

AUF DEM WEG ZUR KREISLAUFWIRTSCHAFT

KEY-ENABLER UND POLITISCHE IMPULSE FÜR EINE ZUKUNFTSFÄHIGE
PRODUKTION UND WERTSCHÖPFUNG IN ÖSTERREICH

Verein Industrie 4.0 Österreich

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT.....	3
1. EINLEITUNG.....	4
2. KREISLAUFORIENTIERTE PRODUKTION.....	5
3. KEY-ENABLER.....	7
3.1 Digitalisierung.....	7
3.2 Regularien und Standards.....	8
3.3 Firmenübergreifende Zusammenarbeit.....	9
3.4 Serviceanbieter.....	10
3.5 Zirkuläre Geschäftsmodelle.....	11
3.6 Gesellschaftlicher Wandel.....	12
3.7 Forschung, Technologie und Innovation.....	13
4. POLITISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	18

Geschätzte Leserinnen und Leser!
Liebe Mitglieder der Plattform Industrie 4.0!

Dieses Papier wurde in einem breiten Stakeholderprozess der ExpertInnengruppe Kreislauforientierte Produktion der Plattform Industrie 4.0 Österreich verfasst. Die ExpertInnengruppe besteht aus ungefähr 120 Mitgliedern, wird von Univ. Prof. René Hofmann geleitet und beschäftigt sich mit Kreislaufwirtschaftsthemen im Kontext der Digitalisierung mit Fokus auf die produzierende Industrie.

Das Papier ist das Ergebnis eines dreistufigen Workshop-Prozesses, der Expertinnen und Experten aus Industrie, Politik/ Verwaltung und Wissenschaft einbezog. Der erste Workshop konzentrierte sich auf die Identifikation von Handlungsfeldern und Key-Enablern, der zweite Workshop auf die Ableitung von konkreten Politikempfehlungen. Im dritten Workshop wurden weitere Beiträge zu Herausforderungen und Lösungsansätzen der Key-Enabler, vor allem aus der Perspektive der Industrie, eingeholt. Zusätzlich dazu gab es für alle Mitglieder der ExpertInnengruppe Kreislauforientierte Produktion die Möglichkeit, Feedback zur Arbeitsversion dieses Dokuments zu geben. Insgesamt beteiligten sich rund 50 ExpertInnen aktiv an dieser Veröffentlichung. Resultat ist ein Papier, in dem aktuelle Herausforderungen und Chancen der Kreislaufwirtschaft in der österreichischen Industrie neutral aufgearbeitet und mögliche Lösungsvorschläge als konkrete politische Forderungen zusammengefasst werden.

» *In einer Zeit, in der nachhaltiges Wirtschaften nicht nur ein Ideal, sondern eine Notwendigkeit ist, spielen Modelle der Kreislaufwirtschaft eine Schlüsselrolle bei der Schaffung einer zukunftsfähigen Industrielandschaft. Die Kreislaufwirtschaft ermöglicht dabei einen gesamtheitlichen Ansatz, in dem Produkte nachhaltig produziert und möglichst lange im Kreislauf geführt werden. Dabei spielen nicht nur Ressourceneffizienz an sich, sondern auch soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte eine Rolle, sowie die Berücksichtigung von Energie und Emissionen zur Erreichung der Klimaziele.*

Die Integration von Kreislaufwirtschaftsmodellen erfordert daher eine enge Zusammenarbeit: Produktionsunternehmen spielen eine zentrale Rolle bei der Schaffung nachhaltiger Produkte und geeigneter Geschäftsmodelle. Forschende tragen zur Entwicklung neuer Technologien und Integration in das System bei. Politische EntscheidungsträgerInnen müssen Rahmenbedingungen schaffen, die eine nachhaltige Entwicklung fördern. Und schließlich braucht es Organisationen, die alle Beteiligten vereinen und das Thema in die Breite bringen.

Möge dieses Ergebnispapier nicht nur als Wissensquelle dienen, sondern auch als Katalysator für eine integrative Zusammenarbeit zwischen relevanten AkteurInnen auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen kreislauforientierten Produktion in Österreich. «

Univ. Prof. René Hofmann
Leiter des Schwerpunkts Kreislauforientierte Produktion der Plattform Industrie 4.0
Head of Institute Energy Systems and Thermodynamics, TU Wien

EINLEITUNG

Die fortschreitende Globalisierung, das stetige Bevölkerungswachstum sowie unser heutiges Konsumverhalten üben einen zunehmenden Druck auf unsere natürlichen Ressourcen aus. Ungefähr 90% des Biodiversitätsverlusts und 50% aller Treibhausgasemissionen gehen auf unsere heutige Linearwirtschaft zurück¹, in der nur ein geringer Anteil an Materialien einer Wiederverwendung zugeführt wird. Es bedarf einer umfassenden Transformation von Produktions- und Konsumgütern, in der Produkte so lange wie möglich genutzt und wiederverwendet werden. In diesem Kontext gewinnt die Kreislaufwirtschaft immer mehr an Bedeutung, da sie einen umfassenden Ansatz zur Ressourcenschonung bietet. Produkte sollen dabei so lange wie möglich kaskadisch in Kreisen geführt werden – die mehrfache Wiederverwendung von Produkten oder Produktteilen wird zur Normalität, genauso wie ressourcen-, energie- und emissionsparende Produktion, Logistik und Verbrauchsmuster. Mithilfe der Kreislaufwirtschaft soll der Verbrauch von Rohstoffen um ca. ein Drittel reduziert werden können² und so die Treibhausgasemissionen im Sinne der Erreichung des 2-Grad-Ziels gemäß Pariser Abkommen vermindert werden, sowie Beiträge zur Erreichung der SGDs geliefert werden³.

In der Europäischen Union ist die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) im Green Deal verankert. Mit dem Circular Economy Action Plan (2020) hat die Europäische Union ehrgeizige Ziele für die Kreislaufwirtschaft gesetzt, darunter die Steigerung der Zirkularitätsrate⁴ auf 18% bis zum Jahr 2030, und damit fast deren Verdopplung vom Stand 2020. Österreich hat seinerseits 2022 die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie⁵ verabschiedet, die darauf abzielt, die Kreislaufwirtschaftsrate im Land zu optimieren. In der österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie sind unter anderem folgende Ziele verankert:

- › Reduktion des Ressourcenverbrauchs
 - Inländischer Materialverbrauch: max. 14 Tonnen pro Kopf/Jahr bis 2030
 - Material-Fußabdruck: max. 7 Tonnen pro Kopf/Jahr bis 2050
- › Steigerung der Ressourcenproduktivität um 50% bis 2030
- › Steigerung der Zirkularitätsrate auf 18% bis 2030
- › Reduktion des Konsums privater Haushalte um 10% bis 2030

Obwohl Österreich im Bereich der Abfallwirtschaft und des Recyclings relativ betrachtet als Vorreiter gilt, besteht in Österreich noch erhebliches Verbesserungspotenzial zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft – denn Recycling ist nur einer von vielen Teilbereichen einer erfolgreichen Kreislaufwirtschaft. Insbesondere für die produzierende Industrie ist eine kontinuierliche Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft zukünftig erforderlich. Diese Publikation widmet sich daher der Frage, wie vor allem produzierende Unternehmen in Österreich in der Kreislaufwirtschaft unterstützt werden können.

