

Umwelt und Nachhaltigkeit



VDMA-Leitfaden zu zirkulären Geschäftsmodellen



VDMA-Leitfaden zu zirkulären Geschäftsmodellen

Juni 2023



Inhalt

1	Einführung	5
2	Schnelleinstieg in den Leitfaden	6
2.1	Circular Economy	6
2.2	Potenziale für den Maschinen- und Anlagenbau	6
2.3	Wie die Transformation gelingt	6
3	Circular Economy im Maschinenbau– ein Überblick	8
3.1	Circular Economy – ein Überblick	8
3.1.1	Begriff der Circular Economy	8
3.1.2	Treiber der Circular Economy	9
3.1.3	Strategien der Circular Economy	11
3.2	Bedeutung und Potentiale der Circular Economy in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus	11
3.2.1	Welche Potentiale stecken im Maschinen- und Anlagenbau?	11
3.2.2	Fahrplan für die Circular Economy	12
3.2.3	Was ein Unternehmen der Circular Economy ausmacht	13
3.2.4	Potenzielle Handlungsfelder	14
3.2.5	Materialflüsse untersuchen, Ineffizienzen erkennen	16
3.2.6	Wie Unternehmen aktiv werden können	16
3.2.7	Regulatorische Anforderungen	18
4	Strategien und Geschäftsmodelle des Maschinenbaus in der Circular Economy	21
5	Circular Economy 4.0 – wie Digitalisierung die Circular Economy im Maschinenbau unterstützen kann	31
5.1	Digitalisierung für die Circular Economy – Wie Digitalisierung Circular Economy ermöglicht	31
5.2	Informationen in Wertschöpfungsnetzen und Datenräumen teilen	31
5.3	Der Produktpass als Ermöglicher der Smart Circular Economy	32
5.4	Smart Circular Economy und ihre Anwendungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau	34
6	Literaturverzeichnis	39
7	Abbildungsverzeichnis	41

Einführung

Ziel dieses Leitfadens ist es, einen Einstieg in das Thema der Circular Economy zu bieten. Er richtet sich besonders an Unternehmer:innen und Entscheider:innen, die bisher wenig Berührung mit dem Thema hatten und einen Überblick sowie erste Ansatzpunkte zur Umsetzung gewinnen möchten.

Circular Economy verbindet in vielerlei Hinsicht die nachhaltige Unternehmensführung in den Bereichen Wirtschaft und Ökologie. Mit ihren Zielen der Lebensdauerverlängerung für Produkte und Materialien schafft sie neue Geschäftsmodelle, steigert die Versorgungssicherheit, reduziert den Ressourcen- und Energieverbrauch und schont damit die Umwelt. Sie erfordert dabei auch ein Umdenken, da bei der derzeitigen Wirtschaftsweise die Material- und Produktkreisläufe nicht unternehmens- und wertschöpfungskettenübergreifend gedacht werden. Auch Prinzipien wie Reparatur- und Recyclingfreundlichkeit, Geschäftsmodelle wie „As-a-Service-Angebote“, Strategien wie Refurbishment und Remanufacturing sowie der Umgang mit digitalen Instrumenten zur Ermöglichung von Circular Economy müssen erst durchdrungen und umgesetzt werden.

Viele dieser Facetten der Circular Economy sind dem Maschinen- und Anlagenbau dabei durchaus vertraut. Die Möglichkeit zur Wartung und Reparatur ist für die meisten Maschinen bereits üblich. Das Ziel, Materialien nach Ende des Produktlebenszyklus wieder zu nutzen, ist für viele Metalle durch Recycling lange etabliert. Um dabei die erneute Nutzung von Materialien zu erleichtern, könnte über Eigentum an Produkten neu nachgedacht werden: Wenn man das Material wieder benötigt, möchte man das Eigentum daran lieber behalten?

Umdenken für die Circular Economy bedeutet nicht notwendig, das ganze Unternehmen umzustellen. Prozesse und Produkte müssen aber auf den Prüfstand gestellt werden. Wo bestehen Chancen, durch Circular Economy ressourcen- und energieeffizienter zu werden und damit auch Kosten zu sparen? Inwiefern kann das eigene Angebot durch Prinzipien wie z. B. „As-a-Service“, vorausschauende Wartung, Instandsetzung usw. neu und zukunftsfähiger ausgerichtet werden? Welche erwarteten Veränderungen machen solche Anpassungen vielleicht notwendig? Welche Rolle spielt die Digitalisierung und was ermöglicht sie zusätzlich? Zudem gibt es auch viele Treiber außerhalb des eigenen Unternehmens, die einen Einstieg in die Circular Economy sinnvoll und notwendig machen. Dabei handelt es sich u.a. um Belange des Umweltschutzes, Anfragen von Kundenseite, Klimawandel, die Versorgungssicherheit mit Materialien und Vorprodukten oder regulatorische Neuerungen.

In all diesen Bereichen übersichtlich und leicht zugänglich zu informieren, ist das Ziel dieses Leitfadens. Er kann auf zwei Arten gelesen werden: Fortlaufend als geschlossene Einführung oder kapitelweise, um nur jene Bereiche zu erschließen, die noch unbekannt sind oder für die ein besonderes Interesse besteht. Dem Lesenden hilft hierbei das folgende Kapitel. Es verschafft als Schnelleinstieg einen Überblick über die Inhalte des Leitfadens und ermöglicht das direkte Vertiefen besonders relevanter Stellen.

2 Schnelleinstieg in den Leitfaden

Dieses Kapitel soll dem Lesenden helfen, sich im Leitfaden zurechtzufinden, relevante Themen zu identifizieren und damit den Einstieg sowohl in die Thematik als auch in diesen Leitfaden zu finden. Daher wird im Folgenden ein kurzer Überblick über Themen und Inhalte gegeben.

2.1 Circular Economy

Durch **Circular Economy** (auch Kreislaufwirtschaft genannt) können Unternehmen ressourcenleichter und klimafreundlicher handeln (› siehe Kapitel 3.1.1). Wert und Nutzen von **Rohstoffen und Produkten** sollen möglichst lange erhalten bleiben. Dies geschieht durch verschiedene **Werterhaltungsmaßnahmen** (› siehe Kapitel 3.1.3). Dadurch wird die Erzeugung von neuen Rohstoffen (Primärmaterial) reduziert, Abfälle werden vermieden und Treibhausgasemissionen gesenkt. Zahlreiche Faktoren begünstigen den Aufbau einer Circular Economy (› siehe Kapitel 3.1.2).

2.2 Potenziale für den Maschinen- und Anlagenbau

Gerade für den Maschinen- und Anlagenbau bietet die Transformation zu einer Circular Economy **bedeutende Potenziale** (› siehe Kapitel 3.2.1). Kernkonzepte der Circular Economy, etwa eine hohe Produktqualität, dienstleistungsorientierte Angebote und lange Produktlebensdauer, sind bereits wichtige Faktoren in der Branche. Hierdurch fällt die Umstellung leichter. Zudem bestehen **zahlreiche Chancen** für technische Innovationen, neue Geschäftsfelder und Schnittstellen zur Digitalisierung. Schließlich stellt die Branche wichtige Technologien für die Transformation in anderen Wirtschaftszweigen zur Verfügung, wodurch ihr eine **bedeutende Enabler-Rolle** zukommt.

2.3 Wie die Transformation gelingt

Die Transformation zur Circular Economy zieht **zahlreiche Veränderungen** nach sich. Der Wandel des eigenen Unternehmens muss daher gut vorbereitet sein. Hierzu bieten insbesondere das Kapitel zur **Erläuterung der Circular Economy** (› siehe Kapitel 3.2), das Kapitel zu **Praxisbeispielen der Circular Economy** (› siehe Kapitel 4) und das Kapitel zu **Digitalisierung und Circular Economy** (› siehe Kapitel 5) eine Einführung.

2.3.1 Einführung in die Circular Economy

Wichtig ist, das **Konzept der Circular Economy** und seine Instrumente zu verstehen (› siehe Kapitel 3.1). Die Orientierung an einem **Fahrplan für die Zirkularität** (› siehe Kapitel 3.2.2) bietet erste Struktur. Kapitel 3.2.3 erklärt die **Merkmale eines Unternehmens der Circular Economy** (› siehe Kapitel 3.2.3). Ein derartiges Unternehmen wird unter anderem durch Ressourcenschonung, geschlossene Materialflüsse, branchenübergreifende Kooperation und Minimierung negativer Externalitäten gekennzeichnet.

2.3.2 Wege zur Circular Economy

In Kapitel 3.2.4 werden anschließend **Handlungsfelder** aufgezeigt, in denen man agieren kann (› siehe Kapitel 3.2.4). Handlungsfelder sind:
 a) **Smarte Produktnutzung und Herstellung**,
 b) **Verlängerung der Produktlebensdauer** sowie
 c) **Wiedergewinnung von Ressourcen**. In diesen Handlungsfeldern werden die **R-Strategien** angewendet (› siehe Kapitel 3.1.3 und Kapitel 4). Mit ihrer Hilfe können entlang des gesamten Lebenszyklus Potenziale für ressourceneffizientes und emissionsarmes Wirtschaften gefunden werden. Unternehmen können auf dem Weg zur Circular Economy **auf verschiedenen Ebenen** tätig werden, z.B. innerhalb bestehender Geschäftsmodelle, hinsichtlich ihrer Unternehmenskultur, im Zusammenhang von Standardisierungsprozessen oder im Rahmen von Branchenkooperationen (› siehe Kapitel 3.2.6). Auf zu beachtende **regulatorische Anforderungen** macht Kapitel 3.2.7 (› siehe Kapitel 3.2.7) aufmerksam.

2.3.3 Praxisbeispiele einer Circular Economy

Kapitel 4 (› siehe Kapitel 4) stellt die R-Strategien ausführlich dar und zeigt Anwendungsbeispiele aus der unternehmerischen Praxis des Maschinen- und Anlagenbaus. Dabei werden die R-Strategien **Refuse, Rethink, Reduce, Re-Use, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle** und **Recover** vorgestellt.

2.3.4 Digitalisierung und Circular Economy

Schließlich zeigt Kapitel 5 (› siehe Kapitel 5) die Verzahnung zwischen **Circular Economy und Digitalisierung** auf. Konzepte, Chancen und Anwendungsmöglichkeiten werden hier dargestellt.

3 Circular Economy im Maschinenbau– ein Überblick

3.1 Circular Economy – ein Überblick

3.1.1 Begriff der Circular Economy

Ziel der Circular Economy ist es, die Extraktion von Rohstoffen und die Erzeugung von Emissionen (wie Treibhausgase, Abwässer und Abfälle) zu minimieren. In der Nutzung befindliche Materialien und Produkte sollen dazu möglichst effizient verwendet und auch möglichst lange in der Nutzung gehalten werden. Dadurch wird die Sicherheit der Materialversorgung¹ erhöht und ein Beitrag zum Klima- und Umweltschutz

geleistet.² Dies wird durch Strategien zu **Smarter Produktnutzung und Instandhaltung, Verlängerung der Produktlebensdauer** sowie zur **Wiedergewinnung von Ressourcen** erreicht.³

Abbildung 1⁴ verdeutlicht dies:

Box 1 verdeutlicht darüber hinaus die Abgrenzungsmöglichkeiten zwischen Circular Economy und Kreislaufwirtschaft. Der Gegensatz ist die Linearwirtschaft, in welcher immer wieder neue Ressourcen aus der Natur entnommen, zu Produkten verarbeitet und diese nach ihrer Nutzung entsorgt werden.

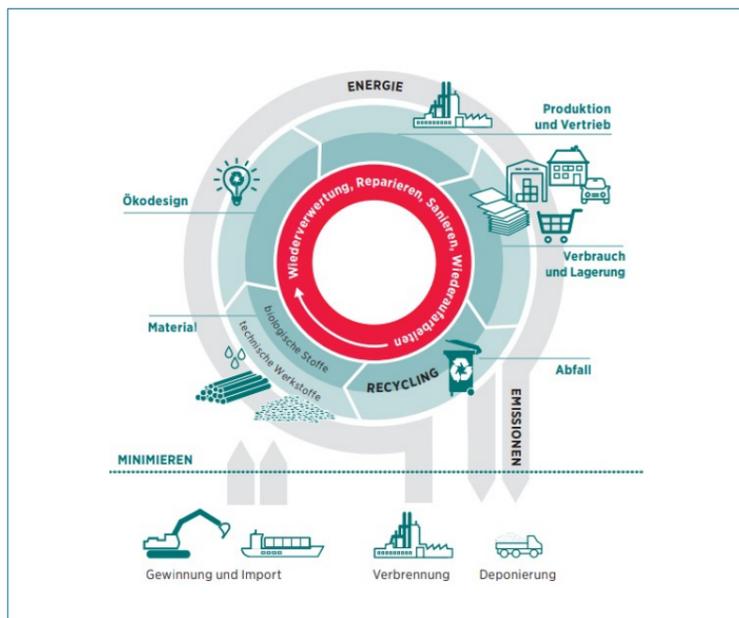


Abbildung 1: Abbildung der Circular Economy
Quelle: Wilts und Berg (2017)

Circular Economy und Kreislaufwirtschaft

In diesem Leitfaden werden die Begriffe *Kreislaufwirtschaft* und *Circular Economy* deckungsgleich verwendet.

