereits während der Entwicklungsphase Modelle erstellt werden, an denen die spätere Demontage getestet werden kann. Bei der AR wird über ein real existierendes

⁴⁴ Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: *Assembly Automation*, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 285.

⁴⁵ Vgl. Jin Gam, H. u. a.: Application of design for disassembly in men's jacket: A study on sustainable apparel design, in: *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2011. Jg., H. 23, S. 83-94, S. 85.

⁴⁶ Vgl. Desai, A./Mital, A.: Incorporating work factors in design for disassembly in product design, in: *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2005. Jg., H. 16, S. 712-732, S.717.

⁴⁷ Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: *Assembly Automation*, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 287f.

⁴⁸ Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: *Assembly Automation*, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 287.

⁴⁹ Vgl. Huang, C./Liang, W.: Cloud-based design for disassembly to create environmentally friendly products, in: *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017. Jg., H. 28, S. 1203-1218, S. 1205.

⁵⁰ Vgl. Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Application of Design for Disassembly from Remanufacturing Perspective, in: *12th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 2015, S. 577-582, S. 578.

Produkt mithilfe einer Brille eine virtuelle Oberfläche gelegt, auf der verschiedene Informationen angezeigt werden. Damit können beispielsweise einer ungelerten Arbeitskraft die nächsten Arbeitsschritte angezeigt werden. Diese*r Mitarbeiter*in muss die vorliegende Produktstruktur somit nicht detailliert kennen.⁵¹ Bei der VR hingegen kann bereits an einem virtuellen Modell die Ergonomie und Erreichbarkeit der Demontage geprüft werden.

Die Auswahl der Materialien hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Demontage. Grundsätzlich gilt, dass die Anzahl der verwendeten Materialien minimiert werden sollte. Eine kleine Menge verschiedener Stoffe erleichtert die Sortierung nach der Demontage. Weiterhin ist der Einsatz recycelter oder wiederverwerteter Materialien vorteilhaft. Dadurch wird die Kreislaufwirtschaft unterstützt und der Abbau neuer Rohstoffe vermindert. Außerdem sollten möglichst wenig giftige oder gefährliche Stoffe verwendet werden, um die Umwelt nicht zu verschmutzen und den Menschen nicht zu gefährden.⁵²

Die Auswahl der Verbindungs- und Fügeelemente ist ebenso wichtig. Die einzelnen Bauteile eines Produktes werden durch vielfältige Verbindungen, wie z. B. Verklebungen, Schrauben, Nieten oder Schweißnähte zusammengehalten. Bei einem einfachen Vier-Zylinder Kfz-Motor macht das Auftrennen der verschiedenen Verbindungen allerdings bereits 54% der gesamten Demontagezeit aus. Aus diesem Grund ist die Anzahl von Verbindungen zu minimieren. Des Weiteren sollten die Fügeelemente einfach erreichbar und schnell auftrennbar sein, um die Zeit des Demontageprozesses zu verringern.⁵³

Besonders das Auftrennen der Verbindungen hat einen großen Anteil an der Demontagezeit, daher ist die Auswahl der Methode zentral. Diese muss beim DfD bereits mit eingeplant werden. Es wird zwischen einer Eins-zu-Eins-Demontage und einer Eins-zu-Mehrere-Demontage unterschieden. Bei der Eins-zu-Eins-Demontage wird in einem Arbeitsschritt eine Verbindung gelöst. Bei der zweiten Variante werden in einem Arbeitsschritt gleichzeitig mehrere Verbindungen getrennt. Die Eins-zu-Mehrere-Demontage ist folglich deutlich effizienter und damit auch kostengünstiger.⁵⁴

Nach der Auswahl der Methode muss weiterhin die passende Technologie festgelegt werden. Zum einen gibt es das Demontage-integrierte Design (DiD) und zum anderen die aktive Demontage (AD). Beides sind Varianten der Eins-zu-Mehrere-Demontage. Beim DiD wird im Produkt ein Mechanismus eingebaut, der die Verbindungen auftrennt, sobald er durch einen thermischen, elektrischen, mechanischen oder elektromagnetischen Impuls ausgelöst wird. AD hingegen löst die Verbindungen durch intelligente Materialien, die ebenfalls durch einen oder mehrere externe Impulse stimuliert werden. Der Hauptunterschied besteht darin, dass AD im Gegensatz zu DiD in jedem Produkt ohne umfassende Planung integriert werden kann, denn der Mechanismus beim DiD muss für jede Verbindung eines Produktes einzeln geplant werden. Sowohl der benötigte Raum als auch die Herstellbarkeit müssen beim DiD gewährleistet sein. Die intelligenten Materialien beim AD können ihrerseits in jedem Produkt und in jeder beliebigen Form ohne Mehraufwand integriert werden. Allerdings sind diese Materialien deutlich teurer als herkömmliche Verbindungen und werden daher bislang nur in hochtechnologischen

⁵¹ Vgl. Osti, F. u. a.: Semi-automatic design for disassembly strategy planning: an augmented reality approach, in: 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 2017, S. 1481-1488, S. 1484.

⁵² Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: Assembly Automation, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 288.

⁵³ Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: Assembly Automation, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 288.

⁵⁴ Vgl. Abuzied, H. u. a.: A review of advances in design for disassembly with active disassembly applications, in: Engineering Science and Technology, 2020. Jg., H. 23, S. 618-624, S. 619.

Produkten und Anlagen verwendet. Während beim DiD also ein erhöhter Planungsaufwand zu erwarten ist, spielt beim AD vor allem der Preis eine wesentliche Rolle.⁵⁵

4.1.2 Barrieren

Es existieren einige Hindernisse, die bei der Umsetzung von DfD problematisch sein können. Vor allem die noch am Anfang stehende Forschung zum Thema führt dazu, dass für viele reale Situationen eine passende Herangehensweise fehlt. Oftmals wird für eine reale Problemstellung eine detaillierte Analyse durchgeführt. Mit den gefundenen Lösungen wird dann versucht, eine Basis für ein allgemeingültiges DfD-Konzept zu legen. Ohne einen klaren Rahmen und definierte Richtlinien für verschiedene reale Problemstellungen fehlen Designer*innen und Unternehmen allerdings vielfach die Grundlage und die Expertise für ein funktionierendes DfD.^{56 57}

Das Themenfeld des DfD braucht diese Forschung, da die Demontage nicht einfach der umgekehrte Prozess der Montage ist. In vielen Aspekten können sich diese beiden Prozesse widersprechen. Während Schnappverbindungen beispielsweise die Montage vereinfachen, können sie beim Demontieren Probleme bereiten und zeitintensiver sein. Auch Fügetechniken wie Klebe- und Schweißverbindungen sind in der Montage weit verbreitet und bilden robuste Verbindungen. Allerdings lassen sie sich nur sehr aufwendig, z. B. durch Sägen oder Brechen, lösen und sind damit bei einer Demontage oftmals unwirtschaftlich.⁵⁸

Obwohl die Verwendung von wiederverwerteten Bauteilen kostengünstiger ist als die Produktion von neuen, sind die Kosten des Demontageprozesses oftmals ein weiteres Hindernis. Die Zusatzkosten entstehen zunächst beim Designprozess, bei dem die Demontage bereits mit eingeplant werden muss. Außerdem fallen beim Demontieren selbst weitere Ausgaben in Form von Personal- und Maschinenkosten an. Diese zusätzlichen Kosten dürfen den Preis eines neu produzierten Bauteils nicht übersteigen, um die Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.^{59,60}

Neben den bereits genannten Barrieren gelten zusätzlich die Komplexität des Produktdesigns und fehlende Technologie als Hindernisse. Das Produktdesign ist stark von der Funktion abhängig und kann deshalb nicht ausschließlich auf die Demontage ausgerichtet werden. Die fehlende Technologie ist vor allem mit dem noch jungen Geschäftsfeld der professionellen Demontage zu erklären. Je mehr sich DfD durchsetzt, desto einfacher sollte passende Technologie verfügbar sein.⁶¹

⁵⁵ Vgl. Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Design for Disassembly for Remanufacturing: Methodology and Technology, in: 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, 2014, S. 407-412, S. 409f.

⁵⁶ Vgl. Majmundar, M./Ansari, Z.: Design for Disassembly to Attain Sustainability: Analyzing the Past and Proposing Further Research Opportunities, in: IUP Journal of Supply Chain Mangement, 2018. Jg., H. 15, S. 37-76, S. 52ff.

⁵⁷ Vgl. Desai, A./Mital, A.: An interactive system framework to enable design for disassembly, in: Journal of Manufacturing Technology Management, 2017. Jg., H. 28, S. 749-771, S. 753.

⁵⁸ Vgl. Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Design for assembly and disassembly for remanufacturing, in: Assembly Automation, 2016. Jg., H. 36, S. 12-24, S. 14.

⁵⁹Vgl. Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Design for Disassembly for Remanufacturing: Methodology and Technology, in: 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, S. 407-412, S. 407f.

⁶⁰ Vgl. Majmundar, M./Ansari, Z.: Design for Disassembly to Attain Sustainability: Analyzing the Past and Proposing Further Research Opportunities, in: IUP Journal of Supply Chain Mangement, 2018. Jg., H. 15, S. 37-76, S. 54.

⁶¹ Vgl. Majmundar, M./Ansari, Z.: Design for Disassembly to Attain Sustainability: Analyzing the Past and Proposing Further Research Opportunities, in: IUP Journal of Supply Chain Mangement, 2018. Jg., H. 15, S. 37-76, S. 54.

4.1.3 Analyse

Das DfD steht immer noch am Anfang der Entwicklung. Es gibt bereits Richtlinien, die hinsichtlich Produktstruktur, Materialauswahl oder Verbindungstechnologie Orientierung bieten. Allerdings sind diese noch recht allgemein und oberflächlich gehalten. Dadurch fehlen Designer*innen oftmals konkrete Handlungsweisen bei der Entwicklung neuer Produkte. Andererseits gibt es somit viel Freiraum für neue Ideen. In der Forschung können Fallstudien zu neuen Erkenntnissen führen, die das DfD maßgeblich beeinflussen. Auch Designer*innen können mit Kreativität und Erfindungsgeist neue Lösungen finden, die das DfD voranbringen.

Eine Weiterentwicklung von DfD kann direkt positive Auswirkungen auf die Kreislaufwirtschaft und damit auch C2C haben. Das erste Prinzip von C2C, „Abfall ist Nahrung“, findet bei DfD bereits Berücksichtigung. Beim Designprozess kann durch die Priorisierung wiederverwerteter Bauteile die Kreislaufwirtschaft unterstützt werden. Die Demontage fördert zudem die sortenreine Trennung der verbauten Materialien. Dadurch können die einzelnen Stoffe den verschiedenen Kreislaufzyklen wieder zugeführt werden. Vor allem die Trennung von Bio- und Technosphäre ist wichtig und kann beim DfD gewährleistet werden. Damit die Materialien bei der Demontage eindeutig bestimmt werden können, ist eine Kennzeichnung vorteilhaft. Hierbei ist empfehlenswert, die Markierung direkt in das Bauteil zu prägen, sodass sie während der Nutzung des Produktes nicht verloren gehen kann.⁶² Alternativ bietet sich auch die Implementierung eines Chips im Produkt an, auf dem alle notwendigen Informationen gespeichert sind. Mithilfe der Materialliste kann weiterhin sichergestellt werden, dass keine umweltschädlichen oder für Menschen gefährlichen Materialien verwendet werden. Es müssen allerdings alle Bauteile vollständig dem Materialkreislauf zugeführt werden, um dem Anspruch von C2C wirklich gerecht zu werden.

Das zweite Prinzip von C2C beschreibt die Nutzung erneuerbarer Energien. Die Umsetzung dieses Prinzips ist hauptsächlich vom Unternehmen abhängig, welches den Demontageprozess durchführt. Beim Designprozess kann darauf geachtet werden, den Energieverbrauch des Produktes während der Nutzung zu minimieren.

Das DfD muss auch das dritte Prinzip von C2C, „Vielfalt feiern“, beachten. Für die wirtschaftliche Gestaltung des Demontageprozess könnten Unternehmen auf eine Vereinheitlichung ihrer Produkte setzen. Auch die fortschreitende Globalisierung sorgt dafür, dass die gleichen Produkte weltweit eingesetzt werden. Andererseits bietet die Technologie bei den Verbindungs- und Fügeelementen, vor allem AD, schon jetzt die Möglichkeit, effektive Verbindungen bei unterschiedlichsten Produkten zu designen. Dadurch können bei der Demontage mit dem gleichen Impuls die Verbindungen von Produkten verschiedener Bauart gleichermaßen gelöst werden. Das bedeutet, dass der Demontageprozess nicht für jedes Produkt vollständig neu geplant werden muss. Besonders im Bausektor ist die Vielfalt wichtig, da sich die klimatischen Bedingungen weltweit stark unterscheiden. Allerdings muss DfD auch hier Lösungen finden.

Trotz aller Möglichkeiten des DfD werden die meisten Produkte nach wie vor nicht für die Demontage entworfen. Hohe Produktivität und eine schnelle Montage bei der Herstellung sind immer noch deutlich wichtiger. Durch den erheblichen Unterschied zwischen Demontage und Montage werden Unternehmen diesen zusätzlichen Planungsaufwand nur betreiben, wenn es wirtschaftlich ist.⁶³

⁶² Vgl. Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: Assembly Automation, 2007. Jg., H. 27, S. 285-289, S. 288.

⁶³ Vgl. Battaia, O. u.a.: Design for manufacturing and assembly/ disassembly: joint design of products and production systems, in: International Journal of Production Research, 2018. Jg., H. 56, S. 7181-7189, S. 7183.

