

Kreislaufwirtschaft in produzierenden Unternehmen



Implementierung von Kreislaufwirtschaft in produzierenden Unternehmen

Ein Leitfaden für Mitglieder

September 2024 www.hessenmetall.de

Impressum

Autoren:

Jonas Barth, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen
Technische Universität Darmstadt
J.Barth@PTW.TU-Darmstadt.de

Sophie Sandner, M.Sc.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen
Technische Universität Darmstadt
S.Sandner@PTW.TU-Darmstadt.de

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich

Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen
Technische Universität Darmstadt
J.Metternich@PTW.TU-Darmstadt.de

Claudia Allonas, Dipl.-Kffr.

Gründerin und CEO
Up-Preneurs
Claudia.Allonas@upstream.eco

Carina Bühler, M.Sc.

Projektleitung
Up-Preneurs
Carina.Buehler@upstream.eco

Ansprechpartner:

Nikolaus Schade

Leiter Arbeitswissenschaft HESSENMETALL
T +49 69 95808-180
E-Mail: nikolaus.schade@hessenmetall.de

Herausgeber:

HESSENMETALL

Verband der Metall- und Elektro-Unternehmen Hessen e. V.
Emil-von-Behring-Straße 4, 60439 Frankfurt am Main
T +49 69 95808-0
E-Mail: info@hessenmetall.de
www.hessenmetall.de

Dieser Leitfaden wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Er ersetzt gleichwohl die Beratung im Einzelfall nicht. Mit der Bitte um Verständnis wird darauf hingewiesen, dass keinerlei Haftung übernommen wird. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird das generische Maskulinum verwendet. Die verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich - sofern nicht anders kenntlich gemacht - auf alle Geschlechter.

© HESSENMETALL/September 2024

Vorwort

Die globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sind u. a. der Klimawandel, Ressourcenknappheit und Umweltverschmutzung. Diese fordern von uns allen ein Umdenken ein.

Besonders produzierende Unternehmen stehen im Fokus, da sie einen erheblichen Anteil an der Ressourcennutzung und den daraus resultierenden Umweltauswirkungen haben. Traditionell werden Produkte und die damit verbundenen Dienstleistungen nach einer linearen Logik geplant, die sich an den Phasen Entwickeln, Produzieren, Nutzen und Entsorgen orientiert. Im besten Fall kommt es am Lebensdauerende zu einer Zweitverwertung oder schließlich zum Recycling von Rohstoffen.

Die Kreislaufwirtschaft stellt eine Transformation dieses traditionellen linearen Wirtschaftsmodells dar. Durch das Erhalten und Rückführen von Produkten und ihren Komponenten auf einer möglichst hohen Wertschöpfungsstufe sollen Ressourcen geschont und negative Umweltwirkungen reduziert werden. Gelingen wird die Umstellung zu einer Kreislaufwirtschaft jedoch nur, wenn sich der ökologische Nutzen auch mit ökonomischen Vorteilen für die handelnden Unternehmen verbinden lässt. Hierfür ist ein Umdenken bei der Gestaltung von Produkten und Prozessen und den zugehörigen Vergütungsmodellen notwendig. An vielen Stellen sind Kreativität und clevere Ideen gefragt, um für Hersteller, Anwender und weitere Partner in der logistischen Kette attraktive Bedingungen zum Mitmachen zu schaffen.

Dieser Leitfaden bietet daher einen Überblick über die wichtigsten Strategien, Good Practices und Handlungsempfehlungen, um den Übergang zur Kreislaufwirtschaft erfolgreich zu gestalten und eigene, kreislauffähige Geschäftsmodelle zu entwickeln. Er zeigt auf, wie Unternehmen durch innovative Ansätze und Technologien nicht nur Abfall reduzieren, sondern auch den Wert ihrer Produkte über den gesamten Lebenszyklus hinweg steigern können. Ziel ist es, nachhaltiges Wirtschaften mit einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit zu verbinden.

Wir bedanken uns beim Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt, deren Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „ROKK - Reifegradbasierte Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft in KMU“ in den Leitfaden eingeflossen sind. Ebenso bedanken wir uns beim Unternehmen Up-Preneur, das Praxisbeispiele beigesteuert hat.

Unser Dank gilt auch den beteiligten Unternehmen, die uns für den Leitfaden ihre Praxisbeispiele zur Verfügung gestellt haben.

Wir hoffen, dass dieser Leitfaden die Mitglieder von HESSENMETALL dazu inspiriert, die Transformation zu einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Produktion aktiv zu gestalten und wünschen Ihnen viel Erfolg auf Ihrem Weg in eine zirkuläre Zukunft!

Dirk Pollert
Hauptgeschäftsführer HESSENMETALL

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Institutsleiter PTW, TU Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Vorwort.....	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
1. Einführung in die Kreislaufwirtschaft.....	5
1.1 Definition und Ziele.....	5
1.2 Werterhaltungsstrategien	6
1.3 Chancen und Herausforderungen für Unternehmen	9
1.4 Handlungsfelder einer kreislauffähigen Wertschöpfung.....	10
2. Kreislaufwirtschaft in der Praxis - Was wird bisher gemacht?.....	13
3. Der Weg zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung	35
4. Fazit und Ausblick	38
Literaturverzeichnis	39
Anhang.....	41
1. Hilfsblatt Werterhaltungsstrategien.....	41
2. Maßnahmenkatalog.....	44
3. Aktionsliste	46

1. Einführung in die Kreislaufwirtschaft

Es stellt sich nicht mehr die Frage, ob ein Wandel hin zu einem weltweit nachhaltigen Ressourcenverbrauch und einer nachhaltigen Ressourcenproduktion notwendig ist, sondern wie er schnellstmöglich umgesetzt werden kann. [1]

Mit dieser deutlichen Botschaft beginnt der Bericht „Global Resources Outlook 2024“ des International Resource Panel (IRP), welcher die dringliche Transformation zum nachhaltigen Ressourcenverbrauch und zur nachhaltigen Produktion betont. Das Wirtschaftssystem der Kreislaufwirtschaft (engl. Circular Economy) bietet Unternehmen vielversprechende Ansätze, das Thema der Nachhaltigkeit in den gesamten Produktlebenszyklus einzubringen. Das der Kreislaufwirtschaft zugrundeliegende kreislauffähige Wertschöpfungs- und Nutzungsmodell ist ein Gegenentwurf zur derzeit dominierenden linearen Wertschöpfung. Diese ist gekennzeichnet durch das Prinzip des Nehmens, Herstellens und Wegwerfens von Ressourcen und Produkten und verursacht so einen unnötig hohen Ressourcenverbrauch. Lineares Wirtschaften steht damit gesellschaftlich und politisch immer stärker unter Druck. So verabschiedete das Europäische Parlament beispielsweise im Juli 2024 eine Richtlinie, in der Hersteller eines Produkts verpflichtet werden, den Nutzenden das Recht auf Reparatur ihrer Produkte gewähren zu müssen [2]. Dies soll der linearen Wertschöpfung entgegenwirken und das Konzept der Wieder- und Weiterverwendung von Produkten festigen.

Die Umstellung des Wirtschafts- und Wertschöpfungssystems auf ein kreislauffähiges wird jedoch erst dann erfolgen, wenn produzierende Unternehmen die Wichtigkeit des Themas erkennen, die Wieder- und Weiterverwendung von Ressourcen und Produkten in ihr eigenes Zielsystem aufnehmen und die Zielerreichung mit Maßnahmen hinterlegen. Um produzierenden Unternehmen ein grundlegendes Verständnis zu geben, wie dies gelingen kann, wird in diesem Kapitel zunächst das übergeordnete Konzept der Kreislaufwirtschaft sowie die zugrundeliegenden Ziele erläutert. Anschließend werden Strategien vorgestellt, auf denen die Werterhaltung von Materialien, Produkten und Komponenten in der kreislauffähigen Wertschöpfung beruhen. Das Kapitel schließt mit einer Vorstellung von Handlungsfeldern, an denen angesetzt werden kann, um einen Wandel in der produzierenden Industrie zu beginnen.

1.1 Definition und Ziele

Das Europäische Parlament definiert Kreislaufwirtschaft als "ein Produktions- und Verbrauchsmodell, bei dem vorhandene Materialien und Produkte so lange wie möglich gemeinsam genutzt, geleast, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und recycelt werden. Auf diese Weise wird der Lebenszyklus von Produkten verlängert" [3].

Auch wenn es eine Vielzahl davon abweichender Definitionen gibt, wird jedoch weitestgehend derselbe Verbesserungsansatz gewählt, der über das allgemein bekannte Recycling weit hinausgeht. Fälschlicherweise wird Kreislaufwirtschaft umgangssprachlich oft mit Abfallwirtschaft gleichgesetzt. Jedoch ist das Konzept der Kreislaufwirtschaft weiter gefasst, da es ein gesamtes Wertschöpfungs- und Werterhaltungssystem beschreibt, welches von der Produktentwicklung über Herstellung und Nutzung bis hin zur Rückführung und Wiederverwendung reicht.

Die Ziele des Konzepts Kreislaufwirtschaft sind vielfältig und umfassend. Hauptziele sind das Schließen und Verlangsamten von Produkt-Lebenszyklen bzw. Ressourcenkreisläufen, das Minimieren von Abfällen und die Nachhaltigkeit im übergeordneten Sinne [4]. Diese Ziele greifen eng ineinander und lassen sich spezifischer in die folgenden Zieldimensionen überführen (vgl. Abbildung 1).

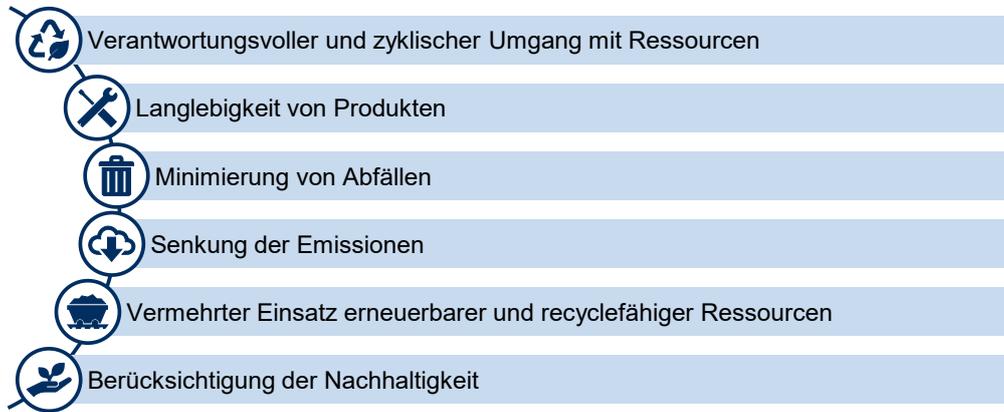


Abbildung 1: Konkretisierte Ziele der Kreislaufwirtschaft (eigene Abbildung)

Ein Betrachten der Historie der Kreislaufwirtschaft zeigt, dass der grundlegende Gedanke nicht neu ist und sich die Entwicklung des Begriffs in drei Phasen einteilen lässt.

Die erste Phase, die sog. Kreislaufwirtschaft 1.0, begann bereits in den 1970er Jahren. Zu dieser Zeit stand das Thema der Abfallwirtschaft im Fokus. Daraus entstand die Abfallhierarchie „Reduce, Reuse, Recycle“ (*Reduzieren, Wiederverwenden und Wiederverwerten*), was wiederum die Grundlage für heutige Strategien der Kreislaufwirtschaft bildet [5].

In der Zeitspanne zwischen 1990 und 2010 entstand im Rahmen der Kreislaufwirtschaft 2.0 der sog. Cradle-to-Cradle-Ansatz (C2C). Bei diesem Ansatz liegt der Fokus insbesondere auf der Recyclinginfrastruktur, um den Output eines Produktlebenszyklus' als Input für ein neues Produkt zu verwerten. Die Umsetzung von C2C kann sowohl auf biologischer (Produktion biologisch abbaubarer Produkte zur Regenerierung von Rohstoffen) als auch auf technischer Ebene (Nutzung von separierten Alt-Materialien als Rohstoff für die Produktion) erfolgen [6].

In der dritten und heutigen Phase, der Kreislaufwirtschaft 3.0, zeichnet sich zum einen die Neugestaltung von Geschäftsmodellen hinsichtlich nachhaltiger Faktoren [7] sowie die Werterhaltung von Ressourcen als Schlüsselfaktoren ab [8]. Das sog. Downcycling von Materialien (z. B. Umwandlung Altkleidern zu Putzlappen) sowie das konventionelle Recycling (z. B. Pfandflaschen) wird zunehmend durch den Versuch der Werterhaltung, also die vollständige Wiederaufbereitung von Materialien und Komponenten, abgelöst. Hieraus ergeben sich für den Produktlebenszyklus zehn Werterhaltungsstrategien, die im Folgenden erläutert werden.

