

Betriebliche Anwendungsfelder der Kreislaufwirtschaft in der Produktion

Good Practice Sammlung

Auftraggeber:

Bundesministerium für Klimaschutz,
Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation
und Technologie (BMK), Abteilung V/7
– Integrierte Produktpolitik, Betriebli-
cher Umweltschutz und Umwelttechno-
logie

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Autorinnen und Autoren:

Julia Rubin Ast MA

Georg Reiter MA

Mag. Gerlinde Pöchhacker-Tröscher

September 2024

Pöchhacker Innovation Consulting GmbH

Hofgasse 3

A-4020 Linz

T +43-732-890038-0

E julia.ast@p-ic.at, gerlinde.poechhacker@p-ic.at

W www.p-ic.at



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Überblick und Charakterisierung	7
2.1 Wirkungsweisen und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft	7
2.2 Kreislaufwirtschaft in der Produktion – Hebel und Ansatzpunkte	12
2.3 Gesetzliche und strategische Rahmenbedingungen	18
3 Good Practice Beispiele	20
3.1 Bauwirtschaft	21
3.2 Chemie- und Kunststoffindustrie	28
3.3 Holz- und Papierindustrie	34
3.4 Lebensmittelherstellung	40
3.5 Maschinen- und Anlagenbau	46
3.6 Elektro- und Elektronikindustrie	52
Literatur- und Quellenverzeichnis	59



Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Modell der Kreislaufwirtschaft	7
Abbildung 2:	Grundsätze der Kreislaufwirtschaft	8
Abbildung 3:	Feedback-Schleifen in einer Kreislaufwirtschaft	11
Abbildung 4:	Wertschöpfungsprozesse und zirkuläre Grundsätze	15



1 Einleitung

Der Übergang von einer linearen Wirtschaft zu einer zirkulären Wirtschaft, auch Kreislaufwirtschaft bzw. Circular Economy genannt, spielt auf dem Weg zur Klimaneutralität und als zentraler Baustein für eine nachhaltige Entwicklung eine entscheidende Rolle.

Unter einer kreislaufforientierten Wirtschaft versteht man die umweltfreundliche Gewinnung von Rohstoffen, die ressourcenschonende und abfallarme Produktion von Gütern, eine verlängerte Lebensdauer und intensivierte Nutzung von Produkten sowie die Rückführung in den Produktkreislauf am Ende der Nutzungsphase. Nur wenn Produkte keine Verwendung mehr finden können, werden sie als Abfall gesammelt, aufbereitet und als Sekundärressourcen genutzt und nur jene Abfälle, die nicht stofflich verwertet werden können, sollen energetisch genutzt oder deponiert werden. Durch diese Maßnahmen können technische und biologische Kreisläufe weitgehend geschlossen und Ressourcen geschont werden.¹

Ein zentraler Teil des Wertschöpfungsprozesses und dementsprechend auch wesentliches Element der Kreislaufwirtschaft ist die Produktion. Hierbei ist die Sachgüterproduktion in Österreich mit Abstand der größte Wirtschaftsbereich – er trägt mit rund € 68 Mio. Bruttowertschöpfung und einem Anteil von rund 19 % am Bruttoinlandsprodukt maßgeblich zur heimischen Wirtschaftsleistung bei. Die Sachgüterproduktion ist jedoch auch für einen hohen Anteil der österreichischen CO₂-Emissionen verantwortlich. So verursachen in Österreich die Sektoren Industrie und Energie (inkl. Emissionshandel) rund 44 % der nationalen Treibhausgasemissionen.

Die Kreislaufwirtschaft stellt einen wegweisenden Rahmen für eine nachhaltige Produktion dar. Eine kreislaufforientierte Produktion leistet einen erheblichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele, verstärkt die Nutzung lokal verfügbarer Rohstoffe und reduziert die Abhängigkeit von externen Ressourcen. Dabei kann die verringerte Importabhängigkeit Versorgungsgaps und Preisschwankungen entgegenwirken und finanzielle Vorteile für die produzierenden Unternehmen schaffen. Weiters werden durch die Kreislaufführung von Ressourcen lokale, zukunftsorientierte Arbeitsplätze und Know-how aufgebaut, Wertschöpfung erzeugt sowie die Resilienz und Souveränität der österreichischen Wirtschaft gestärkt.²

Um einen Einblick in die Vielfalt der ökologischen und ökonomischen Chancen der Kreislaufwirtschaft für die Produktion zu geben, wurde diese Good Practice Sammlung im Auftrag der Abteilung V/7 des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) von Pöchlhammer Innovation Consulting GmbH (P-IC) erstellt.

Das Kapitel „Überblick und Charakterisierung“ dient zur Erläuterung der Thematik und beschäftigt sich mit den Unterschieden der linearen und zirkulären Wirtschaft, den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft, etwa Reduce, Reuse, Recycle etc. Im Speziellen wird auf die Kreislaufwirtschaft in der Produktion eingegangen und deren typische Hebel, Ansatzpunkte und Wertschöpfungsprozesse aufgezeigt.



Die zahlreichen Unternehmensbeispiele im Good Practice-Teil dienen der inspirierenden Veranschaulichung von bereits umgesetzten Kreislaufwirtschaftsprojekten von produzierenden Unternehmen. Hierbei ist anzumerken, dass diese exemplarischer Natur sind und die Vielzahl der Möglichkeiten aufzeigen sollen. Es werden insgesamt 32 Praxisbeispiele mit Relevanz für die wichtigsten Produktionssektoren für Österreich vorgestellt. Diese Wirtschaftsbereiche umfassen die Bauwirtschaft, die Chemie- und Kunststoffindustrie, die Holz- und Papierindustrie, die Lebensmittelherstellung, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Elektro- und Elektronikindustrie. Für jede Branche werden fünf nationale bzw. internationale Good Practice Beispiele durch eine Beschreibung der Aktivitäten, der Kategorisierung der angewendeten zirkulären Grundsätze und Wertschöpfungsprozesse sowie der zirkulären Ziele dargestellt.

Die Analysen zur Good Practice Sammlung wurden durch klassische Literatur- und Quellenrecherche durchgeführt, in denen vorhandene schriftliche Quellen und Informationen aus relevanten Studien und Medienberichten sowie auf Basis von Unternehmensdarstellungen durch Websites, Pressemeldungen und Nachhaltigkeitsberichterstattungen der Unternehmen ausgewertet wurden. Diese wurden kritisch geprüft und auf die passende Eignung anhand der Qualität, Glaubwürdigkeit und Relevanz analysiert. Die Auswahl von geeigneten Unternehmensbeispielen erfolgte insbesondere durch die Sichtung von Listungen auf Kreislaufwirtschaftsplattformen, bei Nachhaltigkeitspreisen, sowie bei Organisationen, die auf die Kreislaufwirtschaft fokussiert sind, wie etwa die Ellen MacArthur Foundation. Weiters erfolgte eine Recherche relevanter Innovationen, die in wissenschaftlichen Studien als bedeutende Entwicklungen eingestuft wurden. Zudem wurde großer Wert daraufgelegt, dass die Beispiele jeder Branche eine möglichst große Bandbreite verschiedener Wertschöpfungsprozesse und zirkulärer Grundsätze abdecken. Hierbei ist anzumerken, dass manche Beispiele für mehrere Branchen grundsätzlich relevant wären. Die Zuordnung der Unternehmensbeispiele erfolgte anhand der höchsten Relevanz für die jeweilige Branche.

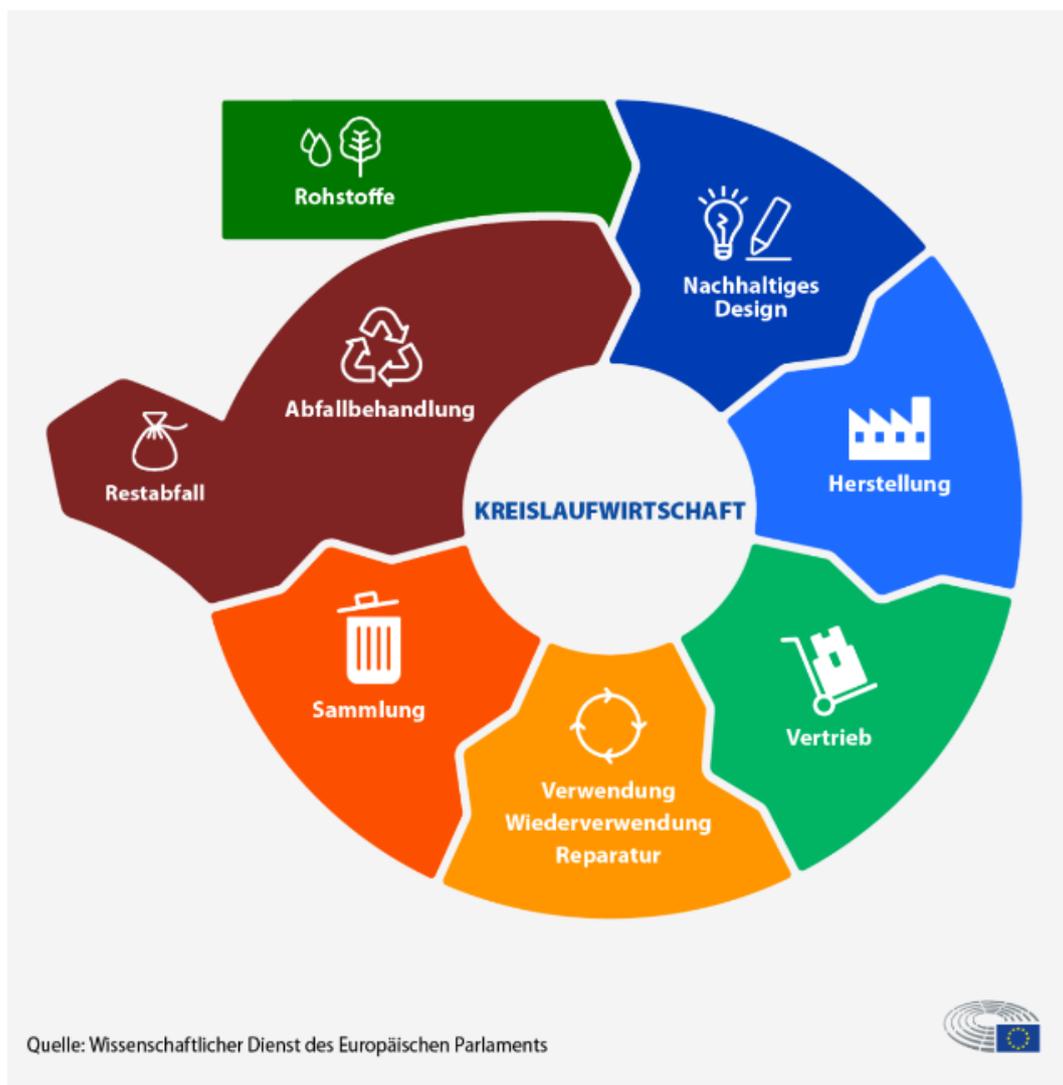


2 Überblick und Charakterisierung

2.1 Wirkungsweisen und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft

Das traditionelle und gegenwärtig noch weitverbreitete Gesellschafts- und Wirtschaftssystem basiert auf dem linearen Modell „Take – Make – Use – Waste“, welches erhebliche Umweltbelastungen nach sich zieht. Im Gegenzug dazu basiert die Kreislaufwirtschaft auf einem zirkulären Modell, welches lineare Wirtschaftspraktiken transformieren bzw. ablösen kann.

Abbildung 1: Modell der Kreislaufwirtschaft



Quelle: Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments ⁴



In dem Konzept der kreislaufforientierten Wirtschaft werden Ressourcen umweltverträglich gewonnen bzw. wo möglich recycelte Materialien oder erneuerbare biogene Rohstoffe verwendet, welche allgemein verfügbar sind. Die daraus produzierten Güter werden möglichst ressourcenschonend bezogen auf das Material, die Energie sowie den dadurch entstehenden Abfall hergestellt. In Bezug auf die Nutzungsphase sollen die Lebensdauer möglichst verlängert bzw. die Nutzung intensiviert werden und am Ende der Nutzungsphase Produkt und Güter in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden, um einen qualitativ hohen Wert zu erhalten. Erst wenn Produkte keine anderwärtige Verwendung mehr finden können, werden sie als Abfall gesammelt, stofflich aufbereitet und als Sekundärressourcen wieder dem Stoffkreislauf zugeführt. Einzig die Materialien, die sich für eine stoffliche Verwertung nicht mehr eignen, sollen thermisch bzw. energetisch genutzt oder deponiert werden. Dadurch können technische und biologische Kreisläufe unserer Wirtschaft und Gesellschaft weitgehend optimiert werden.^{1 3 4} Abbildung 1, eine Grafik des EU-Parlaments, veranschaulicht die Grundlagen der Kreislaufwirtschaft anhand des Lebenszyklus eines Produkts.

In der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie¹ sind nach Potting et al.⁵ eine Reihe von Grundsätzen für ein funktionierendes zirkuläres Wirtschaftssystem von zentraler Bedeutung – diese werden auch die R-Grundsätze genannt. In Abbildung 2 werden sie im Überblick dargestellt und nach ihrer Bedeutung für die Kreislaufwirtschaft gereiht.

Abbildung 2: Grundsätze der Kreislaufwirtschaft



Quelle: BMK¹ basierend auf Potting et al.⁵



- ★ **Refuse:** Der grundlegendste Weg zur Erreichung einer zirkulären Wirtschaft besteht im Verzicht auf bestimmte Produkte. Ein solches Geschäftsmodell kann etwa in Dienstleistungen in Form von Beratungen bestehen, wie auf bestimmte Produkte verzichtet bzw. wie der Nutzen auf andere Art und Weise (zB virtuell) erzielt werden kann. Für die produzierende Unternehmen stellt dies kein relevantes Geschäftsmodell dar und findet daher in den Good Practice Beispielen keine Anwendung.
- ★ **Rethink:** Die Verbesserung der Produktgestaltung (Redesign oder zirkuläres Design) kann die Erhöhung der Zirkularitätseignung sowie die Änderung der Funktionsweise erzielen. Produkte können so gestaltet werden, dass sie weitere R-Prinzipien ermöglichen, beispielsweise wieder in die Stoffkreisläufe zurückgeführt werden (Recycle), eine längere Lebensdauer erzielen (Design for Durability), höhere Reparierbarkeit ermöglichen (Design for Disassembly) oder, vor allem in Kombination mit den entsprechenden Geschäftsmodellen, wieder aufbereitet werden können (Design for Remanufacturing). Andererseits kann die Steigerung der Ressourceneffizienz im Design angestrebt werden, d.h. weniger Ressourceneinsatz bei gleicher Produktleistung (Reduce). Natürlich können auch mehrere Ziele zugleich verfolgt werden.
- ★ **Reduce:** Hier wird der Ressourceneinsatz reduziert, während eine gleichbleibende Produktionsleistung und Wertschöpfung erzielt wird. Durch die Effizienzsteigerung sinkt die Differenz zwischen Input und Output, was vor allem durch Prozessoptimierungen, eine direkte Rückführung der Produktionsabfälle sowie durch Design- und/oder Materialoptimierungen erzielt werden kann.
- ★ **Reuse:** Beschreibt die Wiederverwendung von Produkten, welche durch den Einsatz von noch funktionsfähigen aber veralteten Gütern in anderen dafür geeigneten Verwendungen gekennzeichnet ist. Es kann deren Lebensdauer verlängert und der Bedarf an neu einzusetzenden Ressourcen entsprechend zeitlich hinausgezögert werden.
- ★ **Repair:** Durch die Reparatur eines Produktes kann auf den Ersatz und die Entsorgung des alten durch ein neues Produkt verzichtet werden. Dadurch lassen sich die Produktlebenszeit verlängern und der Bedarf an neuen Produkten bzw. die dafür einzusetzenden Ressourcen reduziert werden.
- ★ **Refurbish:** Dieser zirkuläre Grundsatz zielt auf die Verbesserung und Aufwertung eines Produkts ab. Hierbei wird ein schon länger in Gebrauch stehendes Produkt auf den aktuellen technischen Stand gebracht. Der Effekt entspricht jenem der Reparatur, hat aber den zusätzlichen Vorteil der Verbesserung der Funktionalität, wodurch auf die komplette Neuproduktion eines moderneren Modells verzichtet werden kann.
- ★ **Remanufacture:** Dieses Prinzip beschreibt die Wiederaufbereitung funktionsfähiger Teile aus defekten Produkten, welche für gleichartige Produkte bzw. Funktionsweisen eingesetzt werden. Hier wird die Lebenszeit von Produktteilen verlängert und der Ressourceneinsatz für die Herstellung neuer Teile verringert.