4.1.4 Beispiele

Die Climatex AG aus der Schweiz ist ein Unternehmen, das gesunde und kreislauffähige Textilien entwickelt und produziert. Die Produktlinien Climatex Dualcycle und Climatex Lifeguard FR sind C2C-zertifizierte Stoffe, die aus natürlichen und synthetischen Materialien bestehen. Mithilfe der sogenannten textilen Schraube lassen sich diese Stoffe dauerhaft verbinden. Nach der Nutzung des Produktes kann diese Verbindung allerdings in einem weltweit etablierten Prozess vollständig gelöst werden. Dadurch werden die verschiedenen Fasern vollständig sortenrein getrennt. Die natürlichen Stoffe bestehen aus Schafwolle sowie Weißbuchenholz. Die Wolle besitzt einen Herkunftsnachweis, der eine hohe Qualität, ökologische Ungefährlichkeit sowie artgerechte Haltung gewährleistet. Die Faser aus europäischem Weißbuchenholz wurde eigens für Climatex entwickelt und ist flammhemmend. Die beiden Stoffe sind jeweils komplett biologisch abbaubar und können kompostiert oder zur Herstellung von Biogas verwendet werden. Die synthetische Faser mit dem Namen Cradura besteht aus einem Polymer, welches unbegrenzt wiederverwertbar ist.^{64 65}

Die Climatex AG verbindet die verschiedenen Fasern und kombiniert somit die Vorteile. Das Material reguliert die Temperatur und kühlt beziehungsweise wärmt je nach Jahreszeit. Die Kapillarstruktur sorgt dafür, dass Feuchtigkeit von der Oberfläche weggeleitet wird. Durch die Verwendung der Faser aus Weißbuchenholz ist der Stoff außerdem flammhemmend und somit sehr sicher. Die C2C-Zertifizierung garantiert weiterhin dafür, dass die fünf Faktoren Materialgesundheit, Nutzung erneuerbarer Energien, verantwortungsbewusster Umgang mit Wasser, soziale Fairness sowie die Kreislauffähigkeit beachtet und auch geprüft werden.⁶⁶

Als weiteres Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung des DfD dient der Möbelhersteller Herman Miller aus den USA. Bei diesem Unternehmen wird nicht nur auf die Demontage des Produktes geachtet, sondern es werden noch weitere Faktoren während des Designprozesses mit einbezogen. Ein eigenes Team ist für eine Evaluierung aller neuen Produkte hinsichtlich des Designs für die Umwelt verantwortlich. Dabei werden vier Bereiche überprüft. Neben der möglichst schnellen und einfachen Demontage wird auch die chemische Zusammensetzung der Materialien getestet. Hierbei kann mithilfe der Materialliste dafür gesorgt werden, dass keine toxischen oder gesundheitsschädlichen Stoffe enthalten sind. Weiterhin wird auf die Recyclingfähigkeit der verwendeten Materialien geachtet. Sie sollten nach der Nutzungsdauer entweder dem biologischen oder dem technischen Kreislauf zugeführt werden können. Außerdem sollten die verbauten Rohstoffe möglichst recycelt sein, um den Abbau natürlicher Ressourcen zu schonen. Schließlich wird kontrolliert, ob das Produkt für die komplette Nutzungsdauer optimiert wurde.⁶⁷

Beim Demontageprozess an sich wird bei Herman Miller auf vier Faktoren Wert gelegt. Zunächst sollten die Materialien vollständig sortenrein voneinander getrennt werden können und eine homogene Struktur aufweisen. Verbindungen aus unterschiedlichen Stoffen sind für die Wiederverwertung unbrauchbar. Damit das Produkt weltweit an den unterschiedlichsten Plätzen demontiert werden kann, sollte der Prozess mit einfachen Werkzeugen realisierbar sein. Zusätzlich darf das Entfernen eines Bauteiles maximal 30 Sekunden dauern, um den Demonta-

⁶⁴ Vgl. <https://www.climatex.com/nachhaltigkeit/> 27.07.2020.

⁶⁵ Vgl. <https://www.c2ccertified.org/products/registry> 27.07.2020.

⁶⁶ Vgl. <https://www.climatex.com/vorteile/> 27.07.2020.

⁶⁷ Vgl. https://www.hermanmiller.com/de_de/our-values/environmental-advocacy/design-for-the-environment/ 28.07.2020.

geprozess insgesamt schnell durchführen zu können. Zuletzt müssen alle Bauteile eine Kennzeichnung aufweisen. Dadurch lassen sich die verschiedenen Materialien den jeweiligen Recyclingprozessen eindeutig zuführen.⁶⁸

Das erste Produkt, welches Herman Miller nach diesem Protokoll design hat, war der Mirra Bürostuhl. Damit der Demontageprozess beschleunigt werden kann, wurden alle Verbindungen überprüft. Die Armpolster beispielsweise wurden nach der alten Bauweise geklammert. Da sich geklammerte Verbindungen allerdings schlecht lösen lassen, wurde eine Möglichkeit gefunden, die Polster einfach überzuziehen. Dadurch werden keine weiteren mechanischen Befestigungen benötigt und die Polster lassen sich bei der Demontage einfach abziehen. Weiterhin wurden alle Bauteile bereits beim Designprozess gekennzeichnet, sodass keine zusätzlichen Kosten entstanden. Nach der vollständigen Überarbeitung des Mirra Stuhls konnte der Anteil an schnell zu demontierenden Bauteilen von 49% auf 93% des Gesamtgewichtes gesteigert werden. Außerdem hat sich die Demontagezeit von 60 auf 15 Minuten reduziert. Die Anwendung des Protokolls hat auch in allen anderen Bereichen Verbesserungen hervorgebracht. Die Materialgesundheit wurde durch die Eliminierung und den Austausch von allen PVC-belasteten Bauteilen gesteigert. Außerdem wurde der Anteil an Bauteilen erhöht, die nach der Nutzungsdauer wiederverwertet werden können. Insgesamt 96% aller verwendeten Komponenten in Relation zum Gewicht können in Kreisläufe zurückgeführt werden. Des Weiteren lag der Anteil an Bauteilen, die recyceltes Material beinhalteten bei 42%.⁶⁹

Insgesamt hat sich die Anwendung des neuen Protokolls gelohnt. Die Qualität sowie die Materialkosten sind auf dem gleichen Niveau geblieben. Die Entwicklungskosten haben sich zwar etwas erhöht, allerdings wurde der Entwicklungsprozess bei diesem Produkt auch zum ersten Mal angewendet. Das umweltfreundliche Design wurde vom Markt sehr gut aufgenommen und der Mirra Stuhl wurde mehrfach ausgezeichnet. Das Unternehmen Herman Miller hat seitdem ein eigenes Team, um alle neuen Produkte nach dem Design für die Umwelt auszurichten. Zudem sind aktuell fünf Produkte der Firma C2C-zertifiziert.^{70,71}

4.2 Produkt-Service Systeme

Das Konzept der Produkt-Service Systeme (PSS) ist um das Jahr 1990 entstanden. Im Zuge eines wachsenden Dienstleistungssektors in Verbindung mit der beginnenden Digitalisierung hat ein sich änderndes Konsumverhalten für innovative Geschäftsmodelle gesorgt.⁷² Der Wert eines Produktes wird nicht mehr nur durch die Herstellung einer funktionsfähigen Ware bemessen. Nicht-materielle Aspekte wie Design, Marke oder Produktimage spielen eine immer größere Rolle. Unternehmen nutzen diese Aspekte, um ihre Produkte den Bedürfnissen der Kund*innen exakt anzupassen und sich im Wettbewerb klar abzugrenzen. Die Integration von Services kann dementsprechend zu einer weiteren Individualisierung und einer Steigerung des Wertes führen.⁷³ Daher beschäftigt das Themenfeld PSS zunehmend die Forschung und die Wirtschaft. In der Literatur sind zahlreiche Definitionen zu finden, die aber alle einen ähnlichen

⁶⁸ Vgl. Rossi, M. u. a.: Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products, in: Journal of Industrial Ecology, 2006. Jg., H. 10, S. 193-210, S. 200.

⁶⁹ Vgl. Rossi, M. u. a.: Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products, in: Journal of Industrial Ecology, 2006. Jg., H. 10, S. 193-210, S. 199ff.

⁷⁰ Vgl. Rossi, M. u. a.: Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products, in: Journal of Industrial Ecology, 2006. Jg., H. 10, S. 193-210, S. 206f.

⁷¹ Vgl. [https://www.c2ccertified.org/products/registry/search&p_company=herman_miller_inc](https://www.c2ccertified.org/products/registry/search?p_company=herman_miller_inc) 28.07.2020.

⁷² Vgl. Centenera, J./Hasan, M.: Sustainable Product Service System, in: International Business Research, 2014. Jg., H. 7, S. 62-71, S. 62.

⁷³ Vgl. Mont, O.: Clarifying the concept of product-service system, in: Journal of Cleaner Production, 2002. Jg., H. 10, S. 237-245, S. 238.

Inhalt aufzeigen. Dabei werden PSS als Systeme beschrieben, bei denen ein Produkt in Verbindung mit verschiedenen Services angeboten wird. Die Erfüllung der Wünsche und Bedürfnisse der Kund*innen und Konsument*innen steht im Mittelpunkt.⁷⁴ Im industriellen Business-to-Business Markt werden PSS auch als hybride Leistungsbündel oder industrielle PSS (IPSS) bezeichnet. Sowohl PSS als auch IPSS zeichnen sich durch eine integrierte Planung, Entwicklung, Erbringung und Nutzung der zusammen angebotenen Produkt- und Dienstleistungsanteile aus.⁷⁵

PSS werden grundsätzlich in drei verschiedene Typen eingeteilt. Diese sind produkt-, nutzungs- und ergebnisorientiert. Bei einem produktorientierten PSS kaufen Kund*innen das Produkt und sind somit auch Eigentümer*innen. Mit dem Produkt werden allerdings weitere Services angeboten, die von den Kund*innen während der Nutzungsdauer in Anspruch genommen werden können. Dazu zählen beispielsweise Beratung oder Wartungsarbeiten. Bei einem nutzungsorientierten PSS wird den Kund*innen für eine vereinbarte Zeit ein Produkt zur Verfügung gestellt. Der Anbieter, der nicht unbedingt auch der Hersteller ist, bleibt in diesem Fall jedoch Eigentümer. Beispiele für diese Form des PSS sind Produktleasing und Carsharing. Bei einem ergebnisorientierten PSS bleibt der Anbieter auch Eigentümer des Produktes. In diesem Fall erwerben die Kund*innen nur ein Ergebnis. Die Art und Weise der Leistungserbringung ist dem Anbieter überlassen, da für die Kund*innen nur das Resultat zählt.⁷⁶ Während bei einem produktorientierten PSS also weiterhin das Produkt selbst im Zentrum steht, wird bei einem ergebnisorientierten PSS lediglich die Performance verkauft.

Das Konzept der PSS bietet zahlreiche Vorteile. Von diesem Geschäftsmodell können Anbieter, Kund*innen und auch die Gesellschaft gleichermaßen profitieren. Für die Anbieter kann die Implementierung eines PSS das Geschäftsfeld erweitern. Dadurch kann eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden.⁷⁷ Durch die Nutzung von neuem Wissen und neuen Technologien kann ein individuelles Gesamtkonzept entstehen, welches kein anderer Konkurrent anbietet. Infolgedessen können Anbieter auch in bereits gesättigten Märkten wachsen. Zusätzlich zur weiteren Differenzierung vom Wettbewerb kann ein PSS auch deutlich schwieriger kopiert werden. Während die Nachahmung von Produkten einer gewissen Regelmäßigkeit unterliegt, lassen sich die dazugehörigen Services nur mit großem Aufwand kopieren. Weiterhin sind Anbieter von PSS unabhängiger vom Preiskampf auf dem Markt, da bei der Kaufentscheidung nicht nur der Preis eine Rolle spielt, sondern auch der Umfang und die Qualität der angebotenen Services mit einbezogen werden. Durch die Services verbessert sich außerdem der Kund*innenkontakt. Somit lässt sich über die Zeit eine deutlich langfristige und intensivere Verbindung zu den Kund*innen aufbauen. Die Anbieter bekommen zudem einen besseren Einblick in die Bedürfnisse der Kund*innen und können dementsprechend schneller auf Änderungen reagieren.⁷⁸

⁷⁴ Vgl. Vezzoli, C./Kohtala, C./Srinivasan, A.: *Product-Service System Design for Sustainability*, Sheffield 2014, S. 30.

⁷⁵ Vgl. Uhlmann, E./Meier, H., *Produktverständnis im Wandel*, in: Uhlmann, E./Meier, H. (Hrsg.): *Industrielle Produkt-Service Systeme*, Berlin 2017, S. 1-17, S. 8.

⁷⁶ Vgl. Cook, M.: *Product service system innovation in the smart city*, in: *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 2018. Jg., H. 19, S. 46-55, S. 46f.

⁷⁷ Vgl. Hu, J./Seliger, G.: *Case Studies of Sustainable PSS Business Models for City Mobility*, in: *Product-Service Integration for Sustainable Solutions. Lecture Notes in Production Engineering*, 2013, S. 191-202, S. 194.

⁷⁸ Vgl. Schenkl, S.: *Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen*, Dissertation, TU, München 2014 S. 41.

Die Kund*innen profitieren durch PSS von einem größeren und flexibleren Angebot auf dem Markt. Durch die verschiedenen Services, wie zum Beispiel Finanzierungsangebote oder Reparaturen, finden Kund*innen leichter ein für sie passendes Angebot. Der engere Kontakt mit den Anbietern hat auch für die Kund*innen einen Nutzen. Dadurch können sie ihre Wünsche und Bedürfnisse einfach und schnell kommunizieren. Probleme lassen sich somit schneller lösen und können zu einer höheren Produktivität seitens der Kund*innen führen. Überdies können Kund*innen die Verantwortung für das Produkt für die komplette Nutzungsdauer an den Anbieter übergeben, insofern dieser der Eigentümer bleibt.⁷⁹ Dies kann außerdem dazu führen, dass die Kund*innen ein qualitativ höheres Produkt bekommen, da die Anbieter in möglichst geringem Umfang für Reparaturen und Schäden aufkommen wollen. Durch die Übertragung der Produktverantwortung können sich die Kund*innen auf ihre Kernaufgaben konzentrieren. Das Risiko für den Ausfall des Produktes wird von den Anbietern übernommen.⁸⁰

Die Gesellschaft insgesamt kann ebenfalls von PSS profitieren. Ein positiver Nutzen für die Umwelt wird vom Autor ebenso als gesellschaftlicher Nutzen betrachtet, da eine intakte Umwelt einen großen Einfluss auf die Gesellschaft hat. Sofern die Anbieter auch Eigentümer der Produkte sind, kann es sich für sie lohnen, die Produkte nach der Nutzungsdauer der Wiederverwertung zuzuführen. Somit müssen keine neuen Rohstoffe verwendet werden, sondern bereits verbaute Ressourcen werden neu verarbeitet. Durch die Wiederverwertung sinkt folglich der Ressourcenverbrauch.⁸¹ Da die Anbieter die Verantwortung für die komplette Produktnutzungsdauer tragen, haben sie ein Interesse daran, die Lebensdauer ihrer Produkte zu verlängern und die Betriebskosten zu minimieren. Insgesamt führt es dazu, dass PSS einen Anteil daran haben können, ökonomisches Wachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Als direkte Folge wird die Umwelt geschont. Zusätzlich kann PSS zur Schaffung von Arbeitsplätzen beitragen, da die Arbeitsintensität im Dienstleistungssektor höher ist.⁸²

4.2.1 Voraussetzungen

Damit PSS marktreif angeboten werden können, müssen einige Voraussetzungen erfüllt werden. Vor allem müssen produzierende Unternehmen die bisher getrennten Prozesse der Produktentwicklung und der Servicegestaltung fusionieren. Nur dann kann ein Gesamtpaket entstehen, welches den Bedürfnissen der Kund*innen gerecht wird. Dafür ist es notwendig, dass der komplette Lebenszyklus des Produktes in die Betrachtung einfließt. Auf dieser Grundlage können anschließend verschiedene Serviceangebote gestaltet werden, die im Laufe der Produktnutzungsdauer von den Kund*innen genutzt werden können. Damit diese Services möglichst passend entwickelt werden können, müssen die Anbieter ausreichend Informationen über die jeweilige Produktnutzung bei den Kund*innen sammeln. Dafür ist eine wesentlich engere Kommunikation nötig, als es beim herkömmlichen Verkauf von Produkten der Fall ist.⁸³ Die Beziehung zwischen Anbietern und Kund*innen ist demnach essentiell für eine erfolgreiche Umsetzung von PSS. Die Abteilungen des Kund*innenbeziehungsmanagements und der Ser-

⁷⁹ Vgl. Mont, O.: Clarifying the concept of product-service system, in: Journal of Cleaner Production, 2002. Jg., H. 10, S. 237-245, S. 240.

