

Circular Economy – Adapting Business Models to a Changed Global Agenda

Innovationspark Zentralschweiz – Sustainable Business Lab
Melissa Kneubühler
September 2020 (V2)

1. Hintergrund & Zielsetzung

Transformation unserer Welt – Unter diesem Titel verabschiedete die UNO-Generalversammlung im September 2015 die globale Agenda 2030 mit 17 **Sustainable Development Goals (SDGs)**. Darunter befinden sich Ziele wie nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster, die Schonung natürlicher Ressourcen und Massnahmen für den Klimaschutz (United Nations, 2015). Ein Scheitern im Klimaschutz (*Climate Action Failure*) hätte auf Grund systemischer Verflechtungen signifikante Auswirkungen auf diverse wirtschaftliche, ökologische, geopolitische, gesellschaftliche und technologische Bereiche (WEF, 2020). Die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch stellt einen wesentlichen Aspekt zur Risikominimierung und Erreichung der SDGs dar. Schnelles und konsequentes Handeln ist gefragt. Ende 2019 legte die Europäische Kommission aus diesem Grund den **Green Deal** vor. Auf dem Plan stehen sowohl marktfördernde Initiativen wie auch Regulatorien für eine nachhaltige Wirtschaft – insbesondere auch im Gebäudesektor und der Elektronikbranche (European Commission, 2019). Geschäftspraktiken müssen entsprechend verändert und Business Modelle neugedacht werden. Veränderten Bedürfnissen ist im Spannungsfeld von gesellschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Interessen Rechnung zu tragen.

Circular Economy kommt gleichzeitig Mensch, Umwelt und Wirtschaft zugute. Circular Economy eröffnet Unternehmen die Möglichkeit, die Ressourcenverfügbarkeit zu verbessern, den Markenwert und das Stakeholder Engagement zu stärken sowie neue Märkte respektive Geschäftschancen zu erschliessen.

Vorliegendes White Papier beabsichtigt, das Thema Circular Economy darzulegen. Es werden zentrale Punkte ausgeführt sowie Relevanz und Implikationen diskutiert. Das White Paper stellt keine abschliessende Behandlung des Themas dar. Vielmehr soll es einen Gedankenanstoss geben und als Ausgangspunkt für eigene, weiterführende Überlegungen und Aktivitäten der Leser dienen.

2. Definitionen, Abgrenzungen & Rationale

Menschliche Bedürfnisse sind die Grundlage wirtschaftlichen Handelns. Sie werden allgemein als unendlich angenommen. Ressourcen, welche heute zur Bedürfnisbefriedigung eingesetzt werden, sind jedoch beschränkt. Unternehmen, als wesentliche Treiber von Wohlstand und Innovation, schalten sich dazwischen, um durch ihre Leistungserstellung den Bedürfnissen möglichst effektiv und effizient gerecht zu werden. Die wirtschaftliche Leistungserstellung im sekundären Sektor ist allerdings geprägt von einem **linearen Wertschöpfungsmodell**: Rohstoffförderung – Güterproduktion – Güterverwendung zur Bedürfnisbefriedigung – Entsorgung. Dieses Modell erweist sich in mehreren Aspekten als wenig nachhaltig. Durch die einmalige Nutzung der Ressourcen erschöpft sich deren Bestand. Gleichzeitig schadet der Entsorgungsprozess dem Planeten als Ressourcenproduzent, was die Möglichkeiten zur künftigen Bedürfnisbefriedigung limitiert. Die Verfügbarkeit lebensnotwendiger Ressourcen sinkt, Beschaffungskosten steigen und die ökologische Leistungsfähigkeit, welche nicht nur aus wirtschaftlicher, sondern auch aus gesundheitlicher und psychologischer Sicht essenziell ist, nimmt ab. In Kombination mit einer wachsenden Bevölkerungszahl und vermehrter Güternachfrage in Entwicklungs- und Schwellenländern scheint das lineare Wertschöpfungsmodell in absehbarer Zeit an seine Grenzen zu stoßen.

Circular Economy basiert auf einem alternativen Ressourcenfluss, einem zyklischen Modell, welches eine nachhaltige und langfristige Befriedigung der Bedürfnisse verspricht. Das Ziel ist eine Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch durch eine konsequente Einschränkung der Ressourcenentnahme aus der Biosphäre.

Circular Economy basiert auf folgenden Prinzipien (Ellen MacArthur Foundation, 2011):

- Vermeidung von Entsorgungsgut und Verschmutzung per Design
- Wiederverwendung von Produkten, Komponenten und Materialien; systemisches Denken
- Einsatz erneuerbarer Energien
- Regenerierung natürlicher Systeme

Im Kern geht es darum, Produkte so auszugestalten, dass Inputressourcen in einem fortlaufenden Zyklus wiederverwendet werden können und kein Entsorgungsgut anfällt. Das bekannte Schmetterlingsdiagramm der Ellen MacArthur Foundation unterscheidet zwischen **biologischen und technologischen Kreisläufen**. Es wird eine strikte Trennung zwischen verbrauchbaren und beständigen Komponenten eines Produkts angestrebt. Verbrauchbare, tendenziell kurzlebige Komponenten sind aus biologischen Bestandteilen zu kreieren, sodass sie nach Gebrauch sicher, oder im Optimalfall regenerierend, in die Biosphäre zurückgeführt werden können. Beispiele hierfür sind Nahrungsmittel, Naturfasern und Holz. Beständige Gebrauchsgüter hingegen bestehen oft aus Materialien wie Plastik, Metall und synthetischen Chemikalien, welche nicht schadlos in die Umwelt entlassen werden können. Circular Economy sieht ein Design vor, das eine Wiederverwendung – oder bei Gebrauchsgütern mit schnellem, technologischem Fortschritt ein Upgrading – mit möglichst langer Nutzungsdauer erlaubt (WEF, n.d.). In diesem Kontext wird von Circular Industrial Economy gesprochen.

Zirkularität ist ein Phänomen der Natur. Diskussionen zu geschlossenen Kreisläufen in Industriesystemen gibt es seit Beginn der Industrialisierung. In der akademischen Domäne hat sich vor allem das Feld "Industrial Ecology" mit Material- und Energieflüssen im sekundären

Sektor auseinandergesetzt. An breitem Interesse gewonnen hat das Thema aber erst durch dessen Verbindung mit wirtschaftlichen Aspekten und neuen, technologischen Entwicklungen – vereint unter der Bezeichnung Circular Economy. Einerseits erlaubt Circular Economy die Operationalisierung der eingangs erwähnten Sustainable Development Goals. Andererseits eröffnet Circular Economy der Wirtschaft neue Wertschöpfungsmöglichkeiten.

Circular Industrial Economy beschäftigt sich mit dem Bestandsmanagement von Fertigungsgütern wie Gebäude, Fahrzeuge, Maschinen und Geräte mit der Absicht, deren Wert und Nützlichkeit für die längst mögliche Dauer zu maximieren. Dem zu Grunde liegt die Annahme, dass der Nutzwert eines Produkts höher ist als die Summe dessen Materialien (Stahel, 2019). Nebst dem Materialwert umfasst ein fertiges Produkt Beschaffungs-, Entwicklungs- und Fertigungsleistungen, deren voller Wert nur in der Ganzheit des Produkts zum Tragen kommt. Es bieten sich Designs und Geschäftsmodelle an, welche eine Wiederverwertung von Produkten und Komponenten mit minimalem Energieaufwand und guter Qualitätserhaltung ermöglichen. Gleichzeitig gilt es, den technologischen Fortschritt in Bezug auf die Verbrauchseffizienz mit einzubeziehen. Circular Economy Design ist nicht zu verwechseln mit **Eco-Design**. Eco-Design strebt primär eine verbesserte Energieeffizienz von Produkten an. Im Fokus steht die Optimierung des Energieverbrauchs über die Nutzungsdauer (EU, 2009). Ob sich eine Verlängerung des Lebenszykluses mittels Wiederverwertung als die ökologisch sinnvollste Lösung erweist oder ob ein Ersatz mit einem verbrauchseffizienteren Neuprodukt vorzuziehen ist, muss von Fall zu Fall abgewägt werden – beispielsweise mittels eines Life Cycle Assessments (LCA) unter Berücksichtigung der genutzten Rohstoff- und Energiequellen.