Das übergeordnete Ziel dieses Ergebnis-papiers besteht darin, Schlüsselfaktoren für eine effektive Kreislaufwirtschaft in der österreichischen Industrie zu skizzieren und konkrete Lösungsvorschläge zu präsentieren, mit Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte. Die Publikation gliedert sich in drei Hauptabschnitte: Das Kapitel „Kreislauforientierte Produktion“ bietet einen Überblick über die Kreislaufwirtschaft im industriellen Kontext. Im zweiten Kapitel „Key-Enabler“ folgt eine detaillierte Analyse der identifizierten Schlüsselfaktoren sowie eine Auflistung der bedeutendsten Herausforderungen und möglichen Lösungsansätzen. Diese Lösungsansätze bilden die Grundlage für das letzte Kapitel „Politische Handlungsempfehlungen“. Dieser Abschnitt enthält konkrete politische Empfehlungen, die darauf abzielen, den Fortschritt der Kreislaufwirtschaft in der österreichischen Industrie zu fördern.

¹ International Resource Panel 2020 – Global Resources Outlook 2019: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>

² Circularity Gap Report 2023 (S. 31): <https://www.circularity-gap.world/2023#download>

³ IPCC – Climate Change 2021 (S. 159): The Physical Science Basis: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

⁴ Die Zirkularitätsrate (CMU) ist das Verhältnis der zirkular verwendeten bzw. recycelten Materialien zur gesamten Materialverwendung

⁵ Ö Kreislaufwirtschaftsstrategie: https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/Kreislaufwirtschaft/strategie.html

KREISLAUFORIENTIERTE PRODUKTION

Die Kreislaufwirtschaft ist eine transformative Wirtschaftsphilosophie, die den herkömmlichen linearen Produktionsansatz überdenkt und auf ein nachhaltiges, nahezu geschlossenes Kreislaufmodell setzt. Im traditionellen linearen Modell werden Ressourcen entnommen, Produkte hergestellt, konsumiert und am Ende ihrer Lebensdauer entsorgt. Im Gegensatz dazu verfolgt die Kreislaufwirtschaft das Ziel, den Lebenszyklus von Produkten zu verlängern, Ressourcen effizienter zu nutzen und Abfall zu minimieren. Grundprinzip dabei ist das Denken in zwei Kreisläufen, dem technologischen und dem biologischen Kreislauf. Alle verwendeten Ressourcen sollen nach ihrer Nutzung wieder in ihren jeweiligen Kreislauf zugeführt werden. Rohstoffe, die ohne negative Auswirkungen biologisch abgebaut werden können, zirkulieren im biologischen Kreislauf. Dazu zählen ebenfalls Verbrauchsgüter und Rohstoffe, die durch Abnutzung oder Verschleiß in die Biosphäre gelangen. Rohstoffe, die dies nicht erfüllen, müssen ausschließlich im technischen Kreislauf zirkulieren und immer wieder wiederverwendet, aufbereitet oder im letzten Schritt recycelt werden.

Wichtig für die Kreislaufwirtschaft ist, dass sich alle Partizipierende entlang der Wertschöpfungskette eines Produktes an die Prinzipien der zirkulären Wertschöpfung halten. In der bereits erwähnten österreichischen Kreislaufwirtschaftsstrategie wird die Kreislaufwirtschaft dabei in drei Phasen und zehn sogenannte R's eingeteilt:

1. Intelligente Nutzung und Herstellung von Produkten und Infrastruktur – *Refuse, Rethink, Reduce*
2. Verlängerte Lebensdauer von Produkten, Komponenten und Infrastruktur – *Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose*
3. Wiederverwerten von Materialien – *Recycle, Recover*

Mit Fokus auf den Produktlebenszyklus können dabei fünf essenzielle Phasen unterschieden werden⁶:

Design: Produkte werden so konzipiert, dass ihre Lebensdauer verlängert und ihre Komponenten leicht wiederverwendet oder recycelt werden können, sowie der Einsatz von zirkulären Geschäftsmodellen berücksichtigt wird – und Rohstoffe wieder in ihrem jeweiligen biologischen oder technischen Kreislauf zirkulieren können.

Produktion: Die Produktion erfolgt unter den Designprinzipien, nutzt ressourceneffiziente Produktionstechnologien sowie nachhaltige Energien.

Nutzung: Produkte sollen so lange wie möglich genutzt werden. Dies umfasst Dienstleister, die die gemeinsame Nutzung von PaaS-Systemen (Product-as-a-Service) ermöglichen, Kunden, die ihre Produkte lange nutzen (z.B. durch Reparaturen) und danach zur Wiederverwendung bereits stellen oder richtig entsorgen, und Unternehmen, die ihre Produkte für eine lange Lebensdauer anpassen.

Zweites Leben: Produkte, Module, Komponenten, oder Bauteile, die für ihren eigentlichen Zweck nicht mehr genutzt werden können, sollen durch Wiederaufbereitung erneut Verwendung finden.

Recycling: Als letzter Schritt sollen Materialströme effizient und exakt getrennt werden, um hochwertige Sekundärrohstoffe (oder Energie) zu erzeugen.

⁶ Friedrich-Ebert-Stiftung – Die digitale Circular Economy: <https://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/20544.pdf>

Die kreislauforientierte Produktion fokussiert dabei auf Kreislaufwirtschaftsaspekte produzierender Unternehmen, die eine zentrale Rolle zur Schaffung nachhaltiger Produkte spielen. Besonders die Phasen Produktion und Produktdesign werden durch diese Unternehmen innerhalb der aktuellen Rahmenbedingungen bestimmt und sollten zukünftig im Einklang mit den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft weiter ausgestaltet werden. Produzierende Unternehmen haben jedoch auch Einfluss auf die weiteren Phasen der Kreislaufwirtschaft, beispielsweise durch Anpassungen des Produktdesigns für verlängerte Nutzung oder ein zweites Leben, durch vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoffen, oder durch Services, um Produkte beispielsweise länger nutzbar, zerlegbar, einfach reparierbar oder recycelbar zu machen. Wichtig daher ist, dass der Handlungsspielraum für Innovation der Unternehmen gewahrt bleibt und unterstützt wird.