⁸⁰ Vgl. Schenkl, S.: Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen, Dissertation, München 2014 S. 40f.

⁸¹ Vgl. Scafa, M.: A new method for Product Service System: the case of urban waste management, in: 10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems, 2018, S. 67-72, S. 68.

⁸² Vgl. Schenkl, S.: Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen, Dissertation, München 2014 S. 42.

⁸³ Vgl. Aurich, J./Clement, M.: Produkt-Service Systeme: Gestaltung und Realisierung, Berlin, Heidelberg 2010, S. 5.

viceentwicklung müssen eng zusammenarbeiten, um ein bedürfnisgerechtes Angebot zu erstellen. Für einen dauerhaften Erfolg mit PSS sollten weitere Maßnahmen durchgeführt werden. Die Marktbedingungen und Kund*innenbedürfnisse beispielsweise sollten kontinuierlich untersucht werden, um auf mögliche Änderungen schnell reagieren zu können.⁸⁴

Die Entwicklung eines PSS setzt somit drei essentielle Fähigkeiten voraus. Zunächst ist das die Entwicklung oder die Auswahl eines geeigneten Produktes. Weiterhin müssen Serviceangebote gestaltet werden, die zu dem jeweiligen Produkt und den Kund*innen passen. Die wichtigste Voraussetzung ist allerdings die Sammlung von relevanten Marktinformationen von den Kund*innen. Denn nur mit den richtigen Informationen und dem nötigen Wissen kann ein PSS entwickelt werden, das Kund*innenbedürfnissen Rechnung trägt.⁸⁵

4.2.2 Barrieren

Trotz zahlreicher Vorteile existieren einige Hindernisse, die der erfolgreichen Implementierung eines PSS im Weg stehen können. Ein wichtiger Aspekt ist in diesem Fall die Mentalität der Kund*innen. In vielen Kulturen spielt Eigentum eine große Rolle und wirkt teilweise sogar identitätsstiftend. Daher werden PSS trotz wirtschaftlicher Vorteile oftmals nicht als Alternative angesehen. Dieses Problem besteht jedoch nur im Business-to-Consumer Markt. Im Business-to-Business Bereich stellt dieser Aspekt eher kein Problem dar. Ein weiteres Hindernis seitens der Kund*innen besteht in der Sorge, dass privates oder firmeninternes Wissen an die Anbieter übergeht. Durch den intensiveren Austausch mit den Anbietern und die Erbringung verschiedener Services geht auch ein als Problem empfundener Kontrollverlust einher. Sollten den Kund*innen die Kenntnis über die Lebenszykluskosten eines Produktes fehlen oder falsch einschätzen, kann ein PSS auch als kostenintensiver als ein herkömmliches Produkt bewertet werden.⁸⁶

Als weitere Barriere gelten die Kompetenzen und Kenntnisse der Anbieter. In vielen Fällen fehlt ausgebildetes Personal, welches die Vielfalt der unterschiedlichen PSS Modelle kennt. Dazu gehört auch ein Mangel an Wissen über spezifische buchhalterische Modalitäten und den Aufbau eines langfristigen Einnahmenmodells. Es ist oftmals unklar, wie hoch der Preis festgelegt werden soll und zu welchen Konditionen das PSS angeboten wird. Weiterhin muss beachtet werden, dass die Mitarbeiter*innen aus den Abteilungen der Produktentwicklung und der Servicegestaltung möglicherweise verschiedene Hintergründe haben. Dies kann dazu führen, dass Unterschiede hinsichtlich der Kommunikation und der Arbeitsweise zu Problemen und Missverständnissen führen.⁸⁷

Allgemein kann die Unternehmenskultur als Hindernis angesehen werden. In herkömmlichen Geschäftsmodellen werden entweder Produkte oder Services angeboten. Die Verbindung in einem PSS ist ein noch relativ junges Geschäftsfeld. Daher fehlen oftmals die entsprechenden

⁸⁴ Vgl. Mont, O.: Clarifying the concept of product-service system, in: Journal of Cleaner Production, 2002. Jg., H. 10, S. 237-245, S. 242.

⁸⁵ Vgl. Tietze, F./Schiederig, T./Herstatt, C.: Firms' transition towards green product service system innovators, TU Hamburg, 2011, 2011, S. 12.

⁸⁶ Vgl. Schenkl, S.: Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen, Dissertation, München 2014 S. 44.

⁸⁷ Vgl. Kurak, C./Barquet, A./Rozenfeld, H.: Challenges for PSS Implementation: Identification and Classification, in: Product-Service Integration for Sustainable Solutions. Lecture Notes in Production Engineering, 2013, S. 275-285, S. 279ff.

innerbetrieblichen Organisationsstrukturen und Kommunikationswege für eine erfolgreiche PSS-Umsetzung.⁸⁸

Des Weiteren liegt die Verantwortung für das Produkt über die gesamte Nutzungsdauer bei den Anbietern. Die Planung und Durchführung der angebotenen Services, wie zum Beispiel Wartungsarbeiten oder Reparaturen gelten als weitere Barrieren. Für die Organisation dieser Prozesse sind zusätzliche Personalkapazitäten notwendig. Außerdem stellt die Rücknahme der Produkte eine weitere Hürde dar. Am Ende der Produktnutzung muss entschieden werden, was mit dem Produkt geschieht.⁸⁹

4.2.3 Analyse

Das Konzept von PSS findet seit der Jahrtausendwende zunehmend in der Forschung statt. Daher haben sich mittlerweile verschiedene Varianten entwickelt, die sich in Form von produkt-, nutzungs- und ergebnisorientierten PSS zeigen. In den letzten Jahren ist neben den ökonomischen Vorteilen der ökologische Aspekt verstärkt in den Fokus gerückt. Denn PSS haben das Potential, den Ressourcenverbrauch zu reduzieren und zu einer Kreislaufwirtschaft beizutragen.

Um nicht nur zur Kreislaufwirtschaft beizutragen, sondern auch den Ansprüchen von C2C gerecht zu werden, muss zunächst das Prinzip „Abfall ist Nahrung“ erfüllt werden. Grundsätzlich kann PSS helfen, dieses Prinzip einzuhalten. Gerade bei nutzungs- und ergebnisorientierten PSS, bei denen die Anbieter auch Eigentümer bleiben, können durch entsprechende Take-back Strategien die Produkte wieder zurück zu den Anbietern gelangen. Die Anbieter können anschließend dafür sorgen, dass die verbauten Materialien den passenden Kreisläufen zugeführt werden. In Verbindung mit einem DfD würde sich dieser Prozess beschleunigen lassen. Ein modularer Aufbau und ein DfD helfen nicht nur bei der Trennung der Materialien nach der Produktnutzung, sondern können auch während der Nutzungsphase Wartungs- und Reparaturarbeiten beschleunigen. PSS sind somit nicht per se für Kreisläufe designt, können aber in Verbindung mit anderen Konzepten, wie zum Beispiel Take-back Strategien und DfD, entscheidend zu einer Kreislaufwirtschaft beitragen.⁹⁰ Allerdings werden PSS noch zu wenig mit den beschriebenen Konzepten umgesetzt. Take-back Strategien werden bei etwa einem Drittel aller PSS angeboten. Die Verwendung recycelbarer Ressourcen spielt hingegen bei nicht mal einem Viertel von PSS eine Rolle.⁹¹ Wenn diese Aspekte noch stärker in den Mittelpunkt gerückt werden, steigt der Einfluss von PSS auf die Kreislaufwirtschaft deutlich an.

Die Verantwortung für die Erfüllung des zweiten C2C-Prinzips, die Verwendung erneuerbarer Energien, liegt in den meisten Fällen bei den Kund*innen. Anbieter können lediglich darauf achten, bei motorgetriebenen Produkten, wie es zum Beispiel bei Carsharing-Modellen der Fall ist, elektrobetriebene Fahrzeuge anzubieten. Damit kann zumindest der Verbrauch fossiler Brennstoffe reduziert werden. Allerdings sind die Nutzer*innen dafür verantwortlich, dass beispielsweise Elektrofahrzeuge mit erneuerbaren Energien aufgeladen werden. Auch bei allen anderen Produkten liegt die Verantwortung hierfür meist bei den Kund*innen.

⁸⁸ Vgl. Kurak, C./Barquet, A./Rozenfeld, H.: Challenges for PSS Implementation: Identification and Classification, in: Product-Service Integration for Sustainable Solutions. Lecture Notes in Production Engineering, 2013, S. 275-285, S. 279f.

⁸⁹ Vgl. Bech, N.: Evaluating the Environmental Performance of a Product/Service-System Business Model for Merino Wool Next-to-Skin Garments: The Case of Armadillo Merino, in: Sustainability, 2019. Jg., H. 11, S. 17.

⁹⁰ Vgl. Priyono, A.: Understanding the benefits of product-service system for involved parties in remanufacturing, in: Journal of Industrial Engineering and Management, 2017. Jg., H. 10, S. 323-351, S. 346.

⁹¹ Vgl. Guzzo, D.: Circular Innovation Framework: Verifying Conceptual to Practical Decisions in Sustainability-Oriented Product-Service System Cases, in: Sustainability, 2019. Jg., H. 11, S. 23.

Das dritte C2C-Prinzip, „Vielfalt feiern“, kann ebenso von PSS erfüllt werden. Der durch das Konzept bedingte enge Austausch mit den Kund*innen führt dazu, dass die Anbieter die Bedürfnisse der Käufer*innen sehr genau kennen. Dadurch entstehen kund*innenindividuelle Lösungen, die den jeweiligen Abnehmer*innen angepasst sind. Diese Flexibilität von PSS führt zu einer entsprechenden Vielfalt an Lösungen.

Insgesamt ist das Konzept der PSS fähig, die Idee von C2C zu verwirklichen und bei der Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft eine zentrale Rolle einzunehmen. Dafür ist allerdings weitere Forschung nötig und Unternehmen müssen kreative Geschäftsmodelle innerhalb der PSS finden. Denn obwohl das Konzept von PSS bereits seit etwa 30 Jahren bekannt ist, wird der größte Teil der Produkte immer noch über den herkömmlichen Weg verkauft. Dies führt dazu, dass die Verantwortung für die Nutzung und die Entsorgung der Produkte auf die Kund*innen übertragen wird und die Hersteller beziehungsweise die Verkäufer den Besitz der verbauten Materialien und damit den Zugang zu wertvollen Ressourcen verlieren. Gerade im privaten Bereich spielt sich das Konzept bisher nur in Nischen ab, da der Erwerb von Eigentum in vielen Gesellschaften noch immer eine große Bedeutung hat. Im gewerblichen Bereich allerdings sind PSS Angebote bei immer mehr Anbietern zu finden. Da gewerbliche Kund*innen weniger Wert auf Eigentum legen, sondern vor allem aus ökonomischen Gründen handeln, stößt das Konzept von PSS hier auf weniger Barrieren.⁹²

4.2.4 Beispiele

Signify ist ein niederländisches Unternehmen, das Beleuchtungselemente für den gewerblichen und privaten Gebrauch verkauft. Es wurde 2016 vom Mutterkonzern Philips mit dem Namen Philips Lighting ausgegliedert und 2018 in Signify umbenannt.⁹³ Neben einer generell nachhaltigen Ausrichtung des Unternehmens wird Beleuchtung auch als PSS unter dem Namen Circular Lighting angeboten. Dabei wird mit den Kund*innen ein Vertrag über beispielsweise zehn Jahre abgeschlossen. Signify übernimmt anschließend die Montage der Beleuchtung und führt über die gesamte Vertragslaufzeit Wartungsarbeiten und Reparaturen durch. Zum Ende der Nutzungsdauer demontiert Signify die Beleuchtung wieder und sorgt für eine Weiterverwendung oder eine Wiederverwertung. Die Kund*innen bezahlen lediglich für die Leistung, also das erzeugte Licht. Außerdem können die Kund*innen Upgrades beziehen, um immer die aktuellste Lichttechnologie zu nutzen. Obwohl Signify Beleuchtung als PSS erst seit wenigen Jahren anbietet, gibt es schon einige Kund*innen dieses Konzepts. Dazu zählen eine umgestaltete Lounge des Schiphol Flughafens in Amsterdam, die Hallen von Bruynzeel Storage Systems, der Hightech Campus in Eindhoven, die Management School in Antwerpen sowie mehrere Bibliotheken in den Niederlanden. Bei allen Kund*innen konnte eine Energieeinsparung von 50% bis 73% erreicht werden. Somit sinken die Kosten für Beleuchtung bei den Kund*innen signifikant und Reparaturen werden an Signify ausgelagert. Signify im Gegenzug hat nun einen Anreiz, möglichst energiesparende Beleuchtung einzusetzen, um den Energieverbrauch kontinuierlich zu senken. Weiterhin bleiben sie in Besitz der jeweiligen Beleuchtungselemente und können sie nach der Nutzungsdauer weiterverwenden. Zusätzlich sind die Leuchten bereits

⁹² Vgl. Matschewsky, J.: Unintended Circularity?—Assessing a Product-Service System for its Potential Contribution to a Circular Economy, in: Sustainability, 2019. Jg., H. 11, S. 21f.

⁹³ Vgl. <https://www.signify.com/de-de/our-company/news/press-releases/2018/20180516-philips-lighting-is-now-signify> 26.08.2020.

für die Demontage designt und können somit leicht demontiert werden. Dieser Aspekt erleichtert auch die Wartung sowie eventuelle Reparaturen. Die verschiedenen Bauteile können durch das DfD zudem sortenrein getrennt werden.^{94 95}

Ein weiteres Unternehmen mit einem PSS als Geschäftsmodell ist Gerrard Street aus den Niederlanden. Das Start-Up wurde 2015 in Utrecht gegründet und sitzt mittlerweile in Rotterdam. Die Firma bietet Kopfhörer an und ist somit ein Vorreiter auf dem Gebiet der Unternehmen, die Elektronikartikel als PSS auch an Privatkund*innen verkaufen.⁹⁶ Die Kopfhörer von Gerrard Street werden modular designt und werden in mehreren Modulen an die Kund*innen verschickt. Diese müssen die Kopfhörer zunächst in einfachen Schritten selbst montieren. Im Anschluss zahlen die Kund*innen einen monatlichen oder jährlichen Betrag an das Start-Up. Im Gegenzug bekommen sie bei defekten Bauteilen kostenlosen Ersatz zugeschickt oder können die Kopfhörer bei größeren Schäden auch direkt zu Gerrard Street schicken. Auch im Falle eines Diebstahls stehen den Kund*innen Ersatzkopfhörer zu. Durch dieses Geschäftsmodell haben die Kund*innen für die gesamte Zeit ihrer Beitragszahlungen moderne und funktionierende Kopfhörer von sehr guter Qualität. Gerrard Street profitiert von den regelmäßigen Zahlungseingängen und bleibt weiterhin Eigentümer der verbauten Ressourcen. Durch das modulare Design können die Kopfhörer leicht und schnell demontiert werden, um die einzelnen Bauteile den jeweiligen Stoffkreisläufen zuzuführen. Wenn ein Kunde oder eine Kundin die Zahlung der Beiträge einstellt, werden die Kopfhörer zurück zu Gerrard Street geschickt. Dort werden sie wiederaufbereitet und repariert, sodass sie weiterverwendet werden können.^{97 98}

4.3 Take-back Strategien

Für einen geschlossenen Kreislauf ist es notwendig, dass die Produkte nach dem Ende ihrer Nutzungsphase gesammelt werden. Anschließend müssen die ausgedienten Waren nach ihren Materialien oder dem Zustand sortiert werden. Bei der Sortierung wird entschieden, welchen Weg die Produkte nehmen. Wenn sie mit einer Reparatur beziehungsweise dem Austausch defekter Komponenten wieder nutzbar gemacht werden können und einen Wiederverkaufswert besitzen, können sie dem Gebrauchtwarenmarkt zugeführt werden. Wenn die Schäden an den Produkten allerdings zu groß sind, werden sie demontiert und dem Materialrecycling zugeführt. Dieser gesamte Prozess wird als End-of-Life Management oder auch Reverse Logistics beschrieben. Lediglich der Erwerb der Produkte von den Konsument*innen sowie die Sammlung wird als Take-back Strategie bezeichnet.⁹⁹ Diese Take-back Strategien werden in dieser Arbeit gesondert berücksichtigt, weil sie die entscheidenden Schnittstellen zwischen Konsument*innen und Herstellern beziehungsweise Recyclern darstellen. Der restliche Prozess der Reverse Logistics wird im Kapitel 4.4 thematisiert.