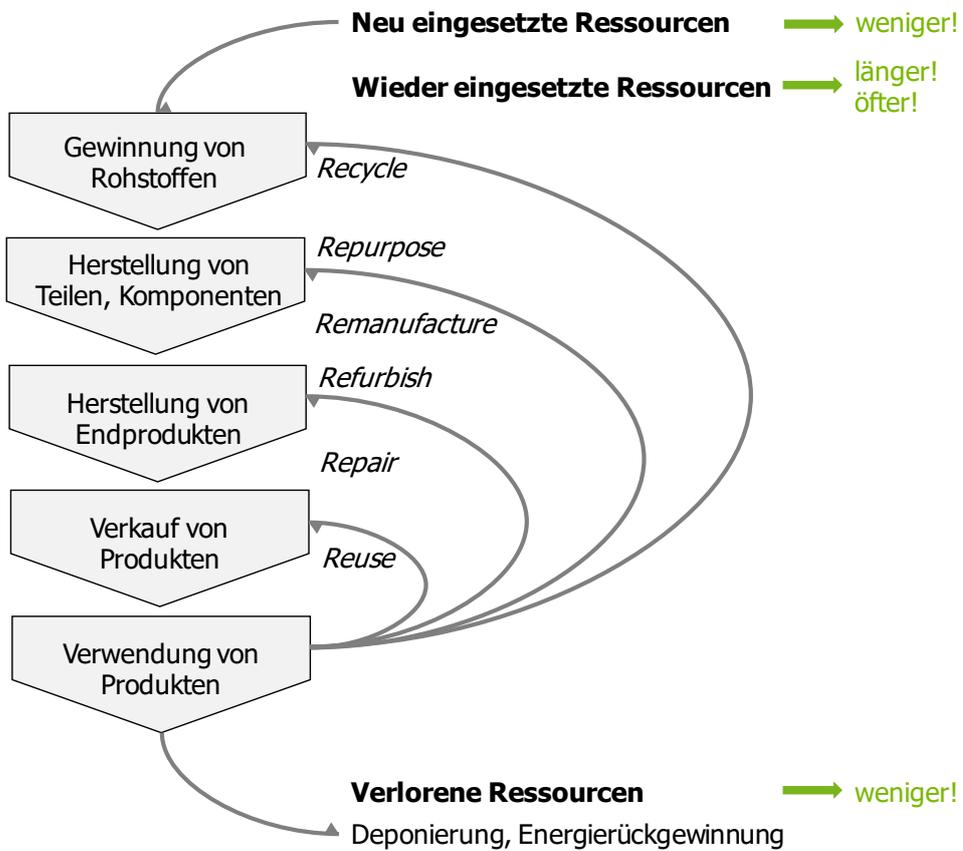
- * Repurpose: Ähnlich wie bei Remanufacture werden Teile aus defekten Produkten für die Herstellung von neuen Gütern genutzt, jedoch mit dem Unterschied, dass es sich hierbei um den Einsatz in anderen Produkten bzw. Funktionsweisen handelt. Die Lebenszeit der Produktteile wird weiterhin verlängert und der Ressourceneinsatz für die Herstellung neuer Teile verringert.
- * Recycle: Die stoffliche Rückgewinnung bzw. Aufbereitung von Materialien und deren Rückführung in den Materialkreislauf ist eine durchaus traditionelle Tätigkeit in der Kreislaufwirtschaft. Dennoch werden auch hier weiterhin innovative Verfahren und Techniken entwickelt, um bisher nicht recycelte Materialien wieder in den Wertschöpfungskreislauf rückzuführen.
- * Recover: Da es bei der thermischen Verwertung lediglich um die Rückgewinnung von Energie zur Wärme- und Stromproduktion geht, nicht aber um die Kreislaufführung von Ressourcen, soll dieses Prinzip nur angewendet werden, wenn keine weiteren Verwendungs- bzw. Verwertungsmöglichkeiten bestehen. Im Zuge dieser Studie und der Beschreibung sowie Kategorisierung der Unternehmensbeispiele, wird der thermischen Verwertung keine Relevanz als Good Practice Beispiel zugeschrieben.⁷

An dieser Stelle wird auf die Möglichkeit von Zielkonflikten zwischen einzelnen zirkulären Grundsätzen hingewiesen. Ein typischer Konflikt kann bei Redesign und Recycle auftreten, da man beispielsweise bei der Neuentwicklung eines Produktes auf eine möglichst lange Haltbarkeit (Verlängerung der Lebensdauer) setzt und möglicherweise einen komplizierteren Produktaufbau, Verbundmaterialien oder ähnliches benötigt, welche am Ende des Lebenszyklus den Recyclingprozess schwieriger gestalten. Hierbei ist es wichtig, Zielkonflikte zu erkennen und je nach Produkt und dem gesellschaftlichen Konsumverhalten zu analysieren. Anspruchsgruppen und deren Interessen sollten bei der Priorisierung der Handlungsalternativen und zirkulären Grundsätzen mitbedacht werden.⁶

Aus Abbildung 2 gehen vor allem in den Teilbereichen „Verlängerte Lebensdauer von Produkten, Komponenten und Infrastruktur“ sowie „Wiederverwerten von Materialien“, typische Feedbackschleifen der Kreislaufwirtschaft hervor, welche in Abbildung 3 grafisch dargestellt sind. Bei den Rückkopplungsschleifen ist zu berücksichtigen, dass sie nicht in jedem Fall nur einer einzigen Stufe in der Wertschöpfungskette zugeordnet werden können. So kann etwa die Reparatur eines Produktes auf der Verkaufsstufe erfolgen, in komplizierteren Fällen (oder aus Garantiegründen) jedoch vom Hersteller des Produktes übernommen werden. Auch das Remanufacturing von Teilen kann entweder vom Hersteller des betreffenden Produktes durchgeführt werden oder vom Hersteller des Teil- bzw. Vorprodukts. Aus diesem Grund wurden die entsprechenden zirkulären Grundsätze (Repair, Remanufacture) zwischen zwei Schleifen platziert.



Abbildung 3: Feedback-Schleifen in einer Kreislaufwirtschaft



Quelle: BMK⁷, basierend auf dem zirkulären Modell der Ellen MacArthur Foundation



2.2 Kreislaufwirtschaft in der Produktion – Hebel und Ansatzpunkte

Produzierende Unternehmen haben eine Vielzahl von Möglichkeiten, um die Kreislaufwirtschaft in den eigenen Geschäftspraktiken zu integrieren und daraus resultierende Vorteile zu erzielen. Gemäß den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft soll während des Lebenszyklus durch entsprechende Wertschöpfungsprozesse der Wert der Produkte, Komponenten und Materialien höchstmöglich erhalten bleiben – für das Unternehmen bzw. die Gesellschaft – und kann bei erfolgreicher Umsetzung einem Unternehmen erhebliche Chancen bieten: Finanzielle Vorteile durch Ressourceneffizienz, Resilienz gegenüber Rohstoffpreisen und Beschaffungsengpässen sowie Imagesteigerung und als Lösungsansatz zur Erreichung der Klimaziele.

Im Durchschnitt betragen die Materialkosten in produzierenden Gewerben rund 46 % und stellen dadurch über die Branchen hinweg den größten Kostenblock dar. Vor allem wegen zusätzlicher „hidden costs“ der Materialien, wie etwa Entsorgung und Transport, sind Materialkosten üblicherweise von größerer Bedeutung als Energiekosten. Zusätzlich sind produzierende Unternehmen von starken Preisschwankungen auf den internationalen Rohstoffmärkten betroffen, welche sich durch erhöhte Materialkosten, Versorgungsunsicherheiten und Knappheit bemerkbar machen. Diese Faktoren können Wettbewerbsfähigkeit, Marge und Kapitalbindung der Unternehmen stark beeinflussen. Ein nachhaltiger und effizienter Umgang mit Ressourcen steigert somit nicht nur das Unternehmensimage, sondern ist ein entscheidender Schlüssel, um Kosten und vor allem Kostenrisiken für Betriebe zu senken, die Resilienz gegenüber Rohstoffmärkten zu stärken und Innovationen voranzutreiben.⁸

Die erfolgreiche Implementierung der Kreislaufwirtschaft in produzierenden Unternehmen bedarf dabei verschiedener Ansätze – die Betrachtung der Umweltwirkung des Fertigungsprozesses, die Optimierung der Produkteigenschaften, die Analyse des Zusammenspiels zwischen Produktion und Nutzung sowie die Erarbeitung neuer Geschäftsmodelle zur Werterhaltung bzw. -steigerung.⁹

2.2.1 Zirkuläre Strategien für Produktionsbetriebe

Durch die Verwendung der R-Grundsätze, wie in Abbildung 2: Grundsätze der Kreislaufwirtschaft dargestellt, lassen sich vier grundlegende zirkuläre Strategien zur Implementierung der Kreislaufwirtschaft in Produktionsbetrieben definieren: 1) Ermöglichung von Kreisläufen, 2) Schaffung neuer Kreisläufe, 3) Verlängerung von Kreisläufen sowie 4) Schließung von Kreisläufen. Diese Strategien können an verschiedenen Stellen des Wertschöpfungsprozesses Berührungspunkte aufzeigen (siehe Abbildung 4: Wertschöpfungsprozesse und zirkuläre Grundsätze) und im Idealfall werden mehrere Strategien innerhalb eines Produktlebenszyklus angewendet. Im Folgenden werden die einzelnen zirkulären Strategien erläutert.

- ★ **Ermöglichung von Kreisläufen:** Dieser Strategie verfolgt das essenzielle Ziel, die Kreislaufführung bereits bei der Planung, der Entwicklung beziehungsweise dem Design der Produkte und Komponenten zu berücksichtigen, um die Zirkularität im weiteren Lebenszyklus zu gewährleisten. Hierzu zählt zum Beispiel die Verwendung von umweltfreundlichen Inputs (nachwachsende oder sekundäre Rohstoffe) sowie die Anwendung



von Ökodesign bzw. zirkulärem Design. Durch diesen essenziellen Schritt am Anfang der Wertschöpfungskette können weitere R-Prinzipien sowie zirkuläre Strategien ermöglicht werden. Es können sowohl die Reparierbarkeit, die Möglichkeit für Remanufacturing (Verlängerung der Kreisläufe) sowie die Recyclingfähigkeit der Materialien (Schließung der Kreisläufe) definiert werden und dadurch die Wertschöpfungspotenziale für das Unternehmen erhöht werden. Durch Ökodesign wird versucht, einen geringeren Ressourceneinsatz und die Möglichkeiten der Wiederverwendung, der Reparatur und des darauffolgenden Recyclings simultan in die Produktentwicklung zu implementieren und Konflikte, wie in Kapitel 2.1 beschrieben, zu vermeiden.

- ★ **Schaffung neuer Kreisläufe:** Hierbei entstehen vor allem durch Material- bzw. Produktsubstitutionen von bisher nicht vorhandenen Zirkularitätsoptionen neue Kreisläufe. Dies findet oft bei industriellen Synergien Anwendungen, wo ein Abfallprodukt eines produzierenden Unternehmens von einem anderen Unternehmen als Inputfaktor für dessen Produktion verwendet werden kann. Dadurch können Abfall vermieden und Ressourcen eingespart werden und des Weiteren ein Kostenvorteil für beide Unternehmen entstehen. In diesem Fall müssen Angebot und Nachfrage zusammenkommen, damit vorher nicht dagewesene Kreisläufe entstehen können. Es gibt jedoch auch die Möglichkeit, dass ein produzierendes Unternehmen selbst den eigenen Abfall für eine neue Produktinnovation nutzt und dadurch Kreisläufe sowie erhöhte Wertschöpfung schafft.
- ★ **Verlängerung der Kreisläufe:** Diese Strategie fokussiert sich besonders auf den möglichst langen Erhalt des Wertes eines Produkts bzw. von Komponenten und steht in Verbindung zu den Prinzipien der Wiederverwendung (Reuse), Reparatur (Repair) und Wiederaufbereitung (Refurbish und Remanufacture), um die Lebensdauer zu erhöhen. Produzierende Unternehmen können hier eine erhöhte Wertschöpfung erzielen, wenn geeignete Geschäftsmodelle etabliert und zum Beispiel eigene Produktmodelle wieder zum Hersteller rückgeführt werden, um deren Komponenten in neue Modelle einzuarbeiten. Hierbei spielt vor allem die Sammel- und Rückhollogistik (Reverse Logistic) eine entscheidende Rolle für die erfolgreiche Wertschöpfung. Diese sollte in Kombination mit dem Design der Produkte (Kreisläufe ermöglichen) kombiniert werden.
- ★ **Schließung der Kreisläufe:** Hierbei geht es darum, die Lücke zwischen dem Ende des Lebenszyklus eines Produktes und dem Inputfaktor Material für seine Herstellung bzw. zur Herstellung anderer Produkte zu schließen. Materialien von Produkten, welche nicht mehr weiterverwendet werden können und im Idealfall bereits verlängerte Kreisläufe durchlaufen haben, können als wertvolle Ressourcen wieder zur Produkterstellung einem Wertschöpfungsprozess zugeführt werden. Die Schließung der Kreisläufe kann sowohl auf sehr kurzem Wege, beispielsweise bei geringer Aufbereitung, als auch auf längerem Wege, beispielsweise durch komplexe Recyclingprozesse, entstehen.¹⁰



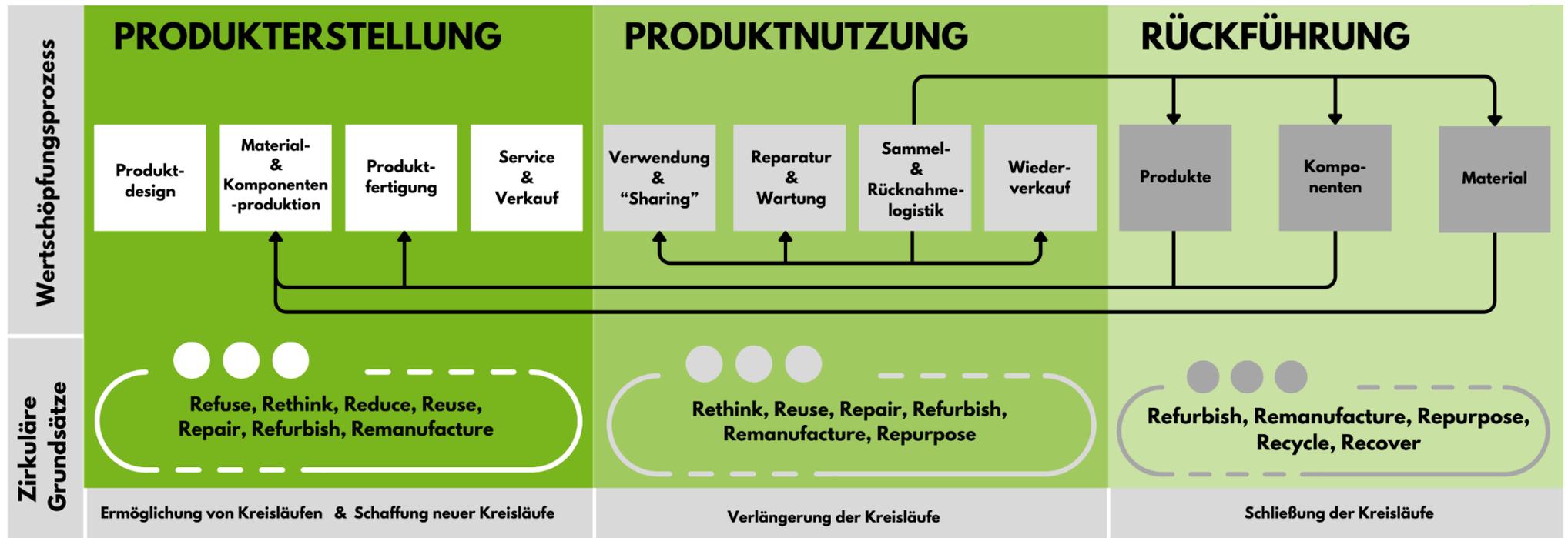
In Abbildung 4 werden die Wertschöpfungsprozesse kategorisiert und die Kreislaufführung in Verbindung mit den zirkulären Grundsätzen dargestellt. Die Wertschöpfungsprozesse werden dabei in die Gruppen der **Produkterstellung** (Produktdesign, Material & Komponentenproduktion, Produktfertigung, Service & Verkauf), der **Produktnutzung** (Verwendung & Sharing, Reparatur & Wartung, Sammel- und Rücknahmelogistik, Wiederverkauf) sowie der **Rückführung** (Produkte, Komponenten, Material) unterteilt. In dieser übersichtlichen Darstellung werden die relevanten R-Grundsätze für jede Gruppierung der Wertschöpfungsprozesse zusammengefasst. Diese beziehen sich jedoch jeweils auf einzelne Teile dieser Prozesse und nicht auf die gesamte Gruppierung. Zusätzlich kann je nach Wertschöpfungsprozess zwischen der Ermöglichung von Kreisläufen, der Schaffung neuer Kreisläufe, der Verlängerung der Kreisläufe und dem Schließen der Kreisläufe unterschieden werden.

Diese Grafik wurde auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche von P-IC entwickelt und stellt eine auf die Produktion fokussierte Ausarbeitung der typischen Kreisläufe, R-Grundsätze und Wertschöpfungsprozesse dar. Ziel ist es, den Leser:innen dieser Studie eine übersichtliche grafische Aufbereitung der möglichen Ansatzpunkte und Hebel zu präsentieren, um ein besseres Verständnis zu erlangen und die Identifikation der Möglichkeiten für produzierende Betriebe zu unterstützen.

Hierbei ist anzumerken, dass die Grafik typische Kreisläufe und Wertschöpfungsprozesse für die Produktion darstellt und nicht auf Vollständigkeit beruht.



Abbildung 4: Wertschöpfungsprozesse und zirkuläre Grundsätze



Quelle: P-IC eigene Darstellung, basierend auf Ionica, Kronenberg¹¹



2.2.2 Zirkuläre Handlungsfelder in der Produktion

Anhand der dargestellten Wertschöpfungsprozesse und zirkulären Grundsätze bzw. Strategien ergeben sich typische zirkuläre Handlungsfelder und Ansatzpunkte für produzierende Unternehmen. Diese beziehen sich beispielsweise auf Ökodesign inkl. Beschaffung, Prozessoptimierungen in der Produktion, zirkuläre Geschäftsmodelle sowie die erfolgreiche Rückführung von Produkten bzw. deren Komponenten und Materialien. Diese einzelne Kreislaufwirtschaft-Aspekte sind jedoch nicht isoliert zu betrachten, sondern stellen in Kombination miteinander eine Ermöglichung und Optimierung der Wertschöpfungsprozesse dar. In weiterer Folge werden einige der relevantesten Handlungsfelder vorgestellt (Auszug):

2.2.2.1 Zirkuläre Designprinzipien:

Die Produktgestaltung steht an erster Stelle des Lebenszyklus eines Produkts und kann durch geeignete Designmaßnahmen und -strategien, auch Redesign, zirkuläres Design oder Ökodesign genannt, die Erhöhung der Zirkularitätseignung erzielen. Produkte können so gestaltet werden, dass sie weitere R-Prinzipien ermöglichen.

Hierzu hat sich bereits eine eigene Terminologie gebildet, beispielsweise „**Design for Recycling**“, wenn Design angewendet wird, damit Materialien wieder in die Stoffkreisläufe zurückgeführt werden. Wenn durch Designentscheidungen Produkte eine längere Lebensdauer erzielen, wird auch von „**Design for Durability**“ gesprochen und wenn eine höhere Reparierbarkeit ermöglicht wird, kann der Terminus „**Design for Disassembly**“ genutzt werden. Vor allem in Kombination mit den entsprechenden Geschäftsmodellen, können Designentscheidungen einen wesentlichen Beitrag leisten, damit Produkte wieder aufbereitet werden können – dies kann auch „**Design for Remanufacturing**“ genannt werden. Zusätzlich kann ebenso die Steigerung der Ressourceneffizienz (Reduce) im Designprozess angestrebt werden.^{12 13 14 15}

Das Institute of Design Research Vienna hat in Kooperation mit design austria das Toolkit „Circular Design Rules“ entwickelt, um den Beteiligten im Prozess der Produktentwicklung ein simples Regelwerk für das Design von kreislauffähigen Produkten anzubieten. Dieses besteht aus folgenden neun Regeln, welche in drei Kategorien unterteilt sind:

1. Produktmaterialien

- Gestalten Sie das Produkt aus nachwachsenden Rohstoffen oder Rezyklaten.
- Entwerfen Sie das Produkt aus wiederverwendbaren oder abbaubaren Materialien.
- Gestalten Sie das Produkt mit wenig Material.