1.2 Werterhaltungsstrategien

Bei Werterhaltungsstrategien handelt es sich um Strategien mit dem übergeordneten Ziel der Werterhaltung von Materialien und Ressourcen. Die Implementierung dieser Strategien führt

wiederum zur Reduktion von Primärressourcenbedarfen und Abfällen, wodurch die damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Umwelt reduziert werden. [9]

Die Werterhaltungsstrategien werden auch als R-Strategien bezeichnet. Die ursprünglichen R-Strategien (Repair, Reuse, Recycle) wurden mehrfach ergänzt, weshalb in der Literatur je nach Quelle derzeit bis zu zehn R-Strategien vorgeschlagen werden [10]. Die derzeit am häufigsten verwendete Definition der R-Strategien wurde im Jahr 2017 eingeführt [5]. In der folgenden Tabelle 1 werden diese detaillierter vorgestellt.

Tabelle 1: Beschreibung der R-Strategien

Narrow the Loop	<p>R0 -Refuse Produkte werden überflüssig, indem ihre Funktion aufgegeben oder durch ein anderes Produkt erfüllt werden. (z. B. Plastikstrohhalm)</p> <p>R1 -Rethink Ein Umdenken hinsichtlich der Produktnutzung findet statt, beispielsweise liegt die geteilte Produktnutzung anstelle des Besitzes des Produkts im Fokus. (z. B. Car Sharing [11])</p> <p>R2 -Reduce Erhöhen der Ressourceneffizienz bei der Herstellung oder Verwendung von Produkten, indem weniger natürliche Ressourcen und Materialien verbraucht werden. (z. B. Austausch von Kühlsystemen zur Steigerung der Effizienz)</p>
Slow the Loop	<p>R3 -Reuse Wiederverwendung eines ausrangierten Produkts, das noch in gutem Zustand ist und seine ursprüngliche Funktion erfüllt. (z. B. Wiederverwendung von Batteriesystemgehäusen [12])</p> <p>R4 -Repair Reparatur und Wartung eines defekten Produkts, damit es mit seiner ursprünglichen Funktion verwendet werden kann. Oftmals geht dies mit geringerer Qualität gegenüber dem Neuprodukt einher. (z. B. Reparatur von Fahrradschläuchen)</p> <p>R5 -Refurbish Überholung oder Instandsetzung eines ausrangierten Produkts und durch den Austausch einzelner neuer Komponenten. Die Qualität entspricht in etwa der des Neuprodukts. (z. B. Aufbereitung von Smartphones durch Austausch des Akkus zum Wiederverkauf)</p> <p>R6 -Remanufacture Umfängliche Aufbereitung aller Teile eines ausrangierten Produkts zu einem neuen Produkt mit der gleichen Funktion. Die Qualität entspricht oder übersteigt die eines Neuprodukts. (z. B. Generalüberholung von Baumaschinen durch Demontage und Remontage aller Bauteile mit aufbereiteten Einzelteilen [13])</p> <p>R7 -Repurpose Verwendung ausrangierter Produkte oder ihrer Teile in einem neuen Produkt mit einer anderen Funktion. (z. B. Upcycling von alten Europaletten zu Balkonmöbeln, Einsatz von Automobilbatterien in PV-Anlagen)</p>
Close the Loop	<p>R8 -Recycle Verarbeitung von Materialien, um die gleiche (hochwertige) oder niedrigere (minderwertige) Qualität zu erhalten (z. B. Uhrgehäuse aus recycelten Kaffeekapseln [14])</p> <p>R9 -Recover Verbrennung von Materialien mit Energierückgewinnung</p>

Die R-Strategien lassen sich drei grundlegenden Prinzipien zuordnen. Diese Prinzipien basieren auf der Einordnung der Strategien in den Produktlebenszyklus eines Produkts und lauten Narrow the Loop (R0 bis R2), Slow the Loop (R3 bis R7) und Close the Loop (R8 und R9). Die entsprechende Einordnung in den Kontext der kreislauffähigen Wertschöpfung kann Abbildung 2 entnommen werden. In dieser Abbildung ist der klassische Produktlebenszyklus der linearen Wirtschaft anhand des grauen Pfeils dargestellt. Nach diesem entsteht ein Produkt nach der Ressourcenentnahme im Rahmen der Neuproduktion, wird anschließend genutzt und sobald das Nutzungsende erreicht ist, wird es entsorgt.

Die verschiedenen Prinzipien zur Einordnung der R-Strategien verfolgend unterschiedliche Ziele, diesen linearen Ablauf zyklisch umzugestalten und diese Zyklen effizienter zu machen. So beinhaltet das Prinzip zur Verengung der Kreisläufe (Narrow the Loop) Strategien, mit denen hauptsächlich die Menge der Ressourcen in einem Kreislauf verringert werden soll. Dies kann beispielsweise durch das Umdenken von Produkten und ihrer Nutzung sowie der Reduktion von Materialien erfolgen.

Das zweite Prinzip zur Verlangsamung der Kreisläufe (Slow the Loop) fokussiert die Verlängerung der Lebensdauer eines Produkts oder seiner Teile, um die Dauer bis zur finalen Entsorgung eines Produkts oder Materials zu erhöhen. Dies kann beispielsweise durch das Erleichtern von Reparaturen erreicht werden.

Hat ein Produkt oder Material das Ende seiner Lebensdauer erreicht, kommen die Strategien des dritten Prinzips zum Schließen der Kreisläufe (Close the Loop) zum Einsatz, durch welche die Ressourcen eines Produkts als Rohstoffe zur Herstellung eines neuen Produkts genutzt werden. [5] Tendenziell sind die Strategien des Prinzips Narrow the Loop höherwertiger als die Strategien Slow the Loop und Close the Loop, da sie die in einem Produkt enthaltene Wertschöpfung erhalten. Somit kann beispielsweise eine direkte Wiederverwendung von Produkten (Reuse – R3) höherwertiger eingestuft werden als die Refabrikation (Remanufacturing – R6), da keine Wertschöpfung am Produkt zerstört wird und das Produkt lediglich direkt zwischen den Nutzenden weitergegeben wird.

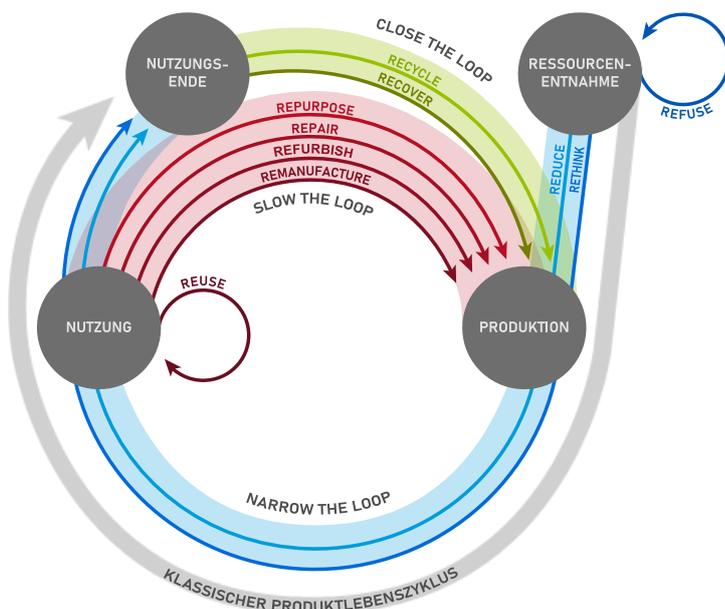


Abbildung 2: Kreislauf der Wertschöpfung [eigene Abbildung basierend auf 15]

1.3 Chancen und Herausforderungen für Unternehmen

Produzierende Unternehmen haben einen entscheidenden Stellenwert für die Transformation der deutschen Wirtschaft zu einer Kreislaufwirtschaft. Dies wird auch durch die neue Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) Deutschlands [16] untermauert, welche das Ziel verfolgt, Unternehmen anzuhalten, ihre Produktions- und Geschäftsprozesse so umzugestalten, dass sie Abfälle reduzieren, Rohstoffe effizienter nutzen und ihre Fortschritte im Bereich der Nachhaltigkeit detailliert berichten. Auf europäischer Ebene betont die Europäische Kommission, dass eine stärkere Kreislaufwirtschaft wesentlich zur Erreichung der Klimaziele und zur Verringerung der Ressourcennutzung in der gesamten EU beitragen wird [17].

Aufbauend auf diesen Zielen hat die EU 2024 die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) eingeführt, um die Transparenz und das Reporting im Hinblick auf Nachhaltigkeit zu stärken [18]. Für berichtspflichtige Unternehmen bedeutet diese Richtlinie konkret, dass sie, sollten sie es nicht bereits im eigenen Interesse tun, formal angehalten sind Nachhaltigkeitsinformationen offenzulegen, diese in ihre Finanzberichte aufzunehmen und die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in ihre Unternehmensstrategie zu fördern.

Zwar verursacht die Implementierung der Prinzipien einer Kreislaufführung und der R-Strategien zunächst einen Mehraufwand. Jedoch ist zu erwarten, dass insbesondere ressourcenintensive Branchen wie der Maschinen- und Anlagenbau davon profitieren können, wenn Materialien und Komponenten wieder- und weiterverwendet werden. Eine Umfrage mittelständischer Unternehmen im Jahr 2021 hat zwar ergeben, dass etwa 77 % der Teilnehmenden das Thema Nachhaltigkeit als Notwendigkeit für die Zukunftsfähigkeit des Mittelstands sehen und Nachhaltigkeit auch als Chance für Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit sehen (69 %), jedoch haben bislang erst etwa ein Drittel (35 %) der Befragten eine Nachhaltigkeitsstrategie für sich definiert. Erst 19 % haben bereits neue Geschäftsfelder aufgebaut [19]. Die Ergebnisse dieser Befragung zeigen, dass die Kreislaufwirtschaft mit hohen Potenzialen verbunden wird, jedoch auch großen Herausforderungen gegenübersteht u. a., da Aufwand und Nutzen zeitlich teilweise stark auseinanderfallen. Die folgende Abbildung 3 gibt einen Überblick über Treiber und Hemmnisse für die Implementierung von Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft. [20]

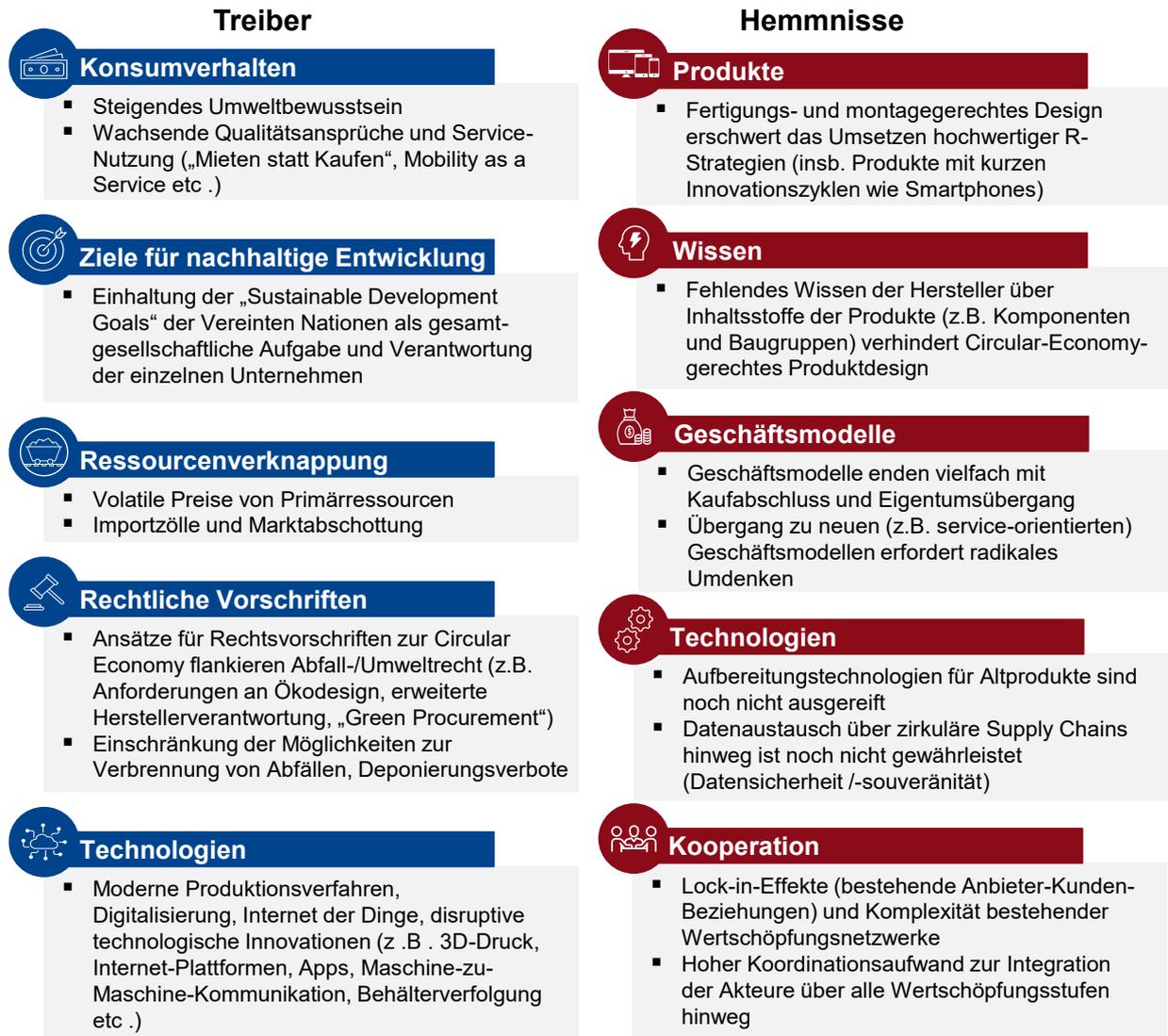


Abbildung 3: Übersicht über Treiber und Hemmnisse der Kreislaufwirtschaft. [Eigene Abbildung basierend auf 20]