In den folgenden Kapiteln ist Circular Economy mit Circular Industrial Economy gleichgesetzt. Der Fokus liegt auf der Darstellung der Wiederverwertungsmöglichkeiten. Optimierungsfragestellungen sowohl im Spannungsfeld von Lebensdauer und Energieeffizienz als auch zwischen den verschiedenen Wiederverwertungsmöglichkeiten sind nicht Bestandteil des vorliegenden White Papers. Es empfiehlt sich eine separate Behandlung.

3. Kernprozesse & Designprinzipien

Circular Economy bedingt das Schliessen von Kreisläufen. Geschlossene Kreisläufe integrieren traditionelle, vorwärtsgerichtete Lieferketten mit rückführenden Lieferketten (*Reverse Supply Chains*) (Koppius et al., 2014). Geyer und Jackson (2004) haben drei Kernprozesse identifiziert, die dazu notwendig sind:

i. Akquisition

Der Akquisitionsprozess dient der Rückführung genutzter Produkte in passender Menge und Qualität zu angemessenen Kosten. Prozessschritte können das Einsammeln, Sortieren und Bewerten sowie je nachdem das Auseinandernehmen der Produkte sein.

ii. Wiederaufbereitung

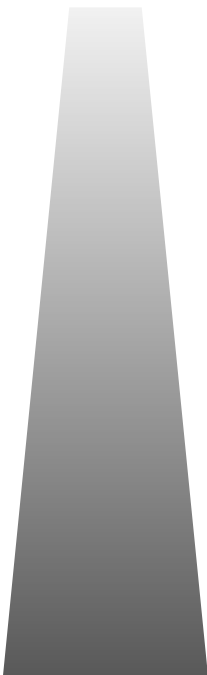
Bei der Wiederaufbereitung geht es um die Verwendung der rückgeführten Produkte. Je nach Qualität und verfügbaren Märkten lassen sich diese auf Produkt-, Komponenten- oder Materialebene wiederverwerten. Die Wiederaufbereitung respektive das Schliessen des Kreislaufs auf

Produkt- oder Komponentenebene generiert potenziell mehr Wert als das Schliessen auf Materialebene. Das Inertia-Prinzip nach Stahel (2019) besagt, dass nur Objekte, welche nicht als Produkte oder Komponenten wiederaufbereitet werden können, dem Recycling zugeführt werden sollen. Der Energieaufwand für die Wiederverwertung auf Materialebene ist höher als auf Komponenten- respektive Produktebene. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die verbreitetsten Ansätze zur Wiederaufbereitung.

iii. Integration/Wiedervermarktung

Für den Output der Wiederaufbereitung sind entsprechende Märkte zu definieren und zu bearbeiten. Refurbished oder remanufactured Produkte können beispielsweise Absatz bei Zielgruppen finden, für welche die Originalprodukte nicht erschwinglich sind. Refurbished oder remanufactured Produkte eines Marktführers mit Qualitätsgarantie stellen eine interessante Alternative zu günstigeren Angeboten von Mitbewerbern dar. Abhängig von der Marktstruktur müssen allenfalls neue Absatzkanäle erschlossen und Markenstrategien angepasst werden (Collaborative Project, n.d.).

Tabelle 1. Wiederaufbereitungsansätze. Adaptiert von Koppius et al. (2014).

Ansatz	Ebene	Beschrieb	Eignung	Energieaufwand (Inertia-Prinzip)
Reuse	Produkt	direkte Wiederverwendung ohne oder mit minimaler Modifikation	voll funktionsfähige Produkte; Retouren ohne Defekte	
Repair*	Produkt	Reparatur defekter Komponenten/ Einzelteile	Retouren mit kleineren Defekten (mit/ohne Garantie)	
Refurbishing*	Produkt	Rückbau der Produkte in Module, Überprüfung und Ersatz defekter Komponenten, Remontage zu refurbished Produkten	Retouren in mehrheitlich funktionsfähigem Zustand (nach Gebrauch), welche nicht mehr den Bedürfnissen der Nutzer entsprechen	
Remanufacturing*	Komponent	Testing, Reinigung und Nachbesserung verwendeter Komponenten, Aufbereitung auf Qualitätsniveau neuer Komponenten, Verkauf als Ersatzteile oder Verwendung in refurbished sowie neuen Produkten		
Recycling	Material	Trennung, Zerkleinerung, Reinigung, Umschmelzung oder Granulierung zu gleichen/neuen Wertstoffen	Produkte, welche ihr wirtschaftliches und/oder technisches Lebensende erreicht haben	

*Repair- und Refurbishing-Prozesse zielen darauf ab, Produkte wieder in einen zufriedenstellenden, funktionsfähigen Zustand zu bringen. Remanufacturing strebt einen neuwertigen Zustand an (Nasr, 2015).

Voraussetzung für die Umsetzung genannter Wiederaufbereitungsansätze ist ein geeignetes Produktdesign. Den Hollander et al. (2017) schlagen vor, **Circular Economy Design** sowohl nach Integrität (*Langlebigkeit*) als auch nach Recyclingfähigkeit von Produkten auszulegen. Das Ziel der Integrität ist die Vermeidung von Obsoleszenz auf Produkt- und Komponentenebene. Die Recyclingfähigkeit zielt auf die Wiederverwendbarkeit eingesetzter Materialien ab.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Designprinzipien zur Schaffung von Produktintegrität. Tabelle 3 zeigt Prinzipien zur Steigerung der Recyclingfähigkeit auf, welche vom Rückbauprozess und den verwendeten Materialien abhängt (de Aguiar et al, 2016).

Tabelle 2. Designprinzipien für Produktintegrität. Adaptiert von Bakker & den Hollander (2013).

Prinzip	Vermeidung	Produktqualität	Beispiel
Bindung & Vertrauen	emotionale Obsoleszenz	geschätzt, zuverlässig; Liebhaberobjekt	Patek Philippe Uhr
Beständigkeit	funktionale Obsoleszenz	abnutzungs- & verschleiss- resistent; widerstandsfähig	Miele Waschmaschine
Standardisierung & Kompatibilität	systembedingte Obsoleszenz	interoperabel, kompatibel mit anderen Produkten	Vitsoe Wandregale
Wartungs- & Reparaturfreundlichkeit*	funktionale Obsoleszenz	einfacher Unterhalt; guter Zugang zu (kritischen) Komponenten	Rolls Royce Flugtriebwerke
Upgradeabilität & Adaptierbarkeit*	systembedingte Obsoleszenz	ausbaufähig, modifizierbar	KitchenAid Mixer
De- & Remontagefähigkeit*	systembedingte Obsoleszenz	einfacher Aus-/Rückbau sowie Remontage einzelner Komponenten	Philips Healthcare Refurbished Systems

*Die Wartungs- & Reparaturfreundlichkeit stellt einen guten Ausgangspunkt für Wiederaufbereitungsansätze rund um "Repair" dar. Upgradeabilität & Adaptierbarkeit sowie De- & Remontagefähigkeit sind Voraussetzung für Refurbishing- und Remanufacturing-Aktivitäten.