Angesichts der Komplexität vieler technischer Prozesse, die zahlreiche Rohstoffe und Ausgangskomponenten verwenden, mehrere Verfahrensschritte umfassen und auf langjähriger Erfahrung und Prozessoptimierung basieren, ist die Umstellung auf nachhaltige und ressourceneffiziente Praktiken eine anspruchsvolle Herausforderung für die Industrie. Die Kreislaufwirtschaft erfordert dabei nicht nur eine Vielzahl von Anpassungen, sondern auch einen Blick über die Unternehmensgrenzen hinaus. Dabei sollte die Kreislaufwirtschaft jedoch nicht als notwendiges Übel, sondern vielmehr als Potential und Enabler gesehen werden – beispielsweise für Innovationen in der Produktentwicklung und Prozessoptimierung und damit zur Steigerung der Wettbewerbsvorteile sowie für eine erhöhte Resilienz gegenüber globalen Herausforderungen in Bezug auf Rohstoffversorgung und Umweltauswirkungen.

Die kreislauforientierte Produktion erfordert daher eine grundlegende Neuausrichtung der Art und Weise, wie Produkte hergestellt, genutzt und entsorgt werden. Dies geht über rein technologische Aspekte hinaus und berücksichtigt gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Dimensionen. Dieses Ergebnispapier zielt darauf ab, Schlüsselbereiche (Key-Enabler) zu identifizieren, die den Übergang zur Kreislaufwirtschaft in der österreichischen Industrie erleichtern, und konkrete politische Empfehlungen zur Unterstützung dieses Transformationsprozesses zu formulieren.

3 KEY-ENABLER

Für eine erfolgreiche Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft gibt es eine Vielzahl an Faktoren, die berücksichtigt werden müssen. In den Workshops wurden sieben Key-Enabler identifiziert, die eine entscheidende Rolle bei der Transformation der österreichischen Industrie hin zu einer Kreislaufwirtschaft spielen werden: Digitalisierung, Regularien und Standards, Firmenübergreifende Zusammenarbeit, Serviceanbieter, Zirkuläre Geschäftsmodelle, Gesellschaftlicher Wandel und Forschungsaktivitäten zu spezifischen Themen.

Im Folgenden werden die einzelnen Key-Enabler kurz beschrieben, gefolgt von einer Schilderung der identifizierten Herausforderungen für Unternehmen und möglichen Lösungsvorschlägen. Dieser Abschnitt bildet damit die Grundlage für den letzten Teil dieser Veröffentlichung, in dem die wichtigsten Lösungsvorschläge als politische Empfehlungen formuliert werden.

3.1 DIGITALISIERUNG

Die Digitalisierung und Datenflüsse im Allgemeinen sind einer der Schlüsselfaktoren für den erfolgreichen Übergang zur Kreislaufwirtschaft. Erstens ermöglicht die digitale Erfassung von Daten und Informationen die Sammlung und Nutzung von Informationen entlang der Wertschöpfungskette. Diese Datenbasis ist die Grundvoraussetzung für viele der in weiterer Folge beschriebenen Key-Enabler und damit essenziell für kreislauffähige Produkte. Zweitens können digitale Technologien und Tools in allen fünf Phasen des Produktlebenszyklus von Mehrwert sein, wie zum Beispiel bei digital unterstütztem Produktdesign, der digitalen Auswertung von Nutzungsverhalten, oder der Logistiko Optimierung. Insbesondere können mithilfe der Digitalisierung auch Produktionsprozesse selbst effizienter und nachhaltiger gestaltet werden, mit Tools wie Predictive Maintenance, Digitalem Zwilling, Optimierung oder Modellierung, insbesondere im Bereich der Künstlichen Intelligenz.

Hindernisse und Risiken

Unternehmen, die sich nicht zunehmend mit Digitalisierung auseinandersetzen, werden in Zukunft Schwierigkeiten haben, mit aktuellen Innovationen Schritt zu halten, neue Anforderungen bzw. Regularien zu erfüllen und auch mit erhöhter Nachhaltigkeit wettbewerbsfähig zu bleiben. Allen voran stellt die Digitalisierung vor allem österreichische KMUs auf die Probe, die aktuell einen verhältnismäßig niedrigen Digitalisierungsgrad aufweisen und dennoch neue Anforderungen (wie zum Beispiel durch den Digitalen Produktpass) erfüllen müssen. In vielen österreichischen Betrieben besteht die beschriebene Datenbasis noch nicht oder nicht in der geforderten Qualität, und die Notwendigkeit und der mögliche Nutzen von Digitalisierung werden nicht gesehen. Die umfangreiche Digitalisierung von Unternehmen ist mit erheblichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden und für einige Betriebe ohne Unterstützung wirtschaftlich nicht umsetzbar. Zudem bleibt der wirtschaftliche Wert von Daten oft ungenutzt oder wird nicht hinreichend ausgeschöpft.

Chancen und mögliche Lösungen

Unternehmen müssen zukünftig bei der Digitalisierung vermehrt unterstützt werden, und das Potenzial und die Notwendigkeit der Digitalisierung nähergebracht werden. Dabei ist es entscheidend, österreichische Unternehmen insbesondere bei den ersten Schritten zur Digitalisierung ihrer Prozesse und Strukturen zu unterstützen, zum Beispiel durch (bereits etablierte) Förderprogramme (European Digital Innovation Hubs, KMU Digital, ...) oder Potenziale neuer Technologien auf-

zuzeigen, etablierende Standards zugänglich zu machen und die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen zu unterstützen. Ein Element dabei ist, eine einfach verständliche Übersicht über bestehende Programme und Initiativen zu schaffen und somit Einstiegsbarrieren zu überwinden. Weiters sollte die Digitalisierung auch Fokus von Ausbildung und Fortbildungen sein sowie fixer Bestandteil technisch/naturwissenschaftlicher Grundausbildungen. Schließlich sollten Digitalisierung und Nachhaltigkeit/Kreislaufwirtschaft (im Sinne der Twin Transition) auch weiterhin stark gekoppelt betrachtet werden, und das Potenzial der Digitalisierung sowie der KI auch für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen in den Vordergrund gerückt werden.

3.2 REGULARIEN UND STANDARDS

Neue Regularien und Verordnungen spielen eine entscheidende Rolle für die Kreislaufwirtschaft, indem sie einen rechtlichen Rahmen schaffen, der nachhaltige Praktiken fördert und Klarheit schafft. Aktuell gibt es auf europäischer Ebene und allen voran im European Green Deal verankert eine Vielzahl an Regularien, die die Kreislaufwirtschaft vorantreiben sollen. Insbesondere ist hier als Herzstück des europäischen Kreislaufwirtschaftspakets die Ökodesignverordnung zu nennen (ESPR), in der Mindestanforderungen an eine Vielzahl von Produkten angegeben werden. Verankert in der Ökodesign Verordnung ist der Digitale Produktpass (DPP), in dem relevante Daten und Informationen für die Nachhaltigkeit entlang der Wertschöpfungskette gesammelt und gespeichert werden. Im DPP wird also eine digitale Basisinfrastruktur für Kreislaufführung aufgebaut – er gilt damit als einer der wichtigsten Enabler für die Kreislaufwirtschaft. Der DPP soll die Kreislauffähigkeit von Produkten antreiben, Kunden bei ihrer Kaufentscheidung besser informieren und insgesamt mehr Transparenz entlang der Wertschöpfungskette schaffen⁷. Weitere Regularien zum Thema Kreislaufwirtschaft umfassen zum Beispiel den Critical Raw Materials Act (CRM), die Batterieverordnung (Battery Regulation), das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (SCDDA), Erweiterte Herstellerverantwortung (EPR), Taxonomieverordnung (EU Taxonomy Regulation), Richtlinie über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit (CSDDD), die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) und die Initiative Recht auf Reparatur („Right to Repair“).