2. Produktkomponenten

- Gestalten Sie die Trennbarkeit des Produkts.
- Gestalten Sie das Produkt modular.
- Design-Updates und Upgrades für das Produkt.

3. Produktsysteme

- Gestalten Sie den Rücknahmeprozess des Produkts.
- Planen Sie die Wiederverwendung von Produkten und Komponenten.
- Konzipieren Sie das Produkt als Dienstleistung.¹⁶



2.2.2.2 Prozessoptimierung:

Hierbei spielen vor allem material- und energieeffiziente, schad- und störfstofffreie Herstellungsprozesse und Produktionssysteme eine entscheidende Rolle. Key Enabler für kreislauforientierte Prozessoptimierungen sind beispielsweise **firmenübergreifende Zusammenarbeiten** wie Wertschöpfungsnetzwerke oder industrielle Symbiosen, in denen Rohstoffe und Infrastruktur gemeinsam genutzt werden sowie die **Digitalisierung** im Sinne von Modellierungen, digitalen Zwillingen, Echtzeit-Monitoring und Datenanalyse. Grundlage der Fortschritte und Optimierungen ist hierbei eine fundierte Datenbasis und darauf aufbauende Ableitung der Zusammenhänge und Vorgehensweisen.

Einige dieser Prozessoptimierungen befinden sich derzeit noch im Entwicklungsstadium, andere werden bereits erfolgreich eingesetzt und in den Good Practice Beispielen beschrieben. Während innovative kreislaufgerechte Produktionstechnologien vor allem in F&E-Projekten erarbeitet und durch eine eigene Publikation mit Praxisbeispielen mit dem Namen „Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien“ durch das BMK veröffentlicht wurde, sind innovative Produktionstechnologien im Stadium von Forschungs- und Pilotprojekten in dieser Good Practice Sammlung aus diesem Grund kaum inkludiert.^{17 1}

2.2.2.3 Zirkuläre Geschäftsmodelle:

Im Gegensatz zu linearen Geschäftsmodellen werden bei zirkulären Geschäftsmodell Zusammenhänge entlang des Lebenszyklus explizit mitgedacht und Potenziale ungenutzter Wertschöpfung durch Modifikationen der Geschäftsprozesse und -strategien integriert.

Geschäftsmodelle, die besonders für die Kreislaufwirtschaft geeignet sind und für produzierende Unternehmen relevant sind, werden im Folgenden vorgestellt (Auszug):

- ★ **Neu- oder Weiterentwicklung eines Produkts:** Hierbei wird das Geschäftsmodell darauf ausgelegt die zirkuläre Qualität der Produkte zu steigern, etwa durch den Einsatz von erneuerbaren, recycelten bzw. recycelbaren Rohstoffen oder durch Konstruktionsmethoden, welche die eine Wiederverwendung bzw. Aufbereitung ermöglichen. Hierbei muss gegebenenfalls die Erlösstruktur angepasst werden, da es auch zu Kostensteigerungen kommen kann.
- ★ **Take back & Buy back:** Bei diesem Geschäftsmodell bietet der Produzent eine Rückgabemöglichkeit nach einer bestimmten Zeit an (Take back). Als Gegenleistung kann ein neues Produkt zu einem vergünstigten Preis angeboten werden oder es wird zum Restwert zurückgekauft (Buy back).
- ★ **Product-as-a-service / Pay-per-use:** Hierbei verkauft der Hersteller nicht mehr das Eigentum am Produkt, sondern das Recht, dieses zu verwenden – also die Funktion. Aufgrund der Kostenstruktur, welche sich nach den verbrauchten Mengen richtet, entstehen finanzielle Anreize für Kund:innen, die Produkte gezielt und effizient nutzen. Die Wartung und Reparatur des Produkts kann dabei als zusätzliche Dienstleistung vom Hersteller angeboten werden und zur verlängerten Lebensdauer des Produktes beitragen.⁷



2.3 Gesetzliche und strategische Rahmenbedingungen

Die relevanten gesetzlichen und strategischen Rahmenbedingungen auf nationaler und EU-Ebene sind von einer Reihe von Verordnungen und Strategien, die sich auf die Kreislaufwirtschaft allgemein und in der Produktion beziehen, geprägt.

Auf europäischer Ebene gibt es als zentrales Dokument den Aktionsplan zur Kreislaufwirtschaft, der auf die wesentlichen Industriesektoren und gesellschaftlichen Bereiche mit Relevanz für eine Transformation zu einer zirkulären Wirtschaft sowie die Hebel und Maßnahmen eingeht. Hervorzuheben sind dabei in Bezug zum Produktionssektor die Erleichterung von Industriesymbiosen durch ein von der Industrie getragenes Berichterstattungs- und Zertifizierungssystem sowie die Förderung der Nutzung digitaler Technologien für die Erkundung, Verfolgung und Inventarisierung von Ressourcen.¹⁸

Ergänzend zum EU-Aktionsplan gibt es vier Verordnungen, die für diese Studie besonders relevant sind. Hierzu zählt die bereits zuvor angesprochene Ökodesign-Verordnung, welche sechzehn Anforderungen an das Ökodesign formuliert. Die Verordnung regelt nahezu alle in der EU verkauften Produkte und inkludiert auch Zwischenprodukte und Bauteile, wobei besonderes Augenmerk auf deren Kreislauffähigkeit liegt. Sie ist bereits veröffentlicht, jedoch erfolgt die Bekanntgabe eines konkreten Arbeitsplans im Frühjahr 2025.¹⁹ Eine weitere relevante gesetzliche Rahmenbedingung ist die Batterie-Verordnung, welche sich vor allem den technischen Nachhaltigkeits- und Sicherheitsanforderungen für Batterien bezieht, beispielsweise die verwendeten Stoffe und der erforderliche Rezyklatgehalt. Außerdem werden Kennzeichnungs- und Informationsanforderungen, wie die Angabe bestimmter Parameter, die Sammlung von Altbatterien sowie ein digitaler Batteriepass, der ab 18.02.2027 geführt werden muss, festgesetzt.²⁰

Zudem ist die Verordnung bezüglich kritischer Rohstoffe anzuführen, mit der das Risiko von Versorgungsunterbrechungen durch Diversifikation, Stärkung der Kreislauffähigkeit und die Unterstützung von Forschung und Innovation in den Bereichen Ressourceneffizienz und Entwicklung von Ersatzstoffen gemindert werden soll. Eine zentrale Zielquote ist, dass mindestens 25 % der kritischen Rohstoffe aus Recycling gewonnen werden sollen.²¹ Und die Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfälle sieht eine Reihe von Maßnahmen vor, die die Zirkularität unterstützen: Die Einführung von Leistungsmerkmalen für Recycling (ab 2035), Anforderungen für Mindestrezyklatanteil (2030), Kennzeichnungspflichten (2026), Kriterien der recyclingorientierten Gestaltung (2030) und Beschränkungen von Gefahrenstoffen (Bereits in Kraft).²²



Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie ist für den heimischen Wirtschaftsstandort zentral. In dieser wird das Ziel definiert, den Ressourcenverbrauch und die -nutzung zu vermindern, Abfälle und Schadstoffe zu vermeiden und Treibhausgasemissionen zu verringern. Die Maßnahmen der Kreislaufwirtschaftsstrategie beinhalten die Beseitigung von rechtlichen Hindernissen, die Weiterentwicklung des Abfallrechts, die Schaffung von Experimentiermöglichkeiten sowie die Entwicklung von Normen und Standards. Ein Schwerpunkt der Strategie ist außerdem die Steigerung der Verwendung von Sekundärrohstoffen. Hierzu soll die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen durch das Festlegen von verbindlichen Quoten für die Verwendung von Recyclingmaterial bei der Produktion gefördert werden. Dabei werden Qualitätsanforderungen, Dokumentations- und Nachweispflichten berücksichtigt. Zusätzlich sieht die Strategie vor, die Schaffung von Märkten von Recyclingmaterial sowie den Einsatz von nachhaltigen und regionalen Rohstoffen zu unterstützen. Für den Produktionssektor wird die Förderung von material- und energieeffizienten, schad- und stofffreien Herstellungsprozessen und Produktionssystemen angestrebt. Dadurch soll die Ressourcenproduktivität bis 2030 im Vergleich zu 2015 um 50 % steigen, ohne dass ressourcenintensive Produktionsprozesse ins Ausland verlagert werden müssen. Ein wichtiger Punkt in der Kreislaufwirtschaftsstrategie, der auch mit der Ökodesign-Verordnung der EU in Zusammenhang steht, ist die Unterstützung von zirkulärem und nachhaltigem Design von Produkten. Darüber hinaus ist ein zentrales Anliegen der Strategie, die digitale Vernetzung für die Kreislaufwirtschaft voranzutreiben, wie die Erstellung eines digitalen Zwillings, um Industrie 4.0 zu ermöglichen.¹

Im Fortschrittsbericht zur Kreislaufwirtschaftsstrategie sind die bisherig erfolgreich umgesetzten Maßnahmen der Strategie beschrieben, wie etwa die Einführung des Pfandsystems für Einweg-Getränkeflaschen und -Dosen im Jahr 2025. Außerdem wird bis 2026 jenen Unternehmen ein Reparaturbonus gewährt, die Elektro- und Elektronikgeräte reparieren. Weiters wurden 2024 der Kreislaufwirtschafts-Helpdesk vom Umweltbundesamt als Ansprechstelle für Unternehmen eingerichtet und F&E-Projekte mit der FTI-Ausschreibung Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien gefördert.²³

Mit der Erneuerung des Umweltförderungsgesetzes (UFG) für Kreislaufwirtschaft wurde ein eigener Förderungsbereich für betriebliche investive und immaterielle Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft etabliert, mit dem im Jahr 2024 erstmals vier Förderinstrumente geöffnet waren: Zirkuläres Design, Textilien und Bettmatratzen, Anlagen zur stofflichen Verwertung bzw. Recycling und sozialökonomische Betriebe. Insgesamt wurden für das Jahr 2024 € 41 Millionen an Fördermitteln zur Verfügung gestellt.²⁴ Für Forschungs- und Entwicklungsprojekte steht eine jährliche Ausschreibung der FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft zur Verfügung, in der kooperative F&E-Projekte sowie spezielle F&E-Dienstleistungen in verschiedenen Ausschreibungsschwerpunkten gefördert werden – dies mit dem Ziel, die Ressourcenwende sowie die digitale grüne Transformation voranzutreiben.²⁵



3 Good Practice Beispiele

Um einen Überblick zur ökologischen und ökonomischen Vielfalt an Möglichkeiten und Chancen der Kreislaufwirtschaft in der Produktion aufzuzeigen, werden 30 Unternehmensbeispiele auf nationaler und internationaler Ebene beispielhaft dargestellt, die bereits das Prinzip der Zirkularität in den betrieblichen Tätigkeiten und Unternehmensstrategien verankert haben.

Für folgende sechs Branchen²⁶, die wesentliche Sektoren der österreichischen Wirtschaft darstellen, wurden gute Beispiele der betrieblichen Praxis recherchiert:

- ★ Bauwirtschaft
- ★ Chemie- und Kunststoffindustrie
- ★ Holz- und Papierindustrie
- ★ Lebensmittelherstellung
- ★ Maschinen- und Anlagenbau
- ★ Elektro- und Elektronikindustrie

Für jeden Wirtschaftssektor wurden jeweils fünf Good Practice Beispiele dargestellt und nach den adressierten Prinzipien der Circular Economy charakterisiert. Die ausgewählten Branchen unterscheiden sich teilweise von den Transformationsschwerpunkten der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie, nehmen jedoch Bezug auf die Strategie.

Um einen raschen Überblick und eine entsprechende Vergleichbarkeit der Unternehmensbeispiele zu erzielen, wurden wesentliche Informationen zu den zirkulären Grundsätzen, den Zielen der jeweiligen Kreislaufwirtschaftsprinzipien sowie der Stufe im Wertschöpfungsprozess, die mit den zirkulären Aktivitäten angesprochen werden, prägnant dargestellt.

- ★ Zirkuläre Grundsätze: Zuordnung der sogenannten „Rs“ der Kreislaufwirtschaft, etwa Rethink, Reuse, Reduce etc. zu den geschäftlichen Tätigkeiten und Strategien
- ★ Ziele: Diese umfassen beispielsweise die Steigerung der Ressourceneffizienz, die Verlängerung der Lebensdauer, eine Nutzungsintensivierung oder die Emissions- und Abfallreduktion.
- ★ Wertschöpfungsprozess: Wirkung der Kreislaufwirtschaftsaktivitäten beispielsweise auf die Produkterstellung bzw. das Produktdesign, die Materialproduktion, die Produktfertigung und den Service & Verkauf, zugeordnet und die zirkulären Ziele inkludiert.



3.1 Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft zählt aufgrund des hohen Materialverbrauchs und der energieintensiven Produktion von Baustoffen wie Zement oder Stahl zu den ressourcenintensiven Branchen. Da insbesondere die Planung und Materialwahl beim Bauprozess entscheidende Einflussfaktoren für die Intensität der Ressourcennutzung sind, kommen der zirkulären Bauweise und der Recyclingfähigkeit der Rohstoffe eine wichtige Rolle zu.

Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie hat unter Berücksichtigung der spezifischen Situation des Bauwesens Ziele und Maßnahmen definiert, die sich auf die Vermeidung des Rohstoffeinsatzes, die Wiederverwendbarkeit und das Recycling beziehen. Dabei werden alle Phasen des Lebenszyklus einbezogen. Bei den Maßnahmen liegt der Fokus auf der Steigerung der Langlebigkeit, der Flexibilisierung des Nutzens, der modularen Bauweise sowie der Trenn- und Wiederverwendbarkeit von Baukomponenten. Darüber hinaus zielt die Strategie darauf ab, die CO₂-Emissionen durch eine effiziente Sanierung des Gebäudebestandes zu reduzieren und die ökologisch sowie wirtschaftlich sinnvolle stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen voranzutreiben.¹

Anhand der im folgenden Kapitel dargestellten Good Practice Beispiele wird eine Vielzahl von Ansatzpunkten für die praktische Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsprojekten in der Bauwirtschaft sichtbar, die vielfach bereits in der Produktentwicklung bzw. im Produktdesign beginnen. So zeigen etwa Kooperationen zwischen Herstellern und Entsorgungsunternehmen auf, dass sich die Recyclingquote der Materialien und der Rezyklatanteil in Neuprodukten beträchtlich steigern und wirtschaftlich umsetzen lässt. Dabei erweist sich sowohl der Austausch von Know-how als auch die Einführung von Rücknahmeprogrammen als sinnvoll. Zusätzlich kann durch neue Geschäftsmodelle, wie die Vermietung von temporären Gebäuden und die modulare Bauweise, die Wiederverwendbarkeit von Bauteilen erhöht werden. Weiters zeigt sich, dass es durch technische Innovationen möglich ist, auch in Bereichen mit hohen Qualitätsstandards ein Remanufacturing-Programm in bestehende Produktionsprozesse einzubinden, weil dadurch auf eine Neuproduktion verzichtet werden kann.



3.1.1 PORR, SAUBERMACHER & SAINT-GOBAIN – Recycling von Rigipsplatten

Die branchenübergreifende Partnerschaft realisiert eine sogenannte „Zero Waste Vision“ für Gipskartonplatten und investiert gemeinsam in die erste Gips-zu-Gips-Recyclinganlage in Österreich. Bisher konnten Gipskartonplatten äußerst kostengünstig deponiert werden, was dazu geführt hat, das nahezu 100 % des Abfall- bzw. Abbruchmaterials auf Deponien landet.



Zirkuläre Grundsätze:



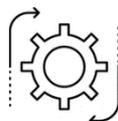
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



- Abfallreduktion**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Produktnutzung** – Sammel- und Rücknahmelogistik
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Das österreichische Bauunternehmen PORR, der französische Trockenbauspezialist Saint-Gobain (bekannt von der Marke Rigips) und das österreichische Entsorgungsunternehmen Saubermacher befürworten die Recycling-Gips-Verordnung, welche 2026 in Kraft tritt und das Ziel verfolgt, die hochwertige Kreislaufführung von Gips durch die Trennpflicht und das Deponieverbot sicherzustellen. Die Unternehmenspartner ergänzen sich für das Gips-zu-Gips-Recycling synergetisch. PORR und Saubermacher sind als etablierte Player im Rückbau und Entsorgungsmarkt aktiv, wodurch die Anlieferung bzw. Rückführlogistik sichergestellt wird. Der Recyclingspezialist Saubermacher bringt u.a. neue digitale Logistiklösungen mit, um die Gipsabfälle der Baustellen transparent zur Aufbereitungsanlage zu transportieren. PORR ist wiederum eines der größten Unternehmen im Recyclingtätigkeitsbereich der österreichischen Baubranche und recycelt bereits jährlich etwa 2 Mio. Tonnen Baurestmasse. Nach der Aufbereitung wird der Recycling-Gips per Bahn nach Bad Aussee zur neuen Recyclinganlage transportiert, wo der Trockenbauspezialist Saint-Gobain aus dem Rezyklat neue Gipskartonplatten (Rigips-Platten) herstellt. Derzeit können bis zu 40 % Gipsrezyklat in neue Gipskartonplatten verarbeitet werden. Laut den Kooperationspartnern sind sowohl die Sicherstellung der wirtschaftlichen Umsetzung des Projekts durch die sektorübergreifende Partnerschaft als auch der gesetzliche Rahmen die unerlässlichen Schlüssel zum Erfolg.

Quelle & Bildmaterial: <https://porr.at/>, <https://saubermacher.at/>, <https://www.saint-gobain.at/>



3.1.2 PARMACO GROUP – modulare temporäre Gebäude

Das Bauunternehmen produziert, errichtet und wartet modulare Gebäude, welche mit dem Geschäftsmodell der flexiblen Miete kombiniert werden. Während der Lebensdauer der Gebäude können diese dynamisch erweitert und auf verschiedenen Standorten genutzt werden. Anwendung findet das Konzept derzeit vor allem bei kommunalen Errichtungen.