1.4 Handlungsfelder einer kreislauffähigen Wertschöpfung

Aufgrund der Komplexität des Themas der Kreislaufwirtschaft stehen Unternehmen oft vor der Herausforderung, dieses für sich zu adaptieren und Anknüpfungspunkte zu finden. Aus diesem Grund wurde gemeinsam mit den Mitgliedsunternehmen Wetropa und Peikko im Rahmen des Zukunftsprojektes ROKK (Reifegradbasierte Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft in KMU) innerhalb des Netzwerkes Mittelstand-Digital ein Gestaltungsrahmen für eine kreislauffähige Wertschöpfung in produzierenden Unternehmen entwickelt. Dieser ist in die Dimensionen Produkt, Prozess und Organisation unterteilt, welche durch acht Handlungsfelder konkretisiert werden. Diese Handlungsfelder sollen produzierenden Unternehmen eine Orientierungshilfe für ihre eigene Transformation hin zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung bieten. Die folgende

Tabelle 2 zeigt diesen Gestaltungsrahmen mit beispielhaften Aspekten einer kreislauffähigen Wertschöpfung in den Dimensionen Produkt, Prozess und Organisation.

Tabelle 2: Handlungsfelder und beispielhafte Ausgestaltungen [in Anlehnung an [21]]

Dimension	Handlungsfeld	Beispielhafte Ausgestaltung
Produkt	Material	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gezielte Materialauswahl zur Unterstützung einer hochwertigen R-Strategie und maximalen Werterhaltung ○ Effizienter und verschwendungsfreier Materialeinsatz ○ ...
	Produktentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modular aufgebaute Produktstrukturen, die ein Produkt nach dem Aspekt der hochwertigen Wiederverwendung segmentieren ○ Integration von Produkteigenschaften, die eine Wieder- und Weiterverwendung befähigen, wie z. B. Demontierbarkeit ○ ...
	Geschäftsmodell	<ul style="list-style-type: none"> ○ Wert- und Serviceangebot, welches zirkuläres Verhalten fördert und den Rückfluss von Produkten zur Wiederverwertung anreizt ○ Gezielte Identifikation von Gewinnpotenzialen durch Unternehmen durch Adressierung der Werterhaltungsstrategien, z. B. Gewinnmargen durch die Aufarbeitung von Produkten [22] ○ Steigern der Kundenakzeptanz für Produkte mit einem hohen Anteil an wiederverwendeten Komponenten, bspw. durch Garantien ○ ...
Prozess	Supply Chain und Logistik	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gestaltung und Betrieb von Rückführprozessen von Nutzenden zum Unternehmen ○ Effizienter Umgang mit rückgeführten Produkten im Unternehmen durch schlanke und rückwärtsgerichtete Logistik-, Befundungs- und Aufarbeitungsprozesse ○ ...
	Produktion und Technologie	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gestaltung schlanker Materialflüssen für das Zusammenführen gebrauchter, aufbereiteter und neuer Komponenten ○ Qualitätsmanagement für wiederverwendete Produkte und Komponenten zur Sicherstellung der Standards wie bei Neuteilen ○ Nutzung und Lebensdauerbetrachtung von internen Ressourcen, wie Maschinen und Anlagen ○ ...

Fortsetzung s. nächste Seite

Organisation	Management	<ul style="list-style-type: none"> ○ Strategische Ausrichtung auf eine kreislauffähige Wertschöpfung, Identifikation von Potenzialbereichen, Start mit Leuchtturmprojekten ○ Mehrperiodische Berechnung von Aufwand und Nutzen sowie einzelnen Bereichen Aussetzen klassischer Pay-Back Ziele ○ Messung und Bewertung des Unternehmenserfolgs hinsichtlich Kreislauffähigkeit z. B. anhand der Product-Level Circularity Metric (PCM) [23] ○ ...
	Mitarbeitende und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identifikation von vorhandenen Kompetenzen der Mitarbeitenden z. B. für eine Aufarbeitung von Komponenten ○ Kompetenzentwicklung und Qualifikation zur Gestaltung der kreislauffähigen Wertschöpfung ○ ...
	Kommunikation und Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kommunikation mit Kunden und Feedback hinsichtlich der Obsoleszenz von Komponenten eines Produkts ○ Verständnis erzeugen, welche Art der Wiederverwendung bzw. welche R-Strategie für den Kunden akzeptabel ist und unter welchen Konditionen dies der Fall ist ○ Aktive Zusammenarbeit mit Lieferanten und Partnern zur Identifizierung von Rückführungswegen der Produkte ○ ...

2. Kreislaufwirtschaft in der Praxis - Was wird bisher gemacht?

Die Bedeutung der Kreislaufwirtschaft zur Gestaltung eines nachhaltigen Wirtschaftssystems steigt erst seit ca. 2013 durch die Aktivitäten der Ellen MacArthur Foundation [24] und erhielt 2015 durch den Aktionsplan der Europäischen Kommission für eine Kreislaufwirtschaft [25] ein politisches Preisschild für die Industrie. Dennoch ist die Kreislaufwirtschaft, wie in Kapitel 1 herausgestellt, kein neues Thema. Einige produzierende Unternehmen haben Prinzipien und Strategien der Kreislaufwirtschaft bereits umgesetzt. Aus diesem Grund werden im Folgenden fünf Praxisbeispiele vorgestellt, in denen gezeigt wird, wie eine kreislauffähige Wertschöpfung in der industriellen Praxis umgesetzt werden kann. Die vorgestellten Praxisbeispiele und abgeleiteten Erkenntnisse entstammen aus Projekten des Unternehmens Up-Preneurs und dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt. Die Beispiele werden anhand der zuvor vorgestellten Handlungsfelder eingeordnet.

Beispiel 1 – ReFoam & RePaper in der Verpackungsindustrie

Wetropa Packaging GmbH & Co. KG

Beispiel 2 – Industrielle Aufbereitung von Altteilen

ZF Friedrichshafen AG Werk Bielefeld

Beispiel 3 – Kreislauffähiges Bauen

Peikko Deutschland GmbH

Beispiel 4 – Kupferextraktion aus Trowalierschlamm

Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG

Beispiel 5 – Feuerfestes Material aus Ofenausbruch

Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG

Beispiel 1 - ReFoam & RePaper

FOAM to FOAM und PAPER to PAPER Kreislauf in einer Individuellen Verpackungsfertigung etablieren

Berücksichtigte R-Strategien										Aktueller Stand
R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	<ul style="list-style-type: none"> • Vision • Konzeption • In Umsetzung • Abgeschlossen / In Betrieb
Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	

<p>Unternehmen: Wetropa Packaging GmbH & Co.KG</p> <p>Branche: Verpackungsbranche</p> <p>Unternehmensgröße: 150 Mitarbeitende</p>	
<p>Handlungsfelder des Unternehmens:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Die Verpackungslösungen von Wetropa bestehen aus Schaumstoffen und Papier. ReFoam besteht aus nachhaltigen Schaumstoffen, die als Mono-Materialien sortenrein und vollständig recycelbar sind. Zudem sind sie langlebig und sparen gegenüber herkömmlichen Schäumen CO₂ ein. RePaper sind Verpackungslösungen aus Wabenpaletten, welche leicht und stabil sowie ganzheitlich nachhaltig sind. • Produktentwicklung: Eine effiziente Nutzung der Materialien spielt in der Entwicklung der Produkte eine entscheidende Rolle für Wetropa. Zudem zeichnet sie sich durch eine hohe Individualität der Lösungen und besonderen Anforderungen hinsichtlich der Belastungen wie z. B. Stoßeigenschaften aus. • Geschäftsmodell: Durch die Aktivitäten im Bereich der Kreislaufwirtschaft konnte Wetropa Kosteneinsparungen beim Material für die Produkte erzielen. • Produktion und Technologie: Die Herstellung der Produkte erfolgt in einem Wertstrom, der nach den Prinzipien der schlanken Produktion gestaltet ist. Für Produktionsabfälle existieren bei Wetropa genaue Konzepte, wie diese wieder- und weiterverwendet werden.

	<ul style="list-style-type: none"> • Management: Aktivitäten zur Steigerung der Nachhaltigkeit werden von der Geschäftsführung aktiv getrieben und Projekte angestoßen. • Mitarbeitende und Kompetenzen: Durch die vorgelebte Führungskultur werden Mitarbeitende für das Thema Kreislaufwirtschaft sensibilisiert. Weiterbildungen für Mitarbeitende sind ein Erfolgsfaktor zur erfolgreichen Integration der kreislauffähigen Produktgruppen. • Kommunikation und Netzwerk: Ein modernes und niederschwelliges Marketing wird als Erfolgsfaktor zur Verbreitung der Aktivitäten in der Kreislaufwirtschaft gesehen. Über Social Media werden neue Projekte und Produkte aktiv beworben.
<p>Nutzen/ Einsparungen:</p>	<p>Durch die Integration kreislauffähiger Produkte zeigte sich folgender Nutzen für Wetropa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Materialkostenquote • Gewinnung von Neukunden und Projekten • Reduzierung der Durchlaufzeit • Standardisierung der Entwicklung • Entstehung eines neuen Markennamens
<p>Zeitraumen:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Seit 01/2021 bis voraussichtlich Ende 2024

Projekt – ReFoam und RePaper

Projekthintergrund

ReFoam und RePaper verfolgen das Ziel, nachhaltige Verpackungslösungen anzubieten. Als Unternehmen in der Verpackungsbranche sieht Wetropa es als Verpflichtung an, das Thema Kreislaufwirtschaft aktiv und intrinsisch motiviert anzugehen. Kunden und Wettbewerber beschäftigten sich zu Beginn des Projekts teilweise noch nicht oder nur sehr oberflächlich mit dem Thema „Nachhaltige Verpackung“. Viele von ihnen wurden durch die Produktgruppen ReFoam und RePaper erst aufmerksam. ReFoam und RePaper sollten als Synonym für die nachhaltigen Verpackungslösungen etabliert werden.

Beschreibung

Der Projektstart begann mit einer Analyse der Bedeutung von Nachhaltigkeit und wie dieses Thema auch auf Unternehmen der Verpackungsbranche übertragen werden kann. Schnell zeigte sich, dass der Kreislauf der betrachteten Materialien entscheidend ist.

Damit ein Kreislauf initiiert werden kann, werden Materialien benötigt, die sich im Kreislauf bewegen können. Wetropa arbeitet mit Polyethylen (PE)-Schäumen und Wabenplatten aus Karton. Aus beiden Materialien werden mittels CNC-gesteuerten Maschinen individuelle Konturen ausgeschnitten, die von Hand oder teilautomatisiert zu einer individuell angepassten Verpackung zusammengefügt werden. Während die Wabenplatten aus Karton weniger problematisch hinsichtlich der Weiterverwendbarkeit im Kreislauf sind, stellt der Schaumstoff das Unternehmen vor größere Probleme.

