

Prospektiven

Neues zur zirkulären Wertschöpfung

Circular Economy News

2022 | 01



Begriffsdschungel rund ums zirkuläre Wirtschaften

Was sind eigentlich Kreislaufwirtschaft, die Industrial Ecology, das Cradle-to-Cradle-Konzept und die Circular Economy?

Julian Mast, Friederike von Unruh, Wolfgang Irrek

Autor:innen

Julian Mast, Hochschule Ruhr West, julian.mast@hs-ruhrwest.de
Friederike von Unruh, Hochschule Ruhr West, friederike.vonunruh@hs-ruhrwest.de
Wolfgang Irrek, Hochschule Ruhr West, wolfgang.irrek@hs-ruhrwest.de

Reihe

Prospektiven. Neues zur zirkulären Wertschöpfung / Circular Economy News
Uwe Handmann, Wolfgang Irrek, Sabine Büttner (Hrsg.)
ISSN (Print) 2750-4840
ISSN (Online) 2750-4859
2., überarbeitete Auflage, 31.08.2022

Titelbild

www.unsplash.com, Photo by Soft Rattles

Bitte zitieren als:

Mast, Julian, Friederike von Unruh und Wolfgang Irrek (2022): Was sind eigentlich Kreislaufwirtschaft, die Industrial Ecology, das Cradle-to-Cradle-Konzept und die Circular Economy? Prospektiven – Neues zur zirkulären Wertschöpfung 2022/01. Bottrop: Prosperkolleg e.V.

Please cite as:

Mast, Julian, Friederike von Unruh and Wolfgang Irrek (2022): Was sind eigentlich Kreislaufwirtschaft, die Industrial Ecology, das Cradle-to-Cradle-Konzept und die Circular Economy? Prospektiven – Circular Economy News 2022/01. Bottrop, Germany: Prosperkolleg e.V.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Impressum / Kontakt

Prosperkolleg e.V.
Gladbecker Straße 19b
46236 Bottrop
Germany
info@prosperkolleg.ruhr

Projekt:



www.prosperkolleg.de

Projektpartner:



Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Abstract

Über Jahrzehnte hinweg folgte das etablierte Wirtschaftssystem der Logik eines linearen Produktlebenszyklus. Produkte wurden hergestellt, genutzt und anschließend entsorgt. Immer schnellere Produktlebenszyklen und ein stetiges Wachstum der globalen Wirtschaftssysteme haben bereits seit Anfang der 1970er Jahre für immer offensichtlicher zu Tage tretende (Umwelt-)Probleme gesorgt, die ein kreislauffähiges Wirtschaften als Imperativ für eine zukunftsfähige und nachhaltige Zukunft erfordern. Entsprechend rückt eine Transformation zu nachhaltigeren Wirtschaftsmodellen im Rahmen politischer Diskussionen immer mehr in den Fokus von Wissenschaftler:innen, Praktiker:innen und Entscheidungsträger:innen.

Zur Erreichung einer nachhaltigen Wirtschaft existieren einige Konzepte nebeneinander, die eine ganzheitliche Transformation des Wirtschaftssystems ermöglichen sollen, diese sind die Kreislaufwirtschaft gemäß des derzeit gültigen Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) in Deutschland, die Industrial Ecology, der Cradle-to-Cradle-Ansatz und die Circular Economy, für die hier im Deutschen die Bezeichnung „zirkuläre Wertschöpfung“ anstatt der wörtlichen Übersetzung „Kreislaufwirtschaft“ gewählt wird. Ein Vergleich der Konzepte zeigt, dass diese sich vor allem in der Strategie zur Zielerreichung und dem Betrachtungsrahmen der Konzepte unterscheiden. Daraus abgeleitet ergeben sich außerdem Unterschiede in der Umsetzung auf Geschäftsmodell- und Transformationsebene. Das Cradle-to-Cradle-Konzept und die Circular Economy erfordern einen hohen Innovationsbedarf bis hin zu disruptiven Änderungen der Geschäftsmodelle bzw. Produkte, wohingegen die Industrial Ecology und die Kreislaufwirtschaft, so wie sie in der Praxis vorrangig implementiert werden, eher inkrementelle Verbesserungen schon bestehender Produkte und Verfahren anstreben und dadurch keine radikalen Veränderungen notwendig sind.

Inhalt

Nachhaltigkeit nicht ohne ein zirkuläres Wirtschaftssystem.....	4
Industrial Ecology	4
Kreislaufwirtschaft.....	5
Circular Economy.....	7
Cradle to Cradle	8
Schnittmengen der Konzepte	9
Fazit.....	11
Literaturverzeichnis	13

Nachhaltigkeit nicht ohne ein zirkuläres Wirtschaftssystem

Nachhaltigkeit nimmt einen immer größeren Stellenwert in öffentlichen Diskussionen, Politik und Wirtschaft ein. Dies hat sich nicht zuletzt durch die Veröffentlichung des Green Deal der Europäischen Union (EU) verstärkt, welcher ein klimaneutrales Wirtschaften bis spätestens 2050 fordert (European Commission, 2019). Um dieses ehrgeizige Ziel des Green Deals umzusetzen, wird vor allem in der jüngeren Vergangenheit ein zirkuläres Wirtschaftssystem forciert. Dennoch ist die Notwendigkeit eines nachhaltigen Wirtschaftssystems kein neuer Gedanke. Bereits in den 1970er Jahren machten Meadows et al. (1972) auf immer deutlicher zutage tretende Umweltprobleme aufmerksam, die eine Folge des linearen Wirtschaftssystems und dessen zunehmender Durchsatzgeschwindigkeit sind. So stieg einerseits der Ressourcenbedarf, andererseits die Erzeugung von Abfall unentwegt an, was zu einer immer stärkeren Belastung der Umwelt führte¹. Darauf aufbauend entwickelten und führten die United Nations (1987) den Begriff der nachhaltigen Entwicklung ein und etablierten ihn als Vision künftiger Gesellschafts- und Wirtschaftssysteme.