Zirkuläre Grundsätze:



- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Reuse** – Wiederverwendung von funktionsfähigen Produkten
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



- Steigerung der Ressourceneffizienz**
- Verlängerung der Lebensdauer**
- Nutzungsintensivierung**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktdesign, Produktfertigung, Service und Verkauf
- Produktnutzung** – Reparatur und Wartung, Wiederverkauf
- Rückführung** – Produkte, Komponenten

Beschreibung:

Die Parmaco Group aus Finnland produziert flexible Gebäude zur temporären Miete, welche effizient aufgebaut, erweitert, abgebaut und für einen anderen Standort als ganze Gebäude wieder errichtet oder in Einzelteilen wiederverwendet werden können. Hierbei wird auf einen kontinuierlichen Lebenszyklus geachtet und Produktionsabfälle werden wo möglich wiederverwendet und recycelt. Anwendung findet das Geschäftsmodell vor allem bei kommunalen Errichtungen, bei denen durch ein Satellitenmodell bereits Zoneneinteilungsphasen berücksichtigt werden – dabei werden gemietete Parmaco-Gebäude um die dauerhaften Basisgebäude der Gemeinde flexibel aufgebaut und für Zwecke wie Kindertagesstätten, Schulen, Gesundheitseinrichtungen etc. verwendet. Das Hauptmaterial der Gebäude ist Holz aus Finnland kombiniert mit der "FIXCEL® steel cell", wodurch große Raumelemente unter Fabrikbedingungen hergestellt und als Module auf die Baustelle transportiert werden können. Laut der Parmaco Group kann der CO₂-Fußabdruck ihrer Modelle bis zu 50 % weniger betragen als der eines vor Ort errichteten Gebäudes. Zusätzlich wird bei der Gebäudequalität darauf geachtet, dass die Gebäude eine Energieeffizienz der Klasse A aufweisen und langlebige Fassaden- und Dachbeschichtungen sowie wartungsfreundliche Lüftungssysteme integriert werden, um Verschleiß und Reparaturkosten während des Lebenszyklus zu reduzieren. Durch den Erwerb der Mehrheitsbeteiligung am deutschen Unternehmen mobispace können künftig die dynamischen Mietmodelle auch in Deutschland angeboten werden.



3.1.3 WIENERBERGER – Zirkuläres Design von Bauprodukten

Beim größten heimischen Produzenten für Ziegelmauerwerke und keramische Dachsysteme werden zirkuläre Designkriterien genutzt, um nahezu alle Neuprodukte wiederverwendbar oder recycelbar zu gestalten, sekundäre Rohstoffe für neue Produkte zu nutzen und den Materialeinsatz durch Computersimulationen zu reduzieren.



Zirkuläre Grundsätze:



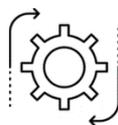
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Reuse** – Wiederverwendung von funktionsfähigen Produkten
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



- Steigerung der Ressourceneffizienz**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktdesign, Komponentenproduktion, Produktfertigung
- Produktnutzung** – Sammel- und Rücknahmelogistik
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Die österreichische Firma Wienerberger bedenkt bereits bei der Entwicklung der Produkte bzw. in der Design-Phase die Wiederverwendbarkeit und Rezyklierbarkeit der Ziegel-, Dach- und Kunststoffrohr-Systeme mit. Das Ziel einer > 90 %igen Wiederverwendbarkeit bzw. Rezyklierbarkeit der Neuprodukte wurde durch die Analyse der jeweiligen Produktgruppen und entsprechender Festlegung von Kriterien für den Designprozess erreicht. So wurde beispielsweise der Fassadenziegel „ClickBrick“ entwickelt, welcher ohne Mörtel in den Fassadenverbund gebracht wird und daher leicht zurückgebaut und anschließend wiederverwendet werden kann. Zusätzlich hat der Einsatz von Sekundärrohstoffen einen hohen Stellenwert im Unternehmen: Bei der keramischen Produktion werden Reststoffe des eigenen Produktionsprozesses innerhalb der Werke aufgrund des hohen Reinheitsgrades problemlos rückgeführt und für externe Sekundärrohstoffe werden u.a. Pilotprojekte im „Urban Mining“-Bereich durchgeführt, um beispielsweise Abbruch-Ziegel für die Produktion von neuen Ziegeln zu verwenden. Um die Ressourceneffizienz zu steigern bzw. eine gleichbleibende Produktqualität bei geringerem Rohstoffeinsatz zu erzielen, werden Computersimulationen auf Basis mathematischer Modelle angewendet, um die Eigenschaften der Produktsysteme zu berechnen und Effizienzoptimierungen unter der Berücksichtigung von Festigkeit, Wärmedämmung und Schallschutz vorzunehmen. Durch diese Simulationen konnten Produkte entwickelt werden, welche für gleichartige Konstruktionen 10 % weniger Materialeinsatz benötigen.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.wienerberger.at/>



3.1.4 LORENZ – Remanufacturing von Wasserzählern

Durch das RETHINK-Forschungsprojekt ist es dem Hersteller von Wasserzählern in Zusammenarbeit mit weiteren Projektpartnern gelungen, das Remanufacturing von Wasserzählern in bestehende Produktionsprozesse zu integrieren. Durch die Wiederaufbereitung der Geräte können 30 % der Messing- und Elektronikteile eingespart bzw. wiederverwendet werden.



Zirkuläre Grundsätze:



Remanufacture – Wiederaufbereiten

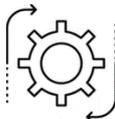
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Komponentenproduktion, Produktfertigung

Produktnutzung – Sammel- und Rücknahmelogistik

Rückführung – Komponenten, Produkt

Beschreibung:

Die Firma Lorenz, ein deutsches KMU, hat gemeinsam mit den Projektpartnern Software Factory, ITQ und dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Universität München die Einbindung von Kreislaufprozessen, im Konkreten das Remanufacturing, in die bestehenden Produktionsprozesse von Wasserzählern erzielt. Der Vorteil der Doppelnutzung als Produktions- und Remanufacturing-System ergibt sich daraus, dass Anlagen besser ausgelastet und Stillstandzeiten vermieden werden können. Nachdem Wasserzähler durch gesetzliche Vorgaben regelmäßig geeicht werden müssen, wurde bislang aus wirtschaftlichen Gründen sowie aufgrund der hohen Anforderungen hinsichtlich Messgenauigkeit und Hygiene ein kompletter Austausch der Geräte vorgenommen. Mit Hilfe von Industrie 4.0 bzw. eines digitalen Zwillings, eigens entwickelten Maschinen zur Demontage und Reinigung sowie zur Messung und Nachbearbeitung des Gehäuses, ist es dem Unternehmen gelungen, bei geringem Kostenaufwand die Zähler wieder auf einen qualitativ hochwertigen Standard aufzubereiten und wieder einsetzbar zu machen. Dadurch können 30 % der Messing- und Elektronikteile eingespart und eine gewisse Resilienz im Hinblick auf fluktuierende Rohstoffpreise erzielt werden. Zusätzlich können durch die Umstellung des Produktionsprozesses der Wasserzähler jährlich ca. 150.000 kWh Energie eingespart werden. Das RETHINK-Forschungsprojekt wurde im Rahmen des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.^{27 28}



3.1.5 STRASSER STEINE – Recycelte Küchenarbeitsplatten

Der oberösterreichische Hersteller von Küchenarbeitsplatten hat ein System entwickelt, wodurch Naturstein aus der eigenen Produktion, aus Steinbrüchen und von alten Küchenplatten recycelt und zu neuen, sogenannten Re-Stoning-Platten verarbeitet wird. Die Platten werden durch Niedertemperaturprozesse gepresst und zeigen eine erhöhte Bruchresistenz.



Zirkuläre Grundsätze:



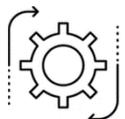
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



- Emissions- und Abfallreduktion**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Steigerung der Ressourceneffizienz**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Produktnutzung** – Sammel- und Rücknahmelogistik
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Der Mühlviertler Hersteller von Küchenarbeitsplatten aus Naturstein und Keramik hat ein „Re-Stoning System“ entwickelt und bietet sogenannte Re-Stoning-Arbeitsplatten unter der Marke „Alpinova“ an. Gemeinsam mit einem italienischen Partner werden Natursteinabschnitte aus der eigenen Produktion, aus Steinbrüchen und nicht mehr benötigte Natursteinarbeitsplatten farblich sortiert, zerkleinert und gemeinsam mit Feldspat und Harzen aufbereitet und zu neuen Küchenplatten verarbeitet. Die derzeitigen „Alpinova“-Produkte bestehen zu 40 % aus zerkleinertem Naturstein, 50 % Rezyklat und 10 % Bindemittel und können nach der Nutzungsdauer zu 100 % recycelt werden. Zusätzlich werden die Platten während des Produktionsprozesses mittels Niedertemperatur gepresst, um Energie einzusparen. Die innovative Technologie und das hochleistungsfähige Bindemittel erlaubt eine Veredelung des Steinmaterials, welches sowohl zu einer gleichmäßigeren Farbverteilung als auch einem weniger bruchanfälligen Material führt. Derzeit können Endkund:innen in Österreich und Deutschland ihre nicht mehr benötigten Natursteinarbeitsplatten über einen teilnehmenden Fachhandel zurückgeben. Diese werden anschließend zerkleinert und dem Kreislauf der Strasser-Produktion zugeführt. Es wird geschätzt, dass aktuell rund 20 % der Küchenarbeitsplatten in Österreich aus Naturstein bestehen. Dieses Segment wächst stetig, dadurch steigt ebenso der Bedarf, dass Natursteinarbeitsplatten nach der Erstanwendung entsorgt bzw. recycelt und wiederverwendet werden können.^{29 30}

Quelle & Bildmaterial: <https://www.strasser-steine.at/>



3.1.6 TARKETT – Rücknahmeprogramm für Bodenbeläge

Der Hersteller von Bodenbelägen hat ein sogenanntes ReStart-Programm für das Recycling und die Wiederaufbereitung entwickelt. Durch Logistikpartner werden die Bodenbeläge eingesammelt, in eigenen Recyclingzentren verarbeitet und bilden schließlich die Grundlage für die Fertigung von neuen Böden aus Teppich oder Lino-
leum, welche 2023 18 % recyceltes Material enthielten.



Zirkuläre Grundsätze:



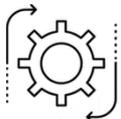
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign, Produktfertigung
Produktnutzung – Sammel- und Rücknahmelogistik
Rückführung – Recycling von Materialien

Beschreibung:

Der französische Hersteller für Bodenbeläge, die Firma Tarkett, forciert seit 2010 mit seinem Programm ReStart-Recycling das Wiederaufbereiten von Bodenbelägen. Die Kund:innen, die zB ihre Büroräume mit neuen Teppichböden ausstatten möchten, können sich für das ReStart-Programm anmelden und erhalten auf Bestellung Big Bags, die sie sowohl mit Verschnitt als auch mit den Altböden befüllen können. In Kooperation mit lokalen Logistikpartnern werden die Bodenbeläge bei den Kund:innen abgeholt, sortiert und in den acht unternehmenseigenen Recyclingzentren zu neuen hochwertigen Rohmaterialien verarbeitet. Aus diesem Material werden wieder neue Tarkett-Bodenbeläge hergestellt. Ein Beispiel für ein Recyclingzentrum ist das 2019 eröffnete Werk im niederländischen Waalwijk, welches sich auf das Recycling von Teppichfliesen konzentriert. Hier setzt das Unternehmen eine eigens entwickelte Technologie ein, die die beiden Hauptbestandteile Garn und Rücken effizient trennen kann. Dadurch wird eine Garnreinheit von über 95 % erreicht, die eine Weiterverarbeitung zu Tarketts ECONYL-Nylongarn ermöglicht. Daraus werden schließlich neue kreislauffähige Teppiche gefertigt. Seit dem Start des Programms im Jahr 2010 wurden nahezu 119.000 Tonnen Bodenbeläge zurückgenommen, die aus Verschnitt oder Altböden aus Lino-
leum, Teppich oder Designböden bestanden. Durch das Recyclingprogramm und externe Zulieferungen enthielten im Jahr 2023 18 % der produzierten Bodenbeläge recyceltes Material, bei der Teppichproduktion waren es sogar 46 %.



3.2 Chemie- und Kunststoffindustrie

Produkte der Branchen Chemie und Kunststoff gewährleisten aufgrund der vielfältigen Materialeigenschaften wichtige Funktionen des täglichen Lebens. Die Erzeugnisse der Chemie- und Kunststoffindustrie spielen eine elementare Rolle beispielsweise in der Pharmazie, der Landwirtschaft oder bei der Herstellung von Verpackungen oder Kunststoffteilen. Allerdings basiert die Produktion beider Industriezweige nahezu vollständig auf den fossilen Rohstoffen Erdgas und Erdöl. Deshalb ist es von zentraler Bedeutung, die momentan verwendeten Rohstoffe zunehmend durch erneuerbare Materialien natürlichen Ursprungs zu ersetzen. Außerdem haben Kunststoffe ein gutes Kreislaufwirtschaftspotenzial, das durch Recycling oder die Wiederwendbarkeit genutzt werden kann.

Da in der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie keine dezidierten Angaben zur Chemieindustrie formuliert wurden, werden die Ziele und Maßnahmen auf europäischer Ebene betrachtet: Der Schwerpunkt liegt vor allem auf der Vermeidung von gefährlichen Stoffen bereits am Beginn des Lebenszyklus, damit Recyclingmaterialien keine gefährlichen Chemikalien enthalten. Außerdem soll die Informationsverfügbarkeit verbessert werden, um die genaue chemische Zusammensetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu kennen. Darüber hinaus unterstützt die EU die Entwicklung neuer Materialien und Technologien, die nachhaltige chemische Produkte ermöglichen.¹⁸

Bei Kunststoffen liegt der Schwerpunkt der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie auf der Reduktion von Verpackungsabfällen, beispielsweise durch den Einsatz von Mehrwegverpackungen. Weiters sollen nachhaltiges Produktdesign und Recycling von Kunststoffprodukten forciert und der Einsatz von Sekundärrohstoffen erhöht werden.¹

Die folgenden Good Practice Beispiele verdeutlichen, dass einige Grundstoffe der chemischen Industrie durch bislang nicht genutzte Rohstoffe substituiert werden können. Dies inkludiert Abfallprodukte der Lebensmittelherstellung oder anderer Produktionsprozesse, welche durch innovative Verarbeitung in gemeinsamer industrieller Symbiose genutzt und verarbeitet werden können. Außerdem wird aufgezeigt, wie durch zielgerichtetes Produktdesign Recycling ermöglicht bzw. es wirtschaftlich durchführbar wird. Ebenso bieten neue Geschäftsmodelle, wie zB das Chemikalienleasing, Vorteile für Produzenten und Anwender bei insgesamt deutlich reduziertem Chemikalienverbrauch.



3.2.1 WAGO – Klemmen aus recycelten und biobasierten Stoffen

Die nach zirkulären Grundsätzen hergestellten Verbindungsklemmen der Green Range 221 bestehen zu zwei Dritteln aus recyceltem Polyethylenterephthalat aus PET-Flaschen und biobasierten Reststoffen aus Industrie- und Haushaltsabfällen. Außerdem werden die bei der Produktion anfallenden Granulatreste direkt für die Herstellung der Klemmen verwendet.



Zirkuläre Grundsätze:



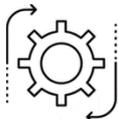
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten
- Repurpose** – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Das deutsche Mittelstandsunternehmen WAGO stellt Kunststoffbauteile für die Elektronikindustrie her und sind besonders für ihre Verbindungsklemmen für elektronische Komponenten bekannt. Bislang verarbeitete der Hersteller ausschließlich Kunststoff aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl und Erdgas. Seit kurzem bietet das Unternehmen eine Verbindungsklemme an, die zu zwei Dritteln aus recyceltem Material hergestellt ist. Während das Gehäuse zu 77 % aus Polycarbonat biologischen Ursprungs besteht, liegt der Anteil an recyceltem Polybutylenterephthalat (PBT) beim Hebel der Klemme bei mindestens 27 %. Zur Herstellung der Polymere für den Hebel werden PET-Flaschen gesammelt, gereinigt und zerkleinert. Durch ein chemisches Up-Cycling-Verfahren erfolgt die Auflösung der Flaschen in ihre Bestandteile, sodass diese durch die Zugabe weiterer Stoffe neu zu PBT polymerisiert werden können. Das Material für das Gehäuse wird hauptsächlich aus Abfällen der Lebensmittel- und Papierindustrie gewonnen, wie zB Tallöl, Altfetten und Rückständen aus der Speiseölproduktion. Ergänzend zur Verwendung von Abfallprodukten aus anderen Industrien werden auch die Granulatreste, die bei der Herstellung der Klemmen anfallen, wieder direkt in die Produktion zurückgeführt. Durch die nachhaltigere Produktionsweise können bei gleicher Qualität und gleichen technischen Eigenschaften bis zu 87 % der CO₂-Emissionen einer herkömmlichen Klemme eingespart werden.



3.2.2 FOOD FOR SKIN – Naturkosmetik aus Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie

Das Kosmetikunternehmen entwickelt Produkte, welche zu 100 % natürlichen Ursprungs sind und zusätzlich zu 30 % aus Neben- bzw. Abfallprodukten der Lebensmittelindustrie bestehen. Eingesetzt werden Öle, Gemüse, Samen und Nüssen, welche durch Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen, beispielsweise mit einer Nudelsaucenfabrik, bezogen werden.