Weiters spielen Standards, Zertifizierungen und Metriken eine zentrale Rolle in der Förderung der Kreislaufwirtschaft. Sie dienen der Schaffung klarer Richtlinien und können Nachhaltigkeit quantitativ messbar machen und damit das Vertrauen von Verbrauchern fördern. Globale Standards ermöglichen dabei eine einheitliche Herangehensweise über Ländergrenzen hinweg und erleichtern internationale Zusammenarbeit.

Hindernisse und Risiken

Größtes Hindernis und Problem der bestehenden und kommenden Regularien ist die schiere Vielfalt und Menge an neuen Anforderungen an Unternehmen. Einer der Hauptkritikpunkte besteht darin, dass Informationen zu Regularien unübersichtlich sind und es schwer und zeitaufwendig ist einen guten Überblick zu bekommen. Weiters sind relevante Informationen zu den einzelnen Rechtsakten oft schwer verständlich, spärlich verfügbar oder schwer zugänglich, was die Planungssicherheit

⁷ Nähere Details zum DPP: <https://plattformindustrie40.at/blog/2023/11/29/der-digitale-produktpass/>

kreislauffähiger Lösungen erschwert und erheblichen Zeit- und Kostenaufwand für Unternehmen bedeutet. Dieser Mangel an Klarheit und Transparenz bezüglich bestehender und kommender Regularien bereitet insbesondere KMUs, einschließlich kleiner Lieferanten, Schwierigkeiten, vor allem wenn dafür gesonderte Personen bereitgestellt werden müssen. Besonders für sie wird es zukünftig schwierig sein, die zahlreichen Vorschriften einzuhalten und konforme Produkte anzubieten. Zusätzlich ist die teilweise fehlende Harmonisierung auf internationaler Ebene ein weiteres Hindernis, das die Anpassung an unterschiedliche Gesetze in verschiedenen Ländern erschwert. Durch die neuen Regularien bestehen außerdem Bedenken, dass Unternehmen in der EU durch die neuen Anforderungen im internationalen Vergleich benachteiligt werden und Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Regularien bestehen könnten.

Chancen und mögliche Lösungen

Um die aktuellen Hindernisse im Zusammenhang mit Regularien zu überwinden, ist es entscheidend, erstens umfassende Informationskampagnen zu starten und zweitens Unternehmen aktiv dabei zu unterstützen, erste Schritte zur Umsetzung zu unternehmen. Dies gilt insbesondere für kleinere Unternehmen, die aktuell mit der Vielzahl an zukünftigen Anforderungen überfordert sind. Durch die Bereitstellung von einfach zugänglichen Informationen können Unternehmen besser verstehen, wie sie die Anforderungen erfüllen können, und die erforderlichen Maßnahmen ergreifen. Spezifisch für den DPP ist es wichtig verständlich zu machen, dass die für den DPP benötigte Datenbasis als Grundlage dienen kann, um mit geringem oder moderatem Zusatzaufwand Mehrwert zu schaffen und beispielsweise neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Neben Infokampagnen und der gut verständlichen Übersetzung der Regularien für jedes Land sollten bereits etablierte Umsetzungsinitiativen starken Fokus auf die Unterstützung der Vorbereitung und Implementation von Regularien legen. Kernelement dieser Initiativen sollte sein, wie sich Unternehmen schon jetzt vorbereiten können und was erste konkrete Schritte sind.

3.3 FIRMENÜBERGREIFENDE ZUSAMMENARBEIT

Das Denken über Firmengrenzen hinweg ist eines der Kernelemente einer erfolgreichen Kreislaufwirtschaft. Damit Ressourceneffizienz über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes optimiert werden kann, müssen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette kommunizieren und agieren. Zwei zentrale Ansätze, um die firmenübergreifende Zusammenarbeit zu fördern sind einerseits der bereits erwähnte DPP, der die notwendige Transparenz und Datenbasis entlang der Wertschöpfungskette schafft, andererseits aktuelle laufende Initiativen zum Thema Data-Sharing. Dabei bieten sogenannte Data Spaces die Möglichkeit, Daten sicher zwischen Unternehmen zu teilen und dabei die Datensouveränität zu bewahren.

Hindernisse und Risiken

Für firmenübergreifende Zusammenarbeit müssen Partnerschaften neu gedacht werden und die neuen Kollaborationen klar geregelt sein und/oder auf Vertrauen basieren. Wichtig ist, dass ein Nutzen für alle Beteiligten besteht. Eine erste Schwierigkeit liegt bereits bei der Identifizierung geeigneter Partner – besonders über Branchengrenzen hinweg – sowie über das gemeinsame Verständnis der Ziele und Vorteile der Kooperation. Ein weiteres konkretes Hindernis sind Datenflüsse ent-

lang der Wertschöpfungskreisläufe, da ein reibungsloser Austausch von Daten zwischen den Unternehmen gewährleistet werden muss. Hier mangelt es einerseits an Wissen und Verständnis zu diesem Thema, andererseits fehlen heutzutage noch die rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen, um diesen Datenaustausch in großem Umfang umzusetzen. Zusätzlich haben viele Unternehmen generelle Bedenken, bei der Weitergabe von Daten relevante Informationen an Konkurrenten preiszugeben und damit die eigene Wettbewerbsfähigkeit zu schwächen.

Chancen und mögliche Lösungen

Um die firmenübergreifende Zusammenarbeit anzutreiben, ist es einerseits wichtig die Relevanz dieser Thematik zu verbreiten, Schulungen und Trainings anzubieten sowie weitere Aktivitäten zur verbesserten Umsetzung der Zusammenarbeit zu fördern. Geförderte Pilotprojekte können hierbei helfen, um gemeinsame Ziele zu definieren und innovative Lösungen zu entwickeln. Dabei sollte ein Fokus auf Datensouveränität gelegt werden, um Unternehmen ihre Bedenken zur Weitergabe sensibler Daten zu nehmen. Beispielsweise könnten „Circular Product Journeys“ (mit Einblicken zu Lieferanten, Produktion, und Nutzer/Kunde) dazu beitragen, das Potential von Zusammenarbeit verständlicher zu machen. Zusätzlich sollten Plattformen (siehe Serviceanbieter) geschaffen werden, mithilfe derer Partnerschaften auch über Branchengrenzen hinweg gefunden werden können oder beispielsweise auch zwischen großen Unternehmen und Start-Ups. Weiters ist der Aufbau bzw. die Weiterentwicklung von Plattformen/Hubs (Gaia-X Hub Austria, Circularity Lab) wichtig, um wichtige Akteure und Stakeholder zusammenzubringen. Darüber hinaus sollte die Beteiligung österreichischer Unternehmen an internationalen Dateninitiativen sichergestellt und vorangetrieben werden.