Aus der oben angerissenen (Umwelt-)Problematik und den Grundzügen der Industrial Ecology (vgl. folgendes Kapitel) entwickelten sich parallel zueinander eine Vielzahl an (Sub-)Konzepten zur Erreichung nachhaltiger Wirtschaftsformen. Darunter fallen Konzepte, die teilweise aus ordnungspolitischer Logik (Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen – Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG inkl. zugehöriger Verordnungen wie bspw. Altölverordnung), wirtschaftlicher Logik (bspw. Circular Economy, zirkuläre Wertschöpfung, Low Carbon Industry oder Product Stewardship), biologischer Logik (bspw. Biomimicry oder Urban Metabolism) oder anderen wissenschaftlichen Zweigen (bspw. Cradle to Cradle² oder Ecodesign) hergeleitet wurden (vgl. von Hauff et al 2010; KrWG; Braungart und McDonough 2016; Scheelhaase/Zinke 2016 und Rünker 2017). Die genannten Ansätze unterscheiden sich dabei durch die Perspektive und Tiefe ihrer Betrachtung. Während einige Ansätze Strategien darstellen, wie einzelne Produkte, Prozesse oder Geschäftsmodelle transformiert werden können, stellen die Konzepte (1) Kreislaufwirtschaft (so wie sie nach KrWG implementiert wird), (2) Industrial Ecology, (3) Cradle to Cradle und (4) Circular Economy nach EU-Definition (European Commission, 2020) eher ganzheitlichere Transformationskonzepte dar, die zu einer nachhaltigen Wirtschaft beitragen.

Betrachtet man die vier zuvor betonten Konzepte, dann fällt auf, dass Circular Economy und Cradle to Cradle wesentlich jünger sind als Kreislaufwirtschaft und Industrial Ecology. Diese wurden Ende der 1980er (Industrial Ecology) bzw. Mitte der 1990er-Jahre (KrWG) erarbeitet und veröffentlicht. Entsprechend wirft der unterschiedliche Veröffentlichungszeitpunkt die Frage auf, wie die Konzepte Cradle to Cradle und Circular Economy die zuvor bestehenden Ansätze erweitern und entsprechend einen Mehrwert zur Erreichung eines nachhaltigen Wirtschaftssystems mit sich bringen. Der Beitrag beleuchtet, vergleicht und diskutiert die vier oben genannten, Konzepte bezüglich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Dazu werden sie zunächst in ihren Grundzügen und Eigenschaften dargestellt, woraufhin eine Charakterisierung bezüglich induktiv gebildeter Vergleichskriterien erfolgt.

Industrial Ecology

Basis der *Industrial Ecology* ist die Beschreibung von Robert Ayres, einzelne Unternehmen als *industrielle Metabolismen* analog zur Stoffwechselfunktion von Lebewesen (Metabolismus) zu sehen. Lebewesen nehmen Stoffe auf, verarbeiten diese und scheiden veränderte Stoffströme wieder aus, um selbst zu wachsen oder sich zu reproduzieren. Industrielle Metabolismen haben ebenso eine stoffverarbeitende Funktion, die auf Rohstoffzufuhr angewiesen ist, um Produkte unter Entstehung von

¹ Robert Ayres beschreibt diesen Anstieg des Ressourcenbedarfs und Müllentstehung im Rahmen wirtschaftlicher Aktivität als „Industrial Metabolism“ (vgl. Ayres 1994).

² Das Cradle-to-Cradle-Konzept wurde von Michael Braungart, einem Chemiker, und William McDonough, einem Architekten, entwickelt und umfasst entsprechend Denkstrukturen beider wissenschaftlicher Zweige.

Abfall zu erzeugen. Vergleichbar mit der Motivation der Lebewesen ist auch das Ziel der Unternehmen: Diese wollen Stoffe wertschöpfend be- und verarbeiten, dabei Gewinne erzielen und selbst wachsen (Ayres 1994).

Darauf aufbauend entwickelten Frosch und Gallopoulos den Begriff des *industriellen Ökosystems* in Analogie zum natürlichen Ökosystem. Beide Ökosysteme setzen sich aus einer Vielzahl von individuellen Metabolismen zusammen, die interagieren. Entsprechend wird jeder Output eines Metabolismus von anderen Metabolismen als Input verwendet, so dass alle Stoffströme Grundlage eines Umwandlungsprozesses und somit auch von Wachstum sind. Die künftig verstärkt verfolgte Zielstellung eines Wirtschaftssystems sollte es also sein, Müllentstehung zu vermeiden, indem die Unternehmen eines industriellen Ökosystems die Outputs anderer Unternehmen als Grundlage der Wertschöpfung verwenden und so die Erzeugung nicht weiter verwertbarer Stoffe vermeiden (Frosch und Gallopoulos 1989). An dieser Stelle erweitert der neu erarbeitete Ansatz das bis dahin vorherrschende Verständnis von Umweltschutz, welches es als ausreichend ansah, lediglich die entstehenden ökotoxischen Substanzen nachzubehandeln („End-of-Pipe-Technologien“). Im Rahmen der Industrial Ecology soll ein höheres Maß an Umweltschutz durch die Neugestaltung von Produkten und Prozessen erreicht werden. Daher weist die Industrial Ecology drei Betrachtungs- und Handlungsebenen auf: (1) die unternehmensinterne Sicht, (2) die übergreifende Betrachtung mehrerer Unternehmen und (3) die globale Betrachtung des gesamten industriellen Ökosystems (Ayres und Ayres 2001).