Zirkuläre Grundsätze:



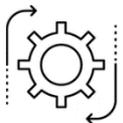
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign

Beschreibung:

Das niederländische Unternehmen Food for Skin, welches 2020 gegründet wurde, vertreibt Hautpflegeprodukte, die zu 100 % aus natürlichen Inhaltsstoffen bestehen. Bei der Produktion arbeitet das Unternehmen eng mit zwei niederländischen Laboratorien und Unternehmen der Lebensmittelindustrie zusammen. Die Inhaltsstoffe wie Öle, Gemüse, Samen, Nüsse und andere Pflanzen für die Kosmetika stammen aus natürlichen Quellen, wobei 30 % der Stoffe aus Abfällen der Lebensmittelindustrie bezogen werden. Beispielsweise werden die für die Produkte benötigten Lycopene (Antioxidantien) aus Tomatenschalen gewonnen. Für die Basiscreme werden die anfallenden Nebenprodukte eines italienischen Nudelsaucenherstellers genutzt, wie die Samen, Schalen und der Saft. Für das Avocadoöl in den Produkten verwendet Food for Skin Avocados, die nicht "schön" genug sind, um sie an Endverbraucher:innen zu verkaufen, so dass der ökologische Fußabdruck reduziert wird. In der Sonnencreme werden Zutaten verwendet, die ebenfalls als Nebenprodukt anfallen: Himbeeröl, das als Abfallprodukt bei der Safterstellung anfällt, Bisabolol (Kamillenextrakt) und Blaubeersamenöl, die ebenfalls Reststoff in der Lebensmittelproduktion darstellen und aufbereitet werden.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.foodforskin.care/en>



3.2.3 RENNER PRINT MEDIA – zirkulär designtes Kunststoffetikett

Das Druckunternehmen hat ein Etikett entwickelt, das zu 100 % aus recyceltem Polypropylen besteht. Die Grundmaterialien werden aus Abfällen oder Produktionsresten gewonnen. Das Produkt wurde dabei speziell für das optimale Recycling entwickelt, weshalb Störstoffe nicht aufwendig aus alten Etiketten entfernt werden müssen, sondern im Produkt verbleiben können.



Zirkuläre Grundsätze:



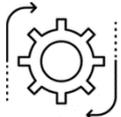
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes
Emissions- und Abfallreduktion
Verzicht auf Neuprodukte

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign, Produktfertigung
Rückführung – Material

Beschreibung:

Das österreichische Druckunternehmen Renner Print Media, welches Etiketten, Verpackungen und Werbedruck herstellt, hat das Material „Circular PP“ entwickelt, das zu 100 % aus uprecyceltem Polypropylen (PP) besteht. Die Druckprodukte, wie zB Kunststoffetiketten für Pflanzen, die aus diesem Material bestehen, wurden speziell für das optimale Recycling konzipiert. So werden, wo es möglich ist, die Farb- und Lackmenge auf der Vorderseite reduziert und die Etikettenrückseite einfarbig und schwarz gestaltet. Der Lackverbrauch wird bei der Produktion zusätzlich durch ein Lackmengenmanagement und moderne Maschinen gesenkt. Außerdem empfiehlt der Hersteller seinen Kund:innen, wenn möglich auf Lack gänzlich zu verzichten. Für das Grundmaterial werden sowohl Abfälle wie zB alte Werbeplakate als auch intern anfallende Produktionsreste des Stanzprozesses verwendet. Diese Abfälle werden zerkleinert und zu einem hellgrauen Granulat verarbeitet. Die Störstoffe wie Farben oder Lacke bleiben dauerhaft eingebunden, sodass kein neuer Abfall entsteht. Somit müssen die Störstoffe nicht in einem aufwendigen Verfahren vom Kunststoff getrennt werden, wie es bei herkömmlichen Recycling-Prozessen üblich ist. Das gewonnene PP-Regranulat ist wasserbeständig, robust und gibt keine Schadstoffe an die Umwelt ab. Es ersetzt die Neuware im Produktionsprozess der Etiketten und hat laut Hersteller einen um bis zu 80 % geringeren CO₂-Fußabdruck als herkömmliches PP.



3.2.4 CHEMPOLIS – Bioraffinationsverfahren im industriellen Ökosystem

Der Hersteller von Biochemikalien und Anbieter von Bioraffinerietechnologien hat eine ressourceneffiziente Technologie zur Umwandlung von Biomassereststoffen in hochwertige Materialien entwickelt. Durch industrielle Symbiosen werden Ressourcen gemeinsam genutzt und durch ein Lizenzprogramm wird die Technologie für andere Unternehmen verfügbar.



Zirkuläre Grundsätze:



Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen

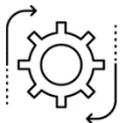
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Material- und Komponentenproduktion

Produkterstellung – Service und Verkauf

Produktnutzung – Verwendung und „Sharing“

Beschreibung:

Das finnische Unternehmen Chempolis hat eine Fraktionierungstechnologie namens formico® entwickelt, welches als Bioraffinationsverfahren die Restbiomasse aus der Landwirtschaft und anderen Abfallströme in hochwertige Materialien für die Textil-, Bau-, Automobil- und Chemieindustrie umwandelt. Die patentierten Technologien weisen laut dem Unternehmen die höchste Effizienz der abwasserfreien Bioraffinerie-Technologien auf – die Prozesse sind sowohl frei von Abwässern als auch energieautark und die Prozesschemikalien werden recycelt. Die Biomasse (nicht-hölzern und nicht-essbar zB Stroh, Gräser etc.) wird in die Grundbestandteile Zellulose, Lignin und Hemizellulose fraktioniert, die in Form von Bioethanol, Zellstoffen, Zellulosezucker, Biochemikalien und schwefelfreiem Lignin als Materialbasis für verschiedene industrielle Anwendungen verwendet werden können. Die Bioraffinerien von Chempolis nutzen Biomasserohstoffe, die in der Nähe des Bioraffineriestandorts hauptsächlich aus der Landwirtschaft verfügbar sind, und nutzen ein kollaboratives industrielles Ökosystem, in dem verschiedene Parteien Nebenströme, Energieressourcen und Infrastruktur gemeinsam verwenden. Zusätzlich bietet Chempolis ein Lizenzprogramm der Technologie für andere Unternehmen sowie die Option der Lieferung einer schlüsselfertigen Bioraffinerieanlage an, welche durch Zusammenarbeit mit Bau- bzw. Anlagenbauern entwickelt wurde. ³¹

Quelle & Bildmaterial: <https://chempolis.com/>



3.2.5 SAFECHEM – Chemikalienleasing für Lösungsmittel

Der Chemikalienhersteller bietet mit seinem Programm COMPLEASE ein innovatives Chemikalienleasing an. Statt die Lösungsmittel zu kaufen, werden sie an die Kund:innen lediglich geleast. Dies führt zu wirtschaftlichen Vorteilen für beide Partner, zu einer besseren Planungssicherheit und insgesamt zu einem deutlich geringeren Chemikalienverbrauch.



Zirkuläre Grundsätze:



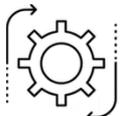
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Produktnutzung** – Verwendung und „Sharing“
- Rückführung** – Produkte

Beschreibung:

Das deutsche Unternehmen Safechem, das zum italienischen Chemiekonzern Itelyum gehört, hat mit seinem Programm Complease ein innovatives Chemikalienleasing entwickelt. Dabei werden die Lösungsmittel für die Reinigung industrieller Teile nicht direkt an den Abnehmer verkauft, sondern vom diesem nur geleast. Statt für die verbrauchte Lösungsmittelmenge zahlen die Kund:innen für die gereinigte Fläche pro Quadratmeter. Hierdurch wird der Chemikalienverbrauch für den Hersteller zu einem Kostenfaktor, so dass bei dem Chemieunternehmen ein wirtschaftliches Interesse entsteht, den Verbrauch zu reduzieren. Das Verfahren hat dabei sowohl für den Produzenten als auch für Kunden:innen Vorteile. Der bzw. die Kund:in profitiert von einer vereinfachten Finanzplanung, weniger Verwaltungsaufwand, einem sachgemäßen Lösungsmittelleinsatz und einer ordnungsgemäßen Entsorgung. Für den Produzenten entstehen die Vorteile durch die stärkere Einbindung in den gesamten Anwendungsprozess, so dass er dem Kunde seine Dienstleistung anbieten kann. Daraus ergeben sich wirtschaftliche Vorteile für beide Partner und insgesamt ein geringerer Chemikalienverbrauch, der bis zu 93 % unter dem bisherigen Verbrauch liegen kann. Da auch das Entsorgungsmanagement vom Anbieter übernommen wird, können die Reststoffe entweder sicher entsorgt oder nach Möglichkeit wiederverwendet werden.



3.3 Holz- und Papierindustrie

Aufgrund der Tatsache, dass Holz ein nachwachsender Rohstoff ist, wird in diesem Sektor großer Wert auf die Wiederverwendbarkeit von Produkten und die Wiederverwendung von Abfällen aus anderen Industrien gelegt. Da Wälder eine wichtige Rolle bei der Bindung von CO₂ spielen, lohnt es sich, den Einsatz von neuem Zellstoff oder Holzwerkstoffen zu reduzieren. Zumindest in der Papierindustrie wird dies bereits durch umfangreiches Recycling erreicht.

Die zentralen Maßnahmen und Ziele der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie sind auf die Rahmenbedingungen der Holz- und Papierindustrie ausgerichtet. Beim Einsatz von biogenen Rohstoffen soll vor allem deren Nutzen als langfristiger Kohlenstoffspeicher forciert werden und andere nachwachsende oder bisher nicht verwendeten Ressourcen durch neue Anwendungsmöglichkeiten und Dienstleistungen erschlossen werden.¹

Die Good Practice Beispiele demonstrieren, dass mit neuen Lösungsansätzen Holz ersetzt oder wiederverwendet werden kann. So ermöglicht die industrielle Symbiose die Nutzung von Nebenprodukten, die neues Holz substituieren können. Darüber hinaus zeigen die Beispiele die Bedeutung von Prozessoptimierungen, die es ermöglichen, Abfälle aus einem Produktionsverfahren drastisch zu reduzieren. Auch ist es möglich, mithilfe von Rücknahmeprogrammen inkl. Refurbishment und zirkulärem Design den Materialverbrauch drastisch zu senken und Holz im Kreislauf zu halten. Des Weiteren können durch die Entwicklung von neuen Produktionsverfahren auf Basis von additiver Fertigung Späne und andere Reststoffe der Holzindustrie für die Herstellung neuer Holzprodukte genutzt werden. Ein Beispiel macht deutlich, dass durch die Anwendung innovativer Verfahren Abfälle aus der Landwirtschaft weitergenutzt werden können, um wertvolle Tropenhölzer zu ersetzen.



3.3.1 FAVINI – Papier aus industrieller Symbiose

Der Papierhersteller setzt bei der Produktion bereits seit 1990 auf die industrielle Symbiose. Um den Anteil von neuem Zellstoff zu senken, kooperiert das Unternehmen vor allem mit lokalen Lebensmittelherstellern und der Textilindustrie, von denen sie zB Kirsch- oder Olivenkerne und andere Nebenprodukte verwenden. Hierdurch können bis zu 25 % des neuen Zellstoffes ersetzt werden.



Zirkuläre Grundsätze:



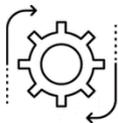
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten
- Repurpose** – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Der italienische Papierhersteller Favini setzt schon seit Jahrzehnten auf Papier aus industrieller Symbiose. Sie nutzen verschiedene Abfälle aus der Lebensmittel-, Leder- und Textilindustrie, um damit zwischen 15 % und 25 % des neuen Zellstoffes aus Holz für das Papier zu ersetzen. Die Kooperation mit anderen Industrien ist vielfältig und hat einen lokalen Bezug. Da Italien ein wichtiges Zentrum des Kirschenanbaus ist, nutzt Favini für die Herstellung des Papiers die Kirschkerne, die als Nebenprodukt der Weiterverarbeitung anfallen. Zudem besteht eine industrielle Symbiose zwischen dem Papierhersteller und italienischen Weinherstellern. Hier nutzt der Papierproduzent vor allem den Trester der Trauben, der beim Pressvorgang anfällt. Statt diesen wie üblich zu Tierfutter zu verarbeiten, wird er getrocknet und gemahlen, so dass er zusammen mit Wasser und Holzzellstoff zu Papier verarbeitet werden kann. Abseits der Lebensmittelherstellung kann Favini von der stark vertretenen Leder- und Textilproduktion in Italien profitieren. Hier verwendet das Unternehmen Verschnitt, der bei der Produktion von Schuhen oder Taschen anfällt, welcher ansonsten deponiert oder zu Dünger verarbeitet wird. Dabei achtet Favini darauf, dass nur Leder verwendet wird, das frei von Schwermetallen ist. Um aus den Produktionsresten brauchbare Zellulose zu gewinnen, werden diese gereinigt, zerkleinert und schließlich mit Baumfasern vermischt. Im Gegensatz zum herkömmlichen Herstellungsprozess von Papier werden dabei keine Chemikalien eingesetzt.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.favini.com/>



3.3.2 PAPIERFABRIK WATTENS (DELFORT GROUP) – Reduktion der Faserstoffabfälle

Der Papierhersteller hat durch Prozessoptimierungen Faserstoffabfälle aus dem Veredelungsprozess reduziert. Durch innovative Drucksortierer können nun Fremdteile und Ausschussreste effizient abgeschieden werden, damit die gereinigten Stoffe der Produktion rückgeführt werden können. Dadurch können jährlich 87.000 kg an Ausschussabfall eingespart werden.



Zirkuläre Grundsätze:



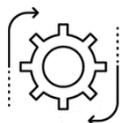
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



**Steigerung der Ressourceneffizienz
Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



Rückführung – Material

Beschreibung:

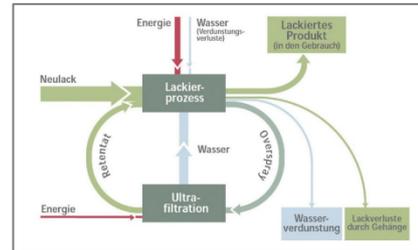
Das österreichische Unternehmen Papierfabrik Wattens ist Teil der internationalen delfort group und hat durch Prozessoptimierungen eine Reduktion der Faserstoffabfälle im Papierherstellungsprozess erzielt. Das sogenannte Ausschusspapier aus der Prozessstufe "Veredelung/Converting" enthält zu ca. 40 % produktionsbedingte Klebestellen, welche bei der Wiederverwertung Schmutzpunkte im Papier bilden und daher als Abfall entsorgt werden müssen. Um dieses Ausschusspapier dem Papierproduktionsprozess wieder zurückzuführen und Abfall zu vermeiden, wurde ein Prozess implementiert, der eine neue Sortierstufe einführt. Hierbei wurde es möglich, durch innovative Drucksortierer auf zwei Produktionslinien der Papierfabrik die Fremdteile und schlecht aufgelösten Ausschussreste aus dem Papierherstellungsprozess abzuscheiden, sodass der gereinigte Stoff für die Produktion wiederverwendet werden kann. Durch diese Umstellung konnte das Unternehmen jährlich 87.000 kg Ausschussabfall aus dem Veredelungsprozess einsparen und dementsprechend sank der jährliche Ressourceneinsatz von Primärrohstoffen in der Produktion.³²

Quelle & Bildmaterial: <https://delfortgroup.com/>



3.3.3 WIESNER-HAGER – Material- und Komponentenrückführung in der Möbelindustrie

Der Hersteller von Büromöbeln hat ein Refurbed-Programm entwickelt, um Komponenten der ausgedienten Produkte wiederzuverwenden und Materialien sowie Emissionen einzusparen. Um die Kreislaufführung zu steigern, werden zusätzlich zirkuläre Designkriterien integriert und Produktionsprozesse möglichst ressourcenschonend durch Direktrecyclinganlagen gestaltet.



Zirkuläre Grundsätze:



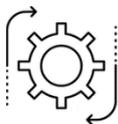
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Refurbish** – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



- Steigerung der Ressourceneffizienz**
- Verlängerung der Lebensdauer**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktdesign, Produktfertigung
- Produktnutzung** – Sammel- und Rücknahmelogistik, Wiederverkauf
- Rückführung** – Komponenten, Material

Beschreibung:

Der österreichische Büromöbelhersteller hat eine Kreislaufstrategie inklusive Rücknahmesystem für ausgediente Büromöbel entwickelt, um deren Bestandteile wiederzuverwenden, Materialressourcen einzusparen und den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Die Möbelstücke werden von Wiesner-Hager nach einer gewissen Nutzungsdauer zurückgenommen, in die einzelnen Komponenten zerlegt und geprüft, wiederverwendbare Teile aufbereitet und für neue Möbelstücke eingesetzt. Nur unbrauchbare Einzelteile werden recycelt und ersetzt. Die Möbelstücke werden anschließend als Refurbed-Produkte wiederverkauft. Je nach Produkt können dadurch bis zu 80 % an Materialeinsatz eingespart werden. Um die Rückführbarkeit der Komponenten sowie das Materialrecycling zu gewährleisten, werden bereits bei der Produktentwicklung relevante Designkriterien festgelegt, beispielsweise wird soweit wie möglich auf Verbundmaterialien verzichtet, es werden zerlegbare Konstruktionen entwickelt und Materialien entsprechend gekennzeichnet. Zusätzlich wird auf die Auswahl umweltverträglicher Materialien geachtet und es werden produktbezogene Ökobilanzen erstellt. Weiters werden Produktionstechnologien eingesetzt, die einen ressourcenschonenden Umgang ermöglichen: Beispielsweise ermöglicht eine Direktrecyclinganlage der Holzlackierung durch Ultrafiltration des Lack-Oversprays mit Materialrückführung eine Einsparquote von bis zu 70 % und eine Reduktion des Lackschlammanfalls.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.wiesner-hager.com/de/ueber-uns/nachhaltigkeit>



3.3.4 FORUST – additive Fertigung von Holzprodukten

Das 2020 gegründete Unternehmen hat ein 3D-Druckverfahren entwickelt, welches Sägemehl und Lignin als Abfallprodukt der Holzindustrie nutzt, um neue Holzprodukte für diverse kundenspezifische Anwendungen herzustellen. Zusätzlich können die schlüsselfertigen 3D-Holzdrucksysteme durch den Mutterkonzern Desktop Metal erworben werden.