Tabelle 3. Designprinzipien zur Steigerung der Recyclingfähigkeit. Adaptiert von de Aguiar (2016).
(Fortsetzung auf Folgeseite)

Prinzip	Vermeidung	Massnahmen
optimierte Verwendung von Befestigungselementen	Rückbauprobleme	Minimierung der Anzahl Befestigungselemente; einfache Demontage; Rückbau mit wenig Werkzeugen; Wahl von korrosionsresistenten Beschichtungen für eine problemlose Demontage
Optimierung der Rückbauprozesse	Rückbauprobleme	Anordnung von Befestigungselementen in einer Art und Weise, dass Produkte beim Rückbau nicht repositioniert werden müssen; Entwicklung eines Rückbauprozederes; Platzierung abnutzungsgefährdeter Elemente an einfach zugänglichen Stellen; Sicherstellung der Verfügbarkeit von Werkzeugen, die für den Rückbau benötigt werden; Vermeidung langer Demontagepfade
Verbesserung der Infrastrukturverfügbarkeit	Materialprobleme	Verwendung von Materialien, für welche Infrastruktur zu Wiederverwertung/Recycling (intern/extern) besteht; Einsatz von rezyklierten Materialien zur Stimulierung der Rückführung; Bevorzugung einfach rezyklierbarer Materialien; Dokumentation der verwendeten Materialien zur Steigerung der Recycling-Rate (z. Bsp. Materialpässe)
Minimierung des Trennungsaufwands	Materialprobleme	Vermeidung von Materialverbindungen; Bevorzugung von Montagen mit gleichen Materialien; Gruppierung von Teilen mit gleichen/kompatiblen Materialien in Module; Einsatz von Befestigungselementen aus gleichen/kompatiblen Materialien wie die zu befestigenden Teile

Fortsetzung Tabelle 4. Designprinzipien zur Steigerung der Recyclingfähigkeit. Adaptiert von de Aguiar (2016).

Prinzip	Vermeidung	Massnahmen
Verwendung nicht schädlicher Materialien	Materialprobleme	Vermeidung schädlicher Materialien; Bevorzugung schadloser und inerte Materialien; Unterbringung schädlicher Materialien in klar gekennzeichneten Modulen mit einer abweichenden Recycling-Destination nach Nutzungsende
Reduktion der Kontamination nach Nutzungsende	Materialprobleme	Vermeidung von Verbundstoffen; Bevorzugung von Materialien, die keine Beschichtung benötigen, alternativ Beschichtungen, die Korrosion verhindern, um die Wiederverwertbarkeit zu steigern; Vermeidung von untrennbaren Materialverbindungen (Schweissnähte, Leim, etc.); Vermeidung schwertrennbarer Kaschierungen und Lackierungen

4. Wertschöpfungsmöglichkeiten

Durch die Verbindung von traditionellen und rückführenden Lieferketten ergeben sich vier Arten der Wertschöpfung: (i) beschaffungsseitig, (ii) umwelttechnisch, (iii) kundenbezogen und (iv) informationsbasiert (Koppius et al., 2014).

i. beschaffungsseitige Wertschöpfung

Die beschaffungsseitige Wertschöpfung bezieht sich auf Kostenreduktionen und Einsparungen, welche aus oben genannte Wiederaufbereitungsansätze in geschlossenen Lieferketten entstehen. Die Nutzung rückgeführter Produkte führt zu geringeren Lieferkosten. Gleichzeitig bietet die Substituierung von neugeförderten Rohstoffen mit wiederverwertbaren Komponenten und Materialien substanzielles Potenzial für Energie- und Wassereinsparungen. Weiter lassen sich Kosten und Risiken in Bezug auf Entsorgungs- und Deponieaktivitäten senken. Gebühren und Steuern entfallen, rechtliche Konsequenzen minimieren sich (Koppius et al., 2014). Ebenfalls minimiert werden Versorgungsengpässe auf Grund geopolitischer Risiken – sowohl knapper wie auch reichlich verfügbarer Rohstoffe.

ii. umwelttechnische Wertschöpfung

Die umwelttechnische Wertschöpfung ergibt sich aus vereinfachter Compliance und einem "grünen" Image. Vorschriften und Regulatorien zur Handhabung von Entsorgungsgut haben in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Mit weiteren ist zu rechnen. Hersteller mit Rückführungs- und Wiederaufbereitungsprozessen sind dem Regulator einen Schritt voraus, was Chancen zur Mitgestaltung neuer Standards in Übereinstimmung mit eigenen Praktiken bietet. Weiter lässt sich ein zunehmendes Interesse der Bevölkerung an Umweltproblemen beobachten. Das Segment der "bewussten Konsumenten" nimmt zu. Die Berechnung, Erfassung und Kommunikation des ökologischen Fussabdrucks durch das Schliessen von Kreisläufen wird zum Wettbewerbsvorteil (Koppius et al, 2014). Zudem ermöglichen ökologische Standards den Zugang zu neuen, nachhaltigen Finanzierungsinstrumenten wie Green Bonds mit attraktiven Konditionen.

iii. kundenbezogene Wertschöpfung

Die kundenbezogene Wertschöpfung leitet sich aus einer stärkeren Kundenbindung, einer höheren Zufriedenheit und einem verbesserten Schutz von Marke und Know-How ab. Ein gut organisierter Rückführungsprozess bietet Kunden die Möglichkeit, Produkte im Garantiefall oder bei Nichtgebrauch mühelos zu retournieren. Das hat einen positiven Einfluss auf die Bereitschaft der Kunden, wieder Produkte desselben Herstellers zu kaufen. Zudem führen Wiederaufbereitungsaktivitäten wie Remanufacturing zu einer besseren Verfügbarkeit von Ersatzteilen – insbesondere von älteren Produkten oder solchen, die nur unregelmässig hergestellt werden. Das erlaubt längere Garantiefristen und Serviceverträge. Die Kundenzufriedenheit wird gestärkt. Ergänzend begünstigen rückführende Lieferketten alternative Angebote wie Leasing (mehr dazu im Kapitel 5 – Geschäftsmodelle). Dadurch lassen sich neue Zielgruppen und Märkte erschliessen. Ebenfalls anzuführen ist das Verhindern von Drittparteieingriffen in die Wertschöpfungskette. Durch eigene Prozesse zur Rückführung der Produkte verringert sich die Wahrscheinlichkeit, dass Drittparteien durch eigene, qualitativ schlechtere Aufbereitungsaktivitäten dem Markenwert schaden und an schützenswertes Know-How gelangen (Koppius et al., 2014).

iv. informationsbasierte Wertschöpfung

Die informationsbasierte Wertschöpfung entsteht aus Daten über häufige Fertigungs- und Lieferdefekte/-probleme, Ausfallraten, Nutzungsdauer, Kundenbeschwerden und Konsumentenverhalten. Dank einer rückführenden Lieferkette können die Daten vereinfacht erhoben werden. Fertigungs- und Lieferdefekte/-probleme lassen sich beispielsweise bei der Überprüfung, Sortierung oder Demontage erfassen. Kundenbeschwerden können bei Produktrückgabe mittels einer einfachen Umfrage abgeholt werden. Mit diesen Informationen steht ein wertvolles Instrument zur Optimierung von Produktdesigns, Fertigungsprozessen und Lieferketten zur Verfügung (Koppius et al., 2014).

Die beschaffungsseitige Wertschöpfung macht sich direkt in den Einkaufs- und Betriebszahlen bemerkbar, wodurch sie sich gut messen lässt. Die Erfassung des Mehrerlöses durch ein "grünes" Image (umwelttechnische Wertschöpfung) sowie verbesserter Produktdesigns (informationsbasierte Wertschöpfung) bedingt klare Messgrössen und geeignete IT-Informationssysteme. Um den kundenbezogenen Wert abzuschöpfen, sind innovative Geschäftsmodelle gefragt.