Auf der *Unternehmensebene* liegt der Ansatzpunkt der Industrial Ecology im Design von Produkten und Prozessen statt in der End-of-Pipe-Betrachtung. Dabei sollen Schadstoffe und Verschmutzung vermieden werden. Mit Hilfe „grüner“ Accounting-Systeme wird versucht, externalisierte Kosten zu internalisieren. Unternehmensübergreifend können die Unternehmen eine sogenannte *industrielle Symbiose* eingehen, welche auf dem Gedanken der biologischen Symbiose aufbaut, in der sich unterschiedliche Organismen für einen gegenseitigen Nutzen verbünden (Miller 1977). Bei der industriellen Symbiose erreichen Unternehmen in traditionell getrennten Branchen gemeinsam einen Wettbewerbsvorteil durch den physischen Austausch von Materialien, Energie, Wasser und Nebenprodukten. Der Schlüssel dafür ist die Zusammenarbeit der Unternehmen und die Möglichkeit durch geographische Nähe Synergien zu schaffen (Chertow 2000). Hierbei geht es darum, diejenigen Ressourcenströme auszuwählen, die in einem lokalisierten Wirtschaftssystem am nützlichsten sind, und daraufhin diese bestmöglich zu arrangieren (Ehrenfeld und Chertow 2002). Die konkrete praktische Umsetzung des Konzepts wird in sogenannten Eco-Industrial Parks untersucht. Das erste Modell wurde in Kalundborg, Dänemark, realisiert, wo verschiedene Partner Grundwasser, Oberflächenwasser, Abwasser, Dampf und Elektrizität teilen und verschiedene Abfallprodukte, die in neuen Prozessen zu Rohstoffen werden, tauschen (Chertow 2000).

Kreislaufwirtschaft

Die *Kreislaufwirtschaft* wird in Deutschland häufig mit einer gut koordinierten Abfallwirtschaft assoziiert (Müller et al. 2020). Eine einheitliche Definition des Konzepts liegt jedoch nicht vor. Vielmehr wird es in Wissenschaft und Praxis unterschiedlich verstanden:

Die Europäische Union nutzt die Bezeichnung „Kreislaufwirtschaft“ als Übersetzung in ihren offiziellen Dokumenten und meint damit ein ganzheitliches Konzept, welches den gesamten Produktlebenszyklus sowie die gesamten Wertschöpfungsnetzwerke betrachtet (Europäische Kommission 2015). Die Beschreibung dieser „Kreislaufwirtschaft“ gemäß der Europäischen Union erfolgt im weiteren Verlauf unter dem Kapitel *Circular Economy*.

Gözet und Wilts (2022, S. 173) definieren Kreislaufwirtschaft als „ein Konzept, bei dem Abfall und Verschmutzung nicht per se im Wirtschaftsdesign vorausgesetzt werden“. Die Autoren verstehen Kreislaufwirtschaft als einen zentralen Baustein einer nachhaltigen Entwicklung, bei dem mit Ressourcen, Wertstoffen, Produkten und der Umwelt verantwortungsvoll umgegangen wird, dem Ideal einer Welt folgend, in der kein Müll produziert wird. Dieses ganzheitliche Kreislaufwirtschaftskonzept umfasst die gesamten Wertschöpfungsnetzwerke von der Ressourcengewinnung bis zum Recycling und

nutzt integrierte Strategien zur Schließung von Stoffkreisläufen, vom Produktdesign bis zu Reparatur und Recycling. In diesem Sinne ist es ebenfalls gleichzusetzen mit dem Konzept einer *Circular Economy*.

Dagegen fokussiert der Begriff *Kreislaufwirtschaft* im Kontext des deutschen Gesetzes zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (*Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG*) und dessen Implementierung in der Praxis sehr stark auf Abfallwirtschaft und Recycling. Ein näherer Blick auf das KrWG enthüllt den Zweck, „die Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen sicherzustellen“ (KrWG §1). Der Geltungsbereich ist dabei die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfall (vgl. KrWG §2, Abs. 1). Die Gesetzgebung definiert über das KrWG und zugehörige Verordnungen sowie Verwaltungsvorschriften die Eigenschaften von Abfällen und Wertstoffen sowie darauf aufbauend deren Verwertung und Entsorgung (bspw. Altfahrzeugverordnung, Gewerbeabfallverordnung u.v.m.). Nach KrWG §3 Abs. 1 sind Abfälle „alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss.“



Abbildung 1: Abfallhierarchie nach §6 KrWG (eigene Darstellung)

Im Rahmen der §§6f KrWG regelt die Abfallhierarchie die Rangfolge von der Abfallvermeidung bis zur Beseitigung und die Verantwortlichkeit der Erzeuger:innen oder Besitzer:innen zur Verwertung und Beseitigung. Demnach soll diejenige Maßnahme gewählt werden, „die den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen unter Berücksichtigung des Vorsorge- und Nachhaltigkeitsprinzips am besten gewährleistet“ (KrWG §6, Abs. 2).

Abbildung 1 zeigt die Abfallhierarchie, welche die oben genannten und in der Grafik priorisierten Handlungsmöglichkeiten zur Optimierung der Ressourcennutzung verdeutlicht. Entsprechend sollen, „soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist“ (KrWG §6, Abs. 4), Abfälle vermieden werden. Dies umfasst nach KrWG §3, Abs. 19f Maßnahmen, die ergriffen werden, um die entstehende Abfallmenge zu verringern. KrWG §33 beschreibt im Zusammenhang der Abfallvermeidung verschiedene Programme, welche eine große Schnittmenge mit dem Zielzustand und den daran anknüpfenden R-Strategien der Circular Economy besitzen. Dies veranschaulicht einerseits die hohe Ähnlichkeit der Konzepte in ihrer theoretischen Ausgestaltung. Andererseits muss an dieser Stelle jedoch betont werden, dass diese Programme keinen allzu hohen Stellenwert in der praktischen Umsetzung des KrWG besitzen. Wilts und Gries (2017) stellen fest, dass sowohl die Abfallvermeidung als auch die Wiederverwendung von Abfällen eine nur untergeordnete praktische Rolle im Abfallwesen spielen. Dies liege an den effizienten Strukturen der Recycling- und Beseitigungswege von Abfällen in Deutschland, welche für Unternehmen Hemmnisse zur Änderung firmeninterner Strukturen bedeuten, sodass Produktdesign und Herstellung unverändert verbleiben. Auch im Rahmen des KrWG wird die operative Ausgestaltung von Abfallvermeidungsmaßnahmen nicht näher thematisiert.

In spezifischen Anwendungsbereichen konnten jedoch bereits Abfallvermeidungsmaßnahmen gesetzlich fixiert werden (bspw. das Vermeiden von Einwegverpackungen (VerpackG §3).