Zirkuläre Grundsätze:



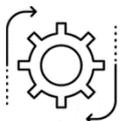
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Materialproduktion, Produktfertigung
Produkterstellung – Service und Verkauf
Rückführung – Material

Beschreibung:

Das US-amerikanische Unternehmen Forust hat ein 3D-Druckverfahren mit Hochgeschwindigkeits-Binder-Jetting-Technologie entwickelt, welches Neben- bzw. Abfallprodukte der Holzindustrie nutzt, um neue Holzteile herzustellen. Dazu werden Sägemehl und Lignin digital „rematerialisiert“ und sie können zu einer breiten Palette von Ausführungen und Materialeffekten verarbeitet werden. Mit diesem Verfahren können auch seltene und exotische Maserungen und Holzarten digital produziert werden. Der Verbundwerkstoff für das 3D-Druckverfahren besteht aus Holzpartikeln und Bio-Epoxidharz und weist laut Hersteller eine ähnliche Festigkeit wie Holz auf. Dadurch sollen sich die gedruckten Produkte mit herkömmlichen Holzverarbeitungsprozessen bearbeiten, befestigen und veredeln lassen. Neben der Ressourcenschonung wird als zusätzlicher Vorteil angeführt, dass die gedruckten Holzteile isotrop sind, dh die Richtungsunabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften und des Verhaltens des Materials ist gegeben. Forust bietet für Kund:innen individuell gedruckte Holzprodukte sowohl in großen als auch kleinen Mengen an. Durch den Mutterkonzern Desktop Metal werden auch die 3D-Drucksysteme verkauft, damit Unternehmen ihre betriebsinterne Produktion steigern können. Derzeit werden zwei verschiedene Modelle der 3D-Drucker als schlüsselfertige Holzdrucksysteme angeboten, entweder für die Serienfertigung oder die Massenproduktion.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.forust.com/>, <https://www.desktopmetal.com/>



3.3.5 KEBONY – Aufwertung von Weichholz

Um die Verwendung von problematischen Tropenhölzern zu vermeiden, hat ein norwegischer Hersteller von Holzprodukten ein innovatives Behandlungsverfahren entwickelt. Durch Imprägnierung mit Furfurylalkohol ist es möglich, Weichhölzern gleiche oder bessere Eigenschaften wie Harthölzern zu verleihen. Dadurch können die Lebensdauer erhöht und der Pflegeaufwand minimiert werden.



Zirkuläre Grundsätze:



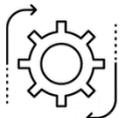
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Repurpose – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes
Vermeidung von Schadstoffen

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktfertigung, Produktdesign

Beschreibung:

Der international tätige HolzproduktHersteller Kebony mit Hauptsitz in Norwegen hat ein Verfahren entwickelt, um Holz minderer Qualität aufzuwerten. Das Unternehmen stellt an zwei Produktionsstandorten in Skien (Norwegen) und Flandern (Belgien) hochwertige Holzprodukte für Fassaden und Terrassen her und verkauft diese über sein weltweites Vertriebsnetz. Auf Basis eines patentierten Verfahrens können die Produkte vor allem begehrte Tropenhölzer ersetzen und machen eine Imprägnierung mit Chemikalien überflüssig. Die Aufwertung von Weichholz zu Hartholz erfolgt durch ein innovatives Behandlungsverfahren, dessen Basis Furfurylalkohol ist, der aus landwirtschaftlichen Abfällen gewonnen wird. Mit diesem Alkohol wird das Weichholz zunächst getränkt, anschließend getrocknet und erhitzt. Dabei laufen im Holz gleichzeitig zwei Veränderungsprozesse ab: Zum einen findet eine Reaktion mit dem Holz statt, wodurch dessen Wasserempfindlichkeit deutlich reduziert wird, zum anderen erfolgt eine Polymerisation des Alkohols, wodurch die Stabilität und Härte des Holzes deutlich zunimmt. Durch den Behandlungsprozess hat Kebony-Holz vergleichbare oder bessere Eigenschaften als Tropenhölzer und erhält eine ansprechende Farbe. Aufgrund der Härte, Stabilität und Wasserbeständigkeit splittert das Holz kaum und muss nicht nachbehandelt werden, um die Haltbarkeit zu gewährleisten.



3.4 Lebensmittelherstellung

Charakteristisch für diesen Sektor ist die Verschwendung von Lebensmitteln entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Vor allem bei den Endverbraucher:innen bleiben viele Lebensmittel als wenig verwertbarer Abfall zurück. Jedoch bieten Nebenprodukte oder „aussortierte“ Lebensmittel in der Landwirtschaft und in der Weiterverarbeitung ein großes Potenzial für die Weiterverwendung. Um diese Reststoffe jenseits von Verbrennung und Verfütterung weiter zu nutzen, bedarf es intelligenter Lösungen. Durch die verstärkte Verarbeitung von Nebenprodukten können Ressourcen eingespart, Böden geschont und weitere Abholzungen vermieden werden.

Die Vermeidung und Verminderung des Abfallaufkommens in der Lebensmittelwirtschaft ist ein wichtiges Ziel der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie. Dabei sollen Lebensmittelabfälle zB durch Abfallvermeidungsprogramme reduziert und Ernterückstände bzw. Reste aus der Lebensmittelproduktion durch kooperative Maßnahmen genutzt werden. Weiters wird die Optimierung der Logistik der Roh- und Reststoffversorgung forciert, um den Unternehmen einen besseren Zugang zu ermöglichen.¹

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die Möglichkeiten der Kreislaufschließung in der Lebensmittelproduktion. Dabei werden vor allem die beachtlichen Chancen der Kooperation zwischen verschiedenen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette deutlich. So zeigen die Beispiele, dass durch die Zusammenarbeit verschiedener Wirtschaftsakteure wie Handelsunternehmen, Lebensmittelherstellern, der Recyclinglogistik, Kund:innen und Verwertungsunternehmen fruchtbare Synergien entstehen. Hierdurch können Abfall- und Nebenprodukte weiter genutzt oder in ihre chemischen Bestandteile zerlegt werden, wodurch wertvolle natürliche Ressourcen geschont werden.



3.4.1 KERN TEC – Weiterverwendung von Obstkernen

Damit die bei der Safterstellung anfallenden Obstkerne nicht als Abfall enden, werden sie vom Hersteller zu 100 % wiederverwendet und in verschiedenen Produkten verarbeitet. Diese können sowohl für Lebensmittel wie Milchalternativen, vegane Ersatzprodukte und Öle als auch für die industrielle Nutzung als Schleif- oder Füllgranulat verwendet werden.



Zirkuläre Grundsätze:



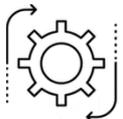
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten
- Repurpose** – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



- Emissions- und Abfallreduktion**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung

Beschreibung:

Das im Jahr 2019 gegründete österreichische Unternehmen Kern Tec liefert Obstkerne direkt an seine Kunden oder stellt daraus verarbeitete Zwischenprodukte für die industrielle Verwendung her. Dazu nutzt das Unternehmen vor allem Obstkerne von Marillen, Kirschen und Zwetschken, von denen mehr als 500.000 Tonnen als Abfallprodukt in der Saftindustrie anfallen. Die Kerne der Früchte werden zunächst gewaschen, getrocknet und anschließend erfolgt die Trennung der Samen von der Schale. Aus den Samen werden vielfältige Erzeugnisse hergestellt, wie Milchalternativen, Nougatcremes und Genuss- sowie Kosmetiköle. Dies spart beispielsweise im Vergleich gegenüber anderen Nüssen für Milchalternativen 56 % CO₂ sowie 67 % Wasser ein und es wird keine zusätzliche Anbaufläche benötigt. Da das Unternehmen seine Rohstoffe zu 100 % verwertet, werden auch die Schalen der Fruchtkerne weiterverarbeitet. Diese werden zu feinem Granulat gemahlen und können für kosmetische Anwendungen wie Peelings, als Schleifmittel in der Strahl- und Schleifindustrie oder als Füllmaterial verwendet werden.

Seit dem Frühjahr 2024 arbeitet Kern Tec auch mit dem Fleischwarenhersteller Berger Schinken zusammen, um die Käsealternative für deren vegane Rostbratwürstel aus Erbsenprotein zu produzieren. Dabei kann das Unternehmen die Produktionsanlagen von Berger Schinken nutzen, da die pflanzliche Käsealternative ähnliche Produktionsschritte (kochen, kühlen, schneiden und verpacken) wie die herkömmliche Fleischherstellung durchläuft.³³

Quelle & Bildmaterial: <https://www.kern-tec.com/>



3.4.2 STIEGL & EASYVEGAN – Fleischersatz aus Nebenprodukt der Bierherstellung

Durch die Kooperation zwischen der Privatbrauerei Stiegl und dem Start-Up easyVegan kann ein Reststoff aus der Bierherstellung als Rohstoff für Fleisch-alternativen wiederverwertet werden. Der eingesetzte Biertreber hat einen hohen Protein- und Ballaststoffgehalt und wurde bislang als Futtermittel genutzt.



Zirkuläre Grundsätze:



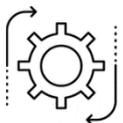
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Emissions- und Abfallreduktion
Steigerung der Ressourceneffizienz

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign, Produktfertigung
Rückführung – Material

Beschreibung:

Die Privatbrauerei Stiegl, ein österreichisches Unternehmen, hat gemeinsam mit dem österreichischen Start-Up easyVEGAN eine innovative Möglichkeit entwickelt, um den bei der Bierherstellung als Nebenprodukt anfallenden Biertreber für pflanzenbasierte Treberburger und Treberbällchen von easyVEGAN in den Lebensmittelkreislauf zu bringen. Als Treber bezeichnet man die Rückstände des Braumalzes, die im Bierbrauprozess anfallen. Der Biertreber enthält Nährstoffe der Gerste in konzentrierter Form und weist einen hohen Protein- und Ballaststoffgehalt auf. Bisher wurde der wertvolle Rohstoff von regionalen Bauern als Futtermittel für Rinder verwendet. Jährlich fallen beim Bierbauprozess rund 19.000 Tonnen Treber an, wobei bislang die Herausforderung bestand, den Treber innerhalb eines kurzen Zeitfensters zu verarbeiten, da er sonst verderben kann. Die innovativen Lebensmittelprodukte basieren hauptsächlich auf naturbelassenem Treber, werden zB durch Linsen ergänzt, sind laktose- und palmölfrei und enthalten keine Konservierungs- und Zusatzstoffe. Laut den beiden Unternehmen fallen durch die Treberprodukte im Vergleich zu konventionellem industriellen Rindfleisch bis zu 94 % weniger CO₂-Emissionen und bis zu 83 % weniger Wasserverbrauch an. Derzeit werden die Produkte durch Großhändler an die Gastronomie verkauft.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.stiegl.at/>



3.4.3 PEELPIONEERS – chemische Grundstoffe aus Orangenschalen

Das Unternehmen gewinnt unter anderem mit Hilfe der Supermarktkette Jumbo, Hotels und dem Recyclinglogistiker Renewi aus Orangenschalenresten chemische Produkte. Diese werden in der Reinigungsmittelherstellung, bei der Produktion von Fleischalternativen und in alkoholischen Getränken verwendet.



Zirkuläre Grundsätze:



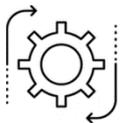
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Recycle** – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten
- Repurpose** – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



- Emissions- und Abfallreduktion**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Material- und Komponentenproduktion
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Das niederländische Unternehmen PeelPioneers hat sich auf die Verarbeitung von Orangenschalen spezialisiert, die bei Saftpresen in Hotels, Supermärkten und anderen Gewerbebetrieben anfallen. Diese Abfälle wurden zuvor in Verbrennungsanlagen thermisch verwertet. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Kooperation mit der niederländischen Supermarktkette Jumbo und dem Recyclinglogistiker Renewi. Die Schalenreste werden von Renewi bei den Supermärkten abgeholt und an die Fabrik von PeelPioneers geliefert, wo sie zu 100 % weiterverarbeitet werden. Um die Orangenschalen in nutzbare Endprodukte zu veredeln, werden sie zunächst vorbehandelt und aufbereitet. Anschließend erfolgt die Trennung der Pflanzenreste in ihre Grundbestandteile wie Stärke, Öl und Zellulose. Diese Stoffe werden raffiniert, so dass am Ende Fasern, Orangenaromaöl und das Terpen D-Limonen in Produktqualität vorliegen. Die Fasern werden beispielsweise bei der Herstellung von Fleischalternativen oder Kosmetika verwendet, das Orangenaromaöl in alkoholischen Getränken eingesetzt und das D-Limonen in der Produktion von Reinigungsmitteln sowie Körperpflegeprodukten verarbeitet.

Durch die Raffination der Orangenschalen in chemische Rohstoffe ist es möglich, die CO₂-Emissionen der Verbrennung vollständig einzusparen und Herstellern verschiedener Produkte natürliche chemische Grundrohstoffe anzubieten.³⁴



3.4.4 BLENDHUB – Food-as-a-Service

Der Hersteller von Lebensmittelpulverlösungen aus Überschuss bzw. Abfall der Lebensmittelindustrie hat ein Food-as-a-Service Geschäftsmodell entwickelt. Dieses kombiniert modulare Fabrikeinheiten in Containergröße und Cloud-basierte Software, welche als Pay-per-Use-System für regionale Produktionen mit kurzen Lieferketten angeboten werden.



Zirkuläre Grundsätze:



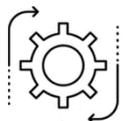
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz
Verlängerung der Lebensdauer
Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktfertigung, Service und Verkauf
Rückführung – Material

Beschreibung:

Das spanische Unternehmen Blendhub verwendet überschüssige Lebensmittel aus der Lebensmittelindustrie vor allem durch Partnerschaften mit anderen Organisationen, um anderweitig als Lebensmittelabfälle entsorgte Ressourcen in pulverförmige Zutaten umzuwandeln. Durch die Lebensmittelpulverlösung werden die Haltbarkeit verlängert und die industrielle Produktion sowie der Transport der Lebensmittel erleichtert. Darüber hinaus betreibt Blendhub ein Netzwerk aus multilokalen Produktionszentren unter dem Geschäftsmodell „Food-as-a-Service“, welche mobile, modulare Fabrikeinheiten in Containergröße und eine Cloud-basierte Software für die Online-Qualitätskontrolle und Überwachung der Lieferkette verbindet und als Pay-per-Use-System funktioniert. Dadurch positioniert sich das Unternehmen näher an die Rohstoffquellen und Verbraucher:innen und ermöglicht vor allem für KMU zusätzliche Einnahmequellen ohne erhöhte Investitionskosten für Anlagen. Dieses Modell senkt nicht nur die Kosten, sondern minimiert auch die Umweltbelastung, indem es die Lieferketten verkürzt und die Verwendung lokaler Zutaten fördert. Zusätzlich arbeitet Blendhub mit anderen Unternehmen an technologischen Weiterentwicklungen, beispielsweise mit Essence Food, um überschüssige Lebensmittel mithilfe einer Dehydratisierungstechnologie und eines 3D-Druckverfahrens in neue Lebensmittelprodukte umzuwandeln. Diesen Prozess bezeichnen die Kooperationspartner als „fresh2powder2fresh“.^{35 36}

Quelle & Bildmaterial: <https://blendhub.com/>



3.4.5 HUT UND STIEL – Pilze gewachsen auf Kaffeesatz

Das Unternehmen sammelt den Kaffeesatz von Kaffeehäusern, Restaurants, Großküchen und Büros ein, um diesen als Nährboden für die Zucht von Speisepilzen zu verwenden. Die Pilze werden zu Aufstrichen, Pesto oder anderen Lebensmitteln weiterverarbeitet und der übriggebliebene Boden als Dünger genutzt.



Zirkuläre Grundsätze:



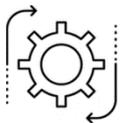
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Repurpose** – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktfertigung
- Rückführung** – Material

Beschreibung:

Das 2015 gegründete Wiener Kleinunternehmen Hut und Stiel nutzt den gesammelten Kaffeesatz, um darauf Speisepilze zu züchten. Das Geschäftsmodell basiert auf dem eigens benannten und entwickelten „Schwammerlkreislauf“. Dieser beginnt damit, dass Hut und Stiel den Kaffeesatz von zahlreichen Wiener Kaffeehäusern, Restaurants, Großküchen und Büros einsammelt. Der Vorrat dabei ist schier unerschöpflich, denn allein in der österreichischen Hauptstadt Wien fallen täglich rund 100 Tonnen Kaffeesatz an. Der eingesammelte Kaffeesatz wird dann mit dem Pilzmyzel, mit Kaffeehütchen, Wasser und Kalk vermischt und bildet so den idealen Nährboden für Austernpilze. Die Kaffeehütchen, die die Kaffeebohne umschließen, fallen als Beiprodukt bei der Verarbeitung und dem Rösten des Kaffees an, und eignen sich hervorragend als Dünger. Bereits nach fünf Wochen bilden sich aus dem Pilzmyzel die ersten Fruchtkörper und die Pilze können geerntet werden. Das Nährsubstrat kann bis zu drei Mal wiederverwendet werden, bevor es in einem letzten Schritt kompostiert wird und durch den biologischen Kreislauf neue Erde entsteht. Da sich frische Austernpilze nicht für eine lange Lagerung eignen, wird ein Teil der Pilze noch am Tag der Ernte an die Kund:innen verkauft. Sie werden entweder direkt an Restaurants und den Einzelhandel geliefert oder ab Hof verkauft. Der andere Teil der Pilze wird haltbar gemacht, indem diese zu Pesto, Pilzaufstrich, Gulasch und anderen Produkten verarbeitet werden.³⁷



3.5 Maschinen- und Anlagenbau

Die Bedeutung des Maschinen- und Anlagenbaus für die Kreislaufwirtschaft liegt einerseits in der Funktion als „Enabler“, um anderen Unternehmen sowie der Gesellschaft die Umsetzung der grünen Transformation durch entsprechende Maschinen und Anlagen zu ermöglichen. Darüber hinaus haben Produkte dieser Branche eine lange Nutzungsdauer, so dass sich Ressourceneinsparungen in der späteren Nutzung langfristig auswirken. Als zentraler Punkt hat das Konstruktionsdesign der Maschine oder Anlage massiven Einfluss auf das spätere Reparatur- und Wiederaufbereitungspotenzial. Über die Neuentwicklung hinaus ist es wichtig, dass die Maschinenteile bestehender Anlagen, die überwiegend aus Metall und Kunststoff bestehen, bestmöglich wiederaufbereitet oder zumindest die Komponenten wiederverwendet bzw. am Ende der Lebensdauer recycelt werden können.