Obwohl man **Circular Economy** als **Kreislaufwirtschaft** übersetzen kann, sind diese Begriffe nicht deckungsgleich. **Circular Economy** ist ein ganzheitliches volkswirtschaftliches Konzept, welches die Führung von Ressourcen und Gütern in Kreisläufen zum Zweck der Verringerung ökologischer und sozialer Belastungen zum Ziel hat. **Kreislaufwirtschaft** kann aus zum Teil historischen Gründen unterschiedliche Bedeutungen zukommen. In Deutschland wurde dieser Begriff lange Zeit gleichbedeutend mit der **Abfallwirtschaft** verwendet. In anderen Verwendungen wird **Kreislaufwirtschaft mit Circular Economy gleichgesetzt** und stellt dann ein breiteres Verständnis und die oben angesprochene Übersetzung dar. Dieses Verständnis liegt den weiteren Ausführungen zugrunde.

Box 1: Differenzierung Circular Economy und Kreislaufwirtschaft

3.1.2 Treiber der Circular Economy

Die Transformation zu einer Circular Economy wird derzeit durch zahlreiche Treiber gefördert. **Ökologische, ökonomische, geopolitische sowie politische Aspekte** spielen eine wichtige Rolle. Die folgende Abbildung 2 enthält eine Übersicht:

Ökologische Faktoren sind wesentliche Treiber: Der globale Ressourcenverbrauch und damit einhergehende Auswirkungen (u. a. Emissionen, Biodiversitätsverlust, Klimakrise, Überschreiten der planetaren Belastungsgrenzen)⁵ machen den Übergang zu einer Circular Economy zwingend notwendig.

Treiber der Circular Economy			
Ökologische Faktoren	Ökonomische Faktoren	Geopolitische Faktoren	Regulatorische Faktoren
<ul style="list-style-type: none"> ➢ Klimakrise und Treibhausgasemissionen ➢ Überschreitung planetarer Belastungsgrenzen ➢ Biodiversitätsverluste ➢ zunehmende Abfallmengen ➢ unsachgemäßer Umgang mit Kunststoffen 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ökologische Kriterien für öffentliche Vergaben und wirtschaftliche Kooperationen zunehmend wichtig ➢ Ressourcenengpässe ➢ Innovationsförderung ➢ Systemische Schocks, z.B. Corona-Pandemie 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Verlässlichkeit wirtschaftlicher Partner*innen ➢ Unabhängigkeit von Rohstofflieferungen 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Novelliertes Kreislaufwirtschaftsgesetz ➢ Pariser Klimaschutzabkommen ➢ Circular Economy Action Plan ➢ Taxonomie Verordnung ➢ Abfallrahmenrichtlinie ➢ Etc.

Abbildung 2: Treiber der Circular Economy
Quelle: Eigene Darstellung

1 Vgl. Hislop et al., 2011

2 Vgl. Brüggemann, 2019

3 Siehe zur Definition des Begriffs: Kirchherr et al., 2017

4 Vgl. Circle Economy, 2018

5 Vgl. IPCC, 2022 und Steffen et al., 2015

Die Circular Economy bietet zudem zahlreiche **ökonomische** Vorteile für Unternehmen. In Europa könnte eine Circular Economy ein Wirtschaftswachstum von 0,5 % bis 2030 sowie bis zu 700.000 neue Arbeitsplätze bedeuten.⁶ Darüber hinaus könnte durch eine Circular Economy bis 2030 die Ressourcenproduktivität um 3 % gesteigert werden, was 1,8 Billionen Euro an wirtschaftlichen Gesamtnutzen nach sich ziehen würde.⁷ Für die USA wird ein wirtschaftliches Potenzial von 4,5 Milliarden US-Dollar erwartet.⁸ Sie fördert Effizienz, verringert Material- und Abfallkosten und kann die Umsatzrendite erhöhen.⁹ Zudem können neue Technologien erforscht, Geschäftsfelder und Absatzmärkte erschlossen sowie das Angebotsportfolio diversifiziert werden.

Geopolitische Faktoren wie Handelskriege oder bewaffnete Konflikte haben die Empfindlichkeit globaler Lieferketten gezeigt. Durch die Möglichkeit der Kreislaufführung bietet die Circular Economy erhöhte Stabilität gegenüber Lieferketten-schwankungen.¹⁰

Aktuelle **politische** und regulatorische Faktoren fördern zudem die Circular Economy. Politische Akteur:innen bedienen sich zahlreicher Instrumente, um Circular Economy zu fördern. Zu diesen Instrumenten zählen unter anderem die in Abbildung 3 aufgeführten Maßnahmen¹¹:

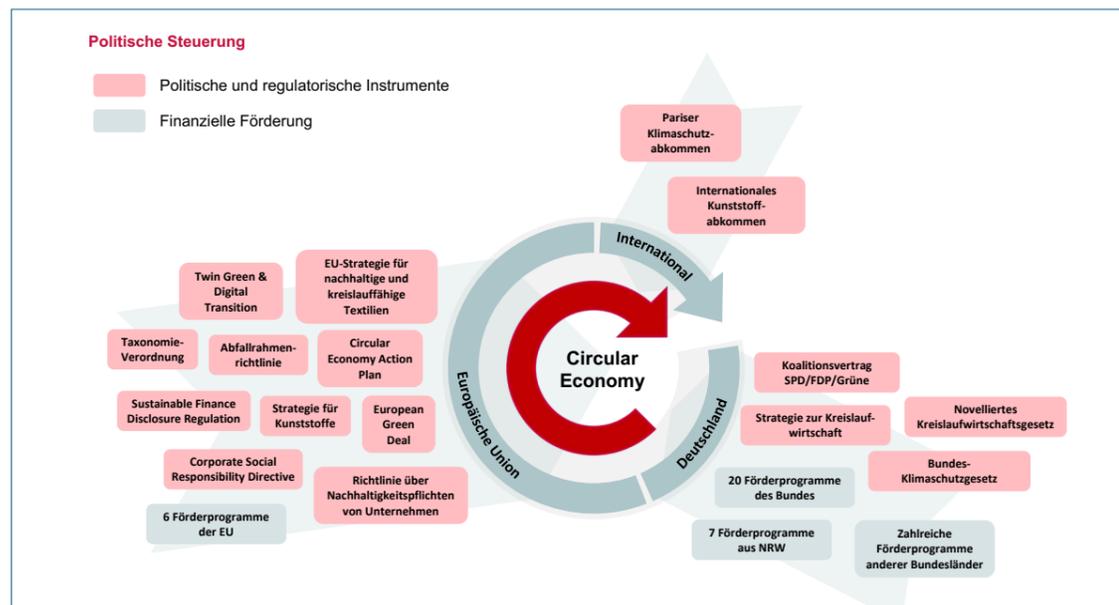


Abbildung 3: Politische Steuerung
Quelle: Eigene Darstellung

3.1.3 Strategien der Circular Economy

Wie eine Circular Economy funktionieren kann, zeigt das **10-R-Konzept**.¹² Es beschreibt konkrete Strategien zur Kreislaufführung und Ressourceneffizienzsteigerung von Materialien und Produkten. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus eines Produkts betrachtet. Potenziale bestehen an sämtlichen Lebensabschnitten eines Produkts. Diese Schritte beginnen bei Planung und Design von Produkten und reichen bis zur Wiedergewinnung von Rohstoffen (10-R-Konzept): **Refuse, Rethink, Reduce, Re-Use, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle** und **Recover**. Die Strategien werden in Kapitel 4 detailliert dargestellt. Abbildung 4 listet die R-Strategien auf und beschreibt sie kurz:

3.2 Bedeutung und Potentiale der Circular Economy in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus

In diesem Kapitel werden Vorschläge und Ideen für eine Transformation zu einer Circular Economy mit einem expliziten Fokus auf das Potenzial für Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus vorgestellt.

3.2.1 Welche Potenziale stecken im Maschinen- und Anlagenbau?

Unternehmen sind die zentralen **Gestalter für eine nachhaltige Transformation zur Circular Economy** und können von dieser zugleich enorm profitieren.

Smarte Produktnutzung und -herstellung	Refuse	Produkte überflüssig machen durch Verzicht auf Funktionen oder deren Integration in andere Produkte
	Rethink	Produkte intensiver nutzen durch Teilen (Sharing) oder Bündelung von Funktionen und Services
	Reduce	Produktionseffizienz steigern und Einsatz von natürlichen Ressourcen und Materialien reduzieren
Verlängerung Produktlebensdauer	Re-use	Funktionsfähige Produkte wiederverwenden (Second Hand)
	Repair	Produkte pflegen und durch Reparatur weiternutzen
	Refurbish	Alte Produkte aufarbeiten und auf den neuesten Stand bringen
	Remanufacture	Teile aus defekten Produkten für neue Produkte nutzen, die dieselben Funktionen erfüllen
Wiedergewinnung von Ressourcen	Repurpose	Teile aus defekten Produkten für neue Produkten nutzen, die andere Funktionen erfüllen
	Recycle	Materialien und Rohstoffe auf möglichst hohem Niveau wiederverwerten
	Recover	Energieinhalt von Reststoffen bzw. Biomasse aus organischen Abfällen wiedergewinnen

Abbildung 4: Auflistung der R-Strategien.
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an European Environment Agency (2020)

Dies liegt unter anderem an ihren **technologischen und finanziellen Möglichkeiten**. Langlebigkeit und Qualität der Produkte sind bereits ein wesentlicher Faktor für die Branche des Maschinen- und Anlagenbaus, und es gibt etablierte Strukturen für Reparatur und Wartung¹³.

6 Vgl. Cambridge Econometrics et al., 2018
7 Vgl. Ellen MacArthur Foundation et al., 2015
8 Vgl. Lacy und Rutqvist, Waste to Wealth, 2015
9 Vgl. Wallat et al., 2019

10 Vgl. PwC, 2019
11 Für eine Übersicht über (finanzielle) Förderungsmaßnahmen siehe: Wilts et al., 2022

12 Vgl. Morseletto, 2020

13 Vgl. Lacy et al., 2020

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist europaweit technologieführend. Überdies bietet der Maschinen- und Anlagenbau viele Chancen in verschiedenen Bereichen: Förderung von **Industrie 4.0**, Verzahnung mit **Digitalisierung**, Etablierung neuer **Innovationen**, verbesserter **Umweltschutz** und gesteigerte **Energieeffizienz**. Zirkuläre Potenziale bestehen auf verschiedenen Ebenen, so können etwa stärker **dienstleistungsorientierte Angebote** geschaffen werden, Maschinen und Anlagen durch **Add-On-Angebote flexibler und langlebiger** designt werden, wertvolle Maschinenteile **wiederverwendet** oder **recycelt** und **digitale Technologien** umfassend implementiert werden. Zudem bietet eine Circular Economy Kosten- und Materialeinsparungen, Abfallreduzierung, verringerte Treibhausgasemissionen, Systemeffizienzen, neue Geschäftsfelder, technische Innovationen und verbesserte Außenwahrnehmung.

Schließlich kann die Branche Anlagen und Maschinen für Prozesse in anderen Industriezweigen bereitstellen. Insbesondere in **energie- und ressourcenintensiven Branchen** müssen Transformationen durch **Technologien und Anlagen** umgesetzt werden.¹⁴ Somit ist der **Maschinen- und Anlagenbau** ein besonders wichtiger Teil der zirkulären Transformation.

3.2.2 Fahrplan für die Circular Economy ?

Jedes Unternehmen kann passgenaue und innovative Lösungen für die Transformation zur Circular Economy finden. Hierbei lassen sich einige wichtige Schritte identifizieren, die eine Richtung vorgeben:¹⁵

- Sich mit dem **Konzept der Circular Economy** (siehe Kapitel 3.1) und **Elementen zirkulärer Unternehmen** (siehe Kapitel 3.2.3) vertraut machen,
- sich mit potenziellen **Handlungsfeldern** auseinandersetzen (siehe Kapitel 3.2.4),
- **Materialflüsse** untersuchen, **Ineffizienzen** erkennen (siehe Kapitel 3.2.5),
- relevante **Maßnahmen** umsetzen (siehe Kapitel 3.2.6 und Kapitel 4),
- Maßnahmen kontinuierlich **überwachen**, falls nötig optimieren.

Die folgende Abbildung 5 verdeutlicht den Prozess:

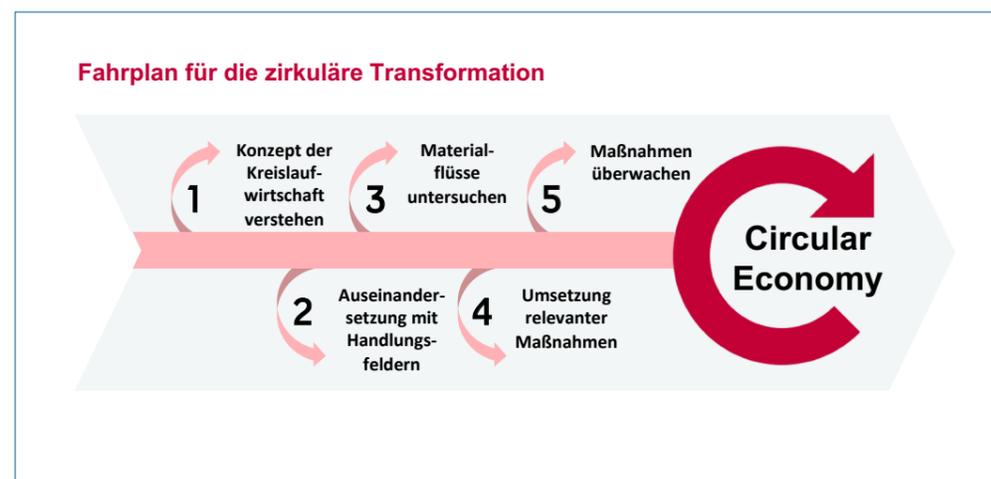


Abbildung 5: Fahrplan für die zirkuläre Transformation
Quelle: Eigene Darstellung

3.2.3 Was ein Unternehmen der Circular Economy ausmacht?

Um den Grad der Umsetzung der Circular Economy im Unternehmen messen zu können, wurden bereits einige Instrumente entwickelt.¹⁶ Ein Unternehmen der Circular Economy wird u. a. charakterisiert durch die in Abbildung 6 dargestellten Eigenschaften:¹⁷

vollständig verändert. Der Prozess wird u.a. durch Investitionen und Orientierung an technologischen Fortschritten gestaltet.