PE-Schäume existieren in zwei Formen, in vernetzten und unvernetzten Schäumen. Vernetzte Schäume sind im Kreislauf nicht wieder verarbeitbar, unvernetzte hingegen lassen sich sehr gut granulieren und erneut zu Schaum weiterverarbeiten. Um einen möglichst niedrigen CO₂-Fußabdruck zu generieren, müssen ReFoam und RePaper mit so wenig Energieeinsatz wie möglich und immer über eine fest definierte Prozesskette hergestellt werden. Bei Wetropa wurden die Prozesse daher analysiert und definiert, konstruktive Guidelines erstellt und der Vertrieb auf ReFoam und RePaper geschult.

Das Ziel wurde erreicht und ReFoam und RePaper sind mit hohen zweistelligen Prozentwerten am Artikelmix von Wetropa beteiligt, mittlerweile als meistverkaufte Artikelgruppen. Die bei der Produktion entstandenen Reste, Stanzgitter oder Schneidgitter, werden gesammelt und bei Partnerunternehmen regranuliert. Dieses Granulat wird anschließend wieder als Ausgangsmaterial genutzt, wodurch der Kreislauf final geschlossen wird. Auch Kunden und Wettbewerber können Verpackungen oder produktive Reste an Wetropa liefern, so dass diese nach einer Kontrolle in den Kreislauf FOAM to FOAM zurückgeführt werden.

REFOAM 
foam packaging



REPAPER 
paper packaging



Abbildung 4: Verpackungslösungen aus den Produktgruppen ReFoam und RePaper (© Wetropa)

Zukünftige Maßnahmen

- Weiter Aufklärungsarbeit leisten bezüglich PE-Schäumen und deren Kreislauffähigkeiten
- Ausbau des Bereichs RePaper, um eine Alternative zu Verpackungen aus PE-Schaum zu bieten
- Weitere Bewertung und Optimierung der Fertigungsprozesse hinsichtlich des CO₂-Fußabdrucks

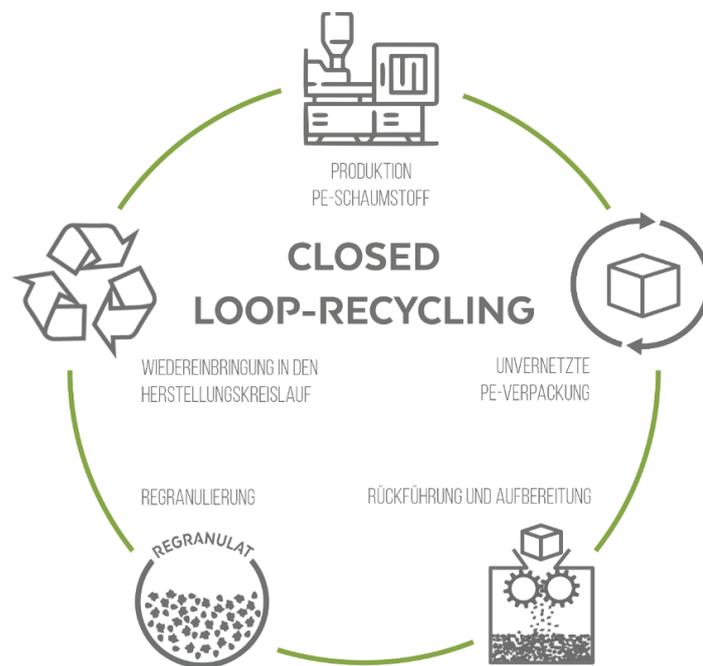


Abbildung 5: Kreislauf der PE-Schäume von Wetropa (© Wetropa)

Beispiel 2 - Remanufacturing bei ZF Friedrichshafen AG Werk

Bielefeld

Kreislaufwirtschaft ist bei ZF am Standort Bielefeld die Grundlage des Geschäftsmodells. Ressourcenschonende industrielle Aufarbeitung von 10.000 t Altteilen jährlich wird seit 1963 umgesetzt.

Berücksichtigte R-Strategien										Aktueller Stand
R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	<ul style="list-style-type: none"> • Vision • Konzeption • In Umsetzung • Abgeschlossen / In Betrieb
Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	

Unternehmen: Branche: Unternehmensgröße:	ZF Friedrichshafen AG Werk Bielefeld Automotive 221 Mitarbeitende
Handlungsfelder:	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Alle verfügbaren Materialien werden von „ZF Materials Warehouse“ geprüft und klassifiziert, so dass spätere Umweltauswirkungen frühzeitig erkannt und vermieden werden können. Auf nicht-recyclebare oder giftige Produktkomponenten wird dabei so weit wie möglich verzichtet. So werden bereits heute ca. 95 % recyclingfähige Materialien in ZF-Produkten verarbeitet. • Produktentwicklung: Um das Remanufacturing zu ermöglichen, werden die grundlegenden technischen Voraussetzungen bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase berücksichtigt. Es wird nach dem Prinzip Design for Environment gearbeitet. • Geschäftsmodell: Die Wertschöpfung am Standort Bielefeld basiert grundlegend auf der Aufarbeitung. Zu den Kunden gehören große Nutzfahrzeughersteller, für die der Anreiz zur Nutzung aufgearbeiteter Produkte in einer attraktiven Preisgestaltung liegt. Ein weiterer Kunde ist der ZF- sowie der freie unabhängige Aftermarket. • Supply Chain und Logistik: Zur aktiven Gestaltung des Remanufacturing-Kreislaufs sind Großhändler und Werk-

stätten die wichtigsten Lieferanten für Altteile. Diese werden entsprechend der gelieferten Sortenreinheit entlohnt.

- **Produktion und Technologie:** Die Aufarbeitung der Produkte erfolgt in industriell organisierten Prozessen, welche in einem hybriden Wertstrom angeordnet sind. Dies bedeutet, dass die Zerlegung bis auf Komponentenebene und die erneute Zusammenführung zu einem neuen Produkt unter einem Fabrikdach geschieht.
- **Management:** Auch darüber hinaus hat ZF das Bekenntnis zu einer nachhaltigen Unternehmensführung und einem umfassenden Umweltschutz fest in den eigenen Leitlinien verankert. Das Ziel ist es, den Energie- und Ressourcenverbrauch im Werk weiter zu reduzieren. Dafür sollen zum einen technische Maßnahmen sorgen, wie zum Beispiel die Substitution einer Heiß-Waschanlage, der Austausch der Beleuchtung, eine E-Staplerflotte oder der Einsatz von energieeffizienten Kompressoren.
- **Mitarbeitende und Kompetenzen:** Die Mitarbeitenden zeigen ein hohes Maß an technischem Know-how in den Prozessen, aber auch über das Produkt und dessen Komponenten. Entspricht eine Komponente nicht den Qualitätsvorgaben, so wird durch Aufarbeitung versucht, diese vor der Verschrottung zu bewahren.
- **Kommunikation und Netzwerk:** Als Vorreiter im Bereich Remanufacturing ist der Standort Bielefeld in zahlreichen regionalen und nationalen Netzwerken vertreten. Hier bindet ZF Akteure der Wertschöpfung aktiv in Netzwerkaktivitäten ein. In Forschungsprojekten mit Universitäten und Hochschulen werden Konzepte zur effizienten Gestaltung der industriellen Aufarbeitung vorangetrieben. Zudem erhielt das Unternehmen den Deutschen Nachhaltigkeitspreis 2023 in der Kategorie Automobilindustrie.

Projekt – Remanufacturing Programm

Projekthintergrund

Die Potenziale des Remanufacturing wurden von ZF früh erkannt. Es zeigte sich, dass nach dem Auslaufen von Serienprodukten die Aufarbeitung deutlich günstiger ist als das Nachproduzieren neuer Komponenten. Ein weiterer Vorteil zeigt sich im potenziellen

Technik-Upgrade der Produkte bei gleichzeitiger Garantie der Erstausrüstungs-Qualität. Somit weisen aufgearbeitete Produkte mindestens den Qualitätsstandard von neuen auf oder sogar einen besseren. In der Motivation des Unternehmens zeigt sich, dass hier nicht allein die Nachhaltigkeit im Vordergrund steht, sondern Kosteneffizienz und Verfügbarkeiten eine entscheidende unternehmerische Rolle spielen.

Beschreibung

Motiviert durch die zuvor genannten Aspekte werden bei ZF im Werk Bielefeld Kupplungsscheiben, Druckplatten und weitere Produktgruppen seit 1963 industriell aufgearbeitet und dem Markt anschließend wieder als neuwertige Ersatzteile zugeführt. Durch diese Aufarbeitung von mehr als 340.000 Kupplungsdruckplatten und -scheiben jährlich kann allein bei ZF in Bielefeld etwa 10.000 t Material eingespart werden.

Der Remanufacturing-Prozess startet, sobald die Altteile (sog. „Cores“) wieder im Unternehmen sind. Nach einer Sortierung nach Artikelgruppen werden die Produkte demontiert und anschließend gereinigt. Danach beginnt der eigentliche Aufarbeitungsprozess, in dem die Komponenten inspiziert und basierend auf Kriterien der Kunden aussortiert bzw. aufgearbeitet werden. Bei der Aufarbeitung zeigt sich das technische Know-how der Mitarbeitenden, um die Komponenten in einen neuwertigen Zustand zu versetzen. Anschließend werden die Komponenten remontiert, geprüft und wieder an den Kunden versendet.

Grundlegend für die Kreislaufführung der Produkte ist das Cradle to Cradle Prinzip [6] – eines der grundlegenden Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Zur Minimierung der Umweltbelastungen und des Abfalls werden hier Materialien in technischen Kreisläufen ohne Qualitätsverlust gehalten. Nach diesem Prinzip sind nahezu alle Produktgruppen von ZF zertifiziert.

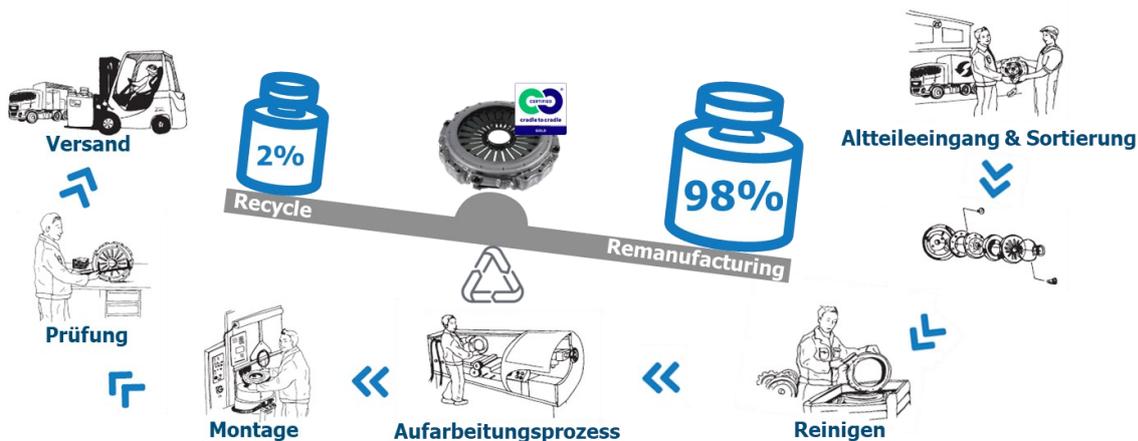


Abbildung 6: Aufarbeitungskreislauf bei ZF Bielefeld (® ZF)

Nutzen

Die Aufarbeitung der Produkte und Komponenten hilft, die Nutzungsdauer älterer Fahrzeuge zu erhöhen. Konkret zeigen die beschriebenen Aktivitäten die folgenden Effekte:

- ca. 70 – 90 % Materialeinsparungen
- Bis zu 90 % Energieeinsparungen
- Reduzierung des Carbon Footprints

Zukünftige Maßnahmen

Nachdem die Prozesse der Aufarbeitung in der Produktion von ZF etabliert sind, strebt das Unternehmen nach einer weiteren Steigerung der Effizienz des Wertstroms und einer Verbesserung der Rückführprozesse. Dies wird gemeinsam mit dem Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt im Forschungsprojekt [Remanet](#) angestrebt. Zudem arbeitet ZF mit Recyclingunternehmen zusammen, mit denen z. B. Magnete gerettet werden, welche in entsorgten Bauteilen vorhanden sind. Ein weiteres Beispiel für Maßnahmen im Bereich Recycling ist das Trennen von alten Belägen in ihre Bestandteile (Kupfer, Kohlenstoff und weitere Fraktionen). Diese Materialien werden anschließend wieder einem Fertigungsprozess zugeführt.

Beispiel 3 - Kreislauffähiges Bauen mit Peikko

Das Unternehmen Peikko Deutschland ermöglicht durch clevere Verbindungstechnik und Stahlkonstruktionen die Wieder- und Weiterverwendung von Baukomponenten.