Der zweite Kernpunkt, das Vorbereiten zur Wiederverwendung beschreibt das Sammeln und erneute Nutzen von Wertstoffen in derselben Funktion, die diese bereits zuvor erbracht haben (KrWG §3, Abs. 21f). Die Sammlung und Sortierung erfolgt dabei oftmals gemeinsam mit Abfällen, die in der Folge durch Recycling weitergenutzt werden sollen.

Handlungsfeld drei, das Recycling, betrachtet die Sammlung und stoffliche Wiederaufbereitung (KrWG §3, Abs. 23ff), um aus den im Abfall enthaltenen Wertstoffen ein neuartiges Produkt zu erzeugen. KrWG §14 legt konkrete Wiederaufbereitungs- und Recyclingquoten der Abfälle fest, die bspw. für Siedlungsabfälle bis 2035 mindestens 65 % der Masse entsprechen muss. In der Praxis wird diese Quote im Wesentlichen durch Recycling erreicht (Statistisches Bundesamt 2022). Der, zunächst als sehr hohe Quote positiv wahrnehmbare Anteil, stellt somit jedoch einen Widerspruch zur Position des Recyclings in der Abfallhierarchie dar. So ist es nahezu paradox, dass eine an dritte Stelle priorisierte Abfallstrategie einen Massenanteil von knapp zwei Dritteln erfüllt. Auch dies betont die von Wils und Gries (2017) aufgezeigte starke Recyclingorientierung, welche die Ausweitung der anderen, auch höher priorisierten, Maßnahmen regelrecht unterdrückt.

Im vierten Schritt sollen die angefallenen Abfallstoffe energetisch verwertet werden, also durch Verbrennung als Energiequelle dienen, sofern eine anderweitige Weiternutzung durch Wiederverwendung oder weitere Verwertung technisch nicht möglich bzw. wirtschaftlich nicht tragbar ist. Im Falle dieser Verwertungsart wird das Energiepotenzial des Abfalls genutzt, um Energie zurückzugewinnen, die im Abfall gespeichert war. Außerdem ist nach einer solchen Verwertbarkeit der Rohstoff nicht weiter nutzbar. Die Zulässigkeit der Verbrennung bestimmter Abfälle ergibt sich aus den für die Abfallgruppen spezifizierten Verordnungen oder Gesetzen (bspw. Altholz-, Altöl-, Bioabfallverordnung). Die stofflichen Reste werden oftmals im Rahmen und in Verbindung mit letztgenannten Verordnungen deponiert. Die letzte zu wählende Alternative beschreibt die Beseitigung von Abfällen (KrWG §3, Abs. 26ff), also das Unschädlichmachen von Schadstoffen innerhalb des Abfallstroms. Dies ist gleichbedeutend mit der Senkung der Menge oder Schädlichkeit des Abfalls (KrWG §15).

Circular Economy

Das Konzept der Circular Economy nach Definition des EU Circular Economy Action Plans hat in den letzten Jahren sowohl bei Praktiker:innen als auch bei Wissenschaftler:innen stark an Bedeutung gewonnen (Kirchherr et al. 2017). Um die Circular Economy von der Kreislaufwirtschaft gemäß KrWG abzugrenzen, übersetzt man sie auch mit „zirkulärem Wirtschaften“ (Müller et al. 2020) oder mit „zirkulärer Wertschöpfung“ (vgl. Scheelhaase/Zinke 2016 bzw. Rünker 2017; entsprechend auch die [Definition auf der Internetseite des Projekts Prosperkolleg](#) 2021). Durch diese sprachliche Abgrenzung gegenüber der Kreislaufwirtschaft im Kontext des KrWG wird deutlich gemacht, dass das Konzept der Circular Economy in einem umfassenden wirtschafts- und gesellschaftspolitischen Sinne verstanden wird. Der vom Wirtschaftsministerium des Landes Nordrhein-Westfalen geprägte Begriff der zirkulären Wertschöpfung verdeutlicht, dass durch das Denken in Kreisläufen („zirkulär“) ökonomisch langfristig Werte gesichert und Mehrwerte geschaffen werden („Wert“). Dies geschieht in einem kreativen Prozess („Schöpfung“), in dem Güter und Dienstleistungen, Verfahren oder Geschäftsmodelle für Wirtschaft und Gesellschaft innovativ entwickelt werden (Scheelhaase/Zinke 2016; Rünker 2017).

Im Gegensatz zur Kreislaufwirtschaft nach KrWG betrachtet die Circular Economy das ganzheitliche Wirtschaftssystem und nicht nur den Abfallfluss des Wirtschaftssystems. Bis heute gibt es unter den Akteuren der Circular Economy keinen Konsens zur genauen Charakterisierung des Konzepts. So verglichen beispielsweise Kirchherr et al. (2017) 114 Definitionen der Circular Economy. Der Vergleich zeigt dennoch, dass die Circular Economy weitläufig als Konzept verstanden wird, das ein nachhaltiges Wirtschaften durch die Zirkulation von Materialien im Wirtschaftssystem ermöglicht. Geissdoer-

fer et al. (2017) beschreiben in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit, Material- bzw. Ressourcenkreisläufe zu verlangsamen, zu verengen und zu schließen. Dieser Logik folgend wird die Circular Economy als Konzept erörtert, das gesamte Produktlebenszyklen und das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk in den Betrachtungsfokus rückt und neben inkrementellen Effizienzsteigerungen bestehender Produkte und Geschäftsmodelle auf radikalen Veränderungen von Produkten, Dienstleistungen und auf Geschäftsmodellen basiert, die das sogenannte „Wegwerfkonzept“ ersetzen (vgl. Rünker 2017).