Take-back Strategien gibt es in größerem Umfang bereits seit den 1990er Jahren. Internationale Produzenten von elektronischen Geräten, wie zum Beispiel Motorola oder Nokia, nehmen seither ihre Produkte zurück. Auch andere Unternehmen haben mit verschiedenen Strategien ver-

⁹⁴ Vgl. https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/United%20Kingdom/ODLI20171031_001-PDF-en_GB-7036_Circular_Lighting_Digi_WTO_01.pdf 26.08.2020.

⁹⁵ Vgl. <https://www.signify.com/global/case-studies#page=1> 26.08.2020.

⁹⁶ Vgl. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/modular-design-and-a-new-business-model-create-a-circular-music-experience> 26.08.2020.

⁹⁷ Vgl. <https://gerrardstreet.nl/missie/> 26.08.2020.

⁹⁸ Vgl. <https://gerrardstreet.nl/#faq> 26.08.2020.

⁹⁹ Vgl. Fang, Y./Rau, H.: Optimal Consumer Electronics Product Take-Back Time with Consideration of Consumer Value, in: Sustainability, 2017. Jg., H. 9, S. 2.

sucht, ihre Produkte von den Konsument*innen einzusammeln. Jedoch sind viele dieser Experimente wieder beendet worden, weil die Hersteller der Ansicht waren, dass Recycling nicht zu ihrem Kerngeschäft gehört.¹⁰⁰

Im Jahr 2003 wurde auf europäischer Ebene die sogenannte WEEE-Richtlinie (Waste Electric and Electronic Equipment) erlassen. Diese Richtlinie verpflichtet seitdem alle Hersteller elektrischer und elektronischer Geräte, ihre Produkte kostenlos wieder zurückzunehmen.¹⁰¹ Trotz dieses gesetzlichen Rahmens erfüllen viele Unternehmen nur die Minimalbedingungen. Wenn Take-back Strategien nicht nur als notwendiges Übel wahrgenommen, sondern als Geschäftsmodell genutzt werden, bieten sich den Herstellern viele Vorteile.

Das Angebot eines Take-back Systems verschafft den Unternehmen eine positive Markenwahrnehmung bei den Kund*innen. Wenn die Konsument*innen wissen, dass die Rückgabe ihrer Produkte einen positiven Einfluss auf die Umwelt hat, dann sorgt das bei ihnen für ein befriedigendes Gefühl. Dieses Gefühl wird dann unter anderem mit dem Hersteller oder der Marke verbunden. Dieser Effekt kann in einem Markt mit starker Konkurrenz ein wertvoller Wettbewerbsvorteil sein.¹⁰² Außerdem können Unternehmen mit einer Take-back Strategie ein umweltfreundliches Image aufbauen. Dieses Image wird von den Kund*innen wohlwollend betrachtet und kann zu höheren Verkaufszahlen sowie einer stärkeren Marktposition führen.¹⁰³

4.3.1 Voraussetzungen

Damit Take-back Strategien erfolgreich sind, müssen sie vor allem als Geschäftsmodell genutzt werden. In vielen Fällen werden Produkte gesammelt, um den gesetzlichen Bedingungen zu entsprechen, wie es zum Beispiel bei der WEEE-Richtlinie der Fall ist. Weiterhin ist die Produktrücknahme oftmals Teil der Nachhaltigkeitsstrategie. Dabei wird jedoch vielfach nur gesammelt, um diesen nachhaltigen Aspekt zu erfüllen. Nur wenn Take-back Systeme als Geschäftsmodell angesehen werden, können sie ihre Vorteile entfalten.¹⁰⁴

Damit dieses Geschäftsmodell funktioniert, müssen die Unternehmen eine klare betriebliche Organisation schaffen. Innerhalb der Firmen sollten alle beteiligten Abteilungen, dazu gehören meist die Bereiche Marketing, Beschaffung und Logistik, in die Entscheidungsprozesse miteinbezogen werden. Ein Mangel an Koordination dieser Prozesse kann zu unausgewogenen Take-back Strategien führen und damit unnötige Probleme verursachen. Solche Probleme können die Kund*innenzufriedenheit verringern oder zu höheren Kosten führen. Neben der internen Organisation ist auch eine Zusammenarbeit mit externen Akteuren von großer Wichtigkeit. Sowohl die an der Wertschöpfungskette teilhabenden Unternehmen als auch Dienstleister sowie Handelspartner sollten integriert werden, um die Geschäftsbeziehungen zu stärken und das Vertrauen zu steigern. Vor allem die Akteure, die an dem Vertrieb und eventuell auch der Rück-

¹⁰⁰ Vgl. Herold, M.: A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics, Dissertation, TU Helsinki, Helsinki 2007, S. 57ff.

¹⁰¹ Vgl. Herold, M.: A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics, TU Helsinki, Helsinki 2007, S. 24ff.

¹⁰² Vgl. Choi, T. u.a., Effects of Used Garment Collection Programs in Fast-Fashion Brands, in: Choi, T./Cheng, T. (Hrsg.): Sustainable Fashion Supply Chain Management: From Sourcing to Retailing, Schweiz 2015 2015, S. 183-198, S. 192.

¹⁰³ Vgl. Kapetanopoulou, P./Tagaras, G.: Drivers and obstacles of product recovery activities in the Greek industry, in: International Journal of Operations & Production Management, 2011. Jg., H. 31, S. 148-166, S. 153.

¹⁰⁴ Vgl. Stal, H./Hervé, C.: A decoupling perspective on circular business model implementation: illustrations from Swedish apparel, in: Journal of Cleaner Production, 2018. Jg., H. 171, S. 630-643, S. 640.

nahme der Produkte beteiligt sind, stellen wichtige Partner dar. Weiterhin können auch Konkurrenzunternehmen, die Gesetzgebung oder Forschungseinrichtungen in das Netzwerk integriert werden. Dadurch würden Innovationen schneller den Weg in die Praxis finden.¹⁰⁵

Sobald die betriebliche Organisation koordiniert wurde, müssen die Konsument*innen integriert werden. Nur wenn genug Kund*innen von der Take-back Strategie wissen und sie auch nutzen, kann das Modell funktionieren. Es muss vor allem entschieden werden, über welche Werbewege die höchste Aufmerksamkeit für die Rücknahme erreicht werden kann. Da umfangreiche Werbung kostenintensiv ist, sollte die Marketingstrategie sinnvoll geplant werden.¹⁰⁶ Weiterhin ist es notwendig, bei den Konsument*innen mithilfe der Werbung ein Bewusstsein für die Produktrücknahme zu schaffen. Wenn den Kund*innen die Bedeutung für die Umwelt bewusst ist, dann steigert dies die Bereitschaft, die Produkte zurückzugeben. Dieses Ziel kann vor allem über den Inhalt in der genutzten Marketingkampagne erreicht werden.¹⁰⁷

Allerdings reicht auch eine kluge Marketingstrategie nicht, um genügend Konsument*innen für die Produktrücknahme zu motivieren. Wichtige Maßnahmen für erfolgreiche Take-back Strategien sind deshalb attraktive Anreize sowie eine einfache und unkomplizierte Rücknahme der Produkte. Wirksame Anreize sind in der Regel monetären Ursprungs, können aber auch in Form von gutem Service funktionieren. Bei der Rückgabe von Kleidung beispielsweise können Kund*innen mit einem Gutschein belohnt werden, der beim Kauf neuer Produkte eingelöst werden kann. Die Rückgabe elektronischer Produkte kann zum Beispiel wiederum dadurch erreicht werden, dass den Kund*innen bei dem Kauf eines neuen Produktes ein umfangreiches Servicepaket in Form von Garantien oder Reparaturen angeboten wird.¹⁰⁸ Eine unkomplizierte Rücknahme kann durch verschiedene Wege erreicht werden. Am beliebtesten bei den Konsument*innen sind wohnortnahe Sammelstellen, Pick-Up Systeme, bei denen die Produkte direkt bei den Kund*innen zu Hause abgeholt werden, oder Rücknahmestellen in Läden.¹⁰⁹ Es existieren noch weitere Möglichkeiten für Unternehmen, um an ausrangierte Produkte zu gelangen. Dazu zählen die Sammlung aus dem konventionellen Haushaltsmüll, die Rücknahme über Postsendungen oder die Sammlung der Produkte mithilfe von Partnern, wie zum Beispiel Händlern.¹¹⁰ Hierbei können auch mehrere Rückgabekanäle genutzt werden. Das Ziel muss es sein, den Kund*innen die Rückgabe so bequem wie möglich zu machen.

4.3.2 Barrieren

Einer erfolgreichen Implementierung eines Take-back Systems stehen einige Hürden im Weg. Firmenintern gilt vor allem die Bereitschaft der Führungsetage als Problem. Die Unternehmensführung sowie die beteiligten Abteilungen sind von der Idee einer Take-back Strategie oftmals nicht vollends überzeugt. Vor allem die schwierig zu prognostizierende Aussicht auf eine Wirtschaftlichkeit des Konzeptes wird als großer Unsicherheitsfaktor gesehen.¹¹¹ Außerdem fehlt in vielen Fällen grundlegendes Wissen über die Organisation eines Take-back Systems. Dies

¹⁰⁵ Vgl. Pal, R.: Value creation through reverse logistics in used clothing networks, in: The International Journal of Logistics, 2017. Jg., H. 28, S. 964-906, S. 972f.

¹⁰⁶ Vgl. Ghoreishi, N./Jakiela, M./Nekouzadeh, A.: A cost model for optimizing the take back phase of used product recovery, in: Journal of Remanufacturing, 2011. Jg., H. 1, S. 13.

¹⁰⁷ Vgl. Hvass, K.: Post-retail responsibility of garments – a fashion industry perspective, in: Journal of Fashion Marketing and Management, 2014. Jg., H. 18, S. 413-430, S. 425ff.

¹⁰⁸ Vgl. Jena, S./Sarmath, S.: Measurement of consumers' return intention index towards returning the used products, in: Journal of Cleaner Production, 2015. Jg., H. 108, S. 818-829, S. 826.

¹⁰⁹ Vgl. Fontell, P./Heikkilä, P.: Model of circular business ecosystem for textiles, Espoo, 2017, S. 30.

¹¹⁰ Vgl. Ellen MacArthur Foundation: A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future, 2017, S. 104.

¹¹¹ Vgl. Kapetanopoulou, P./Tagaras, G.: Drivers and obstacles of product recovery activities in the Greek industry, in: International Journal of Operations & Production Management, 2011. Jg., H. 31, S. 148-166, S. 156.

führt dazu, dass Unternehmen vielfach nicht bereit sind, die für die Erlangung des Wissens notwendigen Ressourcen bereitzustellen.¹¹² Des Weiteren existiert keine etablierte Vorgehensweise für die Implementierung eines Take-back Modells. Es gibt bislang zu wenig Erfahrungswerte und Vorbilder in diesem Bereich. Für Unternehmen, die ihre Produkte global vermarkten, stellt dieser Aspekt ein großes Problem dar. Während die Produktrücknahme innerhalb eines Landes realisierbar erscheint, ist eine weltweit einheitliche Strategie aufgrund der unterschiedlichen Marktsituationen deutlich komplexer.¹¹³ Wenn sich Unternehmen trotz dieser Hürden dennoch für die Schaffung eines Take-back Systems entscheiden, dann nutzen sie vielfach Dienstleister für diese Aufgabe. Damit geben sie zwar die Risiken an ein anderes Unternehmen ab, verlieren jedoch auch den in den Produkten enthaltenen Materialwert. Dies führt wiederum dazu, dass die Produktrücknahme nicht als Teil des eigenen Geschäftsmodells gesehen wird und dadurch auch keine Verbindung zum Produktdesign hergestellt wird.¹¹⁴

Neben den betrieblichen Problemen gibt es auch auf der Kund*innenseite mehrere Barrieren. Viele Konsument*innen wissen nichts von den angebotenen Rücknahmemodellen. Außerdem sind sich die meisten der nachhaltigen Bedeutung eines Take-back Systems nicht bewusst. Selbst wenn eine Marketingkampagne das Wissen und das Bewusstsein steigert, kann es eine gewisse Zeit dauern, bis die Kund*innen ihr Verhalten ändern.¹¹⁵ Gerade in Entwicklungsländern stellt das Konsument*innenverhalten eine große Hürde dar. Viele Menschen geben ihre Produkte, wie zum Beispiel Kleidung oder elektronische Geräte, innerhalb der Familie weiter oder verkaufen sie privat. Selbst die Spende von Waren an Wohltätigkeitsorganisationen, die aus moralischer Sicht definitiv zu befürworten ist, kann für eine Take-back Strategie problematisch werden.^{116,117} Durch dieses Verhalten wird der Zeitpunkt der Produktrückgabe für die Unternehmen nicht mehr planbar. Für ein erfolgreiches Take-back System ist neben dem Zeitpunkt der Rückgabe auch die Menge essenziell. Nur wenn genügend Produkte gesammelt werden, kann dieses Konzept wirtschaftlich sein. Die Menge der Waren, die zurückgegeben werden könnten, kann durch das individuell unterschiedliche Verhalten der Kund*innen nur sehr schwierig prognostiziert werden.^{118,119}

4.3.3 Analyse

Take-back Systeme stellen die Schnittstelle zwischen Hersteller und Kund*innen her und können somit eine wichtige Aufgabe innerhalb eines Kreislaufwirtschaftssystems übernehmen. Zu dem ersten Prinzip von C2C, das Abfall als Nahrung ansieht, kann dieses Konzept daher entscheidend beitragen. Take-back Strategien können dafür sorgen, dass defekte oder ausrangierte Produkte getrennt vom konventionellen Haushaltsmüll gesammelt werden. Die gesammelten

¹¹² Vgl. González-Torre, P. u.a.: Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector, in: British Journal of Management, 2010. Jg., H. 21, S. 889-904, S. 899.