Berücksichtigte R-Strategien										Aktueller Stand
R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	<ul style="list-style-type: none"> • Vision • Konzeption • In Umsetzung • Abgeschlossen / In Betrieb
Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	

Unternehmen: Branche: Unternehmensgröße:	Peikko Deutschland GmbH Metallverarbeitung 180 Mitarbeitende
Handlungsfelder:	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Produkte werden bei Peikko aus Stählen mit hohen Güteklassen hergestellt, welche gleichzeitig einen hohen Recycling-Anteil enthalten. Bei der Auswahl der Materialien wird zudem darauf geachtet, dass diese es ermöglichen, Abfälle im Prozess sinnvoll zu recyceln. Zudem ist bei Stahlkonstruktionen auf eine gute Trennbarkeit von Beton und Stahl zu achten, um diese im Kreislauf zu halten. • Produktentwicklung: Einsparungen des Materials werden bei der Konstruktion neuer Lösungen direkt mitgedacht, da diese in der Baubranche einen hohen Einfluss auf die CO₂-Bilanz haben. Die Materialeffizienz wird durch die Reduktion und Vermeidung von Schrott und Abfällen während des Herstellungsprozesses aktiv schon in der Produktentwicklung berücksichtigt. Die Wiederverwendung von Baugruppen aus dem Markt wird explizit bei der Gestaltung berücksichtigt. Die Demontierbarkeit der Baugruppen im Bauwesen über Verschraubungen ist zudem ein relevantes Kriterium zur Sicherstellung der Wiederverwendbarkeit. • Geschäftsmodell: Erkenntnisse von Peikko zeigen, dass das Geschäftsmodell ein entscheidender Faktor ist, aber es hier keinen Schnellschuss in Richtung Kreislaufwirtschaft geben darf, sondern langfristig gedacht werden muss.

- **Supply Chain und Logistik:** Für Peikko zeigt sich, dass die Stahlherstellung und auch die Betonverarbeitung nah am eigenen Werk liegen sollten, um Logistikwege gering zu halten. Hier setzt das Unternehmen auf eine Kooperation mit einem Logistikunternehmen, welches einen speziellen Fokus auf Nachhaltigkeit, z. B. durch den Einsatz von Bio-Kraftstoffen, hat.
- **Produktion und Technologie:** Bei der Fertigung von Stahlkonstruktionen wird zukünftig auf den Prozess des Schmiedens gesetzt, da dieser effizienter hinsichtlich der Material- und Energienutzung ist.
- **Management:** Das Streben nach einer kreislauffähigen Wertschöpfung wurde von den Führungskräften der Peikko Group aus Finnland auf Peikko Deutschland übertragen. Das Handeln und Denken des Managements und der Führungskräfte des Unternehmens richten sich klar nach der kreislauffähigen Vision des Unternehmens. Somit fördert das Unternehmen intern Projekte zur Verbesserung der Kreislauffähigkeit der Produkte und Lösungen und arbeitet auch aktiv an Forschungsprojekten mit.
- **Mitarbeitende und Kompetenzen:** Für Peikko hat sich gezeigt, dass die Weiterbildung von Fach- und Führungskräften zu Themen der Kreislaufwirtschaft ein entscheidender Faktor bei der Transformation ist. Die aktive Beteiligung der Mitarbeitenden in Projekten und das Einbringen von Fachwissen wird gefördert.
- **Kommunikation und Netzwerk:** Das Marketing zu den Aktivitäten im Bereich Kreislaufwirtschaft wird gezielt gefördert, da sich gezeigt hat, dass dies einen Mehrwert in der Branche bietet. Zudem werden die Projekte durch das Management im Rahmen von Veranstaltungen, wie z. B. dem AK Nachhaltigkeit von HESSENMETALL, vorgestellt.

Projekt – DELTABEAM® Green

Projekthintergrund

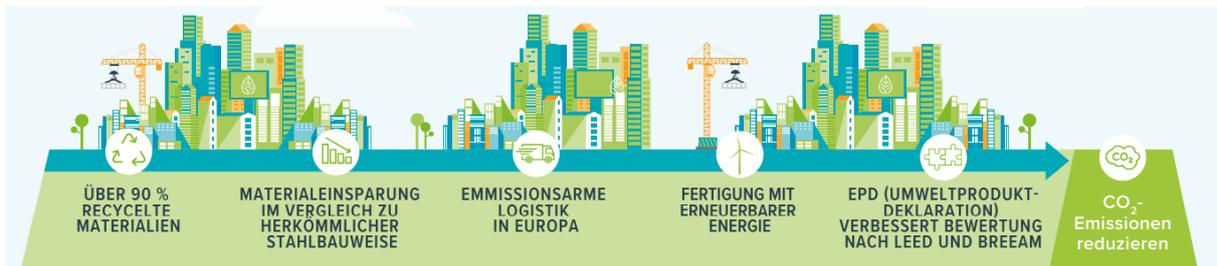
Die Baubranche zeichnet sich durch eine hohe Ressourcenintensität aus und leistet einen hohen Beitrag zum globalen CO₂-Ausstoß. Eine nachhaltige und ressourcenschonende Bauweise lässt sich durch eine Verringerung der Gebäudehöhe und somit einem reduzierten Einsatz von Materialien, wie z. B. Rohre, Verkleidungen und Beton, erreichen. Hierzu können

Slim-Floor Konstruktionen eingesetzt werden, mit denen sich die Gebäudehöhe um ca. 10% verringern lässt. Hierzu hat die Peikko Group DELTABEAM® Green entwickelt.

Beschreibung

Zur Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks von Gebäuden wurde von Peikko DELTABEAM® Green entwickelt. Diese Lösung besteht zu 90 % aus recyceltem Stahl und wird mit erneuerbaren Energien hergestellt. DELTABEAM® Green Verbundträger basieren auf einem umweltfreundlichen Design. Eine Reduktion der CO₂-Emissionen von bis zu 50 % kann erreicht und durch eine Umweltproduktdeklaration (EPD) mittels einer produktspezifischen Lebenszyklusanalyse bestätigt werden.

Erfahren Sie mehr zum Projekt: [DELTABEAM® Green](#)



Nutzen

Im Rahmen einer Studie zum Vergleich der Lösung mit bestehenden Alternativen wurde eine Berechnung anhand eines 10-geschossigen Bürogebäudes erstellt. Hierbei zeigte sich, dass durch DELTABEAM® Green 64 % niedrigere Emissionen im Vergleich zu herkömmlichen Fertigteilträgern anfallen und im Vergleich zur bestehenden DELTABEAM® Lösung 59 % weniger CO₂ in der Bilanz verzeichnet werden kann.

DELTABEAM® Green leistet somit einen Beitrag zur Gestaltung von Slim-Floor Konstruktionen und optimiert somit den Materialeinsatz durch die Reduktion der Menge an Neumaterial.

Erkenntnisse und Erfolgsfaktoren

Peikko hat bereits 2016 die ersten Schritte in eine Kreislaufwirtschaft in der Baubranche unternommen. Hieraus hat das Unternehmen eine Reihe an wertvollen Erfolgsfaktoren ableiten können [26]:

- Die Unternehmensführung muss den Geschäftswert von Kreislaufwirtschaft und die potenziellen Veränderungen, die diese für das Geschäftsmodell des Unternehmens bedeuten können, kennen.
- Das Unternehmen muss langfristig denken, da die Änderung des Geschäftsmodells keine Schnellschussübung ist.

- Viele Unternehmen müssen sich erst ein Partner-Netzwerk oder Ökosystem aufbauen. Ein Netzwerk entsteht über einen längeren Zeitraum und muss ständig justiert werden.
- Praktische Tests und Pilotversuche sind wichtiger als hochtrabende Statements. Oft sind die Konzepte theoretisch und können von den Marktbeteiligten nur durch sehr praktische, bodenständige Tests verstanden werden.
- Es ist wichtig, die richtige organisatorische Kraft und Verantwortung zu haben und dies betrifft nicht nur die oberste Führungsebene, sondern auch die Techniker, die die Produkte und Konzepte entwickeln. Wenn sich Geschäftsmodelle ändern, ist es entscheidend, dass alle Mitarbeitenden ebenfalls zum Umdenken bereit sind.
- In der Kreislaufwirtschaft agieren verschiedene Märkte und geografische Regionen in unterschiedlicher Geschwindigkeit oder reifen verschieden schnell heran. Wenn ein Unternehmen seine Aktionen plant, ist in vielen Branchen ein marktgeleiteter Ansatz unerlässlich.

Beispiel 4 - Kupferextraktion aus Trowalierschlamm

Trowalierschlamm aus der NE-Metallbearbeitung wird verwertet statt deponiert, das enthaltene Kupfer wird zu Kupferkonzentrat aufgearbeitet

Berücksichtigte R-Strategien										Aktueller Stand
R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	<ul style="list-style-type: none"> • Vision • Konzeption • In Umsetzung • Abgeschlossen / In Betrieb
Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	

<p>Unternehmen: Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG</p> <p>Branche: Metallverarbeitung, Strom-, Spannungs- und Temperatur-Messtechnik</p> <p>Unternehmensgröße: Ca.1000 Mitarbeitende</p>	
<p>Beteiligte Unternehmen/ Stakeholder:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Up-Preneurs <ul style="list-style-type: none"> ○ Branche: Kreislaufwirtschaft ○ Rolle im Projekt: Beratung, Vermittlung und Umsetzungsunterstützung • Recycler <ul style="list-style-type: none"> ○ Branche: Aufbereitung metallhaltiger Materialien ○ Rolle im Projekt: Verwerter
<p>Handlungsfelder:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Aus dem Abfallstrom Trowalier-/Gleitschleifschlamm, der bei Schleifprozessen entsteht, wird ein Sekundärrohstoff für die verarbeitende Metallindustrie hergestellt - in diesem Fall Kupfer. Abfall ist ein Material, das im Produktionsprozess entsteht und nicht weiterverwendet werden kann. In der Linearwirtschaft wird dieser Abfall üblicherweise in Verbrennungsanlagen entsorgt oder auf Deponien abgelagert. Ein Abfallstrom bezeichnet eine bestimmte Kategorie von Abfällen, die es ermöglicht, den Abfall zu klassifizieren und gezielt zu behandeln. Durch die Suche nach Wiederverwendungsmöglichkeiten können aus Abfällen neue Rohstoffe gewonnen werden, die als Sekundärrohstoffe bezeichnet werden.

	<ul style="list-style-type: none"> • Produktentwicklung: In der Produktentwicklung wird der Einsatz von Sekundärrohstoffen für Produkte in der Metallindustrie aktiv berücksichtigt, um Lieferketten resilienter gegenüber externen Störungen zu machen und Materialengpässen vorzubeugen. • Geschäftsmodell: Durch den Ausbau eines Geschäftsmodells im Sinne der Kreislaufwirtschaft wurden nicht nur Aspekte der Nachhaltigkeit verbessert, sondern auch die Entsorgungskosten konnten gesenkt werden. Im vorliegenden Fall entstanden einmalige Investitionskosten mit einem ROI (Return on Investment) von 3,5 Jahren. • Supply Chain und Logistik: Der Abfallstrom wird gesammelt und zu einem Recycler gebracht. • Produktion und Technologie: Im Produktionsprozess wird darauf geachtet, dass keine anderen Abfälle in die entsprechenden Behälter gelangen. • Mitarbeitende und Kompetenzen: Im Vordergrund steht hier die Sensibilisierung für Nachhaltigkeitsthemen. Mitarbeitende haben die Möglichkeit, aktiv zur Erweiterung der Kreislaufwirtschaft beizutragen und dabei Kosten für das Unternehmen zu senken. Eine geringfügige Prozessänderung wurde erfolgreich durch die Expertise der Mitarbeitenden vor Ort umgesetzt.
<p>Nutzen/ Einsparungen</p>	<p>Material wird recycelt. Für Abfallerzeuger fallen keine Entsorgungskosten an. Ersparnis: ca. 300 EUR/t</p>
<p>Zeitraumen:</p>	<p>Projektzeitraum Seit 01/2023 bis 09/2024</p>

Projekt Details

Projekthintergrund

Das Ziel der Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG ist eine komplette Kreislaufwirtschaft. Das unternehmensinterne Umweltmanagement ist für die CO₂-Bilanzierung verantwortlich und ist sich dessen bewusst, dass gemäß der Berichtspflicht auch die Abfallströme in Betracht gezogen werden müssen. Die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG wünschte sich deswegen, dass Up-Preneurs das Wiederverwendungs- und Recyclingpotenzial verschiedener Abfallströme untersucht.