Die Zielstellung des Konzepts, Ressourcen möglichst werterhaltend im Wirtschaftssystem zu zirkulieren, soll entsprechend durch die Transformation der unternehmenseigenen Geschäftsmodelle implementiert werden. Um diesen Veränderungsprozess zu oftmals disruptiven, innovativen Geschäftsmodellen erfolgreich zu gestalten, müssen Unternehmen Innovationsfähigkeiten und -bereitschaften unter der Berücksichtigung aller wesentlichen Stakeholder des Unternehmens entwickeln. Dabei sind je nach Geschäftsmodellentwicklung auch Kund:innen oder Lieferant:innen in den Wertschöpfungsnetzwerken in den Veränderungsprozess einzubeziehen. Die Innovationsentwicklung kann durch verschiedene Strategien – auch als *R-Strategien* bezeichnet – erreicht werden. Die Auswahl der für diesen Artikel relevanten Strategien basiert auf den 9R-Strategien von Potting et al. (2017), welche auch von Kirchherr et al. (2017) in angepasster Form verwendet werden. Darauf aufbauend wird eine vom Prosperkolleg leicht modifizierte Variation der Strategien beschrieben.³

Die R-Strategien lassen sich nach drei Leitprinzipien gliedern: Durch die Strategien R0 bis R2 (*Refuse, Rethink, Reduce*) soll der Rohstoffaufwand der Produktion gesenkt werden. Dies ist einerseits durch eine gesteigerte Produktionseffizienz, andererseits durch eine gesteigerte Nutzungsintensität möglich. So kann der gleiche Gesamtnutzen für die Kund:innen mit weniger benötigten Rohstoffen bereitgestellt werden.

Die Strategien R3 bis R7 (*Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose*) haben das Ziel, die Rohstoffe innerhalb des Wirtschaftssystems zu halten, die sich bereits in Form von Produkten darin befinden. Durch die Wieder- oder Weiterverwendung von Produkten oder Produktteilen kann der Nutzen Kund:innen ohne weitere Rohstoffentnahmen bereitgestellt werden.

Die zwei letzten Strategien, R8 und R9 (*Recycle und Recover*), haben das Ziel, die Rohstoffe von solchen Produkten oder Produktteilen zu sichern, welche nicht mehr genutzt werden können. Dabei werden die Komponenten zerstört. Durch die Gewinnung von Sekundärrohstoffen kann der Bedarf an Primärrohstoffen verringert werden. In anderen Worten bedeutet das, dass weniger Rohstoffe aus der Umwelt entnommen werden müssen.

Cradle to Cradle

Das *Cradle-to-Cradle-Designprinzip* wurde von Michael Braungart und William McDonough entwickelt, um eine Alternative zum linear aufgebauten, aktuellen Wirtschaftssystem zu schaffen, da sie mit dem linearen System den „Verlust von Ressourcen, kulturelle[n] Raubbau, negative soziale und ökologische Auswirkungen, eine Abnahme der Lebensqualität“ verbinden (Braungart und McDonough 2016, S. 58).

Während das lineare Wirtschaftssystem sehr auf Effizienzsteigerung ausgerichtet sei, ist für Braungart und McDonoughs Konzept vor allem die (Öko-)Effektivität von Bedeutung. Die Idee des Konzepts wurde dabei an den natürlichen Stoffkreislauf angelehnt und am Beispiel eines Kirschbaums veranschaulicht. Der Kirschbaum ist als Teil des Ökosystems untrennbar mit diesem verbunden und erfüllt multiple Nutzen, ist jedoch aufgrund seiner hohen Blütenproduktion und einer sehr überschaubaren Anzahl an Tochterbäumen äußerst ineffizient bezüglich der Zielstellung der Fortpflanzung. Dennoch können alle Produkte des Kirschbaums durch das Ökosystem umgesetzt und verarbeitet werden (vgl.

³ Eine ausführlichere Beschreibung der R-Strategien und der Rolle der Innovation für zirkuläre Geschäftsmodellentwicklung kann im Prospektiven-Beitrag „R-Strategien und Innovation im Circular Economy Management“ (Mast et al. 2022) eingesehen werden.

Braungart und McDonough 2016). Übertragen auf die Gesellschaft bedeutet das ökoeffektive Design von Produkten, dass deren Erzeugung und Gebrauch keinen Abfall mehr verursacht und die Produktkomponenten stattdessen langfristig im Wirtschaftssystem verbleiben und als Ausgangsstoffe für andere Produkte dienen können.

Nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip wird das Wirtschaftssystem in einen biologischen und technischen Kreislauf aufgeteilt. Der *biologische Lebenszyklus* ähnelt dem Lebenszyklus des Kirschbaums. Die Produkte innerhalb dieses Kreislaufs basieren auf biologischen Rohstoffen, welche zu Produkten verarbeitet werden. Nach Produktions- und Nutzungsphase können die Produkte durch biologische Prozesse zersetzt werden und die daraus entstehenden Stoffe dienen gefahrlos als biologischer Nährstoff für das Ökosystem. Durch die Sicherstellung der biologischen Abbaubarkeit und Rückführung der fertig gebrauchten Produkte sind die Stoffkreisläufe des biologischen Kreislaufs geschlossen (vgl. Braungart und McDonough 2016).

Stoffe innerhalb des *technischen Kreislaufs* können nicht durch biologische Vorgänge abgebaut werden; es befinden sich also im Wesentlichen anorganische Stoffe wie Metalle in diesem Kreislauf. Braungart und McDonough sehen in den Produktresten technische Nährstoffe, die als Grundlage neuer Produkte dienen können, vorausgesetzt, „dass [die alten Produkte] zerlegt werden können“ (Braungart und McDonough 2016, S. 147). Zentraler Vorteil dieses Konzeptes der technischen Nährstoffe ist neben der Vermeidung von Abfall auch eine längerfristige Einsparung von Materialkosten (Braungart und McDonough 2016).

Die Umsetzung des Cradle-to-Cradle-Konzeptes erfordert neben einem hohen Bedarf an Innovationen eine fallabhängige Erörterung der Voraussetzungen und der zu erzielenden Nutzenfunktionen, um eine zufriedenstellende Gesamtlösung zu erzeugen. Generalistische Lösungen, die überall zu einem gleichen Ergebnis führen (wie dies oft im linearen Wirtschaftssystem der Fall ist), sollten laut den Autoren tunlichst vermieden werden (vgl. Braungart und McDonough 2016). Das Cradle-to-Cradle-Konzept beantwortet allerdings nicht die Frage, wie die für den biologischen Kreislauf und den notwendigen Energieinput aus erneuerbaren Energien benötigten Flächen bei dem zu erwartenden weltweiten Wachstum an Bevölkerung und Wohlstandsansprüchen ohne Berücksichtigung von Effizienz und Suffizienz in ausreichendem Maße bereitgestellt werden können (vgl. auch Gunßer 2011).