¹¹³ Vgl. Hvass, K.: Post-retail responsibility of garments – a fashion industry perspective, in: Journal of Fashion Marketing and Management, 2014. Jg., H. 18, S. 413-430, S. 423ff.

¹¹⁴ Vgl. Stal, H./Hervé, C.: A decoupling perspective on circular business model implementation: illustrations from Swedish apparel, in: Journal of Cleaner Production, 2018. Jg., H. 171, S. 630-643, S. 638f.

¹¹⁵ Vgl. Hvass, K./Pedersen, E.: Toward circular economy of fashion: Experiences from a brand's product take back initiative, in: Journal of Fashion Marketing and Management, 2019. Jg., H. 23, S. 345-365, S. 355ff.

¹¹⁶ Vgl. Jena, S./Sarmath, S.: Measurement of consumers' return intention index towards returning the used products, in: Journal of Cleaner Production, 2015. Jg., H. 108, S. 818-829, S. 822.

¹¹⁷ Vgl. Herold, M.: A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics, TU Helsinki, Helsinki 2007, S. 75.

¹¹⁸ Vgl. Neto, J./van Wassenhove, L.: Original Equipment Manufacturers' Participation in Take-Back Initiatives in Brazil, in: Journal of Industrial Ecology, 2013. Jg., H. 17, S. 238-248, S. 245.

¹¹⁹ Vgl. Herold, M.: A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics, TU Helsinki, Helsinki 2007, S. 122.

Waren gehören in der Regel der gleichen Produktgruppe an und bestehen demzufolge aus ähnlichen Materialien. Dadurch entfällt eine aufwendige Trennung von anderen Abfallarten. Die zurückgegebenen Produkte können nach der Sammlung je nach Zustand entweder wiederaufbereitet und als Gebrauchtwaren verkauft werden oder sie werden demontiert und dem Materialrecycling zugeführt. Demnach können die enthaltenen Ressourcen wieder als Ausgangsstoff für neue Produkte dienen.

Die zwei übrigen Prinzipien von C2C spielen bei Take-back Strategien eine eher untergeordnete Rolle. Die Verantwortung für die Verwendung von erneuerbaren Energien während der Produktsammlung liegt bei den Anbietern. Außerdem ist die Vielfalt von Lösungen bei der Sammlung begrenzt. Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten der Produktrücknahme, allerdings haben diese alle einen ähnlichen Charakter.

Take-back Strategien lassen sich sehr gut in die C2C-Welt integrieren. Vor allem die Produktrücknahme von Geschäftskund*innen lässt sich gut planen. Die Kontaktaufnahme ist in der Regel unkompliziert und Unternehmen suchen oftmals nach Möglichkeiten, ausrangierte Betriebsmittel kostengünstig abzugeben. In Verbindung mit einem PSS kann die Produktrücknahme sogar vertraglich geregelt werden und schafft somit sowohl für die Abnehmer als auch für die Anbieter Planungssicherheit. Außerdem wechseln Geschäftskund*innen ihr Equipment deutlich häufiger als Privatkund*innen.¹²⁰ Im privaten Bereich ist mangelnde Planbarkeit der Produktrückgabe ein maßgeblicher Unsicherheitsfaktor für Take-back Systeme. Obwohl Unternehmen bereits seit den 1990er Jahren verschiedene Strategien testen und anbieten, hat sich noch kein System etabliert. In diesem Aspekt muss weitere Forschungsarbeit geleistet werden.

4.3.4 Beispiele

Der schwedische Textilkonzern H&M hat bereits 2013 ein weltweites Take-back System implementiert. Die Kund*innen können eine Tüte voller Kleidung in den Filialen des Unternehmens abgeben und erhalten im Gegenzug einen Gutschein für den nächsten Einkauf bei H&M. Es spielt in diesem Fall keine Rolle, von welcher Marke die abgegebene Kleidung ist. Die in den Filialen gesammelten Kleidungsstücke werden anschließend von einem Dienstleister abgeholt und sortiert. Die Stoffe werden je nach Beschaffenheit in drei Kategorien eingeteilt. Gut erhaltene Kleidungsstücke werden gewaschen und als Second-Hand Kleidung wiederverkauft. Kaputte und alte Stoffe werden zu neuen Produkten, wie zum Beispiel Reinigungstücher, verarbeitet. Alle restlichen Waren werden geschreddert und als Hilfsstoffe, beispielsweise für Isolationsmaterial, verwendet. Zusätzlich zu den ausgegebenen Gutscheinen spendet H&M für jedes gesammelte Kilogramm zwei Cent an eine regionale Wohltätigkeitsorganisation. Im Jahr 2019 konnten weltweit etwa 29.000 Tonnen an Kleidungsstücken gesammelt werden.¹²¹ Allerdings konnte nicht ermittelt werden, wie hoch der Anteil von Kleidung war, die tatsächlich von Kund*innen in den Läden abgegeben wurde. Ein Teil dieser Gesamtmenge könnte auch von H&M selbst stammen, indem sie in den Filialen die eigenen unverkauften Produkte sammeln.

Ein weiteres Unternehmen mit einer etablierten Take-back Strategie ist Fairphone. Die Firma mit Sitz in Amsterdam verkauft seit 2013 Smartphones. Bei der Herstellung legt Fairphone besonderen Wert auf fair gehandelte und abgebaute Rohstoffe sowie sozial gerechte Arbeitsbedingungen. Außerdem sind die Smartphones modular aufgebaut und können daher leicht repariert, geupgraded und demontiert werden.¹²² Damit die Kund*innen ihre Geräte zurückgeben

¹²⁰ Vgl. Herold, M.: A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics, TU Helsinki, Helsinki 2007, S. 122.

¹²¹ Vgl. <https://hmgroupp.com/sustainability/circular-and-climate-positive/recycling.html> 21.09.2020.

¹²² Vgl. <https://shop.fairphone.com/de/?ref=footer> 21.09.2020.

können, müssen sie sich über die Unternehmenswebseite zunächst ein Label ausdrucken. Dieses Label ist kostenfrei und muss auf ein Paket geklebt werden mit dem die gebrauchten Smartphones zurück nach Amsterdam geschickt werden. Wenn die Kund*innen ein gebrauchtes Fairphone zurücksenden, bekommen sie je nach Modell 20€ oder 40€ Gutschrift für den Kauf eines neuen Gerätes. Es können allerdings auch Telefone anderer Hersteller kostenfrei zurückgeschickt werden, jedoch werden für diese keine Gutschriften vergeben. Von den zurückgesendeten Smartphones werden etwa 55% wiederaufbereitet und als Gebrauchtartikel weiterverkauft. Die restlichen 45% sind für eine Wiederaufbereitung ungeeignet und werden materiell verwertet. Die Wiederaufbereitung und die Verwertung der Geräte werden jeweils von Dienstleistern übernommen. Im Jahr 2020 konnten bis zum 21. September durch diese Strategie bereits über 13.800 Smartphones gesammelt werden.¹²³

4.4 Reverse Logistics

Das Konzept der Reverse Logistics (RL) ist in Kapitel 4.3 bereits definiert worden. Grundsätzlich kann RL in die vier Schritte Erwerb, Sammlung, Sortierung und Disposition eingeteilt werden. Während Erwerb und Sammlung im vorangegangenen Abschnitt behandelt wurden, werden im Folgenden die Sortierung und Disposition betrachtet.

Nach der Sammlung der Produkte und dem Transport zu einem zentralen Standort werden die Waren überprüft und sortiert. In diesem Prozess geht es vor allem um den Zustand der Produkte und den Grund der Rückgabe. Es spielt hierbei eine wichtige Rolle, ob das Erzeugnis zurückgegeben wurde, weil der Kunde oder die Kundin es lediglich umtauschen möchte, weil es einen Defekt aufweist oder aber weil es bereits das Ende seiner Nutzungszeit erreicht hat. Nach der Sortierung muss im Verlauf des Prozesses der Disposition entschieden werden, welchen Weg die Produkte nehmen sollen. In der Regel werden die Waren wiederverwendet, repariert, wiederaufbereitet, recycelt oder entsorgt. Bei der Wiederverwendung werden die Artikel lediglich gesäubert und eventuell gewartet, bevor sie wiederverkauft werden. Nach der Reparatur, die den Austausch defekter Bauteile beinhaltet, werden die Produkte den Kund*innen zurückgegeben. Wiederaufbereitung hingegen sorgt dafür, dass sämtliche veralteten, verschlissenen und defekten Teile und Komponenten gewechselt werden, um das Erzeugnis als Gebrauchtware wieder zu verkaufen. Beim Recycling werden die Produkte komplett demontiert und die enthaltenen Ressourcen werden materiell recycelt. Sollte keine dieser Möglichkeiten infrage kommen, werden die Artikel entsorgt.¹²⁴

Das Konzept der Reverse Logistics (RL) wurde bereits 1982 erstmals beschrieben. Allerdings wurde es bis zur Jahrtausendwende in der akademischen Fachwelt kaum weiter berücksichtigt. Erst um das Jahr 2000 herum hat Reverse Logistics eine breitere wissenschaftliche Öffentlichkeit erfahren. Seitdem steigen die Veröffentlichungen permanent an und die Thematik gewinnt an Wichtigkeit.¹²⁵

Neben der wachsenden wissenschaftlichen Beachtung beschäftigen sich auch immer mehr Unternehmen mit dem Konzept. Hierfür gibt es grundsätzlich vier Gründe. In vielen Ländern sorgen gesetzliche Vorgaben dafür, dass die Hersteller ihre Produkte zurücknehmen müssen. Die

¹²³ Vgl. <https://www.fairphone.com/de/recycle-your-phone/?ref=footer> 21.09.2020.

¹²⁴ Vgl. Banihashemi, T./Chen, P.: Exploring the relationship between reverse logistics and sustainability performance: A Literature Review, in: Modern Supply Chain Research and Applications, 2019. Jg., H. 1, S. 2-27, S. 5f.

¹²⁵ Vgl. Wang, J./u.a.: A bibliometric analysis of reverse logistics research (1992-2015) and opportunities for future research, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2017. Jg., H. 47, S. 666-687, S. 667.

WEEE-Richtlinie in der EU gehört beispielsweise dazu. Außerdem implementieren viele Unternehmen RL als Teil ihrer Nachhaltigkeitsstrategie. Dies ist vor allem eine Reaktion auf das steigende Umweltbewusstsein vieler Verbraucher*innen. Weiterhin gibt es Unternehmen, die RL als Geschäftsmodell nutzen und mit den zurückgegebenen Produkten Gewinne erwirtschaften wollen.¹²⁶ Des Weiteren sorgt der stetig steigende Versandhandel über das Internet für eine hohe Anzahl an Rücksendungen, wodurch Unternehmen folglich ein RL-Konzept erarbeiten müssen. Dies führt auch in wirtschaftlich aufstrebenden Nationen, wie zum Beispiel Indien, zu einer Verbreitung des Konzeptes.¹²⁷

Eine Implementierung von RL kann einige Vorteile mit sich bringen. Es kann ein Wettbewerbsvorteil darstellen, da die Kund*innen sich sicher sein können, dass ihre Produkte bei Defekten oder nach der Nutzungsdauer wieder zurückgegeben werden können. Sofern andere Hersteller dieses Angebot nicht haben, kann RL die Kaufentscheidung von Kund*innen maßgeblich beeinflussen.¹²⁸ Außerdem kann RL dabei helfen, den Marktanteil eigener Produkte zu steigern, indem auch Erzeugnisse konkurrierender Unternehmen angenommen werden. Mithilfe von Anreizen durch die Take-back Strategien können die Kund*innen im Idealfall überzeugt werden, fremde Produkte gegen unternehmenseigene einzutauschen.¹²⁹ Weiterhin sind die Konsument*innen bereit, einen höheren Preis für gebrauchte oder wiederaufbereitete Erzeugnisse zu bezahlen, wenn sie vom Originalhersteller angeboten werden. Die gleichen Produkte von einem Drittanbieter erzielen niedrigere Preise. Das heißt, dass das Ansehen des Originalherstellers einen spürbaren Einfluss auf den Wert von Gebrauchsgütern hat.¹³⁰ Überdies führt RL dazu, dass weniger Abfall auf Deponien landet. Dies hat zur Folge, dass die Umwelt deutlich geringeren Belastungen ausgesetzt ist.¹³¹

4.4.1 Voraussetzungen

Damit ein RL-Konzept erfolgreich umgesetzt werden kann, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Wie schon bei den Take-back Strategien muss vor allem die Führungsebene der Unternehmen von dem Geschäftsmodell überzeugt sein und es vollumfänglich unterstützen. Die Unternehmensführung agiert in diesem Fall als Vorbild für die gesamte Firma und muss für die passende Unternehmenskultur sorgen. Falls RL nur umgesetzt wird, um geltende Gesetze zu befolgen, dann fehlt meist die Grundlage für die Wirtschaftlichkeit. Zusätzlich zur Unterstützung durch die Führungsetage und zur passenden Einstellung der Mitarbeiter*innen muss die betriebliche Organisation klar geregelt sein. Es müssen unmissverständliche Zuständigkeiten und funktionierende Entscheidungswege implementiert werden. In diesem Fall sind ebenso Parallelen zu den Take-back Strategien zu erkennen.¹³²

¹²⁶ Vgl. Francischetti, C./dos Santos, N./da Silva, R.: Sustainability in the Management of the Supply Chain and the Return on the Reverse Logistics, in: International Conference on Renewable Energies and Power Quality, 2014, S. 201-206, S. 203.

¹²⁷ Vgl. Agrawal, S./Singh, R./Murtaza, Q.: Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: A case study, in: Journal of Remanufacturing, 2018. Jg., H. 8, S. 115-129, S. 127.

¹²⁸ Vgl. Rogers, D./Tibben-Lembke, R.: An Examination of Reverse Logistics Practices, in: Journal of Business Logistics, 2001. Jg., H. 22, S. 129-148, S. 145.

¹²⁹ Vgl. Grabara, J./Man, M./Kolcun, M.: The benefits of reverse logistics, in: International Letters of Social and Humanistic Sciences, 2014. Jg., H. 26, S. 138-147, S. 140.

¹³⁰ Vgl. Rubio, S./Jiménez-Parra, B.: Reverse Logistics: Overview and Challenges for Supply Chain Management, in: International Journal of Engineering Business Management, 2014. Jg., H. 6, S. 5.

¹³¹ Vgl. Grabara, J./Man, M./Kolcun, M.: The benefits of reverse logistics, in: International Letters of Social and Humanistic Sciences, 2014. Jg., H. 26, S. 138-147, S. 139.

¹³² Vgl. Panjehfouladgaran, H./Shirouyehzad, H.: Classification of critical success factors for reverse logistics implementation based on importance-performance analysis, in: International Journal of Productivity and Quality Management, 2018. Jg., H. 25, S. 139-150, S. 145f.