Es wurden Positionen gewählt, die entweder kosten- und/oder mengenintensiv sind. Bei allen Positionen wurde zu Beginn eine Analyse der Abfallströme auf stofflicher Ebene durchgeführt. Daran schloss sich eine Recherche über Möglichkeiten an, welche sich an die R-Strategien (siehe Kapitel 1.4) anlehnt. Auch branchenübergreifende Lösungen wurden betrachtet.

Nach Vorstellung der Möglichkeiten wählte die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG je nach Abfallstrom ein bis drei realistische Möglichkeiten aus, die derzeit mit den Ressourcen, Kapazitäten und der Strategie abbildbar sind.

Im darauffolgenden Projektschritt standen die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Auch die Logistik wurde betrachtet. Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, unterstützt Up-Preneurs bei der Umsetzung.

Warum der Trowalierschlamm? Das Recycling von (NE-)Metallen hat eine hohe Relevanz in der Umsetzung des europäischen Green Deal und der deutschen Kreislaufstrategie. Metalle haben eine hohe Recyclingfähigkeit. Sekundärkupfer zeigt keinerlei Qualitätsminderungen gegenüber Primärkupfer auf. Oft werden jedoch nur leicht zugängliche Abfallströme wie Schrotte recycelt. Metallreste in industriellen Abfallströmen werden oft aufgrund ihrer Eigenschaften oder Komplexität in der Zusammensetzung deponiert und stehen so für eine weitere Nutzung nicht mehr zur Verfügung. Neue Rohstoffe müssen abgebaut werden.

Kupferrecycling ist auch wegen der hohen Rohstoffpreise für Unternehmen wirtschaftlich interessant. Die Energieeinsparung der sekundären Kupferproduktion gegenüber der primären Produktion entspricht 84 bis 88 Prozent, so dass das Recyceln von Kupfer mit einer deutlich verringerten Treibhausgasemission verbunden ist [27, 28]. Auch mit Hinblick auf weitere Umweltwirkungen ist die Recyclingroute der Primärverarbeitung deutlich überlegen [29].

Beschreibung

Up-Preneurs und die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG führten eine Evaluierung der Recyclingmöglichkeiten der Abfallströme aus dem Metallwerk durch. Einer der Abfallströme war der Trowalierschlamm. Bei dem Material handelt es sich um Trowalierschlamm aus dem Schleifprozess einer vielfältigen Bandbreite an Produkten. Dieser Trowalierschlamm wurde bisher klassisch entsorgt. Eine Prüfung auf alternative Entsorgungs- oder Recyclingwege wurde bisher nicht durchgeführt.

Up-Preneurs ist auf dem Gebiet fachkundig, so wurde die Möglichkeit des Recyclings vorgeschlagen und evaluiert. Menge und aktuelle Entsorgungskosten über die letzten Jahre wurden erfasst. Eine Probe des Materials analysiert.

Bei diesem Material gab es einige Herausforderungen. Der Kupfergehalt war für einige Recycler interessant, sie hatten aber Schwierigkeiten mit der Beschaffenheit des Schlammes. Dies war einer der Gründe, warum sich das Projekt über einen längeren Zeitraum erstreckt hat. Ein Recycler, der als Entsorgungsbetrieb zertifiziert ist und im Handel sowie Auf- und Verarbeitung von Metallen und metallhaltigen Rückständen tätig ist, hat ein Verfahren, mit dem er den Kupfergehalt aus dem Trowalierschlamm erfolgreich extrahieren kann.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass der Recycler schon andere Abfallströme abholt und verarbeitet. Das noch werthaltige Material wird recycelt und für den Abfallerzeuger fallen zukünftig keine Entsorgungskosten mehr an. Das Kupfer wird vergütet.

Ausblick und Potenzial

- Der Routineprozess ist in Implementierung, so dass das Material von der Anfallstelle in regelmäßigen Abständen zum Recycler transportiert und dort recycelt wird.
- Als weitere Optimierung kann zur gegebenen Zeit noch der Transport mit den anderen Strömen, die dort gefahren werden, geprüft werden. Dies wird sich mit der Zeit ergeben, wenn sich Abnahmemenge, Zeiträume etc. eingespielt haben.

Steckbrief Ende

Beispiel 5 - Ofenausbruch eines Metallwerks wird als feuerfestes Material recycelt

In der Metallschmelze fallen im Ofen Ausbrüche an, welche bei der Herstellung neuer feuerfester Materialien recycelt werden.

Berücksichtigte R-Strategien										Aktueller Stand
R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	<ul style="list-style-type: none"> • Vision • Konzeption • In Umsetzung • Abgeschlossen / In Betrieb
Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	

<p>Unternehmen: Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG</p> <p>Branche: Metallverarbeitung, Strom-, Spannungs- und Temperatur-Messtechnik</p> <p>Unternehmensgröße: Ca.1000 Mitarbeitende</p>	
<p>Beteiligte Unternehmen/ Stakeholder:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Up-Preneurs <ul style="list-style-type: none"> ○ Branche: Kreislaufwirtschaft ○ Rolle im Projekt: Beratung, Vermittlung und Umsetzungsunterstützung • Recycler <ul style="list-style-type: none"> ○ Branche: Aufbereitung feuerfester Materialien ○ Rolle im Projekt: Verwerter
<p>Handlungsfelder:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material: Aus dem Abfallstrom des Ofenausbruchs, welcher bei der Metallschmelze entsteht, wird ein Sekundärrohstoff für die Feuerfestindustrie hergestellt. • Produktentwicklung: In der Produktentwicklung wird die Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen für Produkte in der feuerfesten Industrie berücksichtigt. • Geschäftsmodell: Die Entsorgungs- und Transportkosten werden gedeckt. • Supply Chain und Logistik: Der anfallende Abfallstrom wird vom Recycler abgeholt. • Produktion und Technologie: Das Material wird beim Recycler gebrochen und das Feuerfestmaterial wird zur Wiederverwertung für ein feuerfestes Produkt verarbeitet.

	<ul style="list-style-type: none"> • Mitarbeitende und Kompetenzen: Die Mitarbeitenden müssen wissen, dass der Abfallstrom nicht verunreinigt werden darf und keine anderen Materialien in den Container geworfen werden dürfen. Da es sich um einen nicht gefährlichen Abfall handelt, ist der administrative Aufwand, den das Unternehmen betreiben muss, niedrig.
Nutzen/ Einsparungen	<p>Material wird recycelt.</p> <p>Für Abfallerzeuger fallen keine Entsorgungs- und Transportkosten mehr an.</p> <p>Ersparnis: 100 %, ca. 10.000 EUR/Jahr bzw. 163 EUR/t</p> <p>CO₂-Bilanz verbessert aufgrund kürzerer Transportwege B</p>
Zeitraumen:	Seit 01/2023 bis voraussichtlich Ende 2024

Projekt Details

Projekthintergrund

Das Ziel der Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG ist eine komplette Kreislaufwirtschaft. Das unternehmensinterne Umweltmanagement ist für die CO₂-Bilanzierung verantwortlich und ist sich dessen bewusst, dass gemäß der Berichtspflicht auch die Abfallströme in Betracht gezogen werden müssen. Die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG wünschte sich deswegen, dass Up-Preneurs das Wiederverwendungs- und Recyclingpotenzial verschiedener Abfallströme untersucht.

Es wurden Positionen priorisiert, die kosten- und/oder mengenintensiv sind. Bei allen Positionen wurde zu Beginn eine Analyse der Abfallströme auf stofflicher Ebene durchgeführt. Daran schloss sich eine Recherche über Möglichkeiten an, welche sich an die R-Strategien (siehe Kapitel 1.4) anlehnt. Auch branchenübergreifende Lösungen wurden betrachtet. Nach Vorstellung der Möglichkeiten wählte die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG je nach Abfallstrom ein bis drei realistische Möglichkeiten aus, die derzeit mit den Ressourcen, Kapazitäten und der Strategie abbildbar sind.

Im darauffolgenden Projektschritt standen die technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Auch die Logistik wurde betrachtet. Um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten, unterstützt Up-Preneurs bei der Umsetzung.

Warum der Ofenausbruch? Beim vorliegenden Material, dem Ofenausbruch/Gießereischutt, waren die Entsorgungskosten pro Tonne und die Gesamtmenge nicht hoch. Recycler sind meist an größeren Mengen interessiert und das monetäre (Einsparungs-)Potenzial beim Umstieg von Entsorgung auf Recycling wurde als eher niedrig eingeschätzt. Nichtsdestotrotz

wurde im Sinne des nachhaltigen Wirtschaftens und dem Ziel der Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG, eine komplette Kreislaufwirtschaft zu schaffen, der Umstieg auf Recycling erfolgreich durchgeführt. Die langfristige Strategie stand im Fokus. Außerdem verändert sich durch die Knappheit von Primärressourcen auch der Fokus von Recyclern, so dass auch sie mittlerweile an „kleineren“ Mengen interessiert sind.

Beschreibung

Einer der zu untersuchenden Abfallströme aus der Abfallliste der Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG war Ofenausbruch/Gießereischutt. Dieser ist nach AVV (Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis) klassifiziert. Bei dem Material handelt es sich u. a. um Ofenausbruch nach Metallschmelze im Tiegelofen. Dieser Ofenausbruch wurde bisher klassisch entsorgt. Eine Prüfung, ob das Material wieder verwendet werden kann, wurde bisher nicht durchgeführt.

Der Abfallstrom wurde ausgewählt, da Up-Preneurs bekannt war, dass es Möglichkeiten gibt, feuerfeste Materialien zu recyceln. Bei diesem spezifischen Material wurde auch ein Mineralikspezialist konsultiert und das Material wurde bei einer Begehung vor Ort gesichtet. Menge und aktuelle Entsorgungskosten über die letzten Jahre wurden erfasst. Eine Probe des Materials wurde analysiert.

Eine branchenübergreifende Recherche ergab, dass Material mit einem hohen Gehalt an Aluminiumoxid in der Feuerfestindustrie wieder eingesetzt werden kann. Up-Preneurs konnte mit diesem Ergebnis gezielt nach einem passenden Recycler suchen. Nach einer Präsentation und der Besprechung von Vor- und Nachteilen hat die Isabellenhütte Heusler GmbH & Co. KG einen Recycler ausgewählt.

Der ausgewählte Recycler verfolgt das Ziel, das Material in größtmöglichem Umfang wieder aufzubereiten und in geeignete Anwendungsbereiche des Materialkreislaufs zurückzuführen. Als feuerfeste Ofenauskleidung, Schlackeverflüssiger oder Schlackebildner kann das Material wiederverwendet werden und wird vom Recycler auch vertrieben.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, dass der Recycler nur 36 km von der Anfallstelle entfernt ist. Dies reduziert u. a. den CO₂-Ausstoß. Die Transportkosten werden vom Recycler übernommen. Das noch werthaltige Material wird recycelt und für den Abfallerzeuger fallen zukünftig keine Entsorgungs- und Transportkosten mehr an.



Abbildung 7: Ofenausbruch nach Metallschmelze im Tiegelofen (Quelle: Up-Preneurs)

Ausblick und Potenzial

- Der Routineprozess ist in Implementierung, so dass das Material von der Anfallstelle in regelmäßigen Abständen zum Recycler transportiert wird und dort recycelt wird.
- Als weitere Optimierung könnten zur gegebenen Zeit noch andere, in geringeren Mengen enthaltene Stoffe wiederverwertet und entsprechenden Abnehmern angeboten werden.

Zusammenfassung betrieblicher Beispiele

Die Praxisbeispiele zeigen unterschiedliche Ansätze zur Umsetzung der kreislauffähigen Wertschöpfung. Jedes Unternehmen hat dabei seine eigene Strategie entwickelt, wobei die Sensibilisierung und Motivation des Managements sowie die Einbindung der Mitarbeitenden entscheidende Erfolgsfaktoren sind. Technisches Know-how und Prozesswissen der Mitarbeitenden befähigt Unternehmen, Potenziale zur Schließung der Kreisläufe zu erkennen, Produkte entsprechend systematisch zu ändern und Prozesse anzupassen. Die Arbeit in interdisziplinären Teams (z. B. Produktentwicklung, Produktion und Supply Chain) ist zudem unverzichtbar, um kreislauffähige Wertschöpfungssysteme zu gestalten.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Unternehmen nicht nur eine R-Strategie verfolgen sollten. Eine Kombination der Strategien und ihre Einordnung für verschiedene Unternehmensbereiche ist oftmals zielführend. Die Wertigkeit der R-Strategien ist somit für jedes Unternehmen und je nach Branche und Produkt spezifisch zu untersuchen.