Besondere Hebel und Ansatzpunkte für die Branche der Maschinen- und Anlagenbauer liegen bei der Entwicklung von Recyclingmaschinen, beim Remanufacturing von ausgedienten Anlagen, sowie im Einsatz digitaler Technologien, welche Wartungen und Prozessoptimierungen durch Echt-Zeit-Daten und digitale Zwillinge ermöglichen können.³⁸

Anhand der folgenden Good Practice Beispiele werden verschiedene Ansätze ersichtlich, die eine erfolgreiche Umsetzung der Kreislaufwirtschaft im Maschinen- und Anlagenbau demonstrieren. So können innovative Recyclingverfahren durch die Entwicklung entsprechender Anlagen ermöglicht werden und ein neues Geschäftsfeld bilden. Weiters können neue Geschäftsmodelle in Form von as-a-Service-Dienstleistungen angeboten werden, wo Maschinen und Anlagen im Besitz des Herstellers bleiben und Kund:innen nur für die genutzten Mengen bezahlen. Dadurch ergeben sich finanzielle Anreize, die Maschinen und Anlagen ressourceneffizient zu nutzen und durch regelmäßige Wartungen in Form von zusätzlichen Dienstleistungen der Produzenten kann die Lebensdauer erhöht werden. Des Weiteren beinhalten die angeführten Beispiele erfolgreiche Remanufacturing-Systeme sowie digitale Lösungen von Fernwartung über Prozessoptimierung und Digital Twins, die die Maschinen- und Anlagenbauer den Kund:innen als zusätzlichen Service anbieten.



3.5.1 TAMTURBO – Air-as-a-Service

Der Produzent von Druckluftanlagen bietet neben dem Verkauf von Kompressoren ein zusätzliches „Pay-per-Use-System“ an, bei dem Kund:innen nur für die verbrauchte Luft bezahlen. Hierdurch können finanzielle Anreize für beide Unternehmen entstehen, die Kompressoren möglichst effizient zu nutzen und die Lebensdauer der Anlagen zu erhöhen.



Zirkuläre Grundsätze:



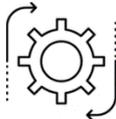
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Repair – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz
Verlängerung der Lebensdauer

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Service und Verkauf
Produktnutzung – Reparatur und Wartung

Beschreibung:

Der finnische Hersteller von ölfreien Luftkompressor-Technologien Tamturbo bietet neben dem normalen Verkaufsmodell auch das Geschäftsmodell "Air-as-a-Service" an. Unter der Bezeichnung Touch-Free™ Air bezahlen die Kund:innen im Sinne eines „Pay-per-Use-Systems“ nur für die verbrauchte Druckluft, anstatt die Druckluftanlage selbst zu kaufen. Dieses Geschäftsmodell basiert auf dem industriellen Trend, kein Kapital in Maschinen und Ausrüstungen zu investieren, sondern stattdessen Serviceverträge abzuschließen. Durch das Air-as-a-Service-Geschäftsmodell wird die Lebensdauer der Maschine durch Monitoring und Wartung des Herstellers verlängert. Weiters entstehen finanzielle Anreize für das produzierende Unternehmen, nur die benötigte Druckluft zu beziehen und von Tamturbo wird eine effiziente Systemlaststeuerung vorgenommen, welches die Ressourceneffizienz bzw. Energieeinsparung steigern soll. Zusätzlich bietet Tamturbo auch für die verkauften Druckluftanlagen ein patentiertes Leistungskontroll- und Betriebssystem inkl. Fernüberwachungs- und Diagnose-dienst an, wodurch Kompressoroptimierungen gesteuert und Warnsignale erhalten werden können, bevor Wartungen – beispielsweise die Änderungen des Ansaugfilters – nötig sind. Dadurch sollen die Lebensdauer der verkauften Kompressoranlagen ebenso verlängert werden, die Anzahl der nötigen Reparaturen minimiert und die Energieeffizienz gesteigert werden.

Quelle & Bildmaterial: <https://tamturbo.com/>



3.5.2 WIRTGEN GROUP – Straßenaufbereitung vor Ort

Um den Straßenbelag an Ort und Stelle wiederaufzubereiten, hat der Baumaschinenhersteller ein spezielles Verfahren und die dafür notwendigen Aufbereitungsmaschinen entwickelt. Zusammen mit anderen Fahrzeugen erfolgt die Wiederaufbereitung des Belags in einem zusammenhängenden Arbeitsschritt, sodass die Straße schnellstmöglich wieder befahrbar ist.



Zirkuläre Grundsätze:



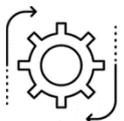
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
Recycle – Rückgewinnung und Aufbereitung von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten

Ziele:



Reduktion des Ressourceneinsatzes
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Rückführung – Material

Beschreibung:

Die deutsche Wirtgen Group ist ein Hersteller von Baumaschinen für Straßenbau und -instandsetzung sowie von Anlagen zur Gewinnung und Aufbereitung von Materialien für die Asphaltherstellung. Mit dem In-Place Kaltrecycling hat das Unternehmen ein innovatives Verfahren und die dafür notwendigen Kaltrecyclingmaschinen W240 CRi bzw. W380 CRi entwickelt. Damit können Straßen direkt und unmittelbar vor Ort saniert werden. Das In-Place Kaltrecycling Verfahren beginnt zunächst mit der Analyse des vorhandenen Straßenmaterials im Labor, um das ideale Mischungsverhältnis von Asphalt und geringen Anteilen von Schaumbitumen, Kalk sowie Wasser für eine qualitativ hochwertige Fahrbahn zu ermitteln. Der alte Straßenbelag wird entweder von der W380 CRi oder einer anderen Maschine gefräst. Währenddessen wird im Kaltrecycler das gesammelte Fräsgut mit Bitumen und Wasser vermischt, die kontinuierlich über LKWs zugeführt werden. Über ein Förderband fällt das recycelte Material direkt in einen Asphaltfertiger, der den Straßenbelag aufträgt. Abschließend wird die Straße gewalzt und ist nach kurzer Zeit wieder befahrbar. Das Verfahren erhöht die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung und spart wertvolle Ressourcen sowie Transportfahrten ein, da nur vorhandenes Material verwendet wird. Weil im Aufbereitungsprozess zudem auf das Erhitzen des Asphalts verzichtet wird, kann der CO₂-Ausstoß um bis zu 60 % reduziert werden. Zudem wird die Bauzeit der Straße deutlich verkürzt, da der Kaltrecycler mehrere Arbeitsschritte in einem Arbeitsgang erledigt.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.wirtgen-group.com/de-at/>



3.5.3 INNIO – Remanufacturing von Gasmotoren

Mit dem Reman-Programm ermöglicht der Hersteller die Überarbeitung von kompletten Anlagen, einzelner Motoren als auch diversen Ersatzteilen. Das Unternehmen versucht dabei, die alten Motoren und Anlagen gegen bereits aufbereitete Maschinen auszutauschen, um diese ohne größeren Zeitverzug wieder in Betrieb zu nehmen.



Zirkuläre Grundsätze:



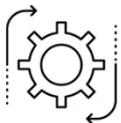
Refurbish – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte
Remanufacture – Wiederaufbereiten

Ziele:



Verlängerung der Lebensdauer
Reduktion des Ressourceneinsatzes
Verzicht auf Neuprodukte
Nutzungsintensivierung
Emissions- und Abfallreduktion

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktfertigung, Material- und Komponentenproduktion

Beschreibung:

Der österreichische Maschinenbauer Innio (Jenbacher), der vor allem Gasmotoren und Blockheizkraftwerke herstellt, bietet für seine Kund:innen ein Remanufacturing-Programm an. Das sogenannte Reman-Programm umfasst sowohl komplette Anlagen, Motoren als auch Ersatzteile. Dabei werden die alten Komponenten oder Maschinen der Kund:innen gegen bereits überholte Teile ausgetauscht, um diese wieder aufzubereiten. Dadurch ist es möglich, den Lebenszyklus der Anlagen zu verdoppeln und wertvolle Ressourcen einzusparen. Die zurückgenommenen Motoren oder Komponenten werden zunächst gereinigt und begutachtet, bevor sie von den Monteur:innen überholt werden. Gegebenenfalls werden bestimmte Verschleißteile gegen Neuprodukte ausgetauscht. Zum Abschluss werden die Teile geprüft, bei Bedarf lackiert und entweder direkt wieder ausgeliefert oder eingelagert. Als Erstausrüster hat Innio den Vorteil, dass 80 % der aufbereiteten Motoren mit einem Technologie-Upgrade ausgeliefert werden können. Nach Angaben des Unternehmens konnten in den letzten zehn Jahren durch das Remanufacturing-Programm 10.200 Tonnen an Rohmaterialien eingespart werden. Außerdem können die Kund:innen Komponenten mit denselben Qualitätsmerkmalen kaufen, dies aber zu einem geringeren Preis.



3.5.4 CAMBRIAN INNOVATION – Wasseraufbereitung & Energieerzeugung als Dienstleistung

Der Hersteller von Wasseraufbereitungsanlagen, welche gleichzeitig Energie gewinnen können, bietet seinen Kund:innen neben dem Kauf der Anlage ein sogenanntes „Water-Energy-Purchase-Agreement“ an, bei dem Cambrian Innovation die Anlage konstruiert, installiert, besitzt und betreibt, während die Kund:innen auf Basis der gereinigten Wassermenge bezahlen.



Zirkuläre Grundsätze:



Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen

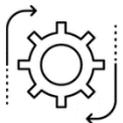
Reduce – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien

Ziele:



Steigerung der Ressourceneffizienz

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung - Produktdesign

Produktnutzung - Service und Verkauf, Verwendung und "Sharing"

Beschreibung:

Das US-Unternehmen entwickelt und produziert Wasseraufbereitungsanlagen, welche auf Basis eines bioelektrochemischen Prozesses während der Abwasserbehandlung elektrische Energie gewinnen. Die Reaktoren von Cambrian Innovation nutzen elektrisch aktive Mikroben, um Abwasser effizient zu behandeln und gleichzeitig Energie sowie sauberes Wasser zu gewinnen. Kund:innen können dadurch die Kosten für das Abwassermanagement senken, Energie selbst erzeugen und dadurch Nachhaltigkeitsziele effizient erreichen. Die Wasseraufbereitungsanlagen sind ebenfalls modular und stapelbar in Form von Containern konzipiert und können bei steigender Kapazität erweitert werden. Neben dem Verkauf der Anlagen bietet das Unternehmen zusätzlich seinen Kund:innen ein sogenanntes "Water-Energy Purchase Agreement" (WEPA) an. Hierbei bleibt die Aufbereitungsanlage im Besitz von Cambrian Innovation, welche ebenso für die Konzeption, den Bau, die Installation, die Wartung und den Betrieb der Anlage zuständig ist. Die Kund:innen können dadurch eine moderne Wasseraufbereitungsanlage nutzen, ohne hohe Kapitalinvestitionen tätigen zu müssen. Es wird rein auf Basis der Leistung der gereinigten Wassermenge regelmäßig abgerechnet. Bisher wurden durch Wasseraufbereitungsanlagen von Cambrian Innovation rund 7,6 Milliarden Liter Wasser gereinigt und dadurch ca. 3 GWh an Primärenergiebedarf ersetzt.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.cambrianinnovation.com/>



3.5.5 ANDRITZ – Digitale Lösungen für ressourceneffiziente Anlagen

Der Anlagenhersteller bietet digitale Lebenszykluslösungen, beispielsweise Fernwartung, Prozessoptimierungen und Digital Twins an, um eine effizientere Nutzung von Anlagen, verlängerte Lebensdauern sowie eine Ressourceneinsparung zu erzielen. Zusätzlich werden durch F&E-Tätigkeiten weitere technologische und digitale Lösungen entwickelt, beispielsweise eine Smart Waste Factory.



Zirkuläre Grundsätze:



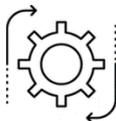
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Repair** – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung

Ziele:



- Steigerung der Ressourceneffizienz**
- Verlängerung der Lebensdauer**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktdesign, Service & Verkauf Produktfertigung
- Produktnutzung** – Reparatur und Wartung

Beschreibung:

Der internationale Konzern mit Hauptsitz in Graz entwickelt und produziert Anlagen, Ausrüstungen und Automatisierungslösungen und bietet Serviceleistungen für verschiedene Industrien sowie Umwelt- und Energiesektoren an. Mittlerweile erwirtschaftet das Unternehmen rund 40 % des Umsatzes mit nachhaltigen Produkten und Lösungen. Dies inkludiert digitale Lebenszykluslösungen für Anlagen sowie Gesamtprojekte. Unter der Dachmarke Metris werden digitale Angebote von Fernwartung über Prozessoptimierung und Digital Twins den Kund:innen zur Verfügung gestellt, um Anlagen effizienter zu nutzen, die Lebensdauer zu erhöhen und Ressourcen einzusparen. Die Softwarelösungen sind darauf ausgelegt, Rohdaten in nutzbringende Informationen zu übersetzen und Optimierungen von Systemen und Prozessen zu ermöglichen. Hierdurch sollen die Produktivität sowie die Ressourceneffizienz gesteigert werden. Zusätzlich sind Forschung und Entwicklung ein zentraler Fokus des Unternehmens. Neben betriebseigenen Forschungszentren beteiligt sich Andritz auch an kooperativen F&E-Projekten, beispielsweise wird derzeit an der Entwicklung einer Smart Waste Factory geforscht. Das Konzept zielt darauf ab, die Effizienz der Abfallbehandlung zu verbessern, die Recycling- und Verwertungsquoten gemischter Abfallströme zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen des Abfallbehandlungssystems zu reduzieren. Hierbei soll eine integrierte digitale Plattform die Überwachung, Steuerung und Optimierung der gesamten Anlage ermöglichen.³⁹



3.6 Elektro- und Elektronikindustrie

Die Elektro- und Elektronikindustrie stellt in großem Umfang bedeutende Konsumgüter des alltäglichen Gebrauchs her. Außerdem wächst aufgrund der zunehmenden Digitalisierung die Bedeutung der elektronischen Komponenten für die Herstellung anderer Produkte, wie zB Fahrzeuge oder Maschinen. Im Hinblick auf die Kreislaufwirtschaft ist für die Branche der derzeit hohe Importanteil von Elektronikgeräten und -komponenten in Österreich und der gesamten EU von besonderer Bedeutung. Durch Recycling, Reuse oder Remanufacturing besteht ein hohes Potenzial, die ausgeprägte Abhängigkeit von einzelnen internationalen Staaten bei der Versorgung mit kritischen Rohstoffen sowie elektronischen Vorprodukten zu reduzieren.

Aufgrund der Zuständigkeit der EU für den europäischen Markt und damit auch den Import fokussiert sich die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie unter anderem auf die Verlängerung der Produktlebensdauer und die Reduktion des Bedarfes an neuen Elektro- und Elektronikgeräten durch neue Geschäftsmodelle, wie etwa Mietangebote und Dienstleistungen. Außerdem sollen die Rücknahme und das Recycling von Elektrogeräten sowie deren Bestandteilen vorangetrieben werden.¹

Die folgenden Unternehmensbeispiele unterstreichen etwa die Bedeutung des Aufbereitens von Robotern für die Produktion, um deren Lebensspanne erheblich zu erhöhen. Um die Lebensdauer von Elektronikprodukten zu verlängern, bietet es sich an, diese einem neuen Zweck zuzuführen, so können beispielsweise ausgediente Autobatterien zu industriellen Speichern umfunktioniert werden. Darüber hinaus zeigen die Beispiele, dass durch ein auf Wiederverwendung und Recycling ausgerichtetes Produktdesign die Kreislauffähigkeit deutlich erhöht und Energie eingespart werden können. Und in Hinblick auf neue Geschäftsmodelle kann sich eine Kombination von Produkt und Dienstleistung als sinnvoll erweisen, da dadurch die wichtige Expertise für das kreislauffähige Produktdesign besser erschlossen werden kann.



3.6.1 IRS ROBOTICS – Aufbereitung industrieller Roboter

Das Unternehmen hat sich auf die Wartung und das Wiederaufbereiten von industriellen Robotern spezialisiert. Durch die Anwendung verschiedener zirkulärer Ansätze kann es die Lebensspanne von Robotern erheblich erhöhen. Die Leistungen reichen von der Reparatur in Betrieb befindlicher Roboter bis zum Überarbeiten von ausrangierten Robotern oder deren Komponenten.



Zirkuläre Grundsätze:



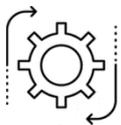
- Reuse** – Wiederverwendung von funktionsfähigen Produkten
- Repair** – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung
- Refurbish** – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte
- Remanufacture** – Wiederaufbereiten

Ziele:



- Verlängerung der Lebensdauer**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Verzicht auf Neuprodukte**
- Nutzungsintensivierung**
- Emissions- und Abfallreduktion**

Wertschöpfungsprozess:



- Rückführung** – Produkte, Komponenten

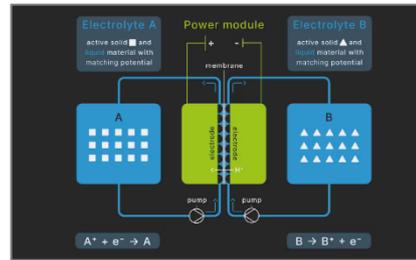
Beschreibung:

Das 2002 von ehemaligen Philips-Mitarbeiter:innen gegründete niederländische Unternehmen IRS Robotics konzentriert sich auf die Wartung und das Wiederaufbereiten von Industrierobotern. Durch diese Tätigkeit verlängert das Unternehmen die Lebensdauer von Robotern, indem es die zirkulären Ansätze Repair, Reuse, Refurbishment bzw. Remanufacturing, Reuse und Repurpose anwendet. Sie fokussieren ihr Geschäft insbesondere auf Premiummarken wie ABB, FANUC, KUKA und YASKAWA, bedienen aber ein breites Spektrum von Herstellern. Um wertvolle Einblicke zu gewinnen und ihr Know-how stetig zu erweitern, führen sie regelmäßig Wartungsarbeiten in den Fabriken der Kund:innen durch und reparieren die Industrieroboter in deren Werkstatt. Darüber hinaus kaufen sie alte Roboter oder passende Ersatzteile, lagern sie ein und verkaufen diese gegebenenfalls weiter. IRS Robotics erwirbt nicht mehr funktionsfähige Roboter, die ansonsten verschrottet würden, um sie direkt zu überholen oder zumindest die Teile aufzubereiten, damit andere Industrieroboter wieder funktionstüchtig gemacht werden. Um einen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten, werden alle überholten Roboter getestet und mit einer Garantie wieder verkauft. Das Unternehmen kann somit qualitativ hochwertige Industrieroboter, beispielsweise für die Automobil- oder Fertigungsindustrie, zu einem günstigeren Preis und mit geringeren Umweltauswirkungen verkaufen.



3.6.2 CMBLU – Batterie aus organischen Elektrolyten

Aus einem Forschungsprojekt im Jahr 2011 wurde die „Organic-SolidFlow-Batterie“ entwickelt, welche aus organischen flüssigen Elektrolyten auf Basis von Kohlenstoffverbindungen besteht. Die Batterie zeichnet sich durch eine lange Lebensdauer, vollständige Recyclingfähigkeit sowie einfache Skalierbarkeit aus und benötigt keine seltenen Erden bzw. konfliktreichen Rohstoffe.