3.4 SERVICEANBIETER

Für die Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette werden Serviceanbieter zukünftig eine wichtige Rolle spielen, die die Lebensdauer von Produkten auf unterschiedliche Art und Weisen verlängern. Dazu gehören einerseits Organisationen, die die Nutzungsdauer von Produkten verlängern oder die Wiederverwendungen oder das Recycling fördern, beispielsweise Reparaturwerkstätten, Upcycling-Dienstleistungen, Recycling-Unternehmen sowie die – teilweise österreichweit tätigen – Kundenservices von Unternehmen. Weiters werden auch Organisationen nötig sein, die eine Vermittlerrolle zwischen unterschiedlichen Unternehmen und Endkunden, bzw. Angebot und Nachfrage einnehmen. Diese erleichtern den Austausch von gebrauchten oder wiederaufbereiteten Produkten, bzw. machen diesen überhaupt erst möglich. Besonders für branchenübergreifende Zusammenarbeit ist eine gute Übersicht über Angebot und Nachfrage relevant, beispielsweise durch Online-Plattformen. Schließlich werden auch Serviceanbieter für die Datenbeschaffung und Datennutzung (zum Beispiel für den DPP) notwendig sein.

Hindernisse und Risiken

Im Bereich des Recyclings sind Serviceanbieter in Österreich bereits etabliert, gerade im Bereich der Wiederverwendung von Produkten sind diese Märkte allerdings noch in den Anfängen. Neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle müssen sich erst etablieren, und die Akzeptanz in der Gesellschaft muss wachsen. Als besondere Herausforderung wird die feh-

lende Transparenz der Qualität von bereits gebrauchten Materialien und Einzelteilen gesehen sowie fehlende Ideen für Geschäftsmodelle. Weiters besteht die Angst unterschiedlicher Akteure entlang der Wertschöpfungskette durch die neuen Serviceanbieter umgangen zu werden. So würde beispielweise durch die erhöhte Wiederverwendung von Produkten oder Einzelteilen der Bedarf an Recycling abnehmen sowie die Nachfragehäufigkeit am Produkt selbst aufgrund der höheren Lebensdauer.

Chancen und mögliche Lösungen

Zukünftig sollte neben dem Recycling und der Gewinnung von hochwertigen Sekundärrohstoffen ein wesentlicher Schwerpunkt auf Dienstleistungen gelegt werden, die den Produktlebenszyklus verlängern oder Produkten weitere Leben geben, bevor diese entsorgt werden. Zudem könnten Ansätze wie Herstellerverantwortung oder Incentive-Maßnahmen dazu beitragen, Produkte länger zu nutzen bzw. wiederzuverwenden und bei Unternehmen und KonsumentInnen ein gemeinsames Bewusstsein zu schaffen. Damit könnte die Verantwortung entweder der Hersteller oder des Nutzers für den Produktlebenszyklus gestärkt werden. Förderungen, wie der österreichische Reparaturbonus und dessen übersichtliche Gestaltung via Online-Plattform, sind positive Beispiele, die zeigen, dass durch gezielte Förderungen die Anzahl der Reparaturen stark steigen kann und dabei auch das nachhaltige Bewusstsein sowohl bei Unternehmen als auch KonsumentInnen gehoben werden kann.

Weiters ist es notwendig, Aktivitäten zur Erhöhung der Qualitätstransparenz von gebrauchten Produkten zu fördern sowie Services, die die Kollaboration zwischen Unternehmen in den Vordergrund stellen.

3.5 ZIRKULÄRE GESCHÄFTSMODELLE

Angepasste Geschäftsmodelle sind notwendig, um nachhaltige Produkte auch wirtschaftlich gestalten zu können und damit diese Produkte dauerhaft am Markt zu verankern. Dabei gewinnen Miet-Konzepte, Leasing-Modelle, Sharing-Plattformen und PaaS-Konzepte an Bedeutung. Bei diesen Ansätzen bezahlen Kunden nicht mehr nur für das Produkt selbst, sondern für die Nutzung oder den Service rund um das Produkt.

Hindernisse und Risiken

Haupthindernis ist, dass zirkuläre Geschäftsmodelle für viele Produkte aktuell nicht profitabel sind, bzw. Unternehmen an der Wirtschaftlichkeit zweifeln. Vor allem für Produkte mit langen Produktlebenszyklen (zum Beispiel für Infrastruktur-güter) sowie Produkte mit komplexen Wertschöpfungsketten oder Produkten mit einem geringen Preis sind nachhaltige Geschäftsmodelle schwierig umzusetzen, insbesondere für KMUs. Gerade im B2C-Bereich sind diese Geschäftsmodelle aufgrund der meist erhöhten Kosten für den Verbraucher nicht sehr verbreitet. Weiteres Hindernis ist die aktuell fehlende Datenverfügbarkeit entlang der Wertschöpfungskette sowie fehlende Investitionsförderungen für zirkuläre Geschäftsmodelle.

Chancen und mögliche Lösungen

Erstens verlangt es transparente Daten entlang der Wertschöpfungskette, um Geschäftsmodelle neu zu entwickeln und anzupassen – dies wird auch zukünftig durch den DPP gefordert und durch Initiativen rund um das Thema Data-Sharing gestärkt. Zweitens ist eine Kombination aus erhöhter Nachfrage nach nachhaltigen Produkten, verschärften Anforderungen an Produkte (wie zum Beispiel durch die Ökodesignverordnung) sowie die angemessene Internalisierung externer Kosten nicht nachhaltiger Produkte auf länderübergreifender Ebene notwendig. Dabei spielt vor allem das Thema Kostenwahrheit und Rentabilität eine entscheidende Rolle – KonsumentInnen müssen nachvollziehen können, wie der Preis für Produkte mit ihrer Nachhaltigkeit zusammenhängt. Beispielsweise könnten KonsumentInnen bereit sein mehr für Produkte zu zahlen, wenn diese eine erhöhte Mindestlebensdauer haben. Diese Punkte spielen stark mit dem letzten Key-Enabler gesellschaftlicher Wandel zusammen. Um erhöhte Nachfrage zu erzielen, sollten Institutionen zukünftig gezielt zirkuläre Produkte und Dienstleistungen erwerben (Green and Circular Procurement). Dies schafft nicht nur eine Nachfrage, sondern fördert auch die Entwicklung und Umsetzung entsprechender Geschäftsmodelle. Weiters ist es wichtig, eine unbürokratische Förderung von zirkulären Geschäftsmodellen zu ermöglichen sowie Pilotierungsprojekte zu fördern. Relevante Fragen umfassen dabei beispielsweise, welche Strukturen und Serviceanbieter für eine Umstellung auf zirkuläre Geschäftsmodelle notwendig sind – eine Art Roadmap für unterschiedliche Branchen könnte erstellt werden. Beispielsweise könnten Innovationsassistenten für Geschäftsmodelle eingesetzt werden, um Unternehmen bei der Konzeption, Umsetzung und Skalierung zirkulärer Geschäftsmodelle zu unterstützen.