Während die Materialverwertung eine zentrale Rolle spielt, ist ein kreislauffähiges Produktdesign hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich, um Produkte wiederzuverwenden. Die Potenziale der aktuellen Produkte sind zunächst zu untersuchen. Aufbauend auf diesen Potenzialen liegen erste Ansätze oftmals in der Umstrukturierung von Prozessen und der Vernetzung und Zusammenarbeit mit Partnern. Hierbei unterstützen oftmals Unternehmen wie Up-Preneur.

Anhand der Beispiele werden Erfolgsfaktoren zur Transformation deutlich. Dies beginnt bei der Unternehmensführung, die den Geschäftswert der Kreislaufwirtschaft erkennen und einschätzen muss. Ein langfristiger Weitblick und eine Vision für eine nachhaltige Transformation sind entscheidend, da die Effekte einer Kreislaufführung meist nicht kurzfristig spürbar sind. Ebenso ist es von Vorteil, Führungskräfte aus verschiedenen Disziplinen eines Unternehmens zusammenzubringen, da die Transformation zur Kreislaufwirtschaft hochgradig interdisziplinär ist. Diese Interdisziplinarität wird nicht nur unternehmensintern benötigt, sondern auch mit anderen Partnern im Wertschöpfungskreislauf. Der Aufbau eines Partnernetzwerks mit vor- und nachgelagerten Prozessen der Wertschöpfung ist ein weiterer Faktor. Hier gilt es zu identifizieren, wie Produkte oder ihre Komponenten wieder aus dem Markt zurück in das Unternehmen kommen können. Zudem zeigt sich in den vorgestellten Unternehmen, dass praktische Tests und Pilotversuche oft effektiver sind als theoretische Konzepte. Nicht zuletzt gilt es, die Mitarbeitenden für das Thema zu begeistern und Kompetenzen praxisnah aufzubauen.

3. Der Weg zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung

Die Integration einer Wertschöpfung, die auf Kreisläufen beruht, stellt viele produzierende Unternehmen durch die Komplexität und Interdisziplinarität vor Herausforderungen. Im Gegensatz zur digitalen Transformation, deren Umsetzung in einzelnen Unternehmensbereichen realisiert werden kann, verlangen die Prozesse der Kreislaufwirtschaft, u. a. durch die Vernetzung mehrerer Bereiche, ganzheitliche Ansätze über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Aus diesem Grund wird das Thema häufig lediglich auf einer übergeordneten Ebene betrachtet und es fehlt an operativ greifbaren Ansätzen und Vorgehensweisen [30]. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Zukunftsprojektes *ROKK* der Mittelstand-Digital-Initiative ein strukturiertes Vorgehen entwickelt. Da es sich bei der Transformation zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung vorwiegend um einen Changemanagement-Prozess handelt, wird sich dabei an etablierten Vorgehen von Krüger [31] und Vahs et al. [32] orientiert. Das vierstufige Vorgehen wurde, in bedarfsbedingt abgewandelter Form, bereits mit den Unternehmen Wetropa und Peikko erfolgreich durchgeführt. Die übergeordneten Phasen des Vorgehens sind in der folgenden Abbildung zu sehen und werden im Folgenden schrittweise vorgestellt.

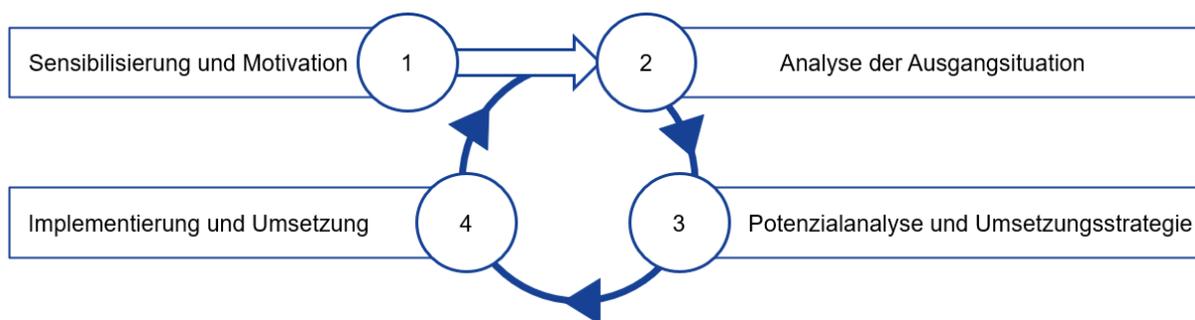


Abbildung 88: Vorgehen zur Transformation zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung [in Anlehnung an [21]]

Phase 1 - Sensibilisierung und Motivation

- Schaffen Sie ein einheitliches Verständnis für die grundlegenden Konzepte einer kreislauffähigen Wertschöpfung (z. B. Cradle-to-Cradle) und den Werterhaltungsstrategien in Ihrem Unternehmen. Hierzu gibt es eine Vielzahl an kostenlosen Workshops, bspw. angeboten über verschiedene Mittelstand-Digital Zentren.
- Erarbeiten Sie konkrete Vorteile für Ihr Unternehmen durch eine kreislauffähige Wertschöpfung, wie z. B. Einsparung von Materialkosten oder Senkung der Schrottquote.
- Definieren Sie konkrete Ziele für Ihr Unternehmen, wie z. B. Steigerung der Verfügbarkeit von Komponenten, Steigerung der Ressourceneffizienz und/oder Generierung zusätzlicher Einnahmen bzw. Wertgenerierung durch den Verkauf aufgearbeiteter Produkte.

Phase 2 - Analyse der Ausgangssituation

- Ordnen Sie Ihr Unternehmen sowie Ihre Produkte in den Kreislauf der Wertschöpfung (Abbildung 2) ein.
- Identifizieren Sie basierend auf der Einordnung die vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozesse und somit Stakeholder, die Sie für eine Schließung von Kreisläufen benötigen.

- Sammeln Sie bisherige Aktivitäten Ihres Unternehmens in den vorgestellten Handlungsfeldern (Kapitel 1.4), die sich in die Bereiche Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz oder Kreislaufwirtschaft einordnen lassen.
- Ordnen Sie diese Aktivitäten in den Handlungsfeldern anhand der Werterhaltungsstrategien ein. Hinterfragen Sie hierbei, wie Sie z. B. mit Retouren von Kunden umgehen oder wie Sie mit Produktionsabfällen umgehen.

➤ Hierbei kann Ihnen das Hilfsblatt „Werterhaltungsstrategien“ (Anhang 1) sowie die beigegefügte Erläuterung als Unterstützung dienen. Zudem besteht die Möglichkeit, Dienstleistungen hinzuzuziehen, die auf diesem Gebiet spezialisiert sind.

- Diskutieren Sie die Relevanz und Anwendbarkeit der Werterhaltungsstrategien in Ihrem Unternehmen.

Phase 3 - Potenzialanalyse und Umsetzungsstrategie

- Identifizieren Sie 2 - 3 Handlungsfelder, in denen Sie die größten Potenziale zur Transformation hin zu einer kreislauffähigen Wertschöpfung sehen.
- Definieren Sie Entwicklungspotenziale anhand der folgenden Fälle:

Fall A – Zusätzliche Strategien	
Fragestellung	Wie könnte die Umsetzung weiterer Werterhaltungsstrategien für ein Handlungsfeld in Ihrem Unternehmen aussehen?
Beispiel	Gehen Sie davon aus, dass in der Produktentwicklung bereits recyclingfähige Materialien berücksichtigt werden. Somit könnte in einem nächsten Schritt bspw. zusätzlich „Design for Remanufacturing“ bei der Entwicklung berücksichtigt werden.
Fall B – Höherwertige Strategie	
Fragestellung	Können Sie die bestehenden Aktivitäten zu höherwertigen Strategien weiterentwickeln?
Beispiel	Komponenten eines Produktes können, wenn sie gewisse Kriterien erfüllen, direkt wiederverwendet werden (Reuse), ohne aufgearbeitet zu werden (Refurbish) – Steigerung von R5 auf R3
Fall C – Neue Strategien und Handlungsfelder	
Fragestellung	Können Sie Handlungsfelder adressieren, die Sie bisher noch nicht berücksichtigen?
Beispiel	Sollten Sie beispielsweise das Handlungsfeld „Mitarbeitende und Kompetenzen“ noch nicht adressieren, aber arbeiten Produkte schon industriell auf, können Schulungen der Mitarbeitenden zum Thema Remanufacturing angeboten werden.

- Erarbeiten Sie Maßnahmen zu jedem der ausgewählten Handlungsfelder.

➤ Hierbei unterstützt Sie der Maßnahmenkatalog (Anhang 2).

- Identifizieren Sie hieraus „Low Hanging Fruits“ und somit Maßnahmen, die Sie aufwandsarm und zeitnah umsetzen können.
- Priorisieren Sie diese Maßnahmen anhand des Aufwands und Nutzens und definieren Sie Pilotprojekte.

Phase 4 - Implementierung und Umsetzung

1. Pilotprojekte und Testphasen

Ziel: Test und Validierung der geplanten Maßnahmen.

Schritte:

- Wählen Sie geeignete Pilotprojekte zur Implementierung aus.
- Stellen Sie ein interdisziplinäres Projektteam auf, z. B. mit Verantwortlichen aus Produktdesign, Business Development und Produktion.
- Suchen Sie geeignete Partner und Lieferanten für benötigte Ersatzteile, Materialien und Ausrüstungen zur Schließung von Kreisläufen.
- Führen Sie Testphasen durch und evaluieren Sie die Testergebnisse mit anschließender Anpassung der Strategien.
- Schenken Sie einem Pilotprojekt besondere Aufmerksamkeit und schaffen Sie Kapazitäten (monetär, personell, strukturell)

➤ Hierbei können Sie zur Unterstützung die Aktionsliste (Anhang 3) verwenden.

2. Skalierung und Integration

Ziel: Skalierung der erfolgreich getesteten Maßnahmen auf das gesamte Unternehmen.

Schritte:

- Rollen Sie die Maßnahmen auf die Produktgruppen und in allen relevanten Bereichen aus.
- Integrieren Sie die Kreislaufwirtschaftsprinzipien in die Unternehmensstrategie und -prozesse.
- Schulen und sensibilisieren Sie Mitarbeitende flächendeckend für die neuen kreislauffähigen Prozesse.

3. Kontinuierliche Verbesserung und Monitoring

Ziel: Sicherstellung der langfristigen Effektivität der umgesetzten Maßnahmen.

Schritte:

- Etablieren Sie Prozesse zur kontinuierlichen Überwachung der Kreislaufwirtschaftsaktivitäten z. B. über die Ausarbeitung von Audits oder der Benennung einer kreislaufwirtschaftsbeauftragten Person.

- Überprüfen Sie regelmäßig den Erfolg der Strategien anhand von KPIs, wie z. B. anhand der Product-Level Circularity Metric (PCM) [23], und passen Sie diese entsprechend an.
- Bauen Sie Partnerschaften mit Lieferanten und anderen Unternehmen in der Branche aus, z. B. um Wissen auszutauschen über erfolgreich gestaltete Materialkreisläufe und um Ressourcen zu teilen.

4. Fazit und Ausblick

Der vorliegende Leitfaden stellt eine Einführung in die Prinzipien und Strategien für eine kreislauffähige Wertschöpfung dar. Die wachsende Bedeutung der Kreislaufwirtschaft für eine nachhaltige Entwicklung der Wirtschaft und die Ausgestaltung künftiger Produkt- und Produktionssysteme wird aufgezeigt. Die verschiedenen Werterhaltungsstrategien und vorgestellten Handlungsfelder werden im Rahmen von konkreten Praxis-Beispielen veranschaulicht. Diese Beispiele zeigen, dass die Umsetzung einer kreislauffähigen Wertschöpfung nicht nur technisches Know-how, sondern auch organisatorische, geschäftspolitische und personelle Maßnahmen erfordert. Das vorgestellte Vorgehenskonzept gibt Unternehmen eine Leitlinie für den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft.

Es zeigt sich, dass neben der Implementierung technischer Lösungen die Motivation und Begeisterung des Managements und der Führungskräfte für das Thema essenziell ist. Allem voran ist ein engagiertes Management gefragt, das für den notwendigen Transformationsprozess eine Vision formuliert, realistische Ziele ableitet und bei der Umsetzung der notwendigen Maßnahmen dauerhaft unterstützt. Analog zu anderen Change-Prozessen können fehlende Management-Praktiken die erfolgreiche Implementierung von Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft beeinträchtigen. Die aktive Einbindung von Führungskräften aus allen Bereichen des Unternehmens, wie Supply Chain, Produktion und Produktentwicklung zur Gestaltung von kreislauffähigen Wertschöpfungssystemen, ist daher unerlässlich. Zum Betrieb kreislauffähiger Produktionsprozesse sind qualifizierte Mitarbeitende mit tiefem technischem Verständnis ein Erfolgsfaktor. Das Beispiel der ZF Friedrichshafen AG verdeutlicht, dass das systematische Erfassen und Weitergeben von Fachwissen, insbesondere in spezialisierten Bereichen wie der Befundung, entscheidend ist. Hierzu ist auch insbesondere in Bezug auf den zunehmenden Fachkräftemangel wichtig, das aktuelle Wissen der qualifizierten Mitarbeitenden zu sichern und zu systematisieren, um kreislauffähige Prozesse nachhaltig verstetigen zu können.