5. Geschäftsmodelle

Im Zusammenhang mit Sustainable Development und Circular Economy taucht der Begriff **kollaborativer Konsum** (*Collaborative Consumption*) auf. Es handelt sich um ein sozio-ökonomisches Konzept, das auf Teilen (*Sharing*), Mieten, Schenken, Tauschen, Leihen und Verleihen beruht. Begünstigt wird kollaborativer Konsum durch Community-Interaktionen und den vermehrten Einsatz von Netzwerktechnologien. Diese alternative und nachhaltige Art von Konsum birgt Potenzial, Neukäufe von Produkten zu reduzieren, die Nutzung von Gebrauchsgütern zu intensivieren und die Wiederverwendung nicht mehr gewollter Objekte zu fördern

(Piscicelli et al., 2014). Das mag für Unternehmen mit einem Geschäftsmodell, bei dem der Verkauf von Produkten im Zentrum steht, wenig interessant oder gar existenziell bedrohlich wirken. In einigen Industrien hat dieser Trend jedoch bereits zur Disruption traditioneller Geschäftsmodelle geführt.

Neue, innovative Geschäftsmodelle machen sich **Produkt-Service-Systeme (PSS)** zu Nutze, um Kundenbedürfnisse mittels eines integrierten Systems aus Produkten und Services zu befriedigen. Die Verschiebung weg von Produktverkäufen hin zu PSS verändert Kundenbeziehungen. PSS lassen sich auf einem Spektrum zwischen "Nutzen hauptsächlich durch Produkt generiert" mit einem hohen Produktanteil und "Nutzen hauptsächlich durch Service generiert" mit einem substantiellen Serviceanteil einordnen und umfassen drei Kategorien: (i) produktorientiert, (ii) nutzungsorientiert und (iii) ergebnisorientiert (Tukker, 2004). Nachfolgende Grafik gibt eine Übersicht:

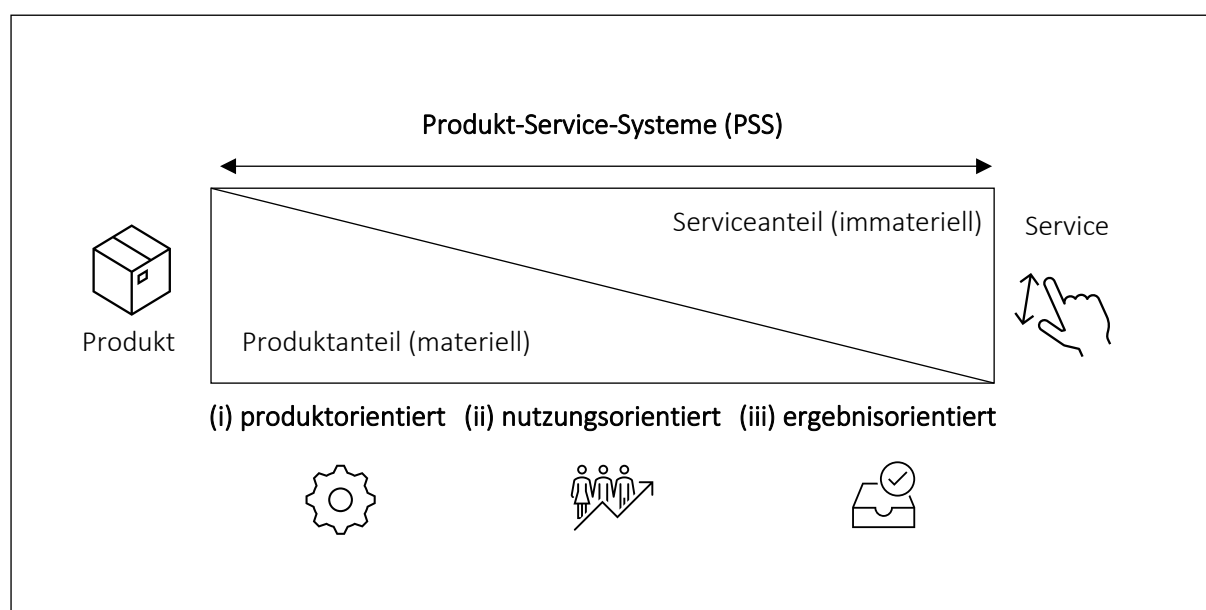


Abbildung 1. Spektrum Produkt-Service-Systeme (PSS). Adaptiert von Tukker (2004).

i. produktorientierte PSS

In produktorientierten PSS richtet sich das Geschäftsmodell nach wie vor hauptsächlich nach dem Verkauf von Produkten. Den Kunden werden aber zusätzliche Services angeboten. Beispiele sind Unterhaltsarbeiten, Finanzierungspläne, die Belieferung mit Verbrauchsmaterial und Rücknahmevereinbarungen. Weitere ergänzende Leistungen können Beratungen rund um den effektiven und effizienten Einsatz der Produkte sein, beispielsweise Empfehlungen zur Logistikoptimierung in Fabriken, in denen die verkauften Produkte zum Einsatz kommen (Tukker, 2004).

ii. nutzungsorientierte PSS

Nutzungsorientierte Geschäftsmodelle drehen sich zwar immer noch um ein zentrales Produkt, dieses bleibt jedoch im Eigentum des Anbieters. Kunden wird ein Nutzungsrecht gegen eine regelmässig zu entrichtende Gebühr eingeräumt. Unterhalt, Reparatur und Kontrolle liegen in

der Verantwortung des Anbieters. Zu dieser Kategorie zählen Leasing-, Miet- und Poolingangebote. Beim Leasing hat der Kunde normalerweise uneingeschränkten, individuellen Zugang zum Produkt, wie beispielsweise beim Leasing von Fertigungsanlagen. Bei der Vermietung hingegen stellt der Anbieter dasselbe Produkt mehreren Kunden sequenziell für eine bestimmte Zeitdauer zur Nutzung bereit. Das Produktpooling geht einen Schritt weiter und bietet mehreren Nutzern gleichzeitig Zugang, so wie das beim Car-Pooling der Fall ist (Tukker, 2004).

iii. ergebnisorientierte PSS

Bei den ergebnisorientierten PSS einigen sich Anbieter und Kunde auf ein bestimmtes Ergebnis. Es ist kein vorbestimmtes Produkt involviert. Dazu gehören unter anderem Pay-per-Use-Modelle, welche Leistungen nach Nutzung verrechnen, anstatt Produkte zu verkaufen, welche die Leistungen erzeugen (Tukker, 2004). Zum Beispiel: Anzahl gedruckter Seiten vs. Drucker, Anzahl gebrühter Kaffees vs. Kaffeemaschine, Menge der verbrauchten Druckluft vs. Druckluftsystem, Grösse der genutzten Speicherkapazität vs. Server, etc. Dem Anbieter steht es dabei frei zu entscheiden, welche Produkte die vereinbarten Leistungen erbringen. Up- und Downgradings sind jederzeit möglich. Der Angebotsumfang umschliesst sämtliche Aktivitäten wie Unterhalt, Reparatur, Ersatz und Bereitstellung von Verbrauchsmaterial, welche zur Leistungserbringung notwendig sind. Ebenfalls kann das Angebot Energie-, Wasser- und weitere Inputressourcen für den Betrieb beinhalten. Alternativ kann auch ein etwas abstrakteres Konzept verkauft werden wie beispielsweise ein "gutes Raumklima" vs. Heiz-/Kühlelemente oder Belüftungsanlagen (Tukker, 2004).

Je weiter weg sich ein Angebot von einem traditionellen Produkt befinden und je abstrakter das Kundenbedürfnis formuliert ist, desto grösser präsentiert sich der Freiraum des Anbieters zur Erfüllung des Bedürfnisses. Demgegenüber steht die Herausforderung, die abstrakte Nachfrage in aussagekräftige Indikatoren zu übersetzen und Erwartungen abzugleichen (Tukker, 2004).