Nach der betrieblichen Organisation ist auch die Konzeption des Logistiknetzwerkes außerordentlich wichtig. Von den Sammlungsstellen müssen die Produkte zur Sortierung transportiert werden. Der Standort der Sortierung und die Transportwege sind von zentraler Bedeutung. Ferner muss geplant werden, ob an diesen Standorten auch die Reparaturen und Wiederaufbereitungen stattfinden sollen. Anschließend müssen die Absatzkanäle ausgewählt werden, über die die wiederaufbereiteten Produkte verkauft werden sollen. Hierfür kommen zum Beispiel bereits etablierte Verkaufsstellen, separate Outlets oder der Versandweg infrage.¹³³ Bei der Planung des Logistiknetzwerkes muss zudem beachtet werden, welche Schritte des Recyclingprozesses von dem Unternehmen selbst und welche von einem spezialisierten Recyclingbetrieb durchgeführt werden sollen. Hierbei geht unter anderem um die Prozesse der Demontage, der Zerkleinerung, der mechanischen oder chemischen Aufbereitung sowie des Recyclings. Darüber hinaus ist die Auswahl der Geschäftspartner wichtig. Es muss analysiert werden, nach welchen Kriterien die Partner ausgesucht werden und welche Aufgaben sie innerhalb des Konzeptes übernehmen.¹³⁴

Ein funktionierendes Messsystem ist entscheidend, um den Erfolg bewerten zu können. Dafür müssen Kennzahlen entwickelt werden, mit denen sich die Leistung kontinuierlich überwachen lässt. Nur mithilfe eines Messsystems ist es möglich, die Wirkungen von verschiedenen Maßnahmen auf die Leistung des Konzeptes zu ermitteln. Somit lassen sich über die Zeit Verbesserungen und Optimierungen durchführen, die die langfristige Wirtschaftlichkeit von RL sichern.¹³⁵

Damit die Reparatur, die Wiederaufbereitung und das Recycling deutlich effizienter und kostengünstiger ablaufen, sollten diese Prozesse bereits beim Produktdesign mit beachtet werden. Durch eine modulare Bauweise oder der Nutzung von DfD kann die Demontagezeit beträchtlich gesenkt werden. Dadurch würden sich auch Reparaturen erheblich einfacher durchführen lassen. Die Verwendung von recycelfähigen Materialien kann ebenso einen positiven Einfluss auf RL haben. Diese Aspekte können für die ökonomischen Ziele einen relevanten Beitrag leisten und dafür sorgen, dass wirklich alle Abteilungen eines Unternehmens aufeinander abgestimmt sind. Damit dieses Gesamtkonzept funktioniert, müssen auch alle externen Akteure, die an der Supply Chain beteiligt sind, integriert werden. Dazu zählen beispielsweise Zulieferer, Logistikdienstleister, Händler und Recyclingunternehmen.¹³⁶

4.4.2 Barrieren

Wie auch bei den anderen Konzepten, gibt es bei der Umsetzung von RL einige Barrieren. Eine der größten Hürden ist die Priorisierung von RL. In vielen Fällen werden andere Bereiche der Betriebe personell und finanziell stärker unterstützt, da sie für wichtiger erachtet werden. Die Einstellung und Überzeugung der Unternehmensführung ist somit ebenso Voraussetzung wie auch Barriere. Die daraus folgende Unternehmenspolitik führt dazu, dass RL kaum eine Rolle spielt oder sogar aktiv eingeschränkt wird. Oftmals haben Firmen die Sorge, dass der Verkauf

¹³³ Vgl. Grabara, J./Man, M./Kolcun, M.: The benefits of reverse logistics, in: International Letters of Social and Humanistic Sciences, 2014. Jg., H. 26, S. 138-147, S. 138.

¹³⁴ Vgl. Schmid, E.: Koordination im Reverse Logistics, Dissertation, TU Braunschweig, Braunschweig 2008, S. 40.

¹³⁵ Vgl. Agrawal, S./Singh, R./Murtaza, Q.: Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: A case study, in: Journal of Remanufacturing, 2018. Jg., H. 8, S. 115-129, S. 128.

¹³⁶ Vgl. Cline, A./LeMay, S./Helms, M.: A framework for reverse logistics: the case of post-consumer carpet in the US, in: International Journal of Commerce and Management, 2015. Jg., H. 25, S. 466-489, S. 478f.

eigener Gebrauchtwagen den Marktanteil der Neuwaren reduziert.¹³⁷ Diese Befürchtung ist allerdings in den meisten Fällen unbegründet. Es kann vorkommen, dass sich der Absatz von Neuwaren etwas verringert, jedoch wird diese Differenz durch die Profite aus dem Verkauf der Gebrauchtwagen ausgeglichen.¹³⁸

Ein weiteres Hindernis ist die Unsicherheit der Produktrückgabe. Sowohl Zeitpunkt als auch Menge und Zustand der zurückgegebenen Erzeugnisse sind schwierig zu prognostizieren. Diese Unsicherheiten lassen eine langfristige Planung nicht zu und erfordern somit eine hohe Flexibilität der RL.¹³⁹ Diese Schwankungen haben zur Folge, dass für RL ein eigenes Informationsmanagementsystem entwickelt werden muss. Oftmals fehlen hierfür jedoch die personellen Ressourcen. Zusätzlich ist eine Automatisierung der RL-Prozesse nur selten möglich. Die unterschiedlichen Modelle und die verschiedenen Produktzustände sorgen dafür, dass die Sortierung und Demontage manuell erfolgen muss.¹⁴⁰

Die Kommunikation und Zusammenarbeit mit anderen Unternehmensbereichen und Geschäftspartnern kann ebenso eine Barriere darstellen. Wird RL nicht als vollwertiger Teil der Unternehmensstruktur erachtet, können die Vorteile des Konzeptes nicht zur Geltung kommen. Die Reparatur und Wiederaufbereitung von Waren erschwert sich deutlich, wenn diese Prozesse nicht bereits bei der Produktentwicklung beachtet werden. Weiterhin ist vielfach nicht eindeutig geklärt, welche Produkte zurückgenommen werden. Eine Uneinigkeit mit den Händlern bezüglich Zustands oder Grund der Rückgabe führt zu einer Unzufriedenheit über die Geschäftspartner und kann für Unverständnis und Unklarheit bei den Kund*innen sorgen.^{141,142}

Eine weitere Hürde stellt das mangelnde Bewusstsein der Kund*innen dar. In vielen Fällen wissen die Konsument*innen nicht, dass die Hersteller neben den Neuwaren auch Gebrauchtwagen anbieten. Außerdem wissen viele Menschen nicht, was sich hinter den Begriffen, wie zum Beispiel Wiederaufbereitung, verbirgt. Zudem sorgen fehlende Informationen über die Vorgeschichte des Produktes für Unsicherheit bei den Kund*innen. Diese Aspekte haben zur Folge, dass Gebrauchtwagen häufig nicht als Alternative in Frage kommen.¹⁴³

4.4.3 Analyse

Das Konzept der RL hat in den letzten Jahren merklich an Relevanz gewonnen. In der Wissenschaft steigt die Anzahl der Veröffentlichungen stetig an und Unternehmen beschäftigen sich aus unterschiedlichen Gründen immer mehr mit RL. Ein vollständiges und überzeugendes Konzept wird allerdings erst von wenigen Firmen umgesetzt. Es muss vor allem in den Führungsebenen einen Sinneswandel geben, damit das Potenzial von RL umfänglich genutzt wird. Tarkett und re:newcell als Beispiele im folgenden Kapitel zeigen, dass das Modell erfolgreich sein

¹³⁷ Vgl. Rogers, D./Tibben-Lembke, R.: An Examination of Reverse Logistics Practices, in: Journal of Business Logistics, 2001. Jg., H. 22, S. 129-148, S. 143.

¹³⁸ Vgl. Rubio, S./Jiménez-Parra, B.: Reverse Logistics: Overview and Challenges for Supply Chain Management, in: International Journal of Engineering Business Management, 2014. Jg., H. 6, S. 4.

¹³⁹ Vgl. Rogers, D./Melamed, B./Tibben-Lembke, R.: Modeling and Analysis of Reverse Logistics, in: Journal of Business Logistics, 2012. Jg., H. 33, S. 107-117, S. 111.

¹⁴⁰ Vgl. Rogers, D./Tibben-Lembke, R.: An Examination of Reverse Logistics Practices, in: Journal of Business Logistics, 2001. Jg., H. 22, S. 129-148, S. 144.

¹⁴¹ Vgl. Rogers, D./Tibben-Lembke, R.: An Examination of Reverse Logistics Practices, in: Journal of Business Logistics, 2001. Jg., H. 22, S. 129-148, S. 144f.

¹⁴² Vgl. Sirisawat, P./Kiatcharoenpol, T.: A study of correlation for reverse logistics barriers to solutions using structural equation modelling, in: International Journal of Productivity and Quality Management, 2019. Jg., H. 26, S. 139-159, S. 141ff.

¹⁴³ Vgl. Rubio, S./Jiménez-Parra, B.: Reverse Logistics: Overview and Challenges for Supply Chain Management, in: International Journal of Engineering Business Management, 2014. Jg., H. 6, S. 4f.

und zu einer Kreislaufwirtschaft beitragen kann, wenn es als gleichwertiger Teil des Unternehmens erkannt wird.

Für eine Kreislaufwirtschaft nach C2C-Kriterien ist RL unverzichtbar. Das Konzept folgt vor allem dem ersten Prinzip, „Abfall ist Nahrung“. Das Konzept liefert einen wichtigen Beitrag, indem es gebrauchte Stoffe durch ein Logistiknetzwerk an den Anfang einer Wertschöpfungskette transportiert. Mithilfe von Recyclingprozessen werden die gebrauchten Stoffe zu neuen Materialien verarbeitet. Durch RL landen somit deutlich weniger Produkte im Abfall. Damit RL diesen Beitrag leisten kann, ist es allerdings von den Ressourcen abhängig, die in den Produkten verbaut wurden. Bei Materialien, die nicht recyclingfähig sind, kann durch RL nur eine sichere Entsorgung gewährleistet werden.

Die Nutzung von erneuerbaren Energien ist bei RL wie auch bei den vorangegangenen Konzepten von den Unternehmen abhängig, die es umsetzen. Für die Beförderung der Produkte von den Sammelorten zu den Recyclingzentren ist der Transport mit Güterzügen vorteilhaft. Jedoch wird das nicht in allen Fällen möglich sein. Sofern in naher Zukunft elektrische LKW in Serie produziert werden, sind auch diese eine umweltfreundliche Alternative. Dass die Recyclingzentren mit erneuerbaren Energien versorgt werden können, zeigt die Firma re:newcell.

Die Vielfalt von RL hängt maßgeblich davon ab, welche Produkte durch das Netzwerk geführt werden. Je mehr Unternehmen dieses Konzept anwenden und je unterschiedlicher die Waren sind, desto individueller werden die Lösungen sein. Jedes Produkt erfordert spezifische Prozesse bei der Reparatur oder Demontage. Die Recyclingprozesse richten sich ebenso nach den verschiedenen Materialien. Eine Umsetzung von RL in den unterschiedlichen Industriezweigen wird auch vielfältige Konzepte mit sich bringen.

4.4.4 Beispiele

Das schwedische Unternehmen re:newcell recycelt Kleidungsstücke und hat es damit geschafft, die Lücke im Kreislauf zu schließen. Die Firma existiert erst seit 2012 und betreibt seit 2017 ein Recyclingwerk auf industriellem Maßstab. Die Gründer*innen haben ein patentiertes chemisches Verfahren entwickelt, mit dem sie Baumwollkleidung recyceln können.¹⁴⁴ RL spielt hierbei eine entscheidende Rolle, da dieses Unternehmen dazu beiträgt, gebrauchte Kleidung von den Konsument*innen wieder zu den Herstellern zu befördern. Das chemische Verfahren sorgt dafür, dass aus den gebrauchten Materialien ein Ausgangsstoff für die Herstellung neuer Kleidungsstücke entsteht. Für die Sammlung der gebrauchten Stoffe ist re:newcell auf Partner angewiesen. Sie arbeiten zum Beispiel mit der Handelskette Beyond Retro und dem WargoTex Development Project zusammen. Die Händler von Beyond Retro sammeln ausgediente und kaputte Baumwollkleidung, die re:newcell abholt. Das WargoTex Development Project hat das Ziel, die Sammelmenge gebrauchter Kleidung in Schweden zu erhöhen. Stoffe, die von der Initiative nicht mehr wiederverwendet werden können, dienen re:newcell als Ausgangsstoff. Bislang hat das Unternehmen keine Zuliefererprobleme, da die jährliche Abfallmenge von Textilien die Kapazität des Werkes weit übersteigt.¹⁴⁵ Im Recyclingwerk werden die Kleidungsstücke geschreddert und es werden Knöpfe und Reißverschlüsse entfernt. Anschließend werden die Farben gelöst und es wird mithilfe des patentierten chemischen Verfahrens ein Brei hergestellt. Dieser Brei wird von Verunreinigungen befreit, getrocknet und zu Platten gepresst, die das fertige Produkt darstellen. Das Erzeugnis ist komplett biologisch abbaubar und kann in

¹⁴⁴ Vgl. <https://renewcell.com/about-us/> 27.09.2020.

¹⁴⁵ Vgl. <https://renewcell.se/news/> 27.09.2020.

einer Spinnerei zu neuem Garn verarbeitet werden. Kleidung, die aus diesem Material hergestellt wird, hat die gleiche Qualität wie Produkte aus konventionellen Baumwollstoffen. Das Verfahren kann sich ohne Qualitätsverlust unbegrenzt wiederholen lassen. Zusätzlich wird das gesamte Werk mit Energie aus erneuerbaren Quellen versorgt.¹⁴⁶ Re:newcell hat damit das fehlende Recyclinginteresse der Textilhersteller genutzt und ein profitables Geschäftsmodell entwickelt.

Ein weiteres Unternehmen, welches den Kreislauf zumindest in Teilen geschlossen hat ist Tarkett. Der französische Konzern produziert Bodenbeläge aus Linoleum und Vinyl sowie Teppiche und Kunstrasen. Für alle Produkte des Unternehmens bietet Tarkett ein Take-back System an. Die Kund*innen müssen lediglich die Abfälle oder gebrauchten Beläge sammeln und Tarkett kontaktieren. Das Unternehmen holt die Ware selbst ab, sobald eine ausreichende Menge gesammelt wurde. Anschließend werden die Materialien in eines der acht firmeneigenen Recyclingzentren transportiert. Von 2010 bis 2019 wurden über dieses System weltweit 105.000 Tonnen eingesammelt.¹⁴⁷ Eines dieser Zentren steht im niederländischen Waalwijk. In diesem Werk werden Teppichfliesen recycelt. Unter dem Namen Desso EcoBase hat der Konzern bereits 2010 ein Produkt entwickelt, bei dem das Recycling von Anfang an mit beachtet wurde. Das Modell wurde so designt, dass sich das Obermaterial problemlos vom Teppichrücken trennen lässt. Das Obermaterial wird von Aquafil, einem italienischen Kunststoffunternehmen, zu großen Teilen recycelt und zu neuen Fasern verarbeitet. Der Teppichrücken besteht hauptsächlich aus Kalk und ist zu 100 % recyclingfähig. Seit 2015 ist der Teppichrücken nach C2C-Kriterien mit Gold zertifiziert und hat in der Kategorie Materialgesundheit die Bestbewertung in Platin erhalten. Erst 2019 wurden in dem Recyclingwerk neue Kapazitäten geschaffen, um der steigenden Nachfrage nach EcoBase Teppichfliesen zu begegnen.^{148,149} Tarkett hat somit die gesamte Unternehmensstrategie auf den Kreislauf ausgerichtet. Bereits bei der Produktentwicklung werden die Recyclingprozesse zum Ende der Nutzungsdauer mit beachtet. Eine etablierte Take-back Strategie und eigene Recyclingzentren sorgen dafür, dass ein geschlossener Kreislauf entsteht. Sicherlich hat es das Unternehmen noch nicht geschafft, einen perfekt geschlossenen Kreislauf zu gestalten, allerdings sind erste Erfolge vorzuweisen.