Literaturverzeichnis

- [1] United Nations Environment Programme (2024), 2024. Global Resources Outlook 2024: Bend the Trend – Pathways to a liveable planet as resource use spikes, Nairobi, Kenya.
- [2] Council of the European Union, 13.06.24. Directive (EU) 2024/1799 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on common rules promoting the repair of goods and amending Regulation (EU) 2017/2394 and Directives (EU) 2019/771 and (EU) 2020/1828: 2024/1799.
- [3] European Parliament. Circular Economy: definition, importance and benefits, 2023. europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits. Accessed 07/30/24.
- [4] Mangers, J. et al., 2021. An Innovative Strategy Allowing a Holistic System Change towards Circular Economy within Supply-Chains. *Energies* Vol. 14.
- [5] Potting, J. et al., 2017. Circular economy: Measuring innovation in the product chain.
- [6] Braungart, M. Cradle to Cradle Mindset. epea.com/en/about-us/cradle-to-cradle. Accessed 07/30/24.
- [7] McAloone, T. et al., 2021. Ökodesign, in Pahl/Beitz Konstruktionslehre, 2021.
- [8] Reike, D. et al., 2022. Conceptualization of Circular Economy 3.0: Synthesizing the 10R Hierarchy of Value Retention Options, in *Towards a Circular Economy: Transdisciplinary Approach for Business*, 2022.
- [9] Deutsches Institut für Normung. DIN SPEC 91472:2023-06, Remanufacturing (Reman) – Qualitätsklassifizierung für zirkuläre Prozesse, Berlin. Beuth Verlag GmbH.
- [10] Kirchherr, J. et al., 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* Vol. 127.
- [11] Plank, B., 2021. CarSharing-Branche stellt Nationalen Entwicklungsplan vor: *Pkw-Verkehr soll durch Sharing klimafreundlich werden*, Berlin.
- [12] Spancken, D., Stelter, E.-M., 2024. Ein zweites Leben für ausgediente Batterien aus Elektrofahrzeugen. Fraunhofer-Gesellschaft.
- [13] Caterpillar Inc. Die Caterpillar-Kreislaufwirtschaft: Der Cat Reman-Prozess. caterpillar.com/de/company/sustainability/remanufacturing.html#multimedia-f74c52OsQBwgM7A-gallery. Accessed 01.08.24.
- [14] Speiser, M., 12 May 2023. Hublot bringt die Uhr aus Nespresso-Kapseln. handelszeitung.ch/bilanz/watches/hublot-bringt-die-uhr-aus-nespresso-kapseln-601809.
- [15] Deutsches Institut für Normung. CIRCULAR THINKING in Standards: Wie Normung eine Circular Economy. din.de/resource/blob/954722/817ac05b868cad6959d3358b58127050/circular-thinking-in-standards-normen-zur-umsetzung-der-r-strategien-data.pdf. Accessed 01.08.24.
- [16] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, 2023. bmuv.de/themen/kreislaufwirtschaft/kreislaufwirtschaftsstrategie.
- [17] Europäische Kommission. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen – Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa, 2020. eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098.

- [18] Europäische Kommission. Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), 2024. [csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/CSR-Politik/CSR-in-der-EU/Corporate-Sustainability-Reporting-Directive/corporate-sustainability-reporting-directive-art.html](https://www.csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/CSR-Politik/CSR-in-der-EU/Corporate-Sustainability-Reporting-Directive/corporate-sustainability-reporting-directive-art.html).
- [19] Commerzbank AG, 2021. Studie - Wirtschaft im Umbruch: Die Chancen des „Green Deal“.
- [20] Fennemann, V., 2018. Circular Economy Logistics: Für eine Kreislaufwirtschaft 4.0. Future Challenges in Logistics and Supply Chain Management.
- [21] Barth, J. et al., 2024. Developing a maturity model for circular economy in SME: (im Print). Proceedings of the Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering.
- [22] Lang, E. et al., 2024. Anreize für die Rückführung von Produkten in der Kreislaufwirtschaft. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb Vol. 119.
- [23] Linder, M. et al., 2017. A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. J of Industrial Ecology Vol. 21.
- [24] EllenMacArthurFoundation, 2013. Towards-the-Circular-Economy-vol.1.
- [25] Europäische Kommission, 2015. Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft.
- [26] Granzow, M., 2023. Circular excellence: strategische Ansätze auf dem Weg zur circular economy. Logos Berlin.
- [27] Dorner, U., 2020. Rohstoffrisikobewertung - Kupfer, 2020th edn. DERA, Berlin.
- [28] van der Voet, E., et al., 2013. Environmental risks and challenges of anthropogenic metals flows and cycles. United Nations Environment Programme; International Resource Panel, Nairobi, Kenya, Paris, France.
- [29] Dittrich, M. et al., 2024. Kurzstudie - Nutzung und Reduktionspotenziale von Basismetallen in Deutschland und der EU. IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.
- [30] Kara, S. et al., 2022. Closed-loop systems to circular economy: A pathway to environmental sustainability? CIRP Annals Vol. 71.
- [31] Krüger, W., Bach, N., 2014. Excellence in Change. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- [32] Vahs, D., Weiland, A., 2020. Workbook change management: Methoden und Techniken. Schäffer-Poeschel.

Anhang

Im folgenden Anhang finden Sie Hilfsdokumente, welche als Arbeitsdokumente konzipiert sind. Diese sollen zur Begleitung des Vorgehens dienen und zur offenen gemeinsamen Reflexion, Diskussion und Ableitung von Maßnahmen anregen.

Jeder Betrieb unterscheidet sich von anderen durch eine individuelle Kombination von Ausgangslage und Rahmenbedingungen sowie Produkten, Prozessen und den verfügbaren finanziellen, personellen und technischen Ressourcen. Daraus ergeben sich für jeden Betrieb unterschiedliche Möglichkeiten, Nachhaltigkeitsmaßnahmen umzusetzen und unterschiedliche Schwerpunkte hinsichtlich der Sinnhaftigkeit sowie der Rentabilität.

1. Hilfsblatt Werterhaltungsstrategien

Das folgende Hilfsblatt gibt eine Struktur zur Einordnung der aktuellen Aktivitäten des Unternehmens in den Handlungsfeldern und bezieht diese auf die R-Strategien.

- A) Ordnen Sie die gesammelten Aktivitäten in die Handlungsfelder und die Werterhaltungsstrategien (R-Strategien) ein. Nicht in jedem Handlungsfeld muss eine Aktivität stehen.
 - Beispielhaft sind diese als graue Punkte dargestellt 
- B) Anhand der Matrix können Sie ermitteln, welche Handlungsfelder Sie bereits bedienen und welche nicht.
- C) Definieren Sie, welchen Fall für ihre Unternehmen in den Handlungsfeldern in Frage kommt
 - Beispielhaft sind die Strategien farblich in der Matrix unten gekennzeichnet   

Fall A – Zusätzliche Strategien	
Fragestellung	Wie könnte die Umsetzung weiterer Werterhaltungsstrategien für ein Handlungsfeld in Ihrem Unternehmen aussehen?
Fall B – Höherwertige Strategie	
Fragestellung	Können Sie die bestehenden Aktivitäten zu höherwertigen Strategien weiterentwickeln?
Fall C – Neue Strategien und Handlungsfelder	
Fragestellung	Können Sie Handlungsfelder oder/und R-Strategien adressieren, die Sie bisher noch nicht berücksichtigen?

Beispiel – Werterhaltungsstrategie

R-Strategien	Handlungsfelder							
	Produkt			Prozess		Organisation		
	Material	Produkt-entwicklung	Geschäfts-modell	Supply Chain & Logistik	Produktion & Technologie	Management	Mitarbeitende & Kompetenzen	Kommunikation & Netzwerk
R0 – Refuse								
R1 - Rethink						●		
R2 - Reduce								
R3 - Reuse			●					
R4 - Repair			↑		●			
R5 - Refurbish		●	↑					
R6 - Remanufacture			●	●				
R7 - Repurpose				+				
R8 - Recycle		●		●				
R9 - Recover								
Priorisierung								

2. Maßnahmenkatalog

Dimension	Handlungsfeld	Beispielhafte Maßnahmen
Produkt	Material	<ul style="list-style-type: none"> ○ Berücksichtigung technologischer, ökonomischer und/oder ökologischer Kriterien bei der Materialauswahl durch Gewichtung ○ Effizienter und verschwendungsfreier Materialeinsatz ○ Verwendung recycelter und recycelfähiger Materialien ○ Verwertung von Sekundärmaterialien und Abfällen, die während der Produktion anfallen ○ ...
	Produktentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> ○ Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus in der Entwicklung z. B. durch Nutzung von digitalem Material- und Produkttracking über den Produktlebenszyklus ○ Modularisierung und Minimalismus während der Produktentwicklung ○ Integration von Produkteigenschaften, die eine Wieder- und Weiterverwendung befähigen, wie z. B. Demontierbarkeit ○ Auslegung der Produkte und Komponenten auf Langlebigkeit ○ ...
	Geschäftsmodell	<ul style="list-style-type: none"> ○ Angebot der Produkte im Rahmen serviceorientierter Angebote (z. B. Leasing) ○ Angebot der Produkte im Rahmen ergebnisorientierter Angebote (z. B. Pay-per-X) ○ Setzen von Anreizen für Kunden zur Rückführung der Produkte (z. B. anbieterseitige Übernahme der Rückführung) ○ Verwertung von Sekundärmaterialien und Abfällen, die während der Produktion anfallen ○ ...
Prozess	Supply Chain und Logistik	<ul style="list-style-type: none"> ○ Setzen von Anreizen für Kunden zur Rückführung der Produkte (z. B. anbieterseitige Übernahme der Rückführung) ○ Nutzung von digitalem Material- und Produkttracking über den Produktlebenszyklus ○ Reduktion der Verpackungsmaterialien ○ Setzen von Anreizen für Lieferanten, rückgeführte Produkte aufzubereiten ○ ...

	Produktion und Technologie	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ermöglichung einer zerstörungsfreien Demontage ○ Auslegung / Anpassung der Produktionssysteme zur Wiederaufbereitung von Produkten und Komponenten ○ Bezug erneuerbarer Energien für Produktionsprozesse ○ Implementierung von Strategien der prädiktiven Instandhaltung für eigene Maschinen und Anlagen ○ ...
Organisation	Management	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entwicklung einer unternehmensübergreifenden Vision für das Thema „Kreislaufwirtschaft“ ○ Schulung der Mitarbeitenden (ggf. durch externe Angebote) ○ Angebot der Produkte im Rahmen serviceorientierter Angebote (z. B. Leasing) ○ Tracking und Transparenz kreislaufspezifischer Kennzahlen (Rezyklatquote, Rückläuferquote, eingesparte Energie, ...) ○ ...
	Mitarbeitende und Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Entwicklung einer unternehmensübergreifenden Vision für das Thema „Kreislaufwirtschaft“ ○ Verleihung von Awards für Kreislaufwirtschaftsprojekte ○ Kompetenzentwicklung und Qualifikation zur Gestaltung der kreislauffähigen Wertschöpfung ○ Tracking und Transparenz kreislaufspezifischer Kennzahlen (Rezyklatquote, Rückläuferquote, eingesparte Energie, ...) ○ ...
	Kommunikation und Netzwerk	<ul style="list-style-type: none"> ○ Integration der Kreislaufwirtschaftsstrategien in Marketing-Maßnahmen ○ Setzen von Anreizen für Lieferanten, rückgeführte Produkte aufzubereiten ○ Kooperationen in der Wertschöpfungskette zur Schließung von Kreisläufen (mit Kunden und Lieferanten) ○ Verwertung von Sekundärmaterialien und Abfällen, die während der Produktion anfallen ○ ...

3. Aktionsliste

Ist-Situation	Ziel (Soll-Zustand)	Maßnahme(n)	verantwortlich	Termin	Prio

HESSEN**METALL**

*Verband der Metall- und Elektro-Unternehmen Hessen e.V.
Emil-von-Behring-Straße 4 | 60439 Frankfurt am Main
Tel. 069 95808-0
E-Mail: info@hessenmetall.de · www.hessenmetall.de*