(2) Führung von Ressourcen in geschlossenen Kreisläufen: Der Umgang mit Ressourcen, Materialien und Überschüssen aus Produktionsprozessen muss vollständig zirkulär sein, d.h. sämtliche Stoffe werden weiter genutzt, aufbereitet oder anderen unternehmerischen Stoffströmen beigefügt.

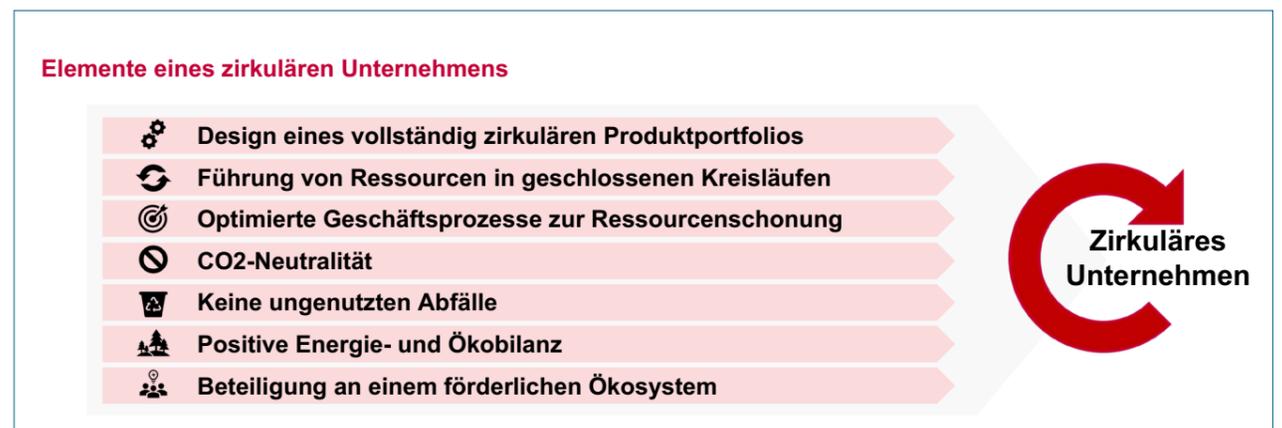


Abbildung 6: Unternehmen der Circular Economy
Quelle: Eigene Darstellung

Diese Eigenschaften lassen sich nicht sämtlich innerhalb kürzester Zeit ausprägen. Vielmehr stellen diese Charakteristika einen Optimalfall dar, der langfristig erreicht werden kann. Sie dienen an dieser Stelle als Orientierung für einen zielgerichteten Prozess im Unternehmen. Nachfolgend werden diese Eigenschaften erörtert.

(1) **Design eines vollständig zirkulären Produktportfolios mit modularen Produkten, wiederverwendeten Ressourcen und zirkulären Dienstleistungen:** Produkte und Dienstleistungen müssen von der bisherigen linearen Wirtschaftsweise gelöst und in Anlehnung an die sog. R-Strategien neu gedacht werden. Design, Nutzung, Verlängerung der Nutzung und End-of-Life werden

(3) **Optimierte Geschäftsprozesse zur Ressourcenschonung:** Geschäfts- und Produktionsprozesse werden effizient gestaltet, um Abfälle zu vermeiden, Überschüsse zu reduzieren und so den Verbrauch von Ressourcen zu minimieren.

(4) **CO2-Neutralität:** Unternehmen müssen langfristig darauf hinwirken, CO2-neutral zu agieren und zu 100 % durch erneuerbare Energien betrieben zu werden.

(5) **Keine ungenutzten Abfälle:** Sofern Abfälle - welcher Art auch immer - anfallen, werden diese genutzt und nicht deponiert oder thermisch verwertet.

(6) **Positive Energie- und Ökobilanz:** Langfristig wirken Unternehmen darauf hin, ihre negativen Umweltauswirkungen abzuschaftern und in positiver Weise auf Klima und Umwelt einzuwirken, z.B. indem Energieüberschüsse generiert werden.

14 Vgl. VDMA & McKinsey, 2022

15 Vgl. econsense et al., 2021 und Lacy et al., 2020

16 Vgl. Circular Metrics for Business, o. D.; Ellen MacArthur Foundation, o. D.-a und Jonker et al., 2022

17 Vgl. Lacy et al., 2020, S. 211 ff. und Mosangini & Tuncer, 2020.

(7) **Beteiligung an einem förderlichen Ökosystem:** Unternehmen interagieren für eine Circular Economy mit zahlreichen privaten und öffentlichen Akteur:innen auf verschiedenen Ebenen. Sie tauschen sich aus, kooperieren, investieren und gestalten Prozesse aktiv mit.

3.2.4 Potenzielle Handlungsfelder

Unternehmen können Prozesse entlang des gesamten Produktlebenszyklus gestalten. Im Rahmen des Bellagio-Prozesses wurden drei Handlungsfelder identifiziert, denen die R-Strategien zugeordnet werden können: Smarte Produktnutzung und Herstellung, Verlängerung der Produktlebensdauer sowie die Wiedergewinnung von Ressourcen.¹⁸ Im Folgenden werden diese drei Handlungsfelder näher erläutert.

(1) Smarte Produktnutzung und Herstellung

Bedeutung

Dieses Handlungsfeld ist eng verbunden mit dem Design eines Produkts bzw. der Gestaltung von Geschäftsmodellen im Sinne der Kreislaufführung. Ziel ist es, möglichst wenig (problematische) Rohstoffe und Materialien zu verwenden.

Beispiele

Produkte müssen für eine Circular Economy gestaltet sein.¹⁹ Dies kann durch modulare Bauweise, Abfallvermeidung beim Produktionsprozess,²⁰ Haltbarkeit, leichte Zerlegbarkeit oder Aufrüstbarkeit²¹ geschehen. Zudem können Rohstoffe und Materialien mit schlechter Ökobilanz durch ressourceneffiziente und nachwachsende Stoffe ersetzt werden. Dies geschieht bspw. durch Erschließung sekundärer Rohstoff- und Materialquellen. Alternative Geschäftsmodelle beinhalten außerdem das Teilen eines Produktes durch verschiedene Nutzende, „Product-as-a-Service“-Angebote oder Mietmodelle.²²

18 Vgl. Potting et al., 2017

19 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020 und Circle Economy, 2021.

20 Vgl. Braun et al., 2021a und Braun et al., 2021b

21 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020

22 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020; Mosangini & Tuncer, 2020

R-Strategien

Refuse, Rethink und Reduce

(2) Verlängerung der Produktlebensdauer

Bedeutung

In diesem Handlungsfeld soll die Nutzungsdauer von Produkten gesteigert werden.²³ Diese sollen so intensiv und lange wie möglich verwendet werden.

Beispiele

Bei der **Herstellung** kommt eine Verwendung qualitativ hochwertiger Materialien und eine Konstruktion mit erhöhter Lebensdauer in Betracht. Während der Nutzungszeit kommen der Sanierung, Wartung, Reparatur und Instandhaltung eine wichtige Bedeutung zu. Auch der Weiterverkauf eines gebrauchten Produktes ist möglich.²⁴ Das Condition Monitoring²⁵ dient ebenfalls dazu, die Produkte optimal zu nutzen. Schließlich rücken dienstleistungsorientierte Geschäftsmodelle in den Vordergrund, worunter Möglichkeiten wie „Product as a Service“, „Pay-per-Use“, „Pay-per-Part“, Abonnements, Mietmodelle oder Pfandsysteme fallen.²⁶

R-Strategien

Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture und Repurpose

(3) Wiedergewinnung von Ressourcen

Bedeutung

Dieses Handlungsfeld behandelt die Verringerung neugewonnener Ressourcen.²⁷ Rohstoffe und Materialien für die Herstellung neuer Produkte sollen möglichst lange genutzt werden.

23 Vgl. Braun et al., 2021a und Braun et al., 2021b

24 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020

25 Das Condition Monitoring bezeichnet einen fortlaufenden Prozess der Maschinenüberwachung, mit dessen Hilfe verschiedene Parameter des Maschinenzustandes kontinuierlich erfasst werden. Dies dient der Gewährleistung von Sicherheit, der Maschineneffizienz sowie einer vorausschauenden Wartung und Reparatur

26 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020 und Achterberg et al., 2016

27 Vgl. Braun et al., 2021a und Braun et al., 2021b

Beispiele

Die erfolgreiche Wiedergewinnung von Ressourcen hängt stark vom Abfallmanagement ab. Viele Stoffströme müssen getrennt gesammelt werden, damit die enthaltenen Rohstoffe effizient zurückgewonnen werden können. Die Wiedergewinnung selbst findet häufig in Form von mechanischem oder chemischen Recycling statt, sodass die gewonnenen Recyclingmaterialien anschließend wieder verwendet werden können. Dem Recycling von kritischen Wertstoffen, zum Beispiel Aluminium, Kunststoffen oder Seltene Erden,²⁸ kommt besondere Bedeutung zu. Zudem können Reststoffe und Produktionsabfälle verwertet werden, z. B. durch die Nutzung von Abwärme, Biomasseabfällen und Abwasser.²⁹ Für viele dieser Herangehensweisen ist eine gute Rückführlogistik zentral. Hierzu werden Ansätze von diversen Akteur:innen vorgestellt.³⁰

R-Strategien

Recycle und Recover

3.2.5 Materialflüsse untersuchen, Ineffizienzen erkennen

Im nächsten Schritt des vorgeschlagenen Fahrplanes gilt es, **Materialflüsse** zu untersuchen und **Ineffizienzen** in den Produktions- und Geschäftsprozessen zu erkennen. Auf diesem Wege entsteht eine Übersicht darüber, was im Unternehmen auf stofflicher Ebene geschieht und wo an späteren Stellen des Prozesses angesetzt werden kann. Hierzu gibt es einige Hilfestellungen, darunter Materialeffizienzberatungen³¹, Flusskostenrechnungen und andere Instrumente.³² Folgende Fragen können an dieser Stelle relevant sein: Welche Ressourcen werden bezogen? Woher stammen diese Ressourcen? Wie hoch ist die Menge an Ressourcen, die als Abfall endet? Wie lange ist die durchschnittliche Produktlebensdauer? Was geschieht mit gebrauchten Materialien und Komponenten?

3.2.6 Wie Unternehmen aktiv werden können

Für eine erfolgreiche Transformation sind die in Abbildung 7 dargestellten Bereiche relevant³³:

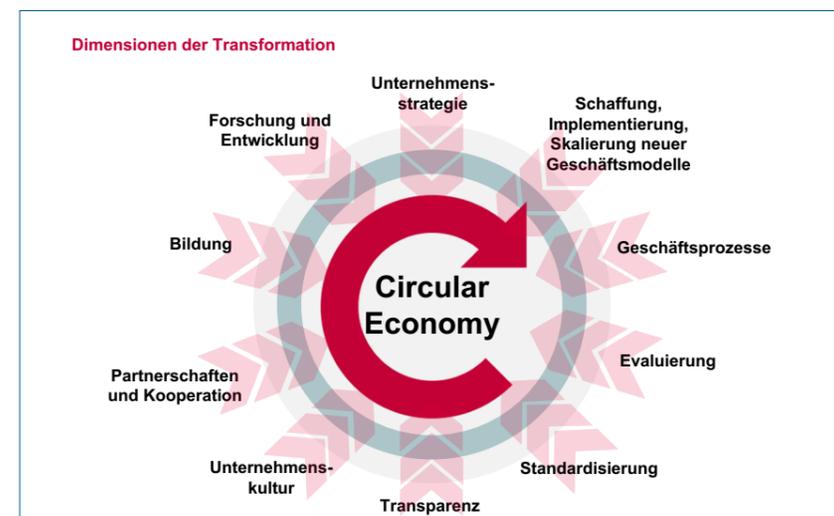


Abbildung 7: Maßnahmen der Transformation
Quelle: Eigene Darstellung

28 Vgl. Europäische Kommission, 2018

29 Vgl. Europäische Investitionsbank, 2020.

30 Vgl. Ellen MacArthur Foundation, o. D.-b und Circular Economy Asia, o. D.-a

31 z.B.: Energieeffizienzberatung der Effizienzagentur NRW, und die Liste von Energieeffizienzberater:innen des Landes Baden-Württemberg