¹⁴⁶ Vgl. <https://renewcell.com> 27.09.2020.

¹⁴⁷ Vgl. https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/restart-10166#:~:text=Tarkett%20hat%20von%202010%20bis,Vinyl%2C%20Linoleum%2C%20Teppich). 27.09.2020.

¹⁴⁸ Vgl. https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/desso-ecobase-6233 27.09.2020.

¹⁴⁹ Vgl. https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/was-ist-das-recycling-programm-restart-3734 27.09.2020.

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem vorangegangenen Gliederungspunkt in einer Tabelle übersichtlich dargestellt. Neben einer kurzen Zusammenfassung der Erkenntnisse wird auch die Forschungsfrage beantwortet.

Konzept	Voraussetzungen	Barrieren	Beispiele
DfD	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Produktstruktur / Modulbauweise • Bewusste Materialauswahl • Minimum an Verbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexität des Produktdesigns • Wenig Forschung • Zusätzliche Kosten • Wenig Technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Herman Miller • Climatex AG
PSS	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenarbeit aller Unternehmensbereiche • Informationssammlung von den Kund*innen • Auswahl geeigneter Produkte und Services 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Kompetenzen der Anbieter • Unternehmenskultur • Akzeptanz der Kund*innen 	<ul style="list-style-type: none"> • Signify • Gerrard Street Headphones
Take-back	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung als Geschäftsmodell • Klare betriebliche Organisation • Intelligente Marketingstrategie • Effektive Anreize 	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitschaft der Führungsebene • Wenig Erfahrung bei der Umsetzung • Fehlendes Wissen der Hersteller • Mangelndes Bewusstsein der Kund*innen 	<ul style="list-style-type: none"> • H&M • Fairphone
RL	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitschaft der Führungsebene • Planung eines Logistiknetzwerkes • Entwicklung von Kennzahlen • Integration aller Unternehmensbereiche und Geschäftspartner 	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmenspolitik / Priorisierung • Unsicherheit der Produktrückgabe • Komplizierte Automatisierung • Mangelndes Bewusstsein der Kund*innen 	<ul style="list-style-type: none"> • Re:newcell • Tarkett

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

Beim DfD sind grundsätzlich drei Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung notwendig. Zunächst sollte eine möglichst einfache und unkomplizierte Produktstruktur gewählt werden. Weiterhin ist die Materialauswahl entscheidend, denn nur recyclingfähige Stoffe ermöglichen einen Kreislauf. Die Auswahl der Verbindungs- und Fügeelemente ist ebenso bedeutsam, da sie einen großen Einfluss auf den späteren Demontageprozess hat. Als Barrieren gelten vor allem die Komplexität des Produktdesigns und fehlende Forschung. Die Beachtung von Demontageprozessen in der Designphase, vor allem bei bereits komplexen technischen Produkten, führt zu zusätzlichem Aufwand und somit höheren Kosten. Der Mangel an erprobter Technologie resultiert hauptsächlich aus der fehlenden Forschung. Die Unternehmen Herman Miller und Climatex wenden DfD erfolgreich an. Herman Miller hat ein eigenes Team gegründet, welches in der Designphase neuer Produkte darauf achtet, dass positive Materialien genutzt und

der spätere Demontageprozess miteinbezogen werden. Bei Climatex wird mit der sogenannten textilen Schraube eine neue Technologie verwendet, mit der verschiedene Textilien eines Kleidungsstückes sortenrein getrennt werden können. Hinsichtlich der C2C-Kriterien kann DfD eine wichtige Rolle einnehmen. Die Entscheidungen in der Designphase haben einen maßgeblichen Einfluss auf umweltbelastende und gesundheitsschädliche Aspekte. Die Materialliste ist hierbei sehr hilfreich. Außerdem wird mit der Fokussierung auf spätere Demontageprozesse die sortenreine Trennung verbundener Materialien in Produkten deutlich erleichtert. Dadurch ist ein geschlossener Kreislauf möglich.

Für PSS ist zunächst die Auswahl geeigneter Produkte und Services notwendig, um überhaupt ein sinnvolles Angebot zu schaffen. Dafür müssen umfassende Informationen über die Bedürfnisse der Kund*innen bekannt sein. Zudem sollten alle Unternehmensbereiche reibungslos zusammenarbeiten, da neben dem physischen Produkt auch vielfältige Services geplant, angeboten und auch ausgeführt werden. Eine Hürde ist vor allem die fehlende Kompetenz der Anbieter. Viele Hersteller verkaufen ihre Waren nach dem herkömmlichen Prinzip und haben keinerlei Erfahrungen mit dem Angebot von Services. Dafür ist in vielen Fällen eine Unternehmenskultur verantwortlich, die PSS bislang nicht als Alternative wahrnehmen. Überdies fehlt es oftmals an einer Akzeptanz der Kund*innen. Der Wert von Eigentum wird vielfach noch als hoch eingeschätzt. Als unternehmerische Beispiele dienen Signify und Gerrard Street Headphones. Bei den Beleuchtungselementen von Signify haben die Kunden keine Verantwortung über Reparaturen oder Wartung und profitieren von einem signifikant niedrigeren Stromverbrauch. Gerrard Street als Anbieter von Kopfhörern übernimmt ebenso alle Reparaturen sowie den Austausch defekter Produkte. Die Kund*innen haben somit durch die Zahlung einer monatlichen Gebühr zu jeder Zeit funktionierende Kopfhörer. In Anbetracht der C2C-Kriterien kann PSS unterstützend sein. Das Konzept führt vor allem dazu, dass Unternehmen im Besitz der Ressourcen bleiben, die in den Produkten verbaut werden. Dadurch haben sie einen großen Einfluss darauf, was mit den Erzeugnissen nach der Nutzungsdauer geschieht.

Die wichtigste Voraussetzung für Take-back Strategien ist die Umsetzung als Geschäftsmodell. Nur auf diese Art und Weise können die Vorteile des Konzeptes umfassend genutzt werden. Weiterhin ist eine klare betriebliche Organisation notwendig. Dadurch kann eine einheitliche Strategie gegenüber Kund*innen und Geschäftspartnern, wie zum Beispiel Händlern etabliert werden. Des Weiteren sind eine intelligente Marketingstrategie sowie attraktive Anreize sinnvoll, um ausreichend Aufmerksamkeit und Nachfrage zu schaffen. Die wichtigste Voraussetzung ist zugleich die größte Barriere. Oftmals werden Take-back Strategien nur als Teil einer Nachhaltigkeitskampagne oder zur Erfüllung gesetzlicher Rahmenbedingungen angeboten. Dementsprechend kann das Modell die Potenziale nicht vollständig ausschöpfen. Zusätzlich fehlt es vielen Unternehmen an Erfahrung und demnach ebenfalls an Wissen für eine erfolgreiche Implementierung. Außerdem ist häufig vielen Konsument*innen nicht bewusst, dass Take-back Strategien existieren. Die Unternehmen H&M und Fairphone bieten Take-back Strategien an. Bei H&M können die Kund*innen gebrauchte Kleidung in den Filialen abgeben und erhalten im Gegenzug einen Gutschein. Fairphone hingegen vergibt einen Preisnachlass, wenn die Kund*innen beim Kauf eines neuen Handys das Gebrauchte einschicken. Bezüglich der C2C-Kriterien können Take-back Strategien dazu beitragen, den Kreislauf zu schließen. Die zurückgegebenen Produkte müssen nur sortiert werden und können anschließend den Recyclingprozessen zugeführt werden.

Für RL ist die Bereitschaft der Unternehmensführung ebenso maßgeblich. Das Konzept muss mit der gleichen Wichtigkeit wie die anderen Bereiche der Firmen behandelt werden, um die Vorteile nutzen zu können. Des Weiteren muss ein Logistiknetzwerk geplant werden, das von der Sammlung der zurückgebrachten Produkte bis zu den Recyclingprozessen alles verbindet.

Damit das Modell verbessert und optimiert werden kann, müssen darüber hinaus Kennzahlen entwickelt werden, mit denen die Leistung gemessen werden kann. Außerdem sollten wie schon bei den Take-back Strategien alle relevanten Geschäftsbereiche sowie Partner integriert werden. Als Hürde gilt vor allem die Unternehmenspolitik, bei der RL nicht den gleichen Stellenwert wie andere Bereiche innehat. Zudem wird die Unsicherheit der Produktrückgabe als Problem angesehen. Weiterhin ist die Automatisierung der Sortier- und Demontageprozesse problematisch, da der Zustand der zurückgegebenen Produkte zu unterschiedlich ist. Ferner fehlt den Kund*innen vielfach das Bewusstsein für die RL-Prozesse. Re:newcell und Tarkett wenden RL jeweils erfolgreich als Geschäftsmodell an. Das schwedische Unternehmen re:newcell nutzt eine Lücke in der Textilindustrie aus und recycelt gebrauchte Kleidung. Dabei werden mithilfe von Geschäftspartnern Kleidungsstücke gesammelt und zu einem Material recycelt, welches als Ausgangsstoff für neue Textilien dient. Tarkett hingegen nimmt die Bodenbeläge, die sie selbst hergestellt haben, nach ihrer Nutzung zurück und recycelt sie in eigenen Zentren. In vielen Fällen kann das Material wieder für neue Produkte verwendet werden. In Hinsicht auf die C2C-Kriterien kann RL einen wichtigen Beitrag leisten. Das Konzept führt dazu, dass gebrauchte Produkte den Weg von den Kund*innen zurück in die Lieferkette finden. Über Recyclingprozesse können die Materialien wieder als Rohstoff für neue Produkte dienen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die vier untersuchten Konzepte entscheidend zu einem geschlossenen Ressourcenkreislauf beitragen können. Zudem funktionieren sie ebenso, wenn die C2C-Kriterien als Maßstab angelegt werden. Allerdings garantiert keines dieser Modelle einen Kreislauf. Ein vollständiges zirkuläres System kann nur entstehen, wenn alle Konzepte berücksichtigt werden. Die vorgestellten Unternehmen haben jeweils eines oder mehrere Modelle umgesetzt und leisten damit einen wertvollen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Damit wirklich ein weltweites Kreislaufwirtschaftssystem entsteht, müssen diesen Vorbildern noch viele weitere Unternehmen folgen.

Die Zukunft bietet gleichermaßen Herausforderungen und Möglichkeiten. Die wachsende Weltbevölkerung und der zunehmende Ressourcenverbrauch stellen die gesamte Menschheit vor Probleme. Allerdings gibt es bereits zahlreiche Möglichkeiten, diese Probleme zu lösen. Der Kreislaufwirtschaft kommt hierbei eine bedeutende Rolle zu. Sie bietet ökonomische Chancen und kann ökologische Schäden verhindern. Die in dieser Arbeit vorgestellten Konzepte können ein Teil dieser Lösung sein. Einen weiteren wichtigen Beitrag kann die Forschung leisten. Mit der Entwicklung neuer Ideen und der Verbesserung bereits bestehender Modelle können weitere Fortschritte erzielt werden. Die Kreislaufwirtschaft könnte somit für viele Unternehmen attraktiver werden und andere Branchen motivieren. Die Bauindustrie beispielsweise hat einen enormen Ressourcenverbrauch. Nachhaltige Kreislaufkonzepte könnten dabei helfen, die massive Ausbeutung natürlicher Rohstoffvorkommen zu reduzieren. Allerdings sind nicht nur die Unternehmen und Wissenschaftler*innen in der Pflicht, etwas zu tun. Die Politik kann über Subventionen sowie Ge- und Verbote die Richtung vorgeben. Die WEEE-Richtlinie war eine richtige Entscheidung. Es müssen jedoch noch mehr Entscheidungen getroffen werden. Eine verpflichtende Kennzeichnung aller verbauten Teile würde dabei helfen, die Materialien nach der Nutzung leichter zu identifizieren. Zusätzlich sollte eine Infrastruktur geschaffen werden, die Materialrecycling fördert, statt wertvolle Ressourcen in der Müllverbrennung zu verlieren. Selbstverständlich muss auch die Gesellschaft bei diesem Prozess helfen. Mit dem Erwerb fair und nachhaltig produzierter Güter wird die Nachfrage nach diesen erhöht. Im Gegenzug sollten ressourcenverschwendende Produkte vermieden werden. Eine steigende Nachfrage von nachhaltigen Waren hätte zur Folge, dass Unternehmen mehr davon herstellen. Dadurch kann ein Trend entstehen, der langfristig zu einer Änderung des Wirtschaftsprinzips führt. Nur wenn alle Akteure zusammenarbeiten und das Ziel verfolgen, kann ein vollständig geschlossener Ressourcenkreislauf entstehen.

6 Limitierungen

Die vorliegende Arbeit hat folgende Limitierungen: Die dargelegten Konzepte werden ausschließlich von der unternehmerischen Seite aus untersucht. Regulatorische sowie gesellschaftliche Möglichkeiten und Herausforderungen werden nicht beachtet. Dadurch kann ein vollumfassender Blick auf die Eignung der Modelle für eine Kreislaufwirtschaft nicht gewährleistet werden. Zudem stellen die untersuchten Vorgehensweisen nur einen Teil der existierenden Möglichkeiten für Unternehmen vor. Die Auswahl der Modelle hat somit keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiterhin werden allgemeine Voraussetzungen und Barrieren der jeweiligen Konzepte betrachtet. Für die individuelle Situation eines Unternehmens müssen die Ergebnisse nicht zutreffen. Die Informationen über die realen Beispielunternehmen werden zu einem großen Teil von den firmeneigenen Webseiten bezogen. Die Angaben lassen sich somit nicht nachprüfen und geben nicht unbedingt die Realität wieder. Außerdem ist es möglich, dass wichtige oder grundsätzliche Literatur nicht berücksichtigt wird, wenn sie als Suchergebnis während der Recherche nicht angezeigt wird.