Schnittmengen der Konzepte

Tabelle 1 stellt die vier beschriebenen Konzepte gegenüber und vergleicht deren wesentlichste Charakteristika. Die ausgewählten Vergleichsmerkmale dienen vor allem der Beschreibung der Zielstellung, des Betrachtungsrahmens und der notwendigen Strategien zur Zielerreichung. Die Merkmale wurden in einem iterativen Verfahren gebildet, bis die Beschreibung der Konzepte als ausreichend in der Erläuterung der einzelnen Konzepte sowie in der Darstellung der Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Konzepte erachtet wurde.

Bei näherer Betrachtung ist auffällig, dass vor allem die Konzepte der Circular Economy und Cradle to Cradle große Schnittmengen besitzen. Im Vergleich aller Konzepte aber weist vor allem die Kreislaufwirtschaft nach KrWG deutliche Unterschiede gegenüber den anderen Konzepten auf. Die Gegenüberstellung zeigt, dass alle vier Konzepte den Zweck verfolgen, negative Umweltauswirkungen im Rahmen wirtschaftlicher Aktivitäten mindestens zu verringern, sie jedoch das Ziel der Nachhaltigkeit unterschiedlich ganzheitlich betrachten. Während die Industrial Ecology und Kreislaufwirtschaft vor allem die ökologische und ökonomische Dimension im Blick haben, berücksichtigen die Circular Economy und Cradle to Cradle darüber hinaus auch Ansätze der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit und verfolgen so deren ganzheitlichen „Drei-Säulen-Ansatz“⁴.

⁴ Gemäß UN-Leitlinie kann eine inter- und intragenerationelle Gerechtigkeit erreicht werden, indem gleichermaßen soziale, ökologische und ökonomische Ziele gesetzt und Strategien umgesetzt werden (vgl. United Nations (1987)).

Tabelle 1: Charakterisierung der Konzepte (eigene Darstellung)

Konzept/ Vergleichskriterium	Industrial Ecology	Kreislaufwirtschaft im Sinne des KrWG	Circular Economy	Cradle to Cradle
Dokumentation des zugrunde liegenden Verständnisses	Ayres Stoffmetabolismus; Frosch und Gallopoulos (1989)	Nationales Gesetz (KrWG) und Abfallverordnungen	Kein einheitliches Verständnis; hier: Kirchherr et al. (2017) Dem deutschen Begriff der zirkulären Wertschöpfung folgend vgl. Scheelhaase/Zinke (2016) bzw. Rünker (2017)	Braungart & McDonough (2016)
Betrachtungsgegenstand	Globales Wirtschaftssystem, unterteilt in regionale Stoffsymbiosen	Abfallstrom	Wertschöpfungsnetzwerke	Produkte
Nachhaltigkeitsverständnis	Ökonomisch, ökologisch	Ökonomisch, ökologisch	Ökonomisch, ökologisch, sozial	Ökonomisch, ökologisch, sozial
Stoffkreisläufe	Einbettung der Wirtschaft (Technosphäre) in die Ökosphäre	Keine nähere Betrachtung von Produkten, sondern des Abfallstroms am Ende des Produktlebens (mit besonderem Fokus auf Recycling)	Fokus auf technischem Kreislauf, mit Schnittstellen zum biologischen Kreislauf	Biologischer und technischer Stoffkreislauf sind vollständig voneinander getrennt
Stoffflüsse	Geschlossener, verengter und verlangsamer Kreislauf	Verengter und teilweise geschlossener Kreislauf	Geschlossener, verengter und verlangsamer Kreislauf	Geschlossener Kreislauf
Vision	Handeln innerhalb planetarer Grenzen mit Fokus auf der Verstränkung von Stoffströmen	Senkung Ressourcenbedarf und Schutz von Mensch und Umwelt beim Umgang mit dem entstehenden Abfall	Handeln innerhalb planetarer Grenzen mit Blick auf Konsistenz, Effizienz und Suffizienz	Effektiv geschlossene Stoffkreisläufe ohne Abfall und Gesundheitsgefährdungen, so dass Suffizienz und Effizienz überflüssig sind
Mission	Synergien im Produktionsprozess erschließen	Abfallhierarchie dem KrWG folgen (Abb. 1)	Neue Produkte, Geschäftsmodelle und Verfahrensweisen entwickeln	Neuartige Produktgestaltung
Veränderung des Geschäftsmodells	Ökoeffizienz als kostensenkendes Element	Nutzung von Abfall für erhöhte Effizienz	Transformative Geschäftsmodelle und Verfahrensweisen	Gestaltung neuer Produkte aus ausgedienten Produkten
Innovationsorientierung	Inkrementelle Innovationen	Inkrementelle Innovationen	Disruptive, aber auch inkrementelle Innovationen	Im Wesentlichen disruptive Innovationen auf Produktebene
Operative Umsetzungsstrategien	Stoffstromanalysen und Produktanalysen als Grundlage	Im Wesentlichen in der Praxis Fokus auf Recycle, Recover, Dispose	9R-Umsetzungsstrategien	7R-Umsetzungsstrategien; Fokus auf Rethink

Dennoch ist das Verständnis der sozialen Dimension keinesfalls gleichermaßen stark ausgeprägt wie die ökologische oder ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit und deckt sich nur teilweise mit den weiter gehenden sozialen Zielen der Sustainable Development Goals der UN (bspw. Bekämpfung von Armut, Korruption; vgl. United Nations (2022)). Vielmehr verstehen die Konzepte den Schutz von Individuen durch den Verzicht auf (human-)toxische Produktbestandteile als soziale Er-

rungenschaft (vgl. bspw. Braungart und McDonough 2016). Zusätzlich gibt es Aspekte, die gleichermaßen Auswirkungen auf die ökonomische und die soziale Dimension haben, wodurch eine klare Zuordnung bzw. Abgrenzung erschwert wird. Als Beispiel hierfür ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze durch CE-Konzepte aufzuführen, was einerseits das bisherige Wirtschaftssystem transformiert (ökonomische Dimension), andererseits aber auch die Beschäftigung von Arbeitnehmern gewährleistet (soziale Dimension).