32 B.: der Circularity Calculator der Circular Business Model Design Guide

33 Vgl. u.a.: Rat für Nachhaltige Entwicklung, 2021; Lacy et al., 2020; acatech et al., 2021 und Circle Economy, 2021

Tabelle 1 stellt diese kurz und präzise vor:

Tabelle 1: Maßnahmen der Transformation

<p>(1) CE-Unternehmensstrategie formulieren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensführung formuliert Unternehmensstrategie • Ein zeitlicher Rahmen mit konkreten kurz-, mittel-, langfristigen Zielmarken wird erstellt³⁴ • Circular Economy und Klimaneutralität bis 2030 oder 2050³⁵ werden anvisiert • Circular Economy und Klimaneutralität werden zusammen gedacht
<p>(2) Neue Geschäftsfelder erschließen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Geschäftsprozesse für wenig Energie- und Wasserverbrauch sowie wenig Emissionen und Abfall³⁶ entwickeln • Ineffizienzen identifizieren • Innovationen sowie zirkuläre Produkte und Dienstleistungen schaffen³⁷ • Zirkuläre Möglichkeiten sowie dazugehörige Potenzialanalysen gestalten (Instrumente dazu finden Sie hier, hier und hier.) • Möglichkeiten priorisieren, Gewichtung nach Gewinnmöglichkeit, Umwelt- und Sozialkriterien oder Risikominimierung • neue Geschäftsmodelle an R-Strategien ausrichten • Design für Zirkularität, Erhöhung der Produktlebensdauer, Recyclingfähigkeit³⁸ berücksichtigen • Umsetzungsplan erarbeiten; Umsetzung beginnt mit Pilotprojekten³⁹ • Weitere Informationen finden Sie hier und hier.
<p>(3) Umsetzung evaluieren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluierung berücksichtigt: <ul style="list-style-type: none"> - mobilisierte Mittel (Partner:innen, finanzielle Mittel, Expertise) - Aktivitäten (Erschließung Märkte, Experimente) - Erfolge (Zielstellungen bzgl. Ressourceneffizienz) - Auswirkungen der Maßnahmen⁴⁰ • Produktdaten werden genutzt; Digitaler Produktpass bietet Chancen⁴¹ • Weitere Informationen finden Sie hier.

<p>(4) Prozesse und Anforderungen standardisieren</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (Interne) Standards auf unterschiedlichen Ebenen erarbeiten: <ul style="list-style-type: none"> - Materialebene (Materialreinheit und Recyclingfähigkeit)⁴² - Produktebene (Design für CE) - Unternehmensebene (Datenerfassung)⁴³ - Prozessebene (Standards für R-Strategien)⁴⁴ - Systemebene (ressourcenarme Produktionsketten) • Weitere Informationen finden Sie hier, hier, hier und hier.
<p>(5) Transparenz schaffen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informationen über Produkte und Prozesse bereitstellen • Produktpass als Chance sehen (Vorschläge über die zu enthaltenen Informationen finden Sie hier) • Nachhaltigkeitsberichterstattung optimieren • Kommunikation mit Stakeholdern fördern⁴⁵ • Weitere Informationen finden Sie hier und hier.
<p>(6) Unternehmenskultur, Bildung, FuE fördern</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmenskultur und Governance wandeln • Mitarbeitende sensibilisieren und in Transformationsprozesse einbinden • Schulungen auf allen Hierarchieebenen durchführen, um Expertise zu generieren • Motivation, Anreize und Verständnis schaffen • FuE vorantreiben, um Innovationen hervorzubringen • Weitere Informationen finden Sie hier.
<p>(7) Kooperationen und Partnerschaften fördern</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensübergreifenden Wissensaustausch fördern • Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen fördern, um gute Rückführlogistik dafür notwendige Infrastruktur zu schaffen • Weitere Informationen finden Sie hier und hier.

34 Erste Orientierung für derartige zeitliche Horizonte bieten die Vorschläge zu kurz-, mittel- und langfristigen Handlungsempfehlungen von acatech et al., 2021

35 Vgl. acatech et al., 2021 und econsense et al., 2021.

36 Vgl. Lacy et al., 2020

37 Vgl. acatech et al., 2021 und OECD, 2019

38 Vgl. acatech et al., 2021

39 Vgl. Lacy et al., 2020

40 Vgl. Potting et al., 2017

41 Vgl. Jansen et al., 2022

42 Vgl. acatech et al., 2021

43 Vgl. acatech et al., 2021

44 Vgl. acatech et al., 2021

45 Vgl. econsense et al., 2021

3.2.7 Regulatorische Anforderungen

Circular Economy berührt zahlreiche rechtliche Aspekte. Die nachfolgend aufgeführten Problemstellungen und Lösungshilfen sind lediglich Beispiele hierfür und können eine anwaltliche Beratung nicht ersetzen.⁴⁶ Fragen können sich insbesondere in folgenden Rechtsgebieten ergeben:

Abfallrecht: Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) behandelt - historisch bedingt - den Umgang mit Abfällen, es fehlt noch ein ganzheitlicher Rahmen für eine Circular Economy. In der Praxis bereitet zudem die Einordnung als Abfall nach § 1 KrWG sowie die Bewertung einer Aufbereitungshandlung als Vorbereitung zur Wiederverwendung nach § 6 KrWG Schwierigkeiten. Abfälle sind nach § 3 Abs. 1 KrWG alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Eine Entledigung ist nach § 3 Abs. 2 KrWG anzunehmen, wenn der Besitzer Stoffe oder Gegenstände einer Verwertung oder Beseitigung zuführt oder die tatsächliche Sachherrschaft unter Wegfall jeder weiteren Zweckbestimmung aufgibt.

Allerdings erschwert die bestehende Regulatorik einen praxistauglichen Umgang mit Abfällen, etwa mit Elektroaltgeräten. Erste Hilfestellung bieten zwei Gutachten, die das Umweltbundesamt hierzu hat erstellen lassen. Beide Gutachten kommen im Kern zum Ergebnis, dass die Begriffsbestimmungen des KrWG stellenweise recht komplex sind, wichtige Detailfragen dem Bereich von Verordnungen überlassen werden und die Vorbereitung zur Wiederverwendung sowohl durch rechtliche als auch durch tatsächliche Hemmnisse erschwert wird. In Unternehmen besteht oft Unsicherheit darüber, ob ein durch ein:e Kund:in zurückgeschickter Gegenstand, etwa ein Teil einer Maschine oder Anlage, Abfall ist. Die Beantwortung dieser Frage ist wichtig, damit Unternehmen ihre nach dem Rückhalt entstehenden Möglichkeiten und Pflichten – insbesondere vor dem Hintergrund der Produktverantwortung und Obhutspflicht nach § 23 KrWG – richtig einschätzen können. Retouren können nicht pauschal als Abfälle eingestuft werden. Im Rahmen der Produktverantwortung bzw. Obhutspflicht nach § 23 KrWG werden u.a. ausdrücklich eine „Rücknahme der Erzeugnisse und der nach Gebrauch der Erzeugnisse entstandenen Abfälle“ (§ 23 Abs. 2 Nr. 7 KrWG) sowie die Pflicht, dass Erzeugnisse „nicht zu Abfall werden“ (§ 23 Abs. 2 Nr. 11 KrWG) festgelegt. Berücksichtigt man den Wortlaut von § 3 Abs. 3 S. 1 KrWG, der begrifflich

zwischen Erzeugnissen und Abfällen unterscheidet, wird klar, dass beide Begriffe nicht identisch sind. Zudem dient die Produktverantwortung samt Obhutspflicht der effektiven Vermeidung und Verwertung von Abfällen, wodurch der Vorbeugung der Entstehung von Abfällen Bedeutung zukommt. Eine Prüfung im Einzelfall bleibt jedoch unabdingbar, um zur richtigen Einschätzung zu gelangen. Denn maßgeblich bleibt, auch bei retournierten Gegenständen, eine Beurteilung nach Maßgabe des zuvor dargestellten Entledigungsbegriffs.

Transportrecht: Mit abfallrechtlichen Fragen sind transportrechtliche Fragen verbunden. Sofern ein Transportunternehmen nämlich Gegenstände transportiert, die Abfall im Sinne des § 3 Abs. 1 KrWG sind, greifen Sonderregelungen nach dem KrWG und weiteren Gesetzen und Verordnungen. Diese Pflichten richten sich nach der Art von Abfällen. So wird zwischen nicht-gefährlichen Abfällen und gefährlichen Abfällen unterschieden, wobei für letztere besonders strenge Anforderungen gelten. Was gefährlicher Abfall ist, richtet sich nach der Abfallverzeichnisverordnung (AVV). Zudem wird unterschieden zwischen Abfällen zur Verwertung und Abfällen zur Beseitigung. Für den Umgang mit Abfällen durch Abfallbeförderer gelten Nachweispflichten nach der Nachweisverordnung (NachwV). Zu den Pflichten nach dem KrWG zählen u.a. Anzeige- und Erlaubnispflichten von Betrieben nach §§ 53 ff. KrWG oder Kennzeichnungspflichten für Fahrzeuge nach § 55 KrWG. Beim grenzüberschreitenden Transport von Abfällen gelten weitere gesonderte Bestimmungen, insb. nach der EU-Abfallverbringungsverordnung sowie dem Abfallverbringungsgesetz. Erste Hinweise zu diesem Thema gibt das Bundesamt für Güterverkehr.⁴⁹

Gewährleistungsrecht: Im Maschinen- und Anlagenbau ist das Gewährleistungsrecht durchaus komplex. Das liegt zum einen daran, dass Vertragswerke für den Erwerb von Maschinen oder Anlagen sehr detailliert ausgestaltet werden,

genaue Leistungsbeschreibungen enthalten und häufig auf AGB zurückgreifen, zum anderen, dass beim Erwerb von Maschinen und Anlagen jeweils unterschiedliche Rechtsregime greifen können: Für vorgefertigte, standardisierte Maschinen, unabhängig davon, ob sie neu oder gebraucht sind, greift in der Regel das **Kaufrecht** nach §§ 433 ff. BGB. Zu beachten ist, dass der Mangelbegriff aus § 434 BGB am 01.01.2022 durch eine Reform des BGB verändert wurde.⁵⁰ Für den Bau von Anlagen hingegen greift häufig das **Werkvertragsrecht** nach den §§ 631 ff. BGB,⁵¹ sodass sich der Mangel nach § 633 BGB richtet und die Abnahme aus § 640 BGB ins Zentrum rückt. Es bleibt allerdings vom Einzelfall abhängig, welches Rechtsregime tatsächlich einschlägig ist.

Für viele gebrauchte Produkte sind Verhalten, Lebensdauer oder Qualität schwer zu beurteilen. Deshalb ist z.B. der Haftungsumfang bei gebrauchten Produkten zum Zeitpunkt des Vertragsschlusses schwierig abzuschätzen. Begriffe wie „generalüberholt“ können dabei trügerische Sicherheit vermitteln, weil über deren Bedeutung Unsicherheit bestehen kann, sofern vertraglich nichts Konkretes vereinbart wird.⁵² Eine genaue Untersuchung gebrauchter Maschinen und Anlagen, die Erfassung bestehender Abnutzungs- und Mangelerscheinungen sowie die Protokollierung durchgeführter Instandsetzungsmaßnahmen sowie ausgetauschter Komponenten können erste Sicherheit schaffen. Außerdem ist es sinnvoll, eine:n potenzielle:n Käufer:in ausdrücklich auf bestehende Gebrauchs- und Abnutzungsercheinungen hinzuweisen. Zudem kann die Gewährleistung für gebrauchte Produkte gegenüber Verbrauchern nach § 476 Abs. 2 BGB unter Umständen auf 12 Monate begrenzt werden,⁵³ während zwischen Unternehmen eine Verkürzung der Verjährungsfrist auf 12 Monate auch bei neuen Sachen grundsätzlich möglich ist.

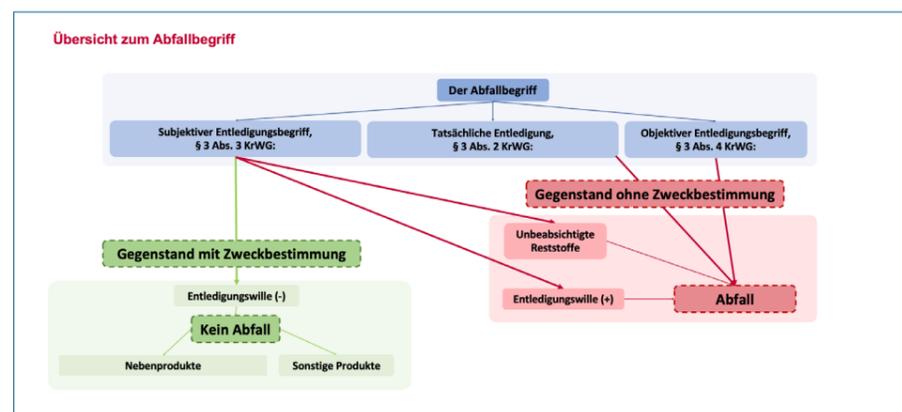


Abbildung 8: Übersicht zum Abfallbegriff
Quelle: Eigene Darstellung

⁴⁶ Ansprechpartner:innen des VDMA zum Thema Recht finden Sie unter: <https://www.vdma.org/kontakte?THEME%3D7783>; zudem kann Ihre lokale IHK u.U. weitere Hilfestellung bieten.