PSS-basierte Geschäftsmodelle sind nicht per se nachhaltig oder kreislauffördernd, weisen aber Potenzial auf, diesbezüglich eine Vorreiterrolle einzunehmen. PSS-basierte Geschäftsmodelle implizieren neue Arten von Beziehungen und Partnerschaften sowie neue Konvergenzen wirtschaftlicher Interessen, womit eine systematische Optimierung von Ressourcen einhergeht (CIR.IS, n.d.). Stammt ein Grossteil des Umsatzes aus Serviceverträgen zu verkauften, verleaseten oder vermieteten Produkten steigt der Anreiz, diese Produkte möglichst lange funktionsfähig zu halten. Die im Kapitel 3 erwähnten Wiederaufbereitungsansätze Reuse, Repair, Refurbishing und Remanufacturing erweisen sich diesbezüglich als ökonomisch sinnvoll. Langlebige Produkte werden zum Wettbewerbsvorteil. Pay-per-Use und abstraktere Services incentivieren zudem die Entwicklung energiesparender und verbrauchsarmer Produkte, da diese Kosten oftmals vom Anbieter übernommen werden und eine Verbesserung sich dementsprechend in der Gewinnmarge niederschlägt. Die wenigen, verfügbaren Forschungsergebnisse in diesem Bereich weisen aber auch auf das Risiko eines sogenannten Rebound-Effekts hin. Umwelttechnische Rebound-Effekte entstehen, wenn die ursprünglichen, ökologischen Vorteile teils oder ganz durch verändertes Verhalten wieder aufgehoben werden. Wird der allenfalls zusätzlich erzielte Umsatz auf Anbieterseite respektive das freigewordene Kapital auf Kundenseite direkt wiedereingesetzt, spricht man von einem Wiederausgabeeffekt. Weiter können Circular Economy Ansätze zu einer imperfekten Substitution führen, was die Nachfrage und das Angebot nach neuen Produkten nicht 1:1 ersetzt. Dadurch steigt die Produktionsrate

insgesamt an. Zusätzlich können energieintensive Services – wie beispielsweise Cloud Computing für das Zurverfügungstellen einer Pooling-Plattform – die Umwelt negativ belasten. Quantitative Schätzungen, was das Ausmass der Rebound-Effekte betrifft, liegen bisher keine vor. Rebound-Effekte lassen sich durch das Internalisieren ökologischer Externalitäten in den Preis (Bsp. CO2-Steuer) oder das Fördern von Verhaltensänderungen (Bsp. Verbesserung des Images wiederaufbereiteter Produkte) mitigieren (Makov & Font Vivanco, 2018).

Zur Modellierung von Circular Economy Geschäftsmodellen haben sich die Tools in Tabelle 4 etabliert. Je ein Screenshot befindet sich im Anhang.

Tabelle 5. Tools zur Modellierung von Circular Economy Geschäftsmodellen.

Tool	Beschrieb	Schwerpunkte	Autoren & Quelle
Circular Business Model Board	basierend auf dem Business Model Canvas von Osterwalder et al. (2013)	... in Abweichung zum Originalcanvas: Inputressourcen, Funktion im Kontext von Circular Economy, Nutzungsende, gesellschaftliche Auswirkungen	circular.academy (2016) www.circular.academy
Circular Business Model Canvas	basierend auf dem Business Model Canvas von Osterwalder et al. (2013)	Transformation der linearen Wertschöpfungskette in eine zirkuläre; Erweiterung der Wertschöpfung um Werterhalt; Circular Value Proposition	BOOM!Innovation (n.d.) www.circulairebusiness-modellen.com
Value Mapping for Sustainable Business	Kreisdesign; Abbildung von Wert/Wertschöpfung; ganzheitliche Stakeholderperspektive	Wert: generiert, verpasst/verschwendet, neue Möglichkeiten zur Wertschöpfung; Stakeholder: Kunden, Netzwerk, Gesellschaft, Umwelt	Bocken et al. (2013) www.nancybocken.com
Value Hill	trianguläres Design; Abbildung des Produktlebenszyklus mit drei Phasen; Modellierung Wertentwicklung	Phasen: Uphill (vor Nutzung; Circular Design), Tophill (Nutzungsoptimierung), Downhill (nach Nutzung; Wiederaufbereitung)	Achterberg et al. (2016) www.hetgroenebrein.nl

Die Umstellung auf ein PSS-orientiertes Geschäftsmodell bringt strukturelle **Veränderungen der Finanzen** mit sich. Die Verschiebung weg von Einnahmen aus Einmalverkäufen hin zu regelmässigen Zahlungen – verteilt über die Nutzungsdauer eines Produkts – verändert den Cashflow und dessen Timing. Aufwand und Kreditrisiken nehmen debitorseits zu. Im Gegenzug steigen Planbarkeit und Stabilität des Umsatzes (ausgenommen Pay-Per-Use-Modelle). Die zur Verfügung gestellten Produkte sind als Anlagevermögen des Anbieters zu bilanzieren und müssen entsprechend vorfinanziert werden. Die Amortisationsdauer markiert eine wichtige Kennzahl (ING, 2015). Die entsprechenden Abschreibungsaufwände fließen in die Erfolgsrechnung ein. Weiter ist mit einem erhöhten Bedarf an Umlaufvermögen zu rechnen. Ebenfalls betroffen von allfälligen Veränderungen sind Lagerbestände, Markenwerte und Verschiebungen zwischen CAPEX und OPEX (Edgerton, 2019). Es lässt sich ableiten, dass eine Umstellung auf ein PSS-orientiertes Geschäftsmodell einen hohen Kapitalbedarf mit sich bringt und ausreichend Liquiditätsreserven voraussetzt. Es empfiehlt sich eine längerfristige, schrittweise Umstellung.

6. Digitalisierung & Circular Economy

Digitalisierung und die damit verbundenen Technologien können als Enabler für Circular Economy wirken. Im Optimalfall profitieren Circular Economy Prozesse, Wiederaufbereitungsaktivitäten, Produktdesigns und PSS-orientierte Geschäftsmodelle von digitalen Entwicklungen. Bestimmte Aktivitäten werden durch digitale Technologien sogar überhaupt erst möglich oder wirtschaftlich sinnvoll. Die vorhandene Literatur ist zum aktuellen Zeitpunkt jedoch recht überschaubar. Rosa et al. (2019) haben einen Literaturvergleich gemacht und in erster Linie Additive Manufacturing, Cyber-Physical-Systems/Digital Twin, Internet of Things (IoT) und Big Data Analytics als Enabler-Technologien für Circular Economy hervorgehoben. Tabelle 5 listet einige Anwendungsfälle zu Illustrationszwecken auf (nicht abschliessend). Auf Anwendungsfälle zu Big Data Analytics wird verzichtet, ausreichend Literatur zu Optimierungsbeispielen (*Industrie 4.0*) ist vorhanden.

In Anlehnung an die Circular Economy Design Prinzipien (Kapitel 3, Tabelle 2) ist an dieser Stelle aber auch auf das Spannungsfeld zwischen dem schnellen, technologischen Fortschritt und der angestrebten Langlebigkeit der Produkte – insbesondere im Hinblick auf die Kompatibilität und Upgradeabilität – hinzuweisen.