Zirkuläre Grundsätze:



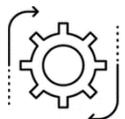
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen

Ziele:



Emissions- und Abfallreduktion
Verlängerung der Lebensdauer
Vermeidung von Schadstoffen

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign

Beschreibung:

Das deutsche Unternehmen CMBLU begann als Forschungsprojekt im Jahr 2011 und hat sich auf die Entwicklung organischer Energiespeichersysteme spezialisiert. Die innovative Energiespeichertechnologie wurde unter dem Namen „Organic-SolidFlow-Batterie“ entwickelt und weist eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer bei ordnungsgemäßer Wartung auf. Die Batterie speichert elektrische Energie nicht in festen Elektroden, sondern in flüssigen Elektrolyten, welche in externen Tanks gespeichert und während dem Lade- bzw. Entladevorgang in konstantem Fluss durch die Batteriestacks gepumpt werden. Die Technologie besteht aus Elektrolyten auf Basis von vollständig recycelbaren, organischen Kohlenstoffverbindungen, welche im unbegrenzten Umfang verfügbar sind und für die gesamte Produktion werden keine seltenen Erden bzw. konfliktreichen Rohstoffe benötigt. Durch die systemimmanente Trennung von Elektrolyten und Energiewandler wird der Effekt der Selbstentladung vermieden und die Wiederherstellung der ursprünglichen Leistung durch den Austausch einzelner Komponenten ermöglicht. Außerdem sind die organischen Elektrolyte nicht brennbar und bieten daher erhöhte Sicherheit. Des Weiteren wird durch die Bauart der Batterie bzw. durch die Trennung von Tanks und Stacks eine unabhängige Skalierbarkeit von Leistung und Kapazität ermöglicht, welches für maßgeschneiderte Designs je nach individuellen Anforderungen von Vorteil ist.

Quelle & Bildmaterial: <https://www.cmblu.com/de/technologie/>



3.6.3 EMPORIA TELEKOM – Zirkuläre Mobiltelefone

Der Hersteller von Mobiltelefonen, Tablets und weiteren elektronischen Geräten produzierte zirkuläre Produkte für ältere Menschen. Es werden Designprinzipien der Kreislaufwirtschaft angewendet, beispielsweise modellübergreifende Akkus und Displays, um die Langlebigkeit und leichte Reparierbarkeit der Produkte zu ermöglichen.



Zirkuläre Grundsätze:



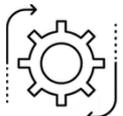
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Repair** – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung
- Refurbish** – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte

Ziele:



- Verlängerung der Lebensdauer**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**

Wertschöpfungsprozess:



- Produkterstellung** – Produktdesign
- Produktnutzung** – Reparatur und Wartung

Beschreibung:

Das 1991 gegründete österreichische Unternehmen mit Firmensitz in Linz ist ein Hersteller von Smartphones, Tablets, Apps und Tastenhandys, der mit seniorentauglichen Geräten, Schulungen und einem umfassenden Trainingsbuch ein Gesamtkonzept für die Zielgruppe der älteren Menschen anbietet. Hierbei werden im Speziellen zirkuläre Designprinzipien zur Ressourcenschonung und leichten Reparierbarkeit eingesetzt, beispielsweise durch das Baukastensystem. Da die älteren Generationen die Mobiltelefone vergleichsweise lange nutzen wollen, nämlich im Durchschnitt fünf bis sieben Jahre anstatt der 1,5 Jahre bei herkömmlichen Handys, werden die Produkte von Emporia mit modellübergreifenden Akkus und Displays konzipiert und produziert. Die Akkus können leicht selbst ausgetauscht werden und für weitere Reparaturen besitzt das Unternehmen eine eigene Reparaturwerkstatt in Linz. Ziel ist es, dass die Handys möglichst leicht bzw. ressourceneffizient repariert oder Einzelteile ausgetauscht werden. Durch einen integrierten Eco-friendly-Modus des Akkus soll zusätzlich eine möglichst lange Lebensdauer des Akkus erzielt werden und die Zeitspanne bis zum nötigen Austausch verzögert werden. Zusätzlich wird beim Produktdesign viel Wert auf die Langlebigkeit und Robustheit der Handys gelegt, beispielsweise durch Staub- und Wasserfestigkeit. Aktuell telefonieren rund 3 Millionen Menschen mit einem Handy von Emporia.⁴⁰



3.6.4 RENAULT & CONNECTED ENERGY – Wiederverwendung von Autobatterien

Durch eine Zusammenarbeit zwischen dem Automobilhersteller und dem Anbieter von Energiespeicherlösungen wurde die Initiative „Second Life Batteries“ gestartet, um den Lebenszyklus von E-Autos zu verlängern und diese für industrielle Energiespeicherlösungen zu nutzen, nachdem sie aufgrund des Kapazitätsverlustes als Batterien für E-Autos nicht mehr genutzt werden können.



Zirkuläre Grundsätze:



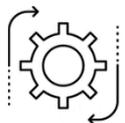
Repurpose – Anders weiternutzen, um eine andere Funktion zu erfüllen

Ziele:



Nutzungsintensivierung
Reduktion des Ressourceneinsatzes

Wertschöpfungsprozess:



Rückführung - Komponenten
Produkterstellung – Produktfertigung

Beschreibung:

Der französische Automobilhersteller Renault und der britische Anbieter von Energiespeichersystemen Connected Energy haben kooperiert, um die Initiative „Second Life Batteries“ zu starten und den Lebenszyklus der Batterien für E-Autos zu verlängern. Hierfür werden Batterien des Modells Renault Kangoo ZE verwendet, welche sich aufgrund des Kapazitätsverlustes, der nach 10 bis 15 Jahren unter 75 % liegt, und daher nicht mehr für die Weiterverwendung in der E-Mobilität eignen. Stattdessen werden die Batterien gebündelt als stationäre Energiespeicher für industrielle Anwendungen genutzt. Der dadurch entwickelte sogenannte E-STOR verfügt über eine Energiespeicherkapazität von 720 Kilowattstunden und kann eine Leistung von rund 1,2 Megawatt liefern. Damit wird eine stabile Lösung für Netzbetreiber angeboten, um überschüssigen erneuerbaren Strom zu speichern, ohne dass dafür neue Batterien gefertigt werden müssen. Sowohl Renault als auch Connected Energy haben weitere Projekte geplant. Mit dem Projekt SmartHubs in England will Renault durch die Wiederverwendung von 1.000 Batterien eine Leistung von 14,5 Megawattstunden erreichen. Connected Energy arbeitet derzeit mit Volvo, um die Batterien der Busse und LKWs für Energiespeicherlösungen zu nutzen.^{41 42}

Quelle & Bildmaterial: <https://www.renaultgroup.com/>



3.6.5 ACP – Hardware-Leasing mit Wiederaufbereitung

Um die Lebensdauer von Business-Altgeräten wie Laptops und PCs zu verlängern, setzt das Unternehmen auf das selbst entwickelte Geschäftsmodell des Hardware-Leasings mit Zweitverwertung. Dabei können sowohl Privat- als auch Geschäftskunden aufbereitete Geräte über die Partner des Unternehmens zu einem günstigen Preis erwerben.



Zirkuläre Grundsätze:



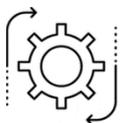
- Rethink** – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
- Reduce** – Reduktion des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Materialien
- Repair** – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung
- Refurbish** – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte

Ziele:



- Verlängerung der Lebensdauer**
- Reduktion des Ressourceneinsatzes**
- Nutzungsintensivierung**

Wertschöpfungsprozess:



- Produktnutzung** – Reparatur und Wartung
- Rückführung** – Produkte

Beschreibung:

Der österreichische IT-Dienstleister ACP bietet seinen Kunden – das sind mittelständische Unternehmen, öffentliche Einrichtungen und Schulen – das Leasing von IT-Geräten an. Doch anstatt die ausgemusterte Hardware wie üblich nur zu lagern oder zu entsorgen, wird sie wiederaufbereitet und weiterverkauft. So erhalten voll funktionsfähige Notebooks, Desktop-PCs, Drucker und Monitore ein zweites Leben. Das Unternehmen hat hierfür ein eigenes Geschäftsmodell zur nachhaltigen Gerätenutzung entwickelt. Die Geräte werden von den Geschäftskunden geleast und in der Regel nach drei Jahren von IT-Dienstleistungsunternehmen ausgetauscht. Danach erfolgt die zertifizierte Datenlöschung und die Altgeräte werden wiederaufbereitet. Anschließend werden die Geräte an Partnerfirmen weitergegeben, die diese online zu einem günstigen Preis für Privatkunden anbieten. Darüber hinaus werden die Geräte auch an gewerbliche Kunden weiterverkauft, wie beispielsweise an das gemeinnützige IT-Unternehmen AfB (Arbeit für Menschen mit Behinderung). ACP hat bislang insgesamt 25.000 Notebooks seiner Kunden ein zweites Leben geschenkt und sieht in naher Zukunft ein Austauschpotenzial von 155.000 Geräten. Diese Produkte wurden hauptsächlich zu Beginn der Covid-19-Pandemie angeschafft und durchlaufen nun eine routinemäßige Erneuerung, so dass zukünftig zahlreiche aufbereitete Laptops Privatkunden angeboten werden können.⁴³



3.6.6 EGG – Remanufacturing und Redesign von LED-Installationen

Um das Know-how ihres Kerngeschäfts zu nutzen und das Geschäftsfeld zu erweitern, bietet das Unternehmen seinen Kund:innen an, bestehende Lichtinstallationen zu überarbeiten und sie mittels Neuteile wiederaufzubereiten. Aus ihren praktischen Erfahrungen haben sie zudem ein LED-Panel entwickelt, das speziell für das einfache Remanufacturing geeignet ist.



Zirkuläre Grundsätze:



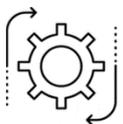
Rethink – Neu denken, zirkuläre Produkte designen und intensiver nutzen
Repair – Reparatur und Wartung von Produkten zur Weiternutzung
Refurbish – Verbesserung und Aufbereitung alter Produkte
Remanufacture – Wiederaufbereiten

Ziele:



Verlängerung der Lebensdauer
Reduktion des Ressourceneinsatzes
Nutzungsintensivierung

Wertschöpfungsprozess:



Produkterstellung – Produktdesign, Produktfertigung
Produktnutzung – Reparatur und Wartung
Rückführung – Produkte

Beschreibung:

Die schottische Elektronikinstallationsfirma EGG hat ihr ursprüngliches Geschäftsfeld um das Aufbereiten und Redesign von LED-Installationen erweitert. Einer der Gründe dafür war die Tatsache, dass lediglich 8 % der jährlich anfallenden 40.000 Tonnen Schrott von kommerziellen Beleuchtungsanlagen recycelt werden. Die EGG bietet einen umfassenden Service an. Zunächst begutachtet das Unternehmen die bestehende Lichtinstallation und prüft die Möglichkeiten des Remanufacturings. Anschließend werden mit den Kunden:innen eventuelle Änderungen oder neue Anforderungen wie Notfallbeleuchtung oder Lichtsteuerung besprochen. Daraufhin erfolgen die Reinigung, Demontage und Wiederaufbereitung mit Neuteilen, die jedoch nach der eigenen Vorgabe nicht mehr als 30 % des Produktes ausmachen dürfen. Die neuen Komponenten werden getestet und von EGG an ihrem ursprünglichen Ort wieder installiert. Durch den Verzicht auf ein komplett neues Beleuchtungssystem sind die Produkte von EGG 30 bis 40 % günstiger als vergleichbare Neuprodukte, erhöhen die Energieeffizienz und reduzieren die CO₂-Emissionen um die Hälfte. Aus den Erfahrungen mit dem Remanufacturing hat das Unternehmen auch ein eigenes LED-Panel entwickelt, das sich besonders gut für das Remanufacturing eignet.



Literatur- und Quellenverzeichnis

¹ BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022. Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html

² BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023. Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien. https://www.bmk.gv.at/themen/innovation/publikationen/energieumwelttechnologie/kreislaufws_produkzionstechn.html

³ Ellen MacArthur Foundation, 2013. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Ellen MacArthur Foundation, UK

⁴ Europäisches Parlament, 2024. Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile. <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20151201STO05603/kreislaufwirtschaft-definition-und-vorteile> (abgerufen 01.07.2024)

⁵ Potting J, Hekkert M, Worrell E, Hanemaaijer A, 2017. Circular Economy: Measuring innovation in product chains. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague

⁶ Wüest Partner AG, 2020. Studie zur Kreislaufwirtschaft: Strategien im Umgang mit Bestandsbauten. <https://www.wuestpartner.com/ch-de/2020/09/07/kreislaufwirtschaft-strategien-im-umgang-mit-bestandsbauten/>

⁷ BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023. Innovative Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft Good Practice Sammlung. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:d43aadac-1e67-4cca-b498-9c026a4a30e2/BMK_Good_Practice_Sammlung_innovativer_Geschaeftsmodelle_ua_231012.pdf

⁸ <https://www.ressourcenforum.at/thema/produzierende-wirtschaft/>

⁹ Fraunhofer Institut, 2023. Fertigung für eine Kreislaufwirtschaft. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/34cc7556-6f4c-4cc5-921d-bcc7ed6b945c/details> (abgerufen 01.07.2024)

¹⁰ IW – Institut der deutschen Wirtschaft, 2022. Zirkuläre Geschäftsmodelle. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln

¹¹ Ionica K, Kronenberg C, 2024. Mehr-Wert im Kreis. <https://www.circulareconomyforum.at/circular-insider-austria/>

¹² <https://ecodesign-packaging.org/en/guidelines/strategies/design-for-recycling/>



-
- ¹³ <https://www.thinkwood.com/continuing-education/designing-for-durability>
- ¹⁴ <https://www.ipa.fraunhofer.de/en/expertise/robot-and-assistive-systems/assembly-automation/design-for-disassembly.html>
- ¹⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652611002319>
- ¹⁶ <https://www.idrv.org/cdr/>
- ¹⁷ <https://plattformindustrie40.at/blog/2024/03/18/auf-dem-weg-zur-kreislaufwirtschaft-key-enabler-und-politische-impulse-fuer-eine-zukunftsaehige-produktion-und-wertschoepfung-in-oesterreich/>
- ¹⁸ Europäisches Parlament, 2023. A new Circular Economy Action Plan. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- ¹⁹ Europäische Kommission, 2022. Verordnung 2022/0095 (COD) zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte
- ²⁰ Europäisches Parlament, 2023. Verordnung 2023/1542 (EU) über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG
- ²¹ Europäische Kommission, 2023. Verordnung 2023/0079 (COD) zur Schaffung eines Rahmens zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung mit kritischen Rohstoffen und zur Änderung der Verordnungen
- ²² Europäische Kommission, 2022. Verordnung 2022/0396 (COD) über Verpackungen und Verpackungsabfälle, zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 und der Richtlinie (EU) 2019/904 sowie zur Aufhebung der Richtlinie w94/62/EG
- ²³ BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2024. Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie - Erster Fortschrittsbericht. https://www.bundeskanzleramt.gv.at/dam/jcr:9cf004d0-8faf-4f8d-80c1-e631dffe6965/104_6_bericht_NB.pdf
- ²⁴ <https://transparenzportal.gv.at/tdb/tp/situation/unternehmer/klima-und-umwelt-forschung-und-innovation/abfall-recycling/1067677.html>
- ²⁵ <https://www.ffg.at/klwpt/national2024>
- ²⁶ <https://www.advantageaustria.org/de/zentral/business-guide/zahlen-und-fakten/wirtschaft/wichtige-sektoren/wichtige-sektoren.de.html>
- ²⁷ <https://www.mec.ed.tum.de/iwb/forschung-und-industrie/projekte/nachhaltige-produktion/rethink-von-der-linearwirtschaft-zur-circular-economy-in-der-industriellen-produktion/>
- ²⁸ <https://www.ressource-deutschland.de/werkzeuge/ressourceneffizienz-in-der-praxis/gute-praxis-beispiele/suchergebnis/remanufacturing-von-wasserzaehlern/486/>



-
- ²⁹ <https://www.krone.at/3387469>
- ³⁰ <https://www.olina.com/news/detail/alpinova-von-strasser-steine-die-erste-re-stoning-arbeitsplatte-der-welt>
- ³¹ <https://www.sitra.fi/en/cases/chempolis-valorises-agricultural-residue-to-produce-high-quality-materials/>
- ³² <https://www.vks-gmbh.at/abfallvermeidungs-foerderung/abgeschlossene-abfallvermeidungs-projekte/betriebliche-abfallvermeidung/reduzierung-der-faserstoffabfaelle-im-papierherstellungsprozess/>
- ³³ <https://brutkasten.com/artikel/kern-tec-noe-food-startup-kooperiert-mit-bekannter-fleischerei-fuer-vegane-eitrige>
- ³⁴ <https://goodnews-magazin.de/peelpioneers-recycelt-orangenschalen/>
- ³⁵ <https://www.sitra.fi/en/cases/the-worlds-first-food-as-a-service-platform-for-sustainable-nutrition-globally/>
- ³⁶ <https://www.foodingredientsfirst.com/news/blendhub-and-essence-food-upcycle-food-waste-into-3d-printed-nutrients.html>
- ³⁷ <https://www.forbes.at/artikel/hut-und-stiel.html>
- ³⁸ <https://www.produktion.de/technik/co2-neutrale-industrie/das-muessen-sie-ueber-kreislaufwirtschaft-im-maschinenbau-wissen-194.html>
- ³⁹ <https://www.at-minerals.com/de/artikel/andritz-ag-von-der-eisengiesserei-zu-einem-der-weltweit-fuehrenden-technologiekonzerne-3865407.html>
- ⁴⁰ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20210519_OTS0071/15000-gebrauchte-emporia-handys-fuer-oe3-wundertuete
- ⁴¹ <https://events.renaultgroup.com/en/2022/01/27/stationary-energy-battery-storage-three-new-projects-in-europe/>
- ⁴² https://www.solarpowerportal.co.uk/volvo_group_connected_energy_to_develop_bess_solution_from_vehicle_batterie/
- ⁴³ <https://kurier.at/wirtschaft/it-dienstleister-acp-refurbed-notebooks/402934548>