3.6 GESELLSCHAFTLICHER WANDEL

Um die Kreislaufwirtschaft nachhaltig und wirksam zu implementieren, bedarf es eines grundlegenden Umdenkens in der Gesellschaft. Das erfordert einerseits eine Veränderung des Konsumverhaltens, indem hochwertige Produkte priorisiert werden und die Nutzungsintensität erhöht wird. Obwohl immer mehr KonsumentInnen bereits nachhaltige Entscheidungen treffen, muss diese Tendenz zukünftig noch ausgebaut werden. Zusätzlich dazu muss dieser Wandel auch aktiv in den produzierenden Unternehmen umgesetzt und durch geeignete wirtschaftliche Rahmenbedingungen unterstützt werden.

Hindernisse und Risiken

Ein grundlegendes Umdenken der Gesellschaft erfordert die Überwindung etablierter Konsumgewohnheiten. Die Veränderung unseres Konsumverhaltens und die Abkehr von der Wegwerfkultur, stellen eine komplexe Aufgabe dar, die kulturelle, wirtschaftliche und soziale Aspekte einschließt und etliche Jahre zur Umsetzung benötigt. Drei konkrete Hindernisse für KonsumentInnen wurden identifiziert: Benutzerfreundlichkeit (Informationen über Nachhaltigkeit müssen ins Auge springen, einfach verfügbar und leicht verständlich sein), Serviceorientiertheit (um die Nutzungsdauer von Produkten zu verlängern müssen Serviceangebote verbessert werden und die Reparatur/Wiederverwendung/Aufbereitung von Produkten einfach zugänglich sein) und Standardisierung bzw. Transparenz (Nachhaltigkeitskriterien müssen einheitlich und vergleichbar sein). Neben dem Wandel der Gesellschaft ist es weiters notwendig den Wandel auch aktiv in Unternehmen zu forcieren.

Chancen und mögliche Lösungen

Durch gezielte Bildungs- und Schulungsinitiativen für alle Altersklassen, Informationsveranstaltungen über Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft sowie aufkommende Regularien, inklusive spezifischen Informationen für produzierende Unternehmen, können Bewusstsein und Wissen gesteigert werden. Die Implementierung von Förderprogrammen wie dem Reparaturbonus kann Anreize schaffen und nachhaltige Praktiken finanziell unterstützen. Zusätzlich ist eine erhöhte Transparenz der Nachhaltigkeit von Produkten wichtig (beispielsweise durch den DPP) sowie KonsumentInnen mehr aus der Verantwortung zu ziehen und durch Regularien gewisse Nachhaltigkeitsaspekte verpflichtend zu machen (beispielsweise durch die Ökodesign-Verordnung). Für Unternehmen ist außerdem internes Change-Management und der offene Dialog mit Mitarbeitern entscheidend. Dieser Wandel der Nutzer und/oder der produzierenden Unternehmen sollte insbesondere auch in Forschungsprojekten zum Thema Kreislaufwirtschaft berücksichtigt werden. Weiters ist es notwendig, die Nachfrage von Kreislaufwirtschaft zu erhöhen und wie bereits erwähnt Green and Circular Procurement zu betreiben.

3.7 FORSCHUNG, TECHNOLOGIE UND INNOVATION

Forschungsaktivitäten in unterschiedlichen Bereichen umfassen heutzutage Nachhaltigkeits- oder Kreislaufwirtschaftsaspekte. Dabei ist es jedoch auch notwendig, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft nicht nur mitzuberücksichtigen, sondern spezifische Forschungsaktivitäten zu setzen, die Kreislaufwirtschaft vorantreiben. Die folgenden Forschungsbereiche – die teilweise auch ineinandergreifen – bieten großes Potential für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft in der österreichischen Industrie:

Ökodesign

Der Begriff Ökodesign steht für die kreislauffähige und nachhaltige Gestaltung von Produkten. Das Ökodesign hat einen signifikanten Einfluss auf die Nachhaltigkeit von Produkten und ist somit einer der wichtigsten Schritte für kreislauffähigere Produkte⁸. Dabei legt Ökodesign den Fokus, die gesamte Lebensdauer eines Produkts zu berücksichtigen – angefangen bei der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung – mit dem Ziel, die Umweltauswirkungen bzw. den Ressourceneinsatz zu minimieren und Ressourcen möglichst lange im Kreislauf zu führen. Dies umfasst beispielsweise die Integration von umweltfreundlichen oder recycelten Materialien sowie die Möglichkeit, Produkte einfach zu reparieren, aufzurüsten, anzupassen und zerlegen zu können. Das Ökodesign ist ein komplexes und vielschichtiges Thema, da es Auswirkungen auf alle weiteren Schritte des Produktlebenszyklus hat. Umso wichtiger ist es, die Auswirkungen des Produktdesigns auf alle Phasen des Produktlebenszyklus zu untersuchen sowie deren Umsetzung mit digitalen Tools, beispielsweise KI, zu unterstützen. Forschungsaktivitäten sind dabei in allen Teilbereichen des Ökodesigns relevant und sollten Digitalisierungsmethoden wie künstliche Intelligenz integrieren. Zusätzlich sollte verstärkter Fokus auf Forschungsaktivitäten liegen, in denen Zielkonflikte des nachhaltigen Produktdesigns erforscht werden. Beispielsweise kann sich eine Designänderung positiv auf die Wiederverwendbarkeit, aber negativ auf das Recycling auswirken, oder den Energie- und Emissionsaufwand erhöhen.

⁸ Immer wieder ist zu lesen – auch auf der Homepage der Europäischen Kommission –, dass das Produktdesign für 80% der Nachhaltigkeit eines Produktes verantwortlich ist. Dieser Wert wird jedoch in keinem gefundenen Artikel wissenschaftlich hinterlegt, die Herkunft und Richtigkeit des Werts ist daher unklar.