Definitionen

Additive Manufacturing (AM): aufbauende, schichtweise Fertigung von Teilen; 3D-Druck

Digital Twin: digitale Repräsentanz eines Objekts, Prozesses oder Systems aus der realen Welt

Internet of Things (IoT): Vernetzung von Gegenständen; untereinander und mit dem Internet

Tabelle 6. Digitalisierung & Circular Economy. Adaptiert von Rosa et al. (2019), Antikainen et al. (2018), Bressanelli et al. (2018) und Sauerwein et al. (2017). (Fortsetzung auf Folgeseite)

Enabler-Technologie	Circular Economy Aspekt (Kapitel im Whitepaper)	Anwendungsfall
Additive Manufacturing (AM)	Repair, Refurbishing & Remanufacturing (3)	AM ermöglicht eine dezentrale (on-site) Herstellung von Ersatzteilen, was zusätzliche Wiederaufbereitungsmöglichkeiten für Produkte bietet.
Additive Manufacturing (AM)	Bindung & Vertrauen (3)	AM eignet sich zur Individualisierung/ Personalisierung von Produkten, wodurch eine emotionale Obsoleszenz vermieden oder herausgezögert werden kann.
Digital Twin	Repair, Refurbishing & Remanufacturing (3)	Einerseits erlauben Digital Twin Modelle effiziente Reparatur-, Refurbishing- und Remanufacturing-Arbeiten. Andererseits lassen sich an einem Digital Twin verschiedenste Nutzungsvarianten simulieren, was eine Einschätzung zu Reparaturen und Lebensdauer erlaubt.
Digital Twin	Recycling (3)	Durch die in einem Digital Twin Modell erfassten Materialdaten wird ein reibungsloses und sicheres Recycling ermöglicht.
Internet of Things (IoT)	Repair, Refurbishing & Remanufacturing (3)	Mittels Sensortechnologien wie RFID können (Ersatz)Teile getrackt und besser verfügbar gemacht werden, was Repair-, Refurbishing- und Remanufacturing-Aktivitäten stärkt.
Internet of Things (IoT)	Recycling (3)	IoT ermöglicht das Tracking von Materialien, vereinfacht das Einsammeln von Produkten nach Nutzungsende und unterstützt den Recycling-Prozess.
Internet of Things (IoT)	Upgradeabilität & Adaptierbarkeit (3)	IoT-Lösungen erlauben Upgradings oder Anpassungen via Software, wodurch einer funktionalen Obsoleszenz entgegengewirkt werden kann.

Fortsetzung Tabelle 7. Digitalisierung & Circular Economy. Adaptiert von Rosa et al. (2019), Antikainen et al. (2018), Bressanelli et al. (2018) und Sauerwein et al. (2017).

Enabler-Technologie	Circular Economy Aspekt (Kapitel im Whitepaper)	Anwendungsfall
Internet of Things (IoT)	informationsbasierte Wertschöpfung (4)	Basierend auf Daten, welche von IoT-Systemen generiert werden, lassen sich Nutzerverhalten analysieren, Fertigungs- und Lieferdefekte/-probleme messen und Produkte im Sinne der Wiederaufbereitung optimieren.
Internet of Things (IoT)	PSS (5)	In PSS-basierten Geschäftsmodellen hängt der Umsatz stark von zuverlässigen Produkten ab. Gerade bei Pay-Per-Use-Modellen fällt der Umsatz komplett weg, wenn Produkte ausfallen. IoT erlaubt ein Monitoring von Status/Zustand und eröffnet Möglichkeiten rund um Predictive Maintenance.
Internet of Things (IoT)	Produkt-Pooling (5)	Dank IoT werden Informationen zur Verfügbarkeit von Produkten generiert. Das begünstigt Geschäftsmodelle mit Pooling-Angeboten, welche beispielsweise via einer digitalen Plattform oder eines online Marktplatzes zugänglich gemacht werden können.

7. Ecosystems & Circular Economy

Ein Business Ecosystem setzt sich aus einer Gruppe von Unternehmen zusammen, die gemeinsam durch die Kombination von Fähigkeiten und Ressourcen einen Mehrwert generieren, welchen kein Unternehmen allein kreieren kann (Eisenhardt & Galunic, 2000). Für die einzelnen Unternehmen entsteht Nutzen, wenn es ihnen durch das Ecosystem gelingt, Produkte, Services oder Produkt-Service-Systeme (PSS) zu kommerzialisieren, die sie allein nicht auf den Markt bringen könnten – oder nicht im selben Umfang (Lin et al., 2010). Im Kontext von Circular Economy zeichnet sich eine Tendenz hin zu zwei unterschiedlichen Ecosystemarten ab:

- (1) Ecosystems, die sich rund um Wiederaufbereitungsaktivitäten formieren
- (2) Ecosystems, die sich zur Erbringung nutzungs-/ergebnisorientierter PSS bilden

Um Kreisläufe erfolgreich schliessen zu können, ist eine Produktrückführung in wirtschaftlich sinnvoller Menge, in passender Qualität und zu tragbaren Kosten notwendig (vgl. Kapitel 3). Diese Bedingungen führen dazu, dass Unternehmen vermehrt auf organisationsübergreifende Kollaboration setzten. In Bezug auf Wiederaufbereitungsaktivitäten lassen sich drei Ecosystemstrukturen identifizieren, welche in Tabelle 6 dargestellt werden. Kollaborationen können sich auf die Produktrückführung, die Wiederaufbereitungsaktivitäten oder eine Kombination davon beziehen.

Tabelle 8. Ecosystemstrukturen rund um Wiederaufbereitungsaktivitäten. Adaptiert von Karvonen et al. (2013). (Fortsetzung auf Folgeseite)

Ecosystemstruktur	Beschrieb	Vorteile	Nachteile
herstellerezentriert	Ecosystem orchestriert durch Produkthersteller; beinhaltet ggf. unter Vertrag genommene Wiederaufbereitungsunternehmen sowie weitere Partner entlang der Wertschöpfungskette (oftmals solche, welche bereits zur Fertigung neuer Produkte beitragen)	Kontrolle über Marke, Reputation & Qualität; direkte Kundenbeziehungen	aufwändig; ressourcen- & know-how-intensiv; mengenabhängig; Risikokonzentration beim Hersteller

Fortsetzung Tabelle 9. Ecosystemstrukturen rund um Wiederaufbereitungsaktivitäten. Adaptiert von Karvonen et al. (2013).

Ecosystemstruktur	Beschrieb	Vorteile	Nachteile
industriespezifisch	orchestriert durch ein unter Vertrag genommenes Wiederaufbereitungsunternehmen oder eine unabhängige Partei; gemeinsame Rückführungsprozesse & Wiederaufbereitungsaktivitäten mehrere Hersteller mit gleichen/ähnlichen Produkten	Mengenvorteil; geteilte Ressourcen; Zugang zu Know-How; Risikosplitting	Marken-, Reputations- & Qualitätsrisiken
standortbasiert	Wiederaufbereitungsparks für eine breite Bandbreite an Produkten; Ecosystem hauptsächlich bestehend aus unabhängigen Parteien; unterhalten durch einen oder mehrere Betreiber; allenfalls Verträge/Verbindungen mit Herstellern vorhanden	Spezialisierung auf bestimmte Schritte des Wiederaufbereitungsprozesses mit Kostenvorteil; Innovationspotenzial	Herausforderungen in der Rückführung; mengenabhängig; Schwierigkeit in der Ausbalancierung von Angebot & Nachfrage

Nutzungs- und ergebnisorientierte PSS umfassen ein breites Spektrum an Leistungen (vgl. Kapitel 5). Kaum ein Unternehmen ist in der Lage, diese Leistungen alle selbst zu erbringen. Service-Partner, Lieferanten, Kunden und weitere Anbieter müssen miteinbezogen werden, um ein solches Geschäftsmodell erfolgreich umzusetzen. Die Einbettung in ein abgestimmtes Ecosystem stellt somit einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil dar. Parida et al. (2019) führen folgende Punkte als Erfolgsfaktoren für ein PSS-Ecosystem an:

- Standardisierung; Formulierung industriespezifischer (offizieller) und/oder ecosystembezogener (informeller) Anforderungen; ggf. Zertifizierungen durch den Ecosystemorchestrator
- unterstützende Funktion des Ecosystemorchestrators sowohl knowhow-technisch wie auch finanziell
- Offenheit zu Informationsaustausch und geistigem Eigentum
- enge Involvierung der Ecosystempartner bei der Entwicklung von Lösungen; klare Regeln
- faire und nachhaltige Aufteilung von Risiko und Erfolg