⁴⁷ Vgl. Sander et al., 2019

⁴⁸ Vgl. Sander et al., 2019 und Schomerus et al., 2014

⁵⁰ Vgl. IHK Köln, 2022

⁵¹ Vgl. Krüglger & Schmitt, 2013, S. 15 ff. und Weber, 2007, S. 127 ff.

⁵² Siehe zu diesem Problem BGH, Urteil v. 18.01.1995, Az.: VIII ZR 23/94.

⁵³ Vgl. Niederrheinische IHK, 2022

⁴⁹ Vgl. Bundesamt für Güterverkehr, o.D

Kennzeichnungsrecht: Gebrauchte Gegenstände müssen als solche deklariert werden, um eine Mängelhaftung wegen gebrauchsbedingter Qualitätsminderung zu vermeiden. Es gibt darüber hinaus aber keine kennzeichnungrechtlichen Anforderungen für wiederverwendete oder aufbereitete Produkte. Der Digitale Produktpass wird weitere Kennzeichnungs- und Transparenzpflichten nach sich ziehen. Eine Übersicht über ggf. mitzuteilende Informationen bieten Annexe 1 und 3 zum Vorschlag der neuen EU-Ökodesignverordnung.⁵⁴

Baurecht: Das aktuelle Baurecht erschwert die Wiederverwendung gebrauchter Baumaterialien und Baustoffe. Häufig werden bloß Einzelfallzulassungen für wiederverwendete Bauteile erteilt. Außerdem verhindern Bauordnungen einzelner Bundesländer die Nutzung bestimmter Baumaterialien für gewisse Zwecke, z.B. von Holz für den Hochhausbau. Ab 01.08.2023 gilt allerdings die neue Ersatzbaustoffverordnung, die u.a. den Umgang mit Rezyklatbaustoffen betrifft.⁵⁵

Kartellrecht: Eine Circular Economy bedarf der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen. Eine derartige unternehmerische Kooperation kann jedoch kartellrechtlich problematisch sein, insbesondere dann, wenn bestimmte Informationen, etwa zu Preisgestaltung, ausgetauscht werden. Absprachen mit Lieferanten werden aufgrund einer EU-Gruppenfreistellungsverordnung in erheblichem Maße vom Kartellverbot ausgenommen.⁵⁶ Fallstricke ergeben sich grds. nur für Unternehmensabsprachen, deren Beteiligte auf derselben Vertriebsstufe stehen. Die EU-Kommission hat mit ihren überarbeiteten Horizontalleitlinien einen Lösungsvorschlag für den Umgang mit derartigen Absprachen vorgelegt.⁵⁷ Im Wesentlichen können Kooperationen zum Zwecke der Förderung von Nachhaltigkeit unter bestimmten Voraussetzungen kartellrechtlich gerechtfertigt werden. Die Europäische Kommission hat sich dabei mit bestehenden Problemen auseinandergesetzt und erkennt die Förderung von Nachhaltigkeit im Kern als Abwägungsaspekt an. Hinsichtlich Kooperationen, die Nachhaltigkeitsstandards etablieren, werden besondere Regelungen eingeführt.

54 Vgl. Europäische Kommission, 2022a
55 Vgl. Bundesanzeiger, 2021

56 Vgl. Europäische Kommission, 2022b
57 Siehe den Entwurf der sog. Horizontalleitlinien.

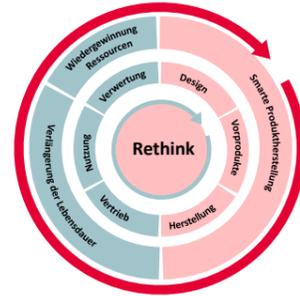
4 Strategien und Geschäftsmodelle des Maschinenbaus in der Circular Economy

In Kapitel 3.1 wurde das 10-R-Konzept bereits kurz vorgestellt und in Kapitel 3.2.4 wurden die zugehörigen Handlungsfelder aufgegriffen. Im Folgenden werden die einzelnen Strategien detailliert vorgestellt und es wird die jeweilige Anwendung im Maschinen- und Anlagenbau mit

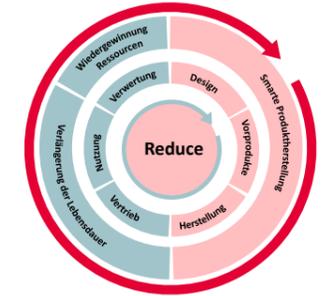
ihren Vor- und Nachteilen diskutiert. Die roten Markierungen in den Abbildungen zu Beginn jeder Strategie verdeutlichen, auf welcher Stufe die Strategie entlang der Wertschöpfungskette verortet ist.

Refuse		
Definition	Auf die Nutzung von Materialien oder Produkten verzichten durch Reduktion von Funktionen oder Integration in andere Produkte	
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Bestimmte Produktfunktionen werden anderweitig erfüllt oder abgeschafft Gesamtmenge an Produktvarianten wird verringert 	
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> Gesteigerte Anwenderfreundlichkeit durch geringere Komplexität Kostensenkungen durch funktions-ärmere Produkte Wettbewerbsvorteile durch innovative, multifunktionale Maschinen 	
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Verzicht auf Produkte durch Kund:innen schwierig Upgrades schwieriger zu implementieren Kommunikation der Nutzenvorteile 	
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Integration mehrerer Funktionen in ein Gerät Verzicht auf gesundheitsgefährdende Stoffe 	
Unternehmerische Praxis	<p>ARBURG GmbH + Co KG - Freeformer</p> <p>ARBURG ist ein weltweit führender Hersteller hochwertiger Maschinen für die Kunststoffverarbeitung. Neben den Spritzgießmaschinen bietet das Unternehmen ihren Kund:innen mit dem Freeformer ein offenes System, das Kunststoffgranulate verarbeitet. Sämtliche Prozessparameter sind frei programmierbar – angefangen von den Einstellungen für die schichtweise Geometriezerlegung bis hin zum Austrag der Tropfen. Damit können Kund:innen ihre Bauteile individuell optimieren und eigene Materialien verarbeiten. Dank der bis zu drei Austragseinheiten können auch verschiedene Material- und Farbkombinationen bzw. Hart-Weich-Verbindungen gefertigt werden. Der Freeformer ermöglicht, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Produkte auf einer einzigen Maschine gefertigt werden können. Dadurch wird vermieden, dass viele spezifische Maschinen angeschafft werden müssen.</p>	

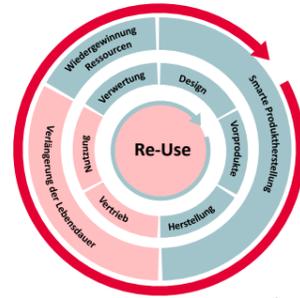
Rethink	
Definition	Produkte intensiver nutzen durch Teilen oder Bündelung von Funktionen und Services
Beschreibung	Die Nutzungsintensität eines Produktes wird durch Zurverfügungstellung für eine Mehrzahl von Kund:innen erhöht
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Produkte werden effizienter genutzt und effizienter gestaltet • Lebensdauer der Produkte wird erhöht • langfristige Geschäftsmodelle im Servicebereich erschließbar
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Kund:innen müssen zum Umdenken angeregt werden • Abkehr von gewohnten Verkaufsmustern
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • Mietmodelle • Equipment-as-a-Service • Pay-per-Part-Vereinbarungen • Angebot von Reparatur, Wartung, Ersatzteilen, etc. • sog. Chemikalien-Leasing • Gemeinsame Nutzung oder teilen von Kapazitäten
Unternehmerische Praxis	<p>TRUMPF SE & Co. KG - Equipment-as-a-Service</p> <p>Die TRUMPF SE & Co. KG stellt Werkzeugmaschinen und Laser für die industrielle Fertigung her. Seine Laservollautomaten bietet das Hochtechnologieunternehmen seit Herbst 2022 auch im Rahmen eines Equipment-as-a-Service-Modells (EaaS) an. Beim Geschäftsmodell Pay per Part steht die TruLaser Center 7030 von TRUMPF im Unternehmen der Kund:innen, sie bleibt jedoch im Eigentum von TRUMPF. Kund:innen zahlen nur pro Bauteil, das mit der Maschine gefertigt wird. Bei diesem Pay per Part Produktionsprozess wird von TRUMPF somit eine größere Verantwortung im Wertschöpfungsprozess übernommen. Ein Vorteil dabei ist, dass TRUMPF als Hersteller selbst Eindrücke über verschiedene Verbräuche, Herausforderungen und Optimierungsmöglichkeiten erhält. Darüber hinaus wird durch die Modulbauweise dafür gesorgt, dass die Reparatur und Wartung der Maschinen für TRUMPF leichter durchzuführen ist und somit geringere Kosten verursacht.</p>



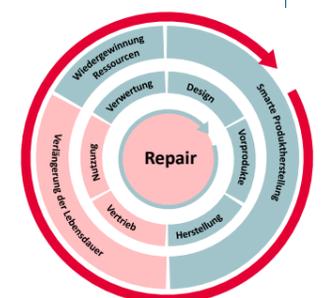
Reduce	
Definition	Produktionseffizienz steigern und Einsatz von natürlichen Ressourcen und Materialien reduzieren
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung von Produktionsprozessen • Reduzierung der Anzahl neuer Produkte • Reduzierung genutzter Primärrohstoffe, insb. durch den verstärkten Einsatz von Sekundärrohstoffen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Ressourceneffizienz steigt • Ressourcenengpässe werden vorgebeugt • Kostensenkung durch Ressourceneinsparung
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Beachtung von Sicherheitsaspekten, insb. aufgrund der Verwendung neuer Sekundärmaterialien • Aufrechterhalt der ursprünglichen Produktqualität
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • Effizienzsteigerungen bei Produktionsprozessen durch Industrie 4.0 und Internet of Things (IoT)⁵⁸
Unternehmerische Praxis	<p>Hugo Beck Maschinenbau GmbH & Co. KG - Effiziente Maschinen zur Materialeinsparung</p> <p>Die Hugo Beck Maschinenbau GmbH & Co. KG konzipiert, konstruiert und produziert Verpackungsmaschinen, entweder als Stand-alone-Anlage oder als automatisierte Komplettlösung. Im Produktportfolio des Unternehmens befinden sich Maschinen, auf denen dünnere Folien bereits ab ca. 7 µm als Verpackungsmaterial verarbeitet werden können, sodass der Materialeinsatz reduziert werden kann - ohne Qualitätseinbußen bei der Produktverpackung.</p> <p>Durch diese Maschinen haben Kund:innen die Möglichkeit, die Reduce-Strategie bei sich im Unternehmen umzusetzen und Verpackungsmaterial einzusparen. Neben den ökologischen Vorteilen bietet die Materialeinsparung finanzielle Vorteile, da weniger Material beschafft werden muss. Außerdem besteht die Möglichkeit, Rezyklatfolie einzusetzen. Dadurch wird weiteres Primärmaterial eingespart.</p>



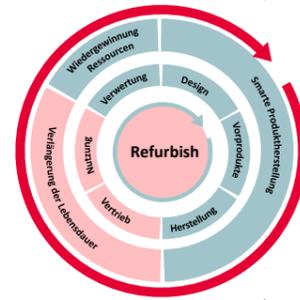
Re-Use	
Definition	Funktionsfähige Produkte wiederverwenden
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Nutzungsintensivierung durch Erhöhung der Nutzungsfrequenz und der Anzahl der Nutzenden Verlängerung der Produktlebensdauer Produkte länger im Kreislauf führen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> Kostensenkung durch Ressourceneinsparung
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Bessere Rückführlogistik muss etabliert werden, damit Übersicht über Produkt- und Materialströme besteht Produktnutzen darf durch Wiederverwendung und damit einhergehenden Verschleiß nicht tangiert werden
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Weiterverkauf oder Weitergabe von Produkten an Dritte Wiederverwendung bereits eingesetzter Produkte, Komponenten oder Materialien Nutzung von Mehrwegverpackungen bei Transporten
Unternehmerische Praxis	<p>WILO SE – Wiederverwendung ungebrauchter Retouren</p> <p>Die WILO SE ist ein Pumpenhersteller, deren Produkte Anwendung in der Gebäudetechnik, der Wasserwirtschaft, der Industrie und der Erstausrüsterbranche finden. Aufgrund von Fehl-, Falsch-, Doppel- und Retourlieferungen fallen bei dem Unternehmen jährlich 15.000 ungebrauchte, retournierte Produkte an. Bis 2015 gab es noch keine praktische Möglichkeit, diese bei WILO effizient wiederzuverwenden. Danach wurden jedoch Prozesse eingeführt, die die Wiederverwendung der Produkte fördern. Bspw. wurde ein Prozess eingeführt, den werkseigenen WILO Service in Deutschland mit diesen Produkten zu versorgen. Außerdem wurde ein Lagerort in SAP eingeführt, über den Mitarbeitende des Services den aktuellen Bestand einsehen und Produkte anfordern können. Über diesen Weg wird der werkseigene Service jährlich mit mehreren hundert Produkten im Wert von über 100.000 € versorgt. Zudem wurden Strukturen geschaffen, um retournierte Produkte, die nicht in der Hauptniederlassung gefertigt, aber dorthin verschickt wurden, mit neuen, korrekt deklarierten Verpackungen zu versehen und so wieder zu verkaufen. Dadurch können Waren im Wert von ca. 300.000 € wiederverwendet werden.</p>