Kreislaufgerechte Produktionstechnologien und Prozesse

Angepasste Produktionstechnologien und -prozesse sind in vielen Fällen erforderlich, um den neuen Anforderungen an Produkte gerecht zu werden. Bevorzugt werden beispielsweise Technologien und Prozesse mit denen Abfall reduziert wird, vermehrt Sekundärrohstoffe eingesetzt, sowie Vorgaben des Ökodesigns erfüllt werden können. Additive Fertigungsverfahren können dabei eine wichtige Rolle einnehmen. Einerseits, um maßgeschneiderte und ressourcenschonende Produkte (mit Anteilen an Sekundärmaterialien) zu erzeugen, andererseits, um durch die Aufbereitung oder einfache Erzeugung von Ersatzteilen die Lebensdauer von Produkten zu verlängern.

Weiters ist eine Umstellung von herkömmlichen Verfahren auf nachhaltige Alternativen notwendig. Beispiele für Prozessumstellungen umfassen den Einsatz von Wasserstoff, Brennstoffzellen, neuen Lasertechnologien, chemischem bzw. enzymatischem Recycling sowie die generelle Elektrifizierung von Produktionsprozessen, beispielsweise durch den Einsatz des Lichtbogenofens in der Stahlerzeugung. Darüber hinaus können verschiedene digitale Technologien bestehende Produktionsprozesse nachhaltiger gestalten und eine größere Flexibilität im Hinblick auf den Einsatz variabler Rohstoffe (z.B. mit wechselnden Rezyklatanteilen) ermöglichen, beginnend mit Modellierung durch künstliche Intelligenz, Virtual und Augmented Reality, bis hin zum digitalen Zwilling und dem Echtzeit-Monitoring durch prozessintegrierte Sensorik und Analytik.

Forschungsbedarf gibt es außerdem zu Prozessen, die bereits in der Fertigung die Wiederverwendung von Produkten berücksichtigen. Ein Beispiel hierfür ist die Verflüssigung von Vergussmasse zur erleichterten Reparierbarkeit. Bei vielen Prozessumstellungen treten jedoch ähnlich wie beim Ökodesign Zielkonflikte für die Kreislaufwirtschaft auf – eine methodische Bewertung dieser Zielkonflikte ist gefragt.

Digitale Technologie, KI und Sensorik

Die Relevanz neuer digitaler Technologien und künstlicher Intelligenz (KI) ist unumstritten und bietet auch für die Kreislaufwirtschaft enormes Potenzial. Grundlage für alle Fortschritte liegen in einer fundierten Datenbasis, die auf präzisen und intelligenten Sensoren aufbaut. Mithilfe dieser Daten können die unterschiedlichsten Modelle (z. B. mithilfe von KI) erzeugt werden, Industrial Internet of Things (IIOT) implementiert oder cyber-physische Systeme erzeugt, und darauf aufbauend Zusammenhänge und Vorgangsweisen abgeleitet werden. Wie bereits zuvor beschrieben können digitale Technologien in allen Phasen des Lebenszyklus unterstützen. Sie ermöglichen beispielsweise das Tracking des Nutzungsverhaltens zur Verlängerung der Produktlebensdauer, verbesserte Materialerkennung und Sortierung beim Recycling, Prozessoptimierung in der Herstellung oder generell die Erstellung und Optimierung von Simulationen und digitalen Prozessabbildungen (Digital Twins). Forschungsaktivitäten zu fortschrittlicher Sensorik, künstlicher Intelligenz, Quantentechnologie oder anderen digitalen Technologien spielen demnach für die Kreislaufwirtschaft eine bedeutende Rolle und sollten alleinstehend und auch in Kombination mit Kreislaufwirtschaftskonzepten gefördert werden.

Datennutzung für eine Kreislaufwirtschaft

Um fundierte Entscheidungen über Produktdesign, Produktion, Nutzung, Wiederverwertung oder Recycling treffen zu können, ist es wichtig, alle diese Teilbereiche durch Informationen und Daten begreifbar und beschreibbar zu machen und mitzubedenken. Ohne diesen Austausch entlang der Wertschöpfungskette kann eine vollständige Kreislaufführung nicht erreicht werden.

Um die Datennutzung entlang der Wertschöpfungskette zu ermöglichen, gibt es momentan mehrere Ansätze: Einerseits gibt es proprietäre Lösungen, bei denen IT-Firmen/Start-Ups die technische Infrastruktur zum Teilen bereitstellen. Weiteres gibt

es unternehmerische Entwicklungspartnerschaften, bei denen sich mehrere Unternehmen zusammenschließen, um eine gemeinschaftliche Dateninfrastruktur zu schaffen und neue Geschäftsfelder zu erschließen. Schließlich gibt es offene Normierungsprozesse, in denen offene Standards für den Datenaustausch entwickelt werden. In allen Entwicklungen müssen dabei die Themen Datenschutz, Datensicherheit und Datensouveränität adressiert werden. Mit dem firmenübergreifenden Datenaustausch generell beschäftigen sich unter anderem Data Spaces-Initiativen rund um Gaia-X. Auf EU-Ebene entsteht aktuell das Regularium zum zuvor beschriebenen DPP, in dem Standards für den Datenaustausch entlang von Wertschöpfungsketten definiert werden.

Initiativen rund um die Themen Datennutzung für die Kreislaufwirtschaft sind momentan dynamisch mit einer Vielzahl an Akteuren und Initiativen. Damit Österreich bei diesen Themen am Zuge der Zeit bleibt, sind mehrere Aktivitäten zu setzen. Erstens benötigt es vermehrte Forschungsaktivitäten und gut verständliche Piloten zu diesen Projekten, zweitens ist es notwendig die Erkenntnisse dieser Piloten sowie generelle Informationen in die Breite zu bringen. Drittens benötigt es Lösungen, die von Unternehmen, insb. KMU unterschiedlicher Sektoren leicht aufgegriffen werden können.

Wertschöpfungsnetzwerke

Für einen gesamtheitlichen Blick auf die Kreislaufwirtschaft ist es notwendig, nicht nur einzelne Produktlebenszyklen, sondern das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk von Produkten zu berücksichtigen. Kreislaufwirtschaft in Kombination mit einer guten Datenbasis ermöglicht die Entstehung von neuen Kooperationen auch außerhalb des eigenen Sektors oder der bisherigen Wertschöpfungsketten. So könnte ein neuer Markt entstehen, in dem Neben- oder Abfallprodukte eines Prozesses in ganz anderen Industrien genutzt werden. Dafür ist es notwendig, Forschungstätigkeiten zum Aufbau von Wertschöpfungsnetzwerken sowie der Pfadplanung in diesen oder für neue Wertschöpfungsökosysteme (welche Pfade passen technologisch zusammen?) zu setzen.

Weiters müssen für eine gesamtheitliche Betrachtung Energie und Emissionen mitberücksichtigt werden, denn Ressourcen- und Energieeinsatz können gegengleich korrelieren. Verändertes Produktdesign, angepasster Produktionsprozess oder verlängerte Lebensdauer können dabei mit erheblichem zusätzlichem Energieaufwand einhergehen oder den Ausstoß von Emissionen erhöhen. Daher ist es unumgänglich, die Energie nicht zu vernachlässigen und Ressourceneffizienz, Energieaufwand und Emissionen auch in Forschungsprojekten in Kombination zu betrachten.