8. Chancen & Herausforderungen

Die Chancen und Herausforderungen rund um Circular Economy sind vielseitig. Langfristig ist Circular Economy getrieben von der Notwendigkeit, Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch zu entkoppeln. Einerseits soll damit ein Beitrag zum Klimaschutz und zum Erhalt der Biosphäre geleistet werden. Andererseits stellt Circular Economy sicher, dass auch künftige Generationen in der Lage sein werden, ihre Bedürfnisse zu befriedigen. Gleichzeitig eröffnet Circular Economy der Wirtschaft neue Geschäftsmöglichkeiten. Treiber kurz- bis mittelfristig sind nebst veränderten Kundenbedürfnissen, welche sich vermehrt nach nachhaltigen Angeboten ausrichten, regulatorische Vorstöße wie der European Green Deal und geopolitische Spannungen, die die Verfügbarkeit neu geförderter Ressourcen gefährden könnten. Lacy & Rutqvist (2015) schätzen die **Wertschöpfung** weltweit durch eine Umstellung auf Circular Economy bis 2030 auf **4.5 Billionen US-Dollar**, wovon 2.3 Billionen auf eine optimierte Ressourcen- und Kapazitätsnutzung (z. Bsp. durch Design, Produkt-Pooling) und 2.2 Billionen auf Wiederaufbereitungsaktivitäten (z. Bsp. Remanufacturing, Recycling) entfallen.

Herausforderungen auf Unternehmensseite finden sich in der technischen Umsetzung, in betrieblichen Prozessen, dem Mindset und der Finanzierung. Je nach Produkt erweist sich Circular Economy Design als anspruchsvoll. Weiter sind die erwähnten Kernprozesse für die Realisierung von Circular Economy zentral. Abhängig von bestehender Infrastruktur und dem Kooperationswille involvierter Parteien gestaltet sich das Aufgleisen dieser Prozesse mehr oder minder komplex. Ergänzend ist für Verständnis und Unterstützung in allen Unternehmensbereichen, insbesondere aber im Vertrieb, zu sorgen. Eine Vertriebsorganisation, welche nicht hinter einem Circular Economy Geschäftsmodell steht, gefährdet unter Umständen nicht nur die Implementierung, sondern das ganze Unternehmen. Weiter ist die Umstellung auf ein Circular Economy Geschäftsmodells im Sinne eines PSS kapital- und liquiditätsmässig herausfordernd und dementsprechend sorgfältig zu planen.

Externe Herausforderungen ergeben sich in der Kundenwahrnehmung und in Handelsbeschränkungen. Bei bestimmten Zielgruppen muss das Image wiederaufbereiteter Produkte durch Qualität und Vertrauensbildung verbessert werden. Operativ stellen Handelsbeschränkungen, welche die Rückführung von Produkten über Landesgrenzen erschweren und den internationalen Vertrieb von wiederaufbereiteten Produkten einschränken, eine Hürde dar. Mit Blick auf die aktuellen Entwicklungen in der Europäischen Union und dem kürzlich veröffentlichten Circular Economy Action Plan dürfte diesbezüglich jedoch künftig mit einer Vereinfachung gerechnet werden. Und auch das Image wiederaufbereiteter Produkte könnte von diesen politischen Initiativen profitieren.

9. Konklusion & Ausblick

Das etablierte Modell der linearen Wertschöpfung stösst in absehbarer Zeit an seine Grenzen. Neue, innovative Alternativen sind gefragt. Circular Economy stellt einen Ansatz dar, der gleichzeitig Mensch, Umwelt und Wirtschaft zugutekommen kann.

Eine Umstellung auf Circular Economy ist tiefgreifend und fordert sämtliche Akteure des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens. Erfahrungswerte müssen gesammelt, Spannungsfelder ausgelotet und Ansätze adaptiert werden. Es braucht neue Wertedefinitionen, veränderte Verhaltensweisen und einen langen Atem. Nur als Kollektiv kann die Transformation unserer Welt gelingen. Ein guter Startzeitpunkt ist jetzt.

Weiterführende Literatur (Empfehlungen)

- Koppius, O., Özdemir-Akyildirim, Ö., & van der Laan, E. (2014). Business value from closed-loop supply chains. *International Journal of Supply Chain Management*, (3)4, 107-120.
- Stahel, R. W. (2019). *The circular economy: a user's guide*. New York, NY: Routledge.
- Tukker, A. (2004). Eight types of product-service systems: eight ways to sustainability? Experiences from Suspronet. *Business Strategy and the Environment*, 13, 246-260.

Quellen

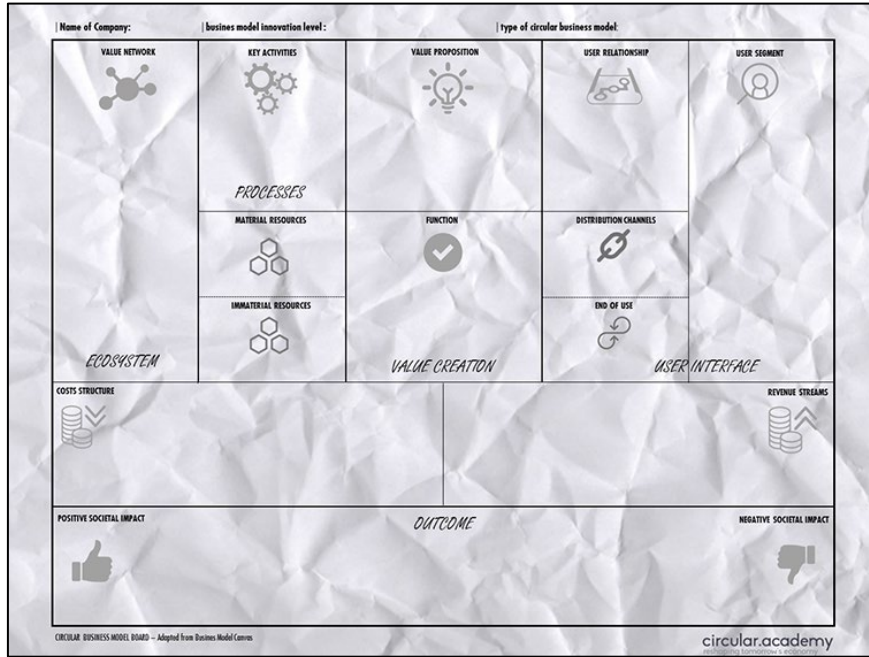
- Achterberg, E., Hinfelaar, J., & Bocken, N. (2016). *Master circular business with the value hill*. Amsterdam: Circle Economy.
- Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (2018). *Digitalisation as an enabler of circular economy*. *Procedia CIRP* 73(2018). 45-49.