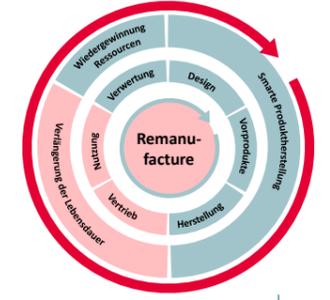
Repair	
Definition	Produkte pflegen und durch Reparatur weiternutzen
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Lebensdauer verlängern Voraussetzung: Hohe Reparaturfähigkeit (bspw. einfache Demontage)
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> grds. kostengünstiger als Neuproduktion Ressourceneinsparung Kundenbindung Reparatur und Wartung als Service oder Geschäftsmodell Bereits starke Etablierung im Maschinen- und Anlagenbau
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen zur Verlängerung der Lebensdauer können hohen Aufwand bedeuten Aufbau von Rückführ- und Reparaturkapazitäten
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Maschinen und Anlagen sind größere Investitionen; Reparatur daher lohnenswert Reparaturangebote schon weit etabliert Vorbeugende Instandhaltung durch Wartungsverträge
Unternehmerische Praxis	<p>HELLER Services GmbH - Komponentenreparaturzentren</p> <p>Die HELLER Gruppe entwickelt und produziert modernste CNC-Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme für die spanende Bearbeitung. HELLER bietet einen Reparaturservice für ihre Maschinen an. Dabei werden Upgrades, Retrofits, Generalüberholungen und zeitwertgerechte Reparaturen an werthaltigen Maschinenkomponenten vorgenommen oder Tauschbaugruppen und einbaufertige Service-Kits (u.a. von Spindeln) montiert.</p> <p>Die HELLER Gruppe hat dafür eigene Komponentenreparaturzentren aufgebaut, in denen Expert:innen die Reparaturen durchführen können. Durch die Verwendung von Originalersatzteilen und Qualitätstests vor der Auslieferung kann die volle Funktionsfähigkeit der Komponenten und Baugruppen gewährleistet werden.</p>



Refurbish	
Definition	Benutzte Produkte aufarbeiten und auf den neuesten Stand bringen
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Generalüberholung der Produkte • Ziel: Gleichwertigen Zustand wie zum Zeitpunkt des Inverkehrbringens wieder herstellen⁵⁹
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenvorteile für Unternehmen ohne bzw. mit geringfügigen Qualitätseinbußen • Ressourcen- und CO2-Einsparung gegenüber neuem Produkt
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Bewusstsein bei Kunden schaffen, gebrauchte Produkte weiter zu verwenden • Rückführlogistik muss aufgebaut werden • Akzeptanz für die Nutzung eines wiederaufbereiteten Produktes schaffen
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • Modulbauweise im MuA-Bau geeignet⁶⁰ • Wiederaufbereitung von Zerspanungswerkzeugen
Unternehmerische Praxis	<p>SKF - Wiederaufarbeitung und kundenspezifische Anpassung von Lagern</p> <p>SKF entwickelt und fertigt Wälzlager, Dichtungen, Schmier- und Zustandsüberwachungssysteme. Das Unternehmen bietet seinen Kund:innen zudem die Wiederaufarbeitung bzw. Rekonditionierung und kundenspezifische Anpassung von Wälzlagern an.</p> <p>Der Wiederaufarbeitungsprozess zum Beispiel im Railway Service and Support Center Schweinfurt umfasst die Analyse, bei der die Lager gereinigt, inspiziert und dokumentiert werden, sowie das eigentliche Wiederaufarbeiten, bei dem die Komponenten aufgearbeitet und montiert werden. Die Komponenten werden während des gesamten Prozesses mehreren Qualitätskontrollen unterzogen. Die Wiederaufbereitung ermöglicht eine Reduzierung der CO2-Bilanz eines Lagers um bis zu 90 % im Vergleich zu Neuware.</p>



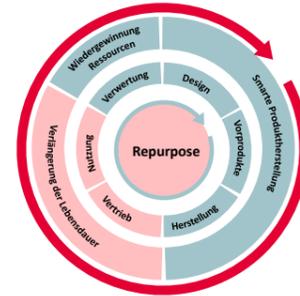
Remanufacture	
Definition	Teile aus defekten Produkten für neue Produkte nutzen, die dieselben Funktionen erfüllen
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Intensivierte Nutzung gebrauchter, funktionsfähiger Komponenten • Auf Produkt- und Komponentenebene anwendbar⁶¹
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> • Material-/Kosteneinsparung • Geringerer Energiebedarf als bei Neuherstellung⁶² • Aus Verschleißspuren für Folgeprodukte lernen
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Anreize für Kunden schaffen, gebrauchte Produkte zurückzubringen • Akzeptanz schaffen, ein Produkt mit gebrauchten Komponenten zu kaufen • Regulatorischer Rahmen: Änderung der RoHS-Richtlinie für alte, enthaltene Stoffe⁶³ • Erfüllen derselben Anforderungen wie bei Neuprodukten
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> • Generalüberholte Pumpen, Getriebe und Motoren
Unternehmerische Praxis	<p>Caterpillar - Energy Solutions X-Change</p> <p>Das X-Change-Programm ist ein Ersatzteilprogramm für mittlere und große Motoren der Marken MWM und Cat. Durch die Aufarbeitung und den Verkauf von X-Change-Teilen, -Motoren und -Aggregaten profitieren Kunden von Überholungs- und Reparaturleistungen.</p> <p>Die ausgetauschten Teile, die ihre ursprüngliche Lebensdauer erreicht haben, werden an Caterpillar Energy Solutions zurückgeschickt, wo sie gereinigt, zerlegt, inspiziert und wieder in einen neuwertigen Zustand versetzt werden. Dabei werden auch technologische Updates berücksichtigt, welche die Emissionen reduzieren und die Effizienz und Zuverlässigkeit erhöhen können.</p>



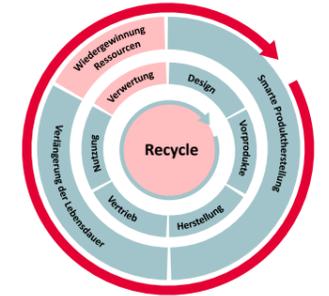
59 Vgl. VDMA, 2022
60 Vgl. Staufen AG, 2022

61 Vgl. VDMA, 2022
62 Vgl. Circular Economy Asia, o. D.-b
63 Vgl. ebd.

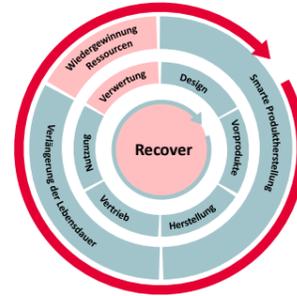
Repurpose	
Definition	Teile aus defekten Produkten für neue Produkte nutzen, die andere Funktionen erfüllen
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Einsatz von gebrauchten Produktkomponenten für einen neuen Einsatzbereich
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> Komponenten, die bestimmten Qualitätsansprüchen nicht genügen oder deren vormalige Anwendung nicht mehr existiert, können weiter genutzt und erneut verkauft werden Kostenvorteil gebrauchter Komponenten
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Aufrechterhalt notwendiger Qualitätsanforderungen bei Produkten, in denen gebrauchte Teile eingesetzt werden Nutzbarkeit sehr spezifisch hergestellter Komponenten nur eingeschränkt möglich 4oder unmöglich
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Upcycling, z.B. Verfahren für reinere Recyclingkunststoffe Einfach umrüstbare Anlagen (schnelle Reaktion)
Unternehmerische Praxis	<p>TKM Group - Zirkelmesser</p> <p>Die TKM Group entwickelt, produziert und vertreibt Industriemesser für viele verschiedene Industrien, u. a. für die Holz-, Papier-, Nahrungsmittel- und Recyclingindustrie. TKM hat gemeinsam mit weiteren Partner:innen ein Projekt ins Leben gerufen, bei dem Kreismesser der TKM Group nach ihrem Einsatz in der Papierindustrie zu hochwertigen Haushaltsmessern verarbeitet werden. Das Konzept wurde im Rahmen des "RegRes"-Projekts entwickelt. Darüber hinaus wird gemeinsam mit Materialhersteller:innen nach Möglichkeiten gesucht, die sortenrein eingesammelten Messer einzuschmelzen und daraus neue Rohlinge zu fertigen. Dadurch könnte der Messerstahlkreislauf völlig geschlossen werden. Durch die neu durchdachte Produktionskette werden keine neuen Rohmaterialien verbraucht, sondern 100 % Industrieabfälle genutzt. Alle beteiligten Unternehmen haben ihren Sitz im Bergischen Städtedreieck, sodass auch die Transportwege kurz sind. Außerdem wird dadurch nur ein Siebtel der Energie, ein Hundertstel des Wasserverbrauchs und nur ein Sechstel des CO2-Fußabdrucks benötigt.</p>



Recycle	
Definition	Materialien und Rohstoffe auf möglichst hohem Niveau wiederverwenden
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Aus nicht mehr wiederverwendbaren Komponenten und Produkten werden vorhandene Rohstoffe wiedergewonnen
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> Kostensenkung durch Einsparung von Primärrohstoffen Breitere Versorgungsmöglichkeit in Zeiten knapper Materialien Einsatz von Sekundärmaterial von vielen Kunden erwünscht.
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Risiko des Qualitätsverlusts von Material durch Downcycling Einsatz von Rezyklaten kann Besonderheiten im Vergleich zur Nutzung von Primärmaterial aufweisen - Prüfung notwendig. Rezyklatmärkte zum Teil volatil
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Nutzung von Sekundärrohstoffen im MuA Mechanisches Recycling: Zerkleinerung und Einschmelzung zur Wiederverwertung
Unternehmerische Praxis	<p>LEONHARD KURZ Stiftung & Co.KG – Restmaterial in eine Kreislaufwirtschaft führen</p> <p>LEONHARD KURZ ist ein Spezialist für Oberflächenveredelung, der das Rücknahme- und Recyclingprogramm RECOYS® entwickelt hat, um das PET-Restmaterial seiner Großkunden weiterzuverarbeiten und in eine Kreislaufwirtschaft zu bringen. Um in der eigenen Recyclinganlage aus dem Reststoff einen neuen Rohstoff herzustellen, nimmt KURZ das Restmaterial seiner Kunden wieder zurück. Wichtig ist, dass Kunden das PET-Restmaterial separat sammeln, um sicherzustellen, dass es sortenrein recycelt werden kann. Während des Recyclingprozesses wird das spritzgussfähige und hochwertige Granulat RECOPOUND® gewonnen. Aus dem Granulat können neue robuste Produkte hergestellt werden. Die Einsatzmöglichkeiten von RECOPOUND® sind vielfältig und sparen bis zu 40% CO2 im Vergleich zur Produktion mit Neumaterial. Produkte aus diesem Material können wiederum recykliert werden.</p>



Recover	
Definition	Energieinhalt von Reststoffen bzw. Biomasse aus organischen Abfällen wiedergewinnen
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Nutzenergie durch Verbrennung gewinnen Nutzung von Abfällen als Ersatzbrennstoff Keine Strategie der Circular Economy im engeren Sinne⁶⁴
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> Günstiger Strom bzw. Wärme Abfallprodukte der Verbrennung (z. B. Schlacke) können als Füllmaterial verwendet werden Anwendung nahezu überall möglich Attraktiv für Materialien, die nicht mehr anderweitig verwendet werden können, insofern sie für eine Verbrennung geeignet sind.
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> Zusatzkosten durch Abfallaufbereitung, z.B. Störstoffelimination und Gasreinigung⁶⁵
Anwendungsbeispiele	<ul style="list-style-type: none"> Thermische Verwertung von Klärschlämmen zur Substitution von fossilen Energieträgern als Brennstoff
Unternehmerische Praxis	<p>SAACKE GmbH - "Waste to Energy"</p> <p>Die Saacke GmbH bietet Lösungen für die Feuerungstechnologie an. Zu den Kompetenzfeldern des Unternehmens zählen Industrielösungen, Marine-Systeme und Customer Service Solutions. Bei der Pilotanlage "Araucária" in Brasilien werden Nebenprodukte aus Industrieprozessen energetisch verwertet. Mithilfe der neuen Anlage können die Nebenprodukte zu Brennstoff verarbeitet werden. Auch wenn der apparative Aufwand hoch ist und die Anlage den jeweiligen Anforderungen sehr präzise angepasst werden muss, lassen sich durch die alternativen Brennstoffe Kosten und über 70 % des fossilen Brennstoffs einsparen. Somit können die Abfallprodukte durch die energetische Verwertung noch sinnvoll weiterverwertet werden.</p>



5 Circular Economy 4.0 – wie Digitalisierung die Circular Economy im Maschinenbau unterstützen kann

In diesem Kapitel werden die Schnittstellen zwischen Digitalisierung und der Circular Economy vorgestellt. Insbesondere wird die zentrale Rolle dargestellt digitalen Instrumenten zur Ermöglichung der Circular Economy vorgestellt. Die Verarbeitung von produkt- oder materialbezogenen Informationen ist sehr wichtig für die Ermöglichung von Circular Economy und kann durch Werkzeuge wie dem Digitalen Produktpass bewerkstelligt werden. Mit einer Smart Circular Economy können digitale Technologien gezielt entlang des Lebenszyklus eines Produktes eingesetzt werden, um Elemente der Circular Economy zu etablieren.

die Tauglichkeit für eine zukünftige Nutzung einzuschätzen und einem gebrauchten Produkt einen fairen Preis zu geben.