Sekundärrohstoffe

Der vermehrte Einsatz von Sekundärrohstoffen ist notwendig, um Materialkreisläufe schließen zu können. Wertstoffe müssen aus Produkten rückgeholt und bestmöglich aufgearbeitet werden, um diese erneut im Produktionskreislauf einsetzen zu können. Besonders wichtig hierbei ist es herauszufinden, welche konkreten Schritte für die Aufbereitung bestimmter Materialien notwendig sind, um insbesondere die geforderten Qualitäten und wettbewerbsfähige Preise zu liefern oder die Nachfrage zu steigern. Relevante Forschungsfragen betreffen Reinigungsverfahren, die Entwicklung geeigneter Sensorik, Reinheitsgrade von Sekundärrohstoffen und die Nutzung digitaler Tools bzw. KI zur Zielerreichung. Für Unternehmen ist dabei besonders die wirtschaftliche Betrachtung ein wichtiger Schritt vor einer eigentlichen Implementierung. Szenarienbetrachtungen (was passiert bei einer Erhöhung von Sekundärrohstoff x um y%?) sind nötig, um den Effekt von vermehrtem Einsatz von Sekundärrohstoffen für Unternehmen greifbar, transparent und quantifizierbar zu machen. Weiters sollte eine umfassende Materialbilanz in Europa und Österreich erstellt werden, um bewerten zu können, welche Rohstoffe tatsächlich kritisch sind und wie/wo Sekundärrohstoffe daher optimal eingesetzt werden können.

Neue Materialien

Für Produkte mit schädlichen Inhaltsstoffen oder schwer trennbaren Komponenten wird es zukünftig unumgänglich sein, nachhaltigere Alternativen zu nutzen. Durch die Entwicklung leicht recycelbarer Materialien, biologisch abbaubaren Alternativen (bei bestehendem Risiko des Überganges vom technischen in den biologischen Kreislauf) sowie langlebigen und widerstandsfähigen Materialien wird der Übergang zu zirkulären Produktionsmodellen erleichtert. Auch Materialien mit Upcycling-Möglichkeiten oder der Integration innovativer Eigenschaften, wie Selbstheilungsfähigkeiten, tragen zusätzlich zur Schaffung nachhaltigerer Produkte bei. Forschungsaktivitäten, um schädliche Inhaltsstoffe in Produkten zu ersetzen, wiederzuverwenden oder Recycling zu begünstigen (z. B. durch Monomaterialien) oder die Widerstandsfähigkeit von Produkten zu erhöhen, sind wichtige Schritte für die Kreislaufwirtschaft.

Reststoffverwertung

Recycling und Reststoffverwertung bilden den abschließenden Schritt der Kreislaufwirtschaft und behandeln sämtliche Produkte, Materialien oder Einzelteile, die nicht wiederverwendet werden können. Das Ziel besteht darin, Abfall zu minimieren, Materialströme zu separieren und entweder Sekundärrohstoffe oder Energie zu gewinnen. Obwohl die Reststoffverwertung in Österreich relativ betrachtet bereits weit fortgeschritten und gut verankert ist, ist es entscheidend, die Forschung auf diesem Gebiet weiter voranzutreiben. Dabei spielen geeignete Sensorik und der Einsatz innovativer Methoden wie künstliche Intelligenz für die Erkennung von Materialien oder Einzelteilen in verschiedenen Materialgruppen eine zentrale Rolle. Um recycelte Materialien in großem Umfang wiederverwenden zu können, ist höchste Qualität von äußerster Relevanz – hohe Reinheit bei geringer Varianz sowie Schadstoffausschleusung sind notwendig. Diese Qualitätsansprüche können vor allem durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz erreicht werden, weshalb Forschungsaktivitäten in diesem Bereich notwendig sind. Bei nicht optimaler Reinheit können zusätzlich mit Optimierungsalgorithmen Rohstoffe mit geeigneten Sekundärrohstoffen kombiniert werden, um dennoch die nötigen Qualitätsansprüche zu erfüllen.

Sozialwissenschaftliche Begleitforschung

Zusätzlich zu den beschriebenen Forschungsaspekten sind für die Kreislaufwirtschaft zudem sozialwissenschaftliche Themen relevant. Für die Implementierung der Kreislaufwirtschaft in Unternehmen sowie der Schaffung eines nachhaltigen Markts durch die Gesellschaft, sollten ebenso Forschungsaktivitäten gesetzt werden. Wichtige Schlüsselkomponenten dabei sind die Akzeptanz des Wandels zur Kreislaufwirtschaft, Motivationen für Kauf oder Verkauf von nachhaltigen Produkten, barrierefreier Zugang zu Informationen sowie die sozialen Auswirkungen von Produkten in den jeweiligen Lebensphasen. Die soziale Dimension der Kreislaufwirtschaft beinhaltet dabei die Untersuchung der Auswirkungen der Transformation auf Gemeinschaften, Arbeitsplätze und soziale Gerechtigkeit, einschließlich Themen wie soziale Inklusion. Dabei sollten ebenso negative Auswirkungen des Wandels erforscht werden sowie Möglichkeiten diese abzumildern. Zusätzlich sind Fragen zum Verbraucherverhalten von Interesse sowie zur Gestaltung und den Auswirkungen von Bildungsmaßnahmen und Initiativen zur Bewusstseinsbildung. Abschließend sollten auch Analysen und Bewertungen von politischen Rahmenbedingungen, rechtlichen Vorschriften und institutionellen Strukturen durchgeführt werden, die die Umsetzung der Kreislaufwirtschaft beeinflussen.

Hindernisse und Risiken

Obwohl es in Österreich bereits einige Forschungsaktivitäten im Bereich der Kreislaufwirtschaft gibt, muss dieser Bereich weiter ausgebaut werden – dabei sollten alle Teilbereiche der Kreislaufwirtschaft berücksichtigt werden. Beispielsweise

erschwert ein starker Fokus auf Recycling die Erzeugung von Produkten, die in einer hochwertig-kaskadierenden Kreislaufwirtschaft funktionieren und beispielsweise ein zweites Leben von Produkten ermöglichen. Fokus sollte auf allen Teilbereichen der Kreislaufwirtschaft liegen, von Produktdesign, Produktion, Nutzung, Wiederverwertung bis hin zum Recycling, sowie der verstärkten Betrachtung gesamter Wertschöpfungsnetzwerke und der nötigen Datennutzung. Gerade in dynamischen Bereichen wie z. B. rund um die Themen Digitaler Produktpass oder Data-Sharing ist es notwendig, österreichische Unternehmen mitzunehmen und ein Zurückfallen zu verhindern.