Literaturverzeichnis

- Abuzied, H. u. a.: A review of advances in design for disassembly with active disassembly applications, in: *Engineering Science and Technology*, 2020. Jg., H. 23, S. 618–624.
- Agrawal, S./Singh, R./Murtaza, Q.: Reverse supply chain issues in Indian electronics industry: A case study, in: *Journal of Remanufacturing*, 2018. Jg., H. 8, S. 115–129.
- Aurich, J./Clement, M.: *Produkt-Service Systeme: Gestaltung und Realisierung*, Berlin, Heidelberg 2010.
- Banihashemi, T./Chen, P.: Exploring the relationship between reverse logistics and sustainability performance: A Literature Review, in: *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2019. Jg., H. 1, S. 2–27.
- Battaia, O. u.a.: Design for manufacturing and assembly/ disassembly: joint design of products and production systems, in: *International Journal of Production Research*, 2018. Jg., H. 56, S. 7181–7189.
- Bech, N.: Evaluating the Environmental Performance of a Product/Service-System Business Model for Merino Wool Next-to-Skin Garments: The Case of Armadillo Merino, in: *Sustainability*, 2019. Jg., H. 11.
- Benyus, J.: *Biomimicry: Innovation inspired by Nature*, New York 1997.
- Bogue, R.: Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline, in: *Assembly Automation*, 2007. Jg., H. 27, S. 285–289.
- Boulding, K.: The Economics of the Coming Spaceship Earth, in: *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*, 1966.
- Braungart, M./McDonough, W.: *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things*, New York 2002.
- Braungart, M./McDonough, W./Bollinger, A.: Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions e a strategy for eco-effective product and system design, in: *Journal of Cleaner Production*, 2007. Jg., H. 15, S. 1337–1348.
- Centenera, J./Hasan, M.: Sustainable Product Service System, in: *International Business Research*, 2014. Jg., H. 7, S. 62–71.
- Choi, T./Cheng, T. (Hrsg.): *Sustainable Fashion Supply Chain Management: From Sourcing to Retailing*, Schweiz 2015.
- Cline, A./LeMay, S./Helms, M.: A framework for reverse logistics: the case of post-consumer carpet in the US, in: *International Journal of Commerce and Management*, 2015. Jg., H. 25, S. 466–489.
- Cook, M.: Product service system innovation in the smart city, in: *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 2018. Jg., H. 19, S. 46–55.
- Desai, A./Mital, A.: An interactive system framework to enable design for disassembly, in: *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2017. Jg., H. 28, S. 749–771.
- Desai, A./Mital, A.: Incorporating work factors in design for disassembly in product design, in: *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2005. Jg., H. 16, S. 712–732.
- Ellen MacArthur Foundation: *Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*, 2012.
- Ellen MacArthur Foundation: *Towards the Circular Economy*, 2013.
- Ellen MacArthur Foundation: *A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future*, 2017.

- Fang, Y./Rau, H.: Optimal Consumer Electronics Product Take-Back Time with Consideration of Consumer Value, in: *Sustainability*, 2017. Jg., H. 9.
- Fontell, P./Heikkilä, P.: Model of circular business ecosystem for textiles, Espoo, 2017.
- Francischetti, C./dos Santos, N./da Silva, R.: Sustainability in the Management of the Supply Chain and the Return on the Reverse Logistics, in: *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*, S. 201–206.
- Frosch, R./Gallopoulos, N.: Strategies for Manufacturing, in: *Scientific American*, 1989, H. 261.
- Garner, A./Keoleian, G.: *Industrial Ecology: An Introduction*, University of Michigan, Ann Arbor, November 1995.
- Ghisellini, P./Cialani, C./Ulgiati, S.: A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, in: *Journal of Cleaner Production*, 2016, H. 114, S. 11–32.
- Ghoreishi, N./Jakiela, M./Nekouzadeh, A.: A cost model for optimizing the take back phase of used product recovery, in: *Journal of Remanufacturing*, 2011. Jg., H. 1.
- González-Torre, P. u.a.: Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector, in: *British Journal of Management*, 2010. Jg., H. 21, S. 889–904.
- Grabara, J./Man, M./Kolcun, M.: The benefits of reverse logistics, in: *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 2014. Jg., H. 26, S. 138–147.
- Graedel, T. E.: *Recycling Rates of Metal, A Status Report*, UNEP, 2011.
- Guzzo, D.: Circular Innovation Framework: Verifying Conceptual to Practical Decisions in Sustainability-Oriented Product-Service System Cases, in: *Sustainability*, 2019. Jg., H. 11.
- Herold, M.: *A Multinational Perspective to managing End-of-Life Electronics*, Dissertation, TU Helsinki, Helsinki 2007.
- Hu, J./Seliger, G.: Case Studies of Sustainable PSS Business Models for City Mobility, in: *Product-Service Integration for Sustainable Solutions. Lecture Notes in Production Engineering*, S. 191–202.
- Huang, C./Liang, W.: Cloud-based design for disassembly to create environmentally friendly products, in: *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2017. Jg., H. 28, S. 1203–1218.
- Hvass, K.: Post-retail responsibility of garments – a fashion industry perspective, in: *Journal of Fashion Marketing and Management*, 2014. Jg., H. 18, S. 413–430.
- Hvass, K./Pedersen, E.: Toward circular economy of fashion: Experiences from a brand's product take back initiative, in: *Journal of Fashion Marketing and Management*, 2019. Jg., H. 23, S. 345–365.
- Jena, S./Sarmath, S.: Measurement of consumers' return intention index towards returning the used products, in: *Journal of Cleaner Production*, 2015. Jg., H. 108, S. 818–829.
- Jin Gam, H. u. a.: Application of design for disassembly in men's jacket: A study on sustainable apparel design, in: *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2011. Jg., H. 23, S. 83–94.
- Johnson, M. R./Wang, M. H.: Planning product disassembly for material recovery opportunities, in: *International Journal of Production Research*, 1995. Jg., H. 33, S. 3119–3142.
- Kapetanopoulou, P./Tagaras, G.: Drivers and obstacles of product recovery activities in the Greek industry, in: *International Journal of Operations & Production Management*, 2011. Jg., H. 31, S. 148–166.

- Kirchherr, J./Hekkert, M./Reike, D.: Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, in: *Resources, Conservation and Recycling*, 2017, H. 127, S. 221–232.
- Kurak, C./Barquet, A./Rozenfeld, H.: Challenges for PSS Implementation: Identification and Classification, in: *Product-Service Integration for Sustainable Solutions. Lecture Notes in Production Engineering*, S. 275–285.
- Lyle, J. T.: *Regenerative Design for Sustainable Development*, New York 1994.
- Majmundar, M./Ansari, Z.: Design for Disassembly to Attain Sustainability: Analyzing the Past and Proposing Further Research Opportunities, in: *IUP Journal of Supply Chain Management*, 2018. Jg., H. 15, S. 37–76.
- Matschewsky, J.: Unintended Circularity?—Assessing a Product-Service System for its Potential Contribution to a Circular Economy, in: *Sustainability*, 2019. Jg., H. 11.
- McDonough, W./Braungart, M.: *The Upcycle, Beyond Sustainability-Designing for Abundance*, New York 2013.
- Mont, O.: Clarifying the concept of product–service system, in: *Journal of Cleaner Production*, 2002. Jg., H. 10, S. 237–245.
- Murray, A./Skene, K./Haynes, K.: The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in an global context, in: *Journal of Business Ethics*, 2015, H. 140, S. 369–380.
- Neto, J./van Wassenhove, L.: Original Equipment Manufacturers’ Participation in Take-Back Initiatives in Brazil, in: *Journal of Industrial Ecology*, 2013. Jg., H. 17, S. 238–248.
- Osti, F./Ceruti, A./Liverani, A./Caligiana, G.: Semi-automatic design for disassembly strategy planning: an augmented reality approach, in: *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, S. 1481–1488.
- Pal, R.: Value creation through reverse logistics in used clothing networks, in: *The International Journal of Logistics*, 2017. Jg., H. 28, S. 864–906.
- Panjehfouladgaran, H./Shirouyehzad, H.: Classification of critical success factors for reverse logistics implementation based on importance-performance analysis, in: *International Journal of Productivity and Quality Management*, 2018. Jg., H. 25, S. 139–150.
- Priyono, A.: Understanding the benefits of product-service system for involved parties in re-manufacturing, in: *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2017. Jg., H. 10, S. 323–351.
- Pufé, I.: *Nachhaltigkeit*, Konstanz, München 2014.
- Rogers, D./Melamed, B./Tibben-Lembke, R.: Modeling and Analysis of Reverse Logistics, in: *Journal of Business Logistics*, 2012. Jg., H. 33, S. 107–117.
- Rogers, D./Tibben-Lembke, R.: An Examination of Reverse Logistics Practices, in: *Journal of Business Logistics*, 2001. Jg., H. 22, S. 129–148.
- Rossi, M. u. a.: Design for the Next Generation: Incorporating Cradle-to-Cradle Design into Herman Miller Products, in: *Journal of Industrial Ecology*, 2006. Jg., H. 10, S. 193–210.
- Rubio, S./Jiménez-Parra, B.: Reverse Logistics: Overview and Challenges for Supply Chain Management, in: *International Journal of Engineering Business Management*, 2014. Jg., H. 6.
- Scafa, M.: A new method for Product Service System: the case of urban waste management, in: *10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems*, S. 67–72.
- Schenkl, S.: *Wissensorientierte Entwicklung von Produkt-Service-Systemen*, Dissertation, TU, München 2014.

- Schmid, E.: Koordination im Reverse Logistics, Dissertation, TU Braunschweig, Braunschweig 2008.
- Sirisawat, P./Kiatcharoenpol, T.: A study of correlation for reverse logistics barriers to solutions using structural equation modelling, in: International Journal of Productivity and Quality Management, 2019. Jg., H. 26, S. 139–159.
- Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Application of Design for Disassembly from Remanufacturing Perspective, in: 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing, S. 577–582.
- Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Design for assembly and disassembly for remanufacturing, in: Assembly Automation, 2016. Jg., H. 36, S. 12–24.
- Soh, S. L./Ong, S. K./Nee, A.: Design for Disassembly for Remanufacturing: Methodology and Technology, in: 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering, S. 407–412.
- Stal, H./Hervé, C.: A decoupling perspective on circular business model implementation: illustrations from Swedish apparel, in: Journal of Cleaner Production, 2018. Jg., H. 171, S. 630–643.
- Tietze, F./Schiederig, T./Herstatt, C.: Firms' transition towards green product service system innovators, TU Hamburg, 2011.
- Uhlmann, E./Meier, H. (Hrsg.): Industrielle Produkt-Service Systeme, Berlin 2017.
- Vezzoli, C./Kohtala, C./Srinivasan, A.: Product-Service System Design for Sustainability, Sheffield 2014.
- Wang, J./u.a.: A bibliometric analysis of reverse logistics research (1992-2015) and opportunities for future research, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2017. Jg., H. 47, S. 666–687.

Internetquellen

- https://oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/c88g8s45/entire_text/ 28.03.2020.
- <http://www.product-life.org/de> 30.03.2020.
- <http://www.gunterpauli.com/the-blue-economy.html#> 06.04.2020.
- <https://c2c-ev.de/c2c-konzept/denkschule/> 01.05.2020.
- <https://c2c-ev.de/c2c-konzept/designkonzept/> 01.05.2020.
- <https://w3.windmesse.de/windenergie/news/33413-danemark-rekord-halfte-strom-anteil-off-shore-onshore> 02.05.2020.
- <https://mcdonoughpartners.com/williammcdonough/> 29.04.2020.
- https://de.wikipedia.org/wiki/Michael_Braungart 29.04.2020.
- <https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification> 01.05.2020.
- <https://c2c-ev.de/ueber-c2c-ev/wir-stellen-uns-vor/> 01.05.2020.
- <https://c2c-ev.de/regionalgruppen/> 01.05.2020.
- <https://www.climatex.com/nachhaltigkeit/> 27.07.2020.
- <https://www.c2ccertified.org/products/registry> 27.07.2020.
- <https://www.climatex.com/vorteile/> 27.07.2020.
- https://www.hermanmiller.com/de_de/our-values/environmental-advocacy/design-for-the-environment/ 28.07.2020.
- https://www.c2ccertified.org/products/registry/search&p_company=herman_miller_inc 28.07.2020.

<https://www.signify.com/de-de/our-company/news/press-releases/2018/20180516-philips-lighting-is-now-signify> 26.08.2020.

https://images.philips.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/United%20Kingdom/ODLI20171031_001-PDF-en_GB-7036_Circular_Lighting_Digi_WTO_01.pdf 26.08.2020.

<https://www.signify.com/global/case-studies#page=1> 26.08.2020.

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/modular-design-and-a-new-business-model-create-a-circular-music-experience> 26.08.2020.

<https://gerrardstreet.nl/missie/> 26.08.2020.

<https://gerrardstreet.nl/#faq> 26.08.2020.

<https://hmgroup.com/sustainability/circular-and-climate-positive/recycling.html> 21.09.2020.

<https://shop.fairphone.com/de/?ref=footer> 21.09.2020.

<https://www.fairphone.com/de/recycle-your-phone/?ref=footer> 21.09.2020.

<https://renewcell.com/about-us/> 27.09.2020.

<https://renewcell.se/news/> 27.09.2020.

<https://renewcell.com> 27.09.2020.

[https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/restart-10166#:~:text=Tarkett%20hat%20von%202010%20bis,Vinyl%2C%20Lino-leum%2C%20Teppich\).](https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/restart-10166#:~:text=Tarkett%20hat%20von%202010%20bis,Vinyl%2C%20Lino-leum%2C%20Teppich).) 27.09.2020.

https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/desso-ecobase-6233 27.09.2020.

https://boden.objekt.tarkett.de/de_DE/node/was-ist-das-recycling-programm-restart-3734 27.09.2020.

<https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>, 04.01.21.

Zum Autor

Tobias Röhr

... hat einen Masterabschluss in Wirtschaftsingenieurwesen der TU Chemnitz. Im Wintersemester 2016/17 hat er an der Universität Ljubljana studiert. Besonders im Masterstudium ist ihm die Wichtigkeit eines nachhaltigen Wirtschaftssystems bewusst geworden.

Seinen Bachelorabschluss im selben Studiengang hat er 2016 ebenfalls an der TU Chemnitz erworben.

Er engagiert sich außerdem ehrenamtlich in der Cradle-to-Cradle Ortsgruppe in Erfurt.

E-Mail: tobias.roehr94@web.de

Übersicht Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement

1/2021

Röhr, T. (2021). Kreislaufwirtschaft nach dem Cradle-to-Cradle-Vorbild: Wie kann ein geschlossener Ressourcenkreislauf erreicht werden? Eine Untersuchung unternehmerischer Konzepte mit Beispielen aus der Praxis. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2021, Chemnitz.

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-736590>

1/2020

Arnold, M. (2020). Gutes Klima – ein schmaler Grat zwischen Fakten und Interpretationen. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2020, Chemnitz.

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-708598>

2/2019

Regis, S. (2019). Sustainability Balanced Scorecard und Szenarioanalyse – Instrumente des Risikomanagements im Hinblick auf Identifikation, Bewertung, Steuerung und Überwachung von Nachhaltigkeitsrisiken. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 2/2019, Chemnitz.

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-339109>

1/2019

Fischer, E. P. (2019). Die Einzelnen und ihre Energie. Der Blick auf den Menschen in der Sicht der Wissenschaft - Das Familienstellen, die Verschränkung und die Epigenetik. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2019, Chemnitz. ISSN 2567-7934,

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-328207>

1/2018

Helbling, V. (2018). Förderung umweltbewussten Verhaltens durch wirksame(re) Nachhaltigkeitskommunikation – Entwicklung eines interdisziplinären Kriterienkatalogs. in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2018, Chemnitz, ISSN 2567-7934,

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-232658>

1/2017

Gröger, M. (2017). Unbewusstes beim Entscheiden in ökonomischen Kontexten am Beispiel von Framing im Nachhaltigkeitsbereich, in Arnold, M. (Hrsg.), Schriftenreihe Betriebliche Umweltökonomie und Nachhaltigkeitsmanagement, 1/2017, Chemnitz, ISSN 2567-7934,

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-232779>