Recycle: Wenn keine separate Sammlung von Einzel-Materialien erfolgt (Bsp. PET-Kunststoffflaschen), sind zusätzliche Informationen notwendig um von einem hochwertigen Recycling zu einem Recycling zu kommen, dass z.B. auch Food-Grade-Materialien hervorbringt. Für Kunststoffe werden beispielsweise Daten zu Additiven oder bedenklichen Inhaltsstoffen (substances of concern) usw. benötigt.

Aufgrund der Fülle der benötigten Daten und Informationen können die in den Beispielen aufgeführten Daten und Informationen letztlich nur über digitale Technologien erzeugt, gespeichert und verarbeitet werden. Digitalisierung ist daher ein wesentlicher Ermöglicher von Circular Economy.

5.1 Digitalisierung für die Circular Economy – Wie Digitalisierung Circular Economy ermöglicht

Die Circular Economy benötigt mehr Informationen als die lineare Wirtschaft. Dies wird schnell deutlich, wenn man einige der im vorherigen Kapitel dargestellten R-Strategien betrachtet. Hier einige Beispiele:

Rethink: Effiziente Ansätze wie vorausschauende Wartung beruhen auf der Verfügbarkeit von Daten über das „Verhalten“ von Maschinen in bestimmten Zeitabständen (bspw. Schwingungen), die gesammelt und ausgewertet werden müssen, um schon bei kleinen Abweichungen eingreifen zu können und größere Reparaturen möglichst zu verhindern.

Re-Use: Der Käufer einer gebrauchten Maschine wird neben der Ursprungsspezifikation auch wissen wollen, wie im bisherigen Lebenszyklus damit umgegangen wurde (bspw. Wartung und Reparaturen, Updates), wie viele Betriebsstunden bereits erreicht wurden, welche Veränderungen (Bauteile, Modernisierung, Upgrades) vorgenommen wurden usw. Diese Informationen erlauben es,

5.2 Informationen in Wertschöpfungsnetzen und Datenräumen teilen

Die Mehrzahl der R-Strategien wird durch das Zusammenspiel mehrerer Unternehmen oder Akteure ermöglicht. Beim Refurbishment bspw. zwischen Erst-Nutzendem, Refurbishern, Zweit-nutzenden usw. Beim Recycling zum Beispiel zwischen Produzenten, Konsumenten, Entsorgern und Recyclern. Die jeweils benötigten Informationen müssen daher wie oben beschrieben mit den Produkten oder Materialien mitgegeben werden oder anderweitig abrufbar sein.

Daten und Informationen fließen daher nicht mehr in einer „geraden Linie“ vom Anbietenden zum Kaufenden, sondern müssen zur Umsetzung der verschiedenen Strategien an so gut wie allen Punkten des Kreislaufs zur Verfügung stehen, da Produkte, Komponenten und Materialien in

64 Vgl. Prosperkolleg, o. D
65 Vgl. Quicker et al., 2017

Mehrfachverwendung auch in verschiedenen Wertschöpfungsketten Anwendung finden können. Ein Verpackungsmaterial könnte z.B. zunächst im Lebensmittelbereich und dann für eine Transportverpackung genutzt werden. So entsteht wie in Abbildung 9 dargestellt, ein branchenübergreifendes Wertschöpfungsnetz, in welchem ein Zugriff zu Daten oder Informationen möglich sein muss.

eine Maschine kann es sich bei den Stammdaten um Informationen wie Hersteller, Datum der Produktion, Inhaltsstoffe, bedenkliche Substanzen usw. handeln. Lebenszyklusdaten können z.B. vorgenommene Reparaturen, Veränderungen, Refurbishments usw. betreffen.

Hierbei spielt immer auch die Zurverfügungstellung von CE- oder umweltrelevanten Daten eine Rolle, denn ein Hauptziel von DPPs ist es, die Informationslücken zu schließen, die aktuell eine

(ESPR), welche bereits konkretere Vorgaben für DPP-Inhalte und Ziele formuliert (ganz zentral in den Artikeln 8 bis 13 und im Annex III).⁶⁷ Folgende Informations-Anforderungen werden für DPP formuliert:

- Langlebigkeit, Zuverlässigkeit, Wiederverwendbarkeit, Upgradability,
- Reparierbarkeit, Möglichkeit zu Wartung und Refurbishment,
- Substances of Concern,
- Energieverbrauch und Energieeffizienz,
- Ressourcenverbrauch und -effizienz,
- Verwendete recycelte Materialien,
- Möglichkeit des Remanufacturing oder Recyclings,
- Möglichkeit der Recovery von Materialien,
- Umweltwirkung (bspw. Carbon Footprint),
- Erwartete Abfallgenerierung.

Der Entwurf befindet sich allerdings noch in Verhandlung und wird erst in den kommenden Jahren finalisiert, sodass noch keine finale Anforderungsliste vorliegt und diese sich noch verändern kann. Eine weitere, bereits weiter fortgeschrittene Regulierung ist die sogenannte Batterieverordnung. Hier ist der Vorgang schon weiter vorangetrieben worden. Für eine Reihe von Batterien (für Elektrofahrzeuge, für leichte Verkehrsmittel sowie für industrielle und gewerbliche Zwecke mit einer Kapazität von mindestens 2 kWh) wird ein DPP (sog. „Batteriepass“) ab 2027 verpflichtend. Der Rat der Europäischen Union und das Europäische Parlament haben sich Anfang Dezember 2022 auf letzte Eckpunkte der EU-Batterieverordnung geeinigt, sodass diese im Verlauf des Jahres 2023 vermutlich verabschiedet wird.⁶⁸

Viele Fragen um den DPP, insbesondere hinsichtlich des IT-Systems, das diesen ermöglichen wird, sind zurzeit noch ungelöst. Viele Unternehmen, Verbände und Forschungsanstalten haben sich hier bereits auf den Weg gemacht Konzepte, Technologien und Angebote zu entwickeln. Neben der Einführung durch die EU gibt es noch weitere Initiativen, die aktuell DPPs begünstigen. Diese betreffen beispielsweise Informationsbedarfe zur Verantwortung in Lieferketten oder Aktivitäten zum wertschöpfungskettenweiten Reporting von Treibhausgas-Emissionen.⁶⁹ Ein zunehmend wichtiger Teilbereich digitaler Informationsbereitstellung ist der sogenannte Digitale Zwilling. Dabei handelt es sich um eine virtuelle Kopie eines Objektes aus der realen Welt in einer digitalen Umgebung, die sich wie ihr reales Gegenstück verhält. Mit der Industrial Digital Twin Association (IDTA)⁷⁰ ist der VDMA Mitbegründer eines wichtigen Netzwerkes für die Open-Source-Entwicklung des Digitalen Zwillings und somit an entscheidenden Punkten von Industrie 4.0 involviert, welche in der Folge zur Unterstützung von Circular Economy genutzt werden können. Zudem werden mit der Initiative Manufacturing-X Grundlagen für datenbasierte Umgebungen ganzer Lieferketten geschaffen, mit deren Hilfe Unternehmen branchenübergreifend Daten und Informationen austauschen können.⁷¹

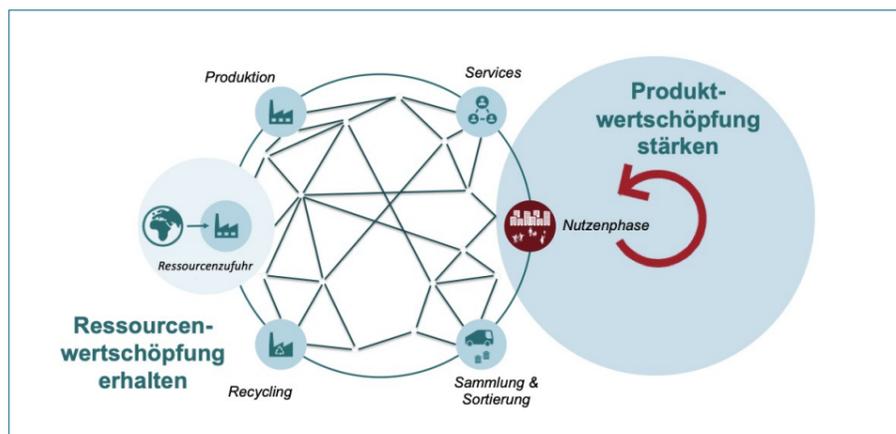


Abbildung 9: Die Circular Economy als vernetztes System
Quelle: Ramesohl et al. (2022).

Daten werden daher in Zukunft so standardisiert erzeugt werden, dass sie auch zwischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen zur Verfügung stehen können. Ein wichtiger Ermöglicher hierzu wird der Digitale Produktpass sein.

5.3 Der Produktpass als Ermöglicher der Smart Circular Economy

Digitale Produktpässe (DPPs)⁶⁶ sind Datensätze, die sowohl die Stammdaten eines Produktes als auch Lebenszyklusdaten enthalten. Bezogen auf

Circular Economy verhindern ohne das Know-How des Herstellers zu gefährden. DPPs verfügen daher über verschiedene Adressaten: Andere Unternehmen im Wertschöpfungsnetz sollen für sie wichtige CE-Informationen erhalten, Konsumentenden sollen nachhaltigere Kaufentscheidungen ermöglicht werden und auch Informationsbedarfe von Behörden sollen erfüllt werden. Verpflichtet zur Erstellung des Passes werden nach aktueller Lage immer die Inverkehrbringer eines jeweiligen Produktes.

Die Einführung von DPPs wird aktuell vor allem durch verschiedene Initiativen der EU vorangetrieben. Allen voran ist dies der Entwurf für die „Ecodesign for Sustainable Product Regulation“

⁶⁶ Beim Digitalen Produktpass (DPP) handelt es sich um ein Instrument zur Förderung von Produkttransparenz. Er wird ab 2024 europaweit schrittweise für zahlreiche Produktkategorien und Branchen eingeführt. Im Kern sollen produktbezogene Informationen in einem digitalen Format für verschiedene Zielgruppen bereitgestellt werden und durch diese abrufbar sein

⁶⁷ Weitere Planungen für Digitale Produktpässe bestehen für folgende Produkte: Bauprodukte (geplante Bauprodukteverordnung) und Textilien (EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles).

⁶⁸ Siehe [https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-revision-of-the-eu-battery-directive-\(refit\)](https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-european-green-deal/file-revision-of-the-eu-battery-directive-(refit)) (letzter Zugriff: 20.03.2023).

⁶⁹ Ansprechpersonen beim VDMA sind: Frederike Krebs, Referentin Umwelt und Nachhaltigkeit, für Fragen rund um den DPP (frederike.krebs@vdma.org); Judith Herzog-Kuballa, Referentin Umwelt und Nachhaltigkeit, für Fragen rund um ESG-Reporting und -Verantwortung in Lieferketten (judith.herzog@vdma.org); Anna Feldmann, Project Manager Climate Neutral Production (anna.feldmann@vdma.org) & Hannah Lena Harlos, Referentin Umwelt und Nachhaltigkeit (hannah.harlos@vdma.org) für Fragen rund um wertschöpfungskettenweites Reporting von Treibhausgas-Emissionen.

⁷⁰ Siehe: <https://industrialdigitaltwin.org/> (letzter Abruf: 20.03.2023).

⁷¹ Siehe: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Standardartikel/manufacturing-x.html> (letzter Abruf: 20.03.2023).

5.4 Smart Circular Economy und ihre Anwendungsfelder im Maschinen- und Anlagenbau

Mit dem Fortschreiten der Digitalisierung für eine Circular Economy ergeben sich zahlreiche neue Chancen für Unternehmen. Diese wurden im Konzept einer Smart Circular Economy zusammengefasst.⁷²

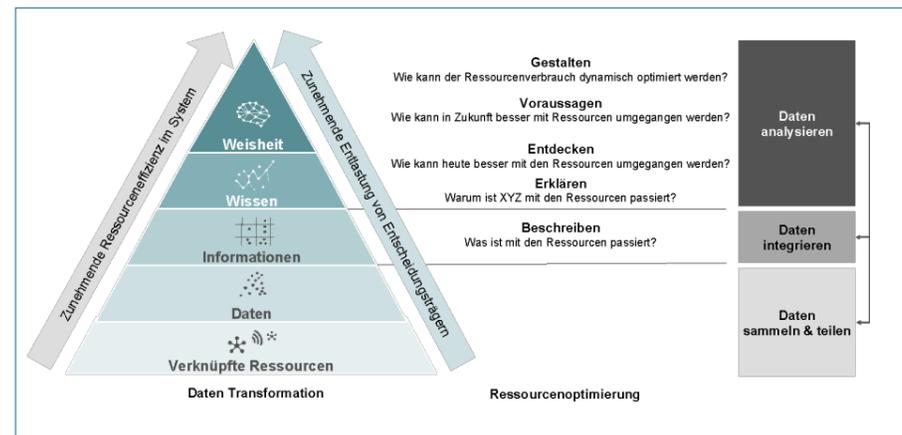


Abbildung 10: Smart Circular Economy
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Kristoffersen et al. (2020).

Abbildung 10 veranschaulicht die Idee der Smart Circular Economy. Ausgehend von der Fähigkeit Daten zu erzeugen, können weitere Kompetenzen aufgebaut werden. Diese ermöglichen es Unternehmen, ihre Strategien im Umgang mit Materialien, Produkten und Energie zu verbessern. Dies beginnt mit der Fähigkeit, Ressourcenflüsse sowie ihr Ver- und Gebrauchsmuster überhaupt erst zu verstehen und kann bis zu automatisierten Abläufen zur Kreislaufführung reichen. Abbildung 11 zeigt dies auf.