Die Konzepte der Industrial Ecology und Circular Economy sollen dazu beitragen, dass das anthropogene, also „menschengemachte“ Handeln innerhalb der planetaren Grenzen verbleibt. Der Cradle-to-Cradle-Ansatz verfolgt einen ambitionierteren Ansatz, die vollständige Vermeidung von Abfall im Rahmen des industriellen bzw. gesellschaftlichen Handelns, während die Kreislaufwirtschaft nach KrWG lediglich die Senkung des Ressourcenbedarfs vorsieht. Der Betrachtungsrahmen des Cradle-to-Cradle-Ansatzes liegt im Wesentlichen eher auf Produkt- und Unternehmensebene, während die Circular Economy und Industrial Ecology größere Systeme, die sogenannten Wertschöpfungsnetzwerke, zugrunde legen. Auch unterscheiden sich die Konzepte in der Strategie ihrer Umsetzung. Entsprechend verortet die Kreislaufwirtschaft ihre Handlungsstrategien vor allem in der Bewirtschaftung von Abfällen in Form der Abfallhierarchie, während das Cradle-to-Cradle-Konzept hier eine Transformation von Produkten durch neuartiges Design als Kernstrategie betrachtet. Das Konzept der Industrial Ecology betrachtet in diesem Kontext nicht nur einzelne Produkte, sondern vor allem unternehmensübergreifende Potenziale für eine regionale Symbiose. Die Kernidee der Circular Economy ist eine Transformation der Produkte, Geschäftsmodelle und Verfahrensweisen von Unternehmen. Durch die Verflechtungen vieler Unternehmen haben diese Veränderungen Auswirkungen auf ein ganzes Wertschöpfungsnetzwerk und entsprechend müssen Anpassungen von allen Stakeholdern mitgetragen werden und in den Geschäftsmodellen und Verfahrensweisen der Unternehmen umgesetzt werden.

Die Umsetzungsstrategien weisen aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzungen der Konzepte deutliche Unterschiede zueinander auf. Ein wesentliches Element der Kreislaufwirtschaft und der Industrial Ecology ist es, die Effizienz durch inkrementelle Innovationen kontinuierlich zu verbessern. Während die Industrial Ecology und Kreislaufwirtschaft vor allem durch Stoffstromanalysen und Produktanalysen Verbesserungspotenziale identifiziert, bauen Circular Economy und Cradle-to-Cradle-Konzept auf breiter abgeleitete Umsetzungsstrategien auf. Das Cradle-to-Cradle-Konzept erfordert oftmals eine starke Änderung der bestehenden Produkte, entsprechend erfordert die Neugestaltung oft disruptive Innovationen. Gleiches gilt auch für die Circular Economy, im Rahmen derer disruptive Innovationen zur Erschaffung neuartiger Geschäftsmodelle notwendig sind, aber auch inkrementelle Innovationen ihren Platz haben.

Fazit

Die aufgeführten Konzepte *Kreislaufwirtschaft nach KrWG*, *Industrial Ecology*, *Cradle-to-Cradle* und *Circular Economy* beschäftigen sich im Wesentlichen mit ähnlichen Problemstellungen und existieren dennoch parallel zueinander. Die Konzepte haben dabei teilweise sehr deutlich unterschiedliche Ausprägungen, weswegen vor allem die Kreislaufwirtschaft in ihrer Implementierung nach KrWG und die Circular Economy nicht als Synonym betrachtet werden können und sollen. Dagegen kann die Kreislaufwirtschaft nach Gözet und Wilts (2022) und in großen Teilen auch nach dem Verständnis der Europäischen Kommission (2015) als deutsche Übersetzung des Circular-Economy-Begriffs verstanden, d. h. mit dem Circular Economy-Begriff gleichgesetzt werden. Die deutsche Interpretation als zirkuläre Wertschöpfung betont dabei den wertsichernden bzw. Mehrwert für Wirtschaft und Gesellschaft schaffenden Charakter zirkulärer Ansätze (Scheelhasse/Zinke 2016 und Rünker 2017). Die Kreislaufwirtschaft nach KrWG ist insgesamt deutlich von den anderen Konzepten abzugrenzen.

Wie die Unterschiede in den Bereichen (1) Betrachtungsrahmen, (2) Teilen der Umsetzungsstrategie, (3) der Veränderung des Geschäftsmodells und (4) dem zugrunde liegenden Konzept zeigen, haben sich die Ansätze in ihrer Komplexität und Reichweite im Laufe der Zeit weiterentwickelt und betrachten zunehmend komplexe Interaktionen in den Wertschöpfungsnetzwerken. Aus diesem Grund lässt

sich schlussfolgern, dass die Konzepte Circular Economy bzw. zirkuläre Wertschöpfung und Cradle to Cradle praktische Rahmenwerke für die Entwicklung neuer Produkte und Geschäftsmodelle darstellen, die über reine regulatorische Maßnahmen (wie dem KrWG) hinausgehen. Dennoch haben alle Konzepte in der Motivation, Zielstellung und Teilen der Umsetzungsstrategien große Gemeinsamkeiten und Schnittstellen. Die Umsetzung eines Konzeptes führt also unweigerlich dazu, dass Fortschritte in allen Konzepten erzielt und durch entsprechende Indikatoren sichtbar gemacht werden können. Dahingehend trägt bspw. auch die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft nach KrWG zu einer Zirkularisierung des Wirtschaftssystems bei.

Empfehlenswert ist es, in Kooperation mit relevanten Stakeholdern in den Wertschöpfungsnetzwerken innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln, die über Mindestwerte der Gesetzgebung hinausgehen und Konzepte wie Circular Economy oder Kreislaufwirtschaft im umfassenderen Sinne zu realisieren. Um die Umsetzung dieser Konzepte sicherzustellen, werden adäquate politisch-administrative Rahmenbedingungen als Leitplanken für die Märkte benötigt. Die Implementierung des KrWG hat gezeigt, dass Gesetze einen Ansatzpunkt der Veränderung darstellen, aber alleine weniger geeignet sind, komplexe Konzepte (wie die Circular Economy) ganzheitlich abzudecken. Der Circular Economy Action Plan der EU ist hierfür ein erster Schritt. Es bedarf jedoch weiter an politisch-administrativer Unterstützung und praktischen Lösungsansätzen, um Unternehmen in deren Transformationsbestreben bestmöglich zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

Ayres, Robert U. (1994): Industrial Metabolism. Theory and Policy. In: *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, S. 22-37.