- Bakker, C., & den Hollander, M. (2013). *Six design strategies for longer lasting products in circular economy*. Retrieved on 2 May 2020 from <https://www.theguardian.com/sustainable-business/six-design-strategies-longer-lasting-products>
- Bocken, N. M. P., Rana, S. S., & Evans, S. (2013). A value mapping tool for sustainable business modeling. *Corporate Governance International Journal of Business in Society* 13(5), 482-497.
- BOOM!Innovaticeon. (n.d.). *Circular Business Model Canvas*. Retrieved on 7 September 2020 from <https://circulairebusinessmodellen.com/circulair-business-model-canvas/>
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Saccani, N. (2018). *Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies*. *Sustainability*, 10(2018), 1-21.
- circular.academy. (n.d.) *Circular business model board*. Retrieved on 4 May 2020 from https://www.circular.academy/portfolio_page/circular-business-model-board/
- CIR.IS – Interdepartmental Research Centre Innovation for the Environmental Sustainability. *Product-service-systems and sustainability*. Mailand: Politecnico di Milano University
- Collaborative Project. (n.d.). *Remanufactured & refurbished parts: busting myths surrounding their Impact on new wales* (Publication). Cowes: Ellen MacArthur Foundation.
- de Aguiar, J., de Oliveira, L., Oliveira da Silva, J., Bond, D., Kovacs Scalice, R., & Becker, D. (2016). A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. *Journal of Cleaner Production*, 141(2017), 219-229.
- den Hollander, M. C., Bakker, C. A., & Hultnik, E. J. (2017). Product design in a circular economy: development of a typology of key concepts and terms. *Journal of Industrial Ecology* (21)3, 517-525.
- Edgerton, B. (2019). *Making the circular economy business case to your CFO*. Retrieved on 7 May 2020 from <https://www.wbcsd.org/Overview/Panorama/Articles/Making-the-circular-economy-business-case-to-your-CFO>
- Eisenhardt, K. & Galunic, D. C. (2000). Coevolving: at last a way to make synergies work. *Harvard Business Review*, 78, 91–101.
- Ellen MacArthur Foundation. (2011). *What is circular economy?* Retrieved on 28 April 2020 from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
- EU – Europäische Union. (2009). *Richtlinie 2009/125/eg des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte* (Publikation Amtsblatt). Brüssel: Europäische Union.
- European Commission. (2019). *The European green deal* (Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions). Brussels: European Commission.
- Geyer, R., & Jackson, T. (2004). Supply loops and their constraints: the industrial ecology of recycling and reuse. *California Management Review*, 46(2), 55-73.
- ING. (2015). *Rethinking finance in a circular economy*. Amsterdam: ING Economics Department.
- Karvonen, I., Jansson, K., & Uoti, M. (2013). Promoting remanufacturing through collaboration. *PROVE*, (Sep 2013), 599-608.
- Koppius, O., Özdemir-Akyildirim, Ö., & van der Laan, E. (2014). Business value from closed-loop supply chains. *International Journal of Supply Chain Management*, (3)4, 107-120.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). *Waste to wealth*. London: Saffron House.
- Lin, Y., Wang, Y., & Yu, C. (2010). Investigating the drivers of the innovation channel integration and supply chain performance: a strategy-oriented perspective. *International Journal of Production Economics*, 127, 320–332.
- Makov, T., & Font Vivanco, D. (2018). Does the circular economy grow the pie? The case of rebound effects from smartphone reuse. *Frontiers in Energy Research*, 6(39), 1-11.
- Nasr, N. (2015). *CircularX 2015 4.1 manufacturing and repair and refurbishment* (Video). Retrieved on 2 May 2020 from <https://www.youtube.com/watch?v=wZLXmPzT4j4&feature=youtu.be>
- Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves. (2013). *Business model generation*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Parida, V., Burström, T., Visnjic I., & Wincent, J. (2019). Orchestrating industrial ecosystem in circular economy: a two-stage transformation model for large manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 101(2019), 715-725.
- Piscicelli, L., Cooper, T., & Fisher, T. (2014). The role of values in collaborative consumption: insights from a product-service system for lending and borrowing in the UK. *Journal of Cleaner Production xxx*(2014), 1-9.
- Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., & Terzi, S. (2019). Assessing relations between circular economy and industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 2019, 1-26.
- Sauerwein, M., Bakker, C.A., & Balkenende, A.R. (2017). Additive manufacturing for circular product design: a literature review from a design perspective. *PLATE* (2017), 358-364.
- Stahel, R. W. (2019). *The circular economy: a user's guide*. New York, NY: Routledge.
- Tukker, A. (2004). Eight types of product-service systems: eight ways to sustainability? Experiences from Suspronet. *Business Strategy and the Environment*, 13, 246-260.

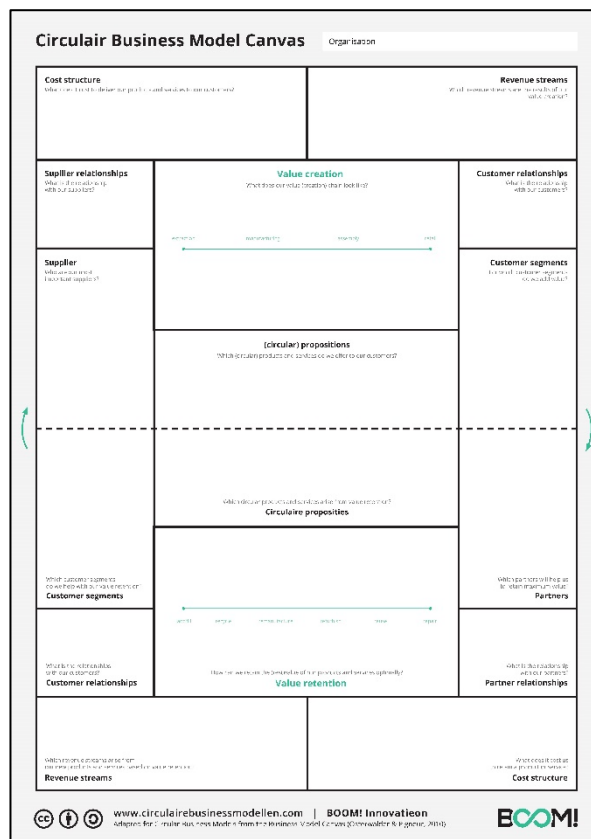
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development* (Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015). New York, NY: United Nations.
- WEF – World Economic Forum. (2020). *From linear to circular – accelerating a proven concept*. Retrieved on 29 April 2020 from <https://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains/from-linear-to-circular-accelerating-a-proven-concept/#view/fn-11>
- WEF – World Economic Forum. (n.d.). *The global risks report*. Geneva: WEF.

Anhang: Circular Economy Design Tools

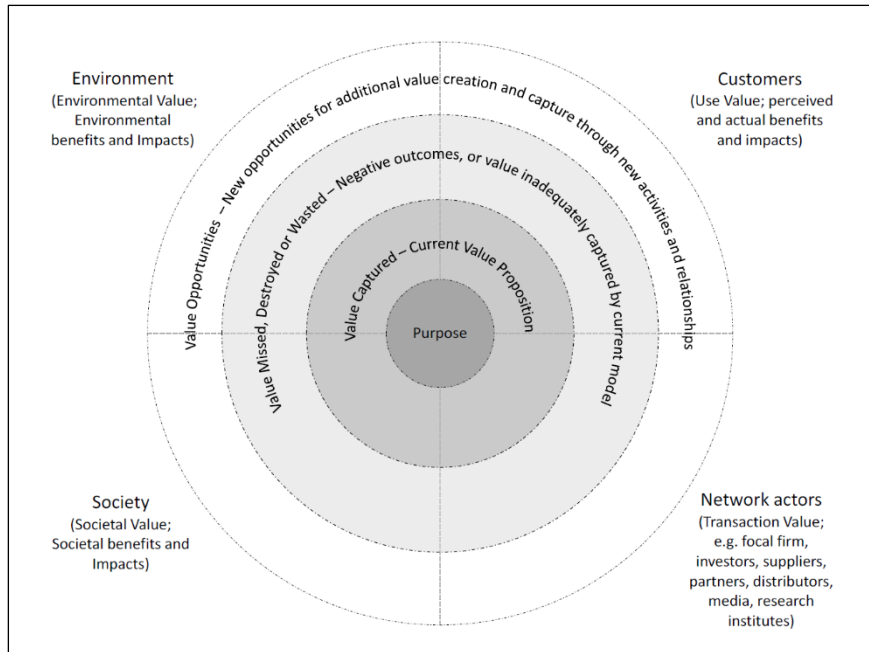
Circular Business Model Board (circular.academy, n.d.)



Circular Economy Business Model Canvas (BOOM!Innovation, n.d.)



Value Mapping for Sustainable Business (Bocken et al., 2013)



Value Hill (Achterberg et al., 2016)