	Wiederherstellen, reduzieren und vermeiden	Teile und Produkte wieder in Umlauf bringen	Materialien wieder in Umlauf bringen
"Smartest"	Vorschrift <ul style="list-style-type: none"> • Automatisches Abfall-Ressourcen-Matching • Selbstverwaltende adaptive Beschaffungspläne 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonome Bestimmung der Notwendigkeit der Produkte • Planung der Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonome Kosten-Nutzen-Analyse • Durchführung einer End-of-Life-Strategie
	Vorhersage <ul style="list-style-type: none"> • Antizipieren von Veränderungen in der Wertschöpfungskette 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhersage und automatische Planung des Lebenszyklus-verlängernden Betriebs 	<ul style="list-style-type: none"> • Prognose des Verhaltens der Endverbraucher
"Smarter"	Feststellung <ul style="list-style-type: none"> • Erforschung alternativer Abfall-Ressourcen-Kombinationen und möglicher Ökosysteme 	<ul style="list-style-type: none"> • Sondierung verschiedener Optionen für lebenszyklusverlängernde Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung und Erforschung neuer und effektiver Materialkaskaden
	Diagnostik <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung des Einsatzes verschiedener Materialqualitäten 	<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung des Bedarfs an lebenszyklusverlängernden Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatische Erkennung der Materialqualität für die richtige Auswahl der End-of-Life-Strategie
"Smart"	Beschreibend <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung der Menge und des Zeitpunkts der aktuellen Materialflüsse 	<ul style="list-style-type: none"> • Auslösen einer Reparaturanforderung als Reaktion auf Meldungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung des Standorts und der Menge des Materials für eine optimale Behandlung

Abbildung 11: Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten digitaler Technologien
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Kristoffersen et al. (2020).

Digitale Technologien liefern in diesem Zuge viele weitere Möglichkeiten zur Umsetzung einer Circular Economy. Zum Beispiel können die genannten Strategien nicht nur im eigenen Unternehmen Anwendung finden, sondern auch als Services angeboten werden. Viele Anstrengungen bestehen auch im Bereich der Sortierung von Abfällen zur Verbesserung von Sortierergebnissen, was wiederum mehr und höherwertiges Recycling ermöglicht.

Die Einführung digitaler Ökosysteme in Wertschöpfungsnetzen und -ketten führt zu unternehmensübergreifenden Aktivitäten, zur Ermöglichung von Rücknahmesystemen usw. Letztlich fußt dies aber immer auf der Fähigkeit, Daten (auf neuen Wegen) zu erzeugen, diese klug zu verarbeiten und in die Anwendung zu bringen. Die digitale Circular Economy entwickelt sich schnell und es lohnt sich, das Thema weiterzuerfolgen.

⁷² Mehr dazu findet sich bspw. hier: <https://circuitnord.com/wp04-smart-circular-economy/> (letzter Abruf: 02.03.2023).

Hislop, H.; Hill, J. (2011): Reinventing the wheel: a circular economy for resource security, verfügbar unter: <https://green-alliance.org.uk/wp-content/uploads/2021/11/Reinventing-the-wheel.pdf>

(Zugriff am: 16.01.2023).

Industrie und Handelskammer Köln (2022): Neues Kaufrecht seit 1. Januar 2022, verfügbar unter: <https://www.ihk.de/koeln/hauptnavigation/recht-steuern/recht/neues-kaufrecht-ab-1-januar-2022-5302968>

(Zugriff am: 17.01.2023),

IPCC (2022): Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, verfügbar unter: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf

(Zugriff am: 29.11.2022).

Jansen, M.; Gerstenberger, B.; Bitter-Krahe, J.; Berg, H.; Sebestyén, J.; Schneider, J. (2022): Current Approaches to the Digital Product Passport for a Circular Economy, verfügbar unter: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docid/8042/file/WP198.pdf>

(Zugriff am: 16.01.2023).

Jonker, J.; Faber, N.; Haaker, T. (2022): Quick Scan Circular Business Models, verfügbar unter: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/quick-scan-circular-business-models_ebook.pdf

(Zugriff am: 16.01.2023).

Kircherr, J.; Reike, D.; Hekkert, M. (2017): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions, Resources, Conservation and Recycling, Volume 127, 2017, Pages 221-232, verfügbar unter: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0921344917302835?token=8062592BD46270F96BDAD8FCB34116DAAD006704CB5CACBA334BA676825D0B0343636860DFC009B151C8EC8EDE054890&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221130143855>

(Zugriff am: 30.11.2022).

Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P., & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. Journal of Business Research, 120, 241-261.

Krügler, E.; Schmitt, C. (2013): Projektverträge im Anlagenbau und für vergleichbare Investitionsprojekte, verfügbar unter: https://www.google.de/books/edition/Projektvertr%C3%A4ge_im_Anlagenbau_und_f%C3%BCr/KJYhBAAQBAJ?hl=de&gbpv=0

(Zugriff am: 16.01.2023).

Lacy, P.; Long, J.; Spindler, W. (2020): The Circular Economy Handbook - Realizing the Circular Advantage, Palgrave Macmillan, London.

Lacy, P.; Rutqvist, J. (2015): Waste to Wealth – The Circular Economy Advantage, Palgrave Macmillan, London.

Morseletto, P. (2020): Targets for a circular economy, Resources, Conservation and Recycling, Volume 153, verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919304598>

(Zugriff am: 12.12.2022).

Mosangini, G.; Tuncer, B. (2020): Circular Economy Business Strategies, verfügbar unter: <https://www.theswitchers.eu/wp-content/uploads/2020/03/Strategies-for-the-Development-of-Circular-Economy-Business-Model-FINAL...-1.pdf>

(Zugriff am: 16.01.2023).

Niederrheinische Industrie- und Handelskammer (2022): Gewährleistung, Umtausch und Garantie beim Kaufvertrag, verfügbar unter: <https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/3958662/722106bf6fd49022ecdbc520fe11a7f3/gewaehrleistung-umtausch-und-garantie-beim-kaufvertrag-data.pdf>

(Zugriff am 20.12.2022).

OECD (2019): Business Models for the Circular Economy, verfügbar unter: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/business-models-for-the-circular-economy_g2g9dd62-en

(Zugriff am: 16.01.2023).

Potting, J.; Hekkert, M.; Worrell, E.; Hanemaijjer, A. (2017): Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain, 2017, verfügbar unter: <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>

(Zugriff am: 30.11.2022).

Prosperkolleg (o. D.): Produkte und Materialien mit der Hilfe der R-Strategien im Kreislauf führen, verfügbar unter: <https://prosperkolleg.de/r-strategien/>

(Zugriff am: 24.08.2022).

PWC (2019): The road to circularity - Why a circular economy is becoming the new normal, 2019, verfügbar unter: <https://www.pwc.de/de/nachhaltigkeit/pwc-circular-economy-study-2019.pdf>

(Zugriff am: 30.11.2022).

PWC (2020): Impact of COVID-19 on the supply chain industry, verfügbar unter: <https://www.pwc.com/ng/en/assets/pdf/impact-of-covid19-the-supply-chain-industry.pdf>

(Zugriff am: 16.01.2023).

Quicker, P.; Neuerburg, F.; Noel, Y.; Huras, A. (2017): Sachstand zu den alternativen Verfahren für die thermische Entsorgung von Abfällen, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-06_texte_17-2017_alternative-thermische-verfahren_0.pdf

(Zugriff am 07.12.2022).

Ramesohl, S., Berg, H., & Wirtz, J. (2022). Circular Economy und Digitalisierung-Strategien für die digital-ökologische Industrietransformation: eine Studie im Auftrag von Huawei Technologies Deutschland GmbH.

Rat für nachhaltige Entwicklung (2021): Circular Economy: Leveraging a Sustainable Transformation, verfügbar unter: https://www.nachhaltigkeitsrat.de/wp-content/uploads/2022/02/20211005_RNE-Statement_Circular-Economy-1.pdf

(Zugriff am: 16.01.2023).

Robert Bosch AG (o. D.): Ressourceneffizienz durch Digitalisierung in der Produktion steigern, verfügbar unter:

Sander, K.; Wagner, L.; Jepsen, D.; Zimmermann, T.; Schomerus, T. (2019): Gesamtkonzept zum Umgang mit Elektro(alt)geräten – Vorbereitung zur Wiederverwendung, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-03-04_texte_gesamtkonzept-eag.pdf

(Zugriff am: 21.12.2022).

Schomerus, T.; Fabian, M.; Fouquet, D.; Nysten, J. V. (2014): Juristisches Gutachten über die Förderung der Vorbereitung zur Wiederverwendung von Elektro-Altgeräten im Sinne der zweiten Stufe der Abfallhierarchie, verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_36_2014_komplett_0.pdf

(Zugriff am: 21.12.2022).

Statista (2022): Wichtigste Länder weltweit nach Umsatz im Maschinenbau in den Jahren von 2019 bis 2021, verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154143/umfrage/umsatz-im-maschinenbau-2009-nach-laendern/>

(Zugriff am: 16.01.2023).

Staufen AG (2022): Green Transformation im Maschinen- und Anlagenbau, verfügbar unter: <https://www.staufen.ag/insights/studien-whitepaper/studie-green-transformation-2022/>

(Zugriff am: 24.08.2022).

Steffen, W.; Richardson, K.; Rockstrom, J.; Cornell, S.E.; Fetzer, I.; Bennett, E.M.; Biggs, R.; Carpenter, S. R.; de Vries, W.; de Wit C.A.; Folke, C.; Gerne, D.; Heinke, J.; Mace, G.M.; Persson, L.M.; Ramanathan, V.; Reyers, B.; Sorlin, S. (2015): Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet, *Sci*, 347 (6223), verfügbar unter: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855> (Zugriff am: 29.11.2022).

VDMA (2020): VDMA Position zum Remanufacturing und Refurbishment.

VDMA; McKinsey (2022): Nachhaltigkeit – Chance für den Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland, verfügbar unter: https://www.mckinsey.de/~ /media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/publikationen/2022-07-21%20maschinenbau%20nachhaltigkeit/mckinsey_vdma_juli%202022.pdf (Zugriff am: 16.01.2023).

Wallat, P.; Grasser, F. (2019): Einflussfaktoren einer Recycling-gerechten Konstruktion auf die Linear- und Kreislaufwirtschaft, verfügbar unter: https://www.imw.tu-clausthal.de/fileadmin/Forschung/InstMitt/2019/Konstruktionsmethodik_und_rechnerunterstuetzte_Produktentwicklung/Wal_19.pdf (Zugriff am: 16.01.2023).

Weber, K. H. (2007): Inbetriebnahme verfahrenstechnischer Anlagen, verfügbar unter: https://www.google.de/books/edition/Inbetriebnahme_verfahrenstechnischer_An/eJ4fBAAQBAJ?hl=de&gbpv=0 (Zugriff am: 16.01.2023).

Wilts, H.; Berg, H. (2017): Digitale Kreislaufwirtschaft: Die Digitale Transformation als Wegbereiter ressourcenschonender Stoffkreisläufe, verfügbar unter: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6977/file/6977_Wilts.pdf (Zugriff am: 17.01.2023).

Wilts, H.; Berg, H.; Seyring, N.; Vahle, T.; Herrmann, S.; Kick, M.; Müller-Kirschbaum, T. (2022): NRW 2030: Von der fossilen Vergangenheit zur zirkulären Zukunft, verfügbar unter: https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/nrw2030_zirkulaere_zukunft.pdf (Zugriff am: 30.11.2022).

Xu, Z.; Elomri, A.; Kerbache, L.; El Omri, A. (2020): Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives, verfügbar unter: https://www.academia.edu/53632304/Impacts_of_COVID_19_on_Global_Supply_Chains_Facts_and_Perspective (Zugriff am: 16.01.2023).

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Abbildung der Kreislaufwirtschaft	8
Abbildung 2:	Treiber der Circular Economy	9
Abbildung 3:	Politische Steuerung	10
Abbildung 4:	Auflistung der R-Strategien.	11
Abbildung 5:	Fahrplan für die zirkuläre Transformation	11
Abbildung 6:	Unternehmen der Circular Economy	12
Abbildung 7:	Maßnahmen der Transformation	13
Abbildung 8:	Übersicht zum Abfallbegriff	15
Abbildung 9:	Die Circular Economy als vernetztes System	32
Abbildung 10:	Smart Circular Economy	34
Abbildung 11:	Übersicht der Anwendungsmöglichkeiten digitaler Technologien	35

Impressum

VDMA

Umwelt und Nachhaltigkeit
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Layout

VDMA DesignStudio

Titelbild, Seite 4, Seite 59

@ shutterstock

Produktion

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG
Frankfurt am Main

Copyright

© VDMA Umwelt und Nachhaltigkeit

Redaktion

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Dr. Holger Berg
Maïke Demandt
Giacomo Sebis

VDMA

Umwelt und
Nachhaltigkeit

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Internet www.vdma.org

Kontakt

Dr. Sarah Brückner
E-Mail sarah.brueckner@vdma.org

Frederike Krebs
E-Mail frederikex.krebs@vdma.org

<https://vdma.org>