Ayres, Robert; Ayres, Leslie (2002): *A Handbook of Industrial Ecology*: Edward Elgar Publishing.

Braungart, Michael; McDonough, William (2016): *Cradle to Cradle. Einfach intelligent produzieren*. Ungekürzte Taschenbuchausgabe, 4. Auflage. München, Berlin, Zürich: Piper.

Braungart, Michael; McDonough, William; Clinton, Bill (2013): *Intelligente Verschwendung. The Up-cycle: auf dem Weg in eine neue Überflussgesellschaft*. Deutsche Erstausgabe. München: oekom verlag.

Chertow, Marian (2000): Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. In: *Annu. Rev. Energy Environ* (25), S. 313–337.

Ehrenfeld, John R.; Chertow, Marian (2002): Industrial symbiosis: the legacy of Kalundborg. In: Leslie Ayres und Robert U. Ayres (Hg.): *A handbook of industrial ecology*. Cheltenham, U.K, Northampton, Mass: Edward Elgar Pub, S. 334–348.

Europäische Kommission (2015): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. COM (2015) 614 final. Hrsg. v. Europäische Kommission. Brüssel.

European Commission (2019): *EU Green Deal*. Brussels.

European Commission (2020): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan, For a cleaner and more competitive Europe. A new Circular Economy Action Plan, vom 11.03.2020. Online verfügbar unter eur-lex.europa.eu, zuletzt geprüft am 16.01.2022.

Frosch, Robert A.; Gallopoulos, Nicholas E. (1989): Strategies for Manufacturing. Waste from one industrial process can serve as the raw materials for another, thereby reducing the impact of industry on the environment. In: *Scientific American* (261 (3)), S. 144–152.

Geissdoerfer, Martin; Savaget, Paulo; Bocken, Nancy M.P.; Hultink, Erik Jan (2017): The Circular Economy – A new sustainability paradigm? In: *Journal of Cleaner Production* 143, S. 757–768. Eingesehen 04/2022 bei <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.

Gözet, Burcu; Wilts, Henning (2022): Kreislaufwirtschaft als Baustein nachhaltiger Entwicklung. Hg. v. Christiane Meyer. Bielefeld. Online verfügbar unter https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7953/file/7953_Goezet.pdf, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

Gunßer, Christoph (2011): Design statt Bewusstsein. Eine Kritik des Cradle-to-Cradle-Prinzips. In: *Deutsche Bauzeitung* 145 (6), S. 78–80. Online verfügbar unter <https://www.db-bauzeitung.de/db-themen/energie/design-statt-bewusstsein>, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

Hauff, Michael von; Müller-Christ, Georg; Isenmann, Ralf (2010): *Industrial Ecology Management. Nachhaltige Zukunftsstrategien für Unternehmensverbände*. 1., neue Ausg. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler (Lehrbuch).

Kirchherr, Julian; Reike, Denise; Hekkert, Marko (2017): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In: *Resources, Conservation and Recycling* 127, S. 221–232.

Mast, Julian, Friederike von Unruh und Wolfgang Irrek (2022): *R-Strategien und Innovation im Circular Economy Management. Unternehmerische Strategien der zirkulären Wertschöpfung. Prospektiven – Neues zur zirkulären Wertschöpfung 2022/04*. Bottrop: Prosperkolleg e.V. Online verfügbar unter: https://prosperkolleg.ruhr/wp-content/uploads/2022/05/prospektiven_22-04_r-strategien.pdf, zuletzt geprüft am 20.07.2022.

Meadows, Donella H.; Meadows, Dennis L.; Randers, Jorgen; Behrens III, William W. (1972): The limits to growth, A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Hg. v. Universe Books. New York.

Miller, George Tyler (1977): Living in the environment. Concepts, problems, and alternatives. 5. print. Belmont Calif.: Wadsworth.

Müller, Felix; Kohlmeyer, Regina; Krüger, Franziska; Kosmol, Jan; Krause, Susann; Dorer, Conrad; Röhreich, Mareike (2020): Leitsätze einer Kreislaufwirtschaft. Unter Mitarbeit von Matthias Fabian, Sina Kummer, Björn Bischoff, Thomas Ebert und Hermann Keßler. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Potting, José; Worrell, Ernst; Hekkert, M. P. (2017): Circular Economy: Measuring innovation in the product chain. Hg. v. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. The Hague.

Rünker, Reinhold (2017): Intelligente Industrie durch zirkuläre Wertschöpfung. Bonn: Friedrich Ebert Stiftung (WISO direkt, 08/2017).

Scheelhaase, Tanja; Zinke, Guido (2016): Potenzialanalyse einer zirkulären Wertschöpfung im Land Nordrhein-Westfalen. Bericht zu einer Studie der EPEA GmbH und der Kienbaum Management Consultants GmbH im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen (MWEIMH.NRW). Düsseldorf.

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2022): Umwelt - Abfallbilanz. (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen). Wiesbaden (5321001207004). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publication-file, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

United Nations (Hrsg.) (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Hg. v. United Nations. New York, Oslo. Online verfügbar unter https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/nachhaltige_entwicklung/dokumente/bericht/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf.download.pdf/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2020.

United Nations (Hrsg.) (2022): The 2030 Agenda for Sustainable Development. Hg. v. United Nations. New York, Oslo. Online verfügbar unter <https://www.sdgs.un.org/goals>, zuletzt geprüft am 26.07.2022.

Wilts, Henning; Gries, Nadja von (2017): Der schwere Weg zur Kreislaufwirtschaft. In: GWP 66 (1), S. 23–28. DOI: 10.3224/gwp.v66i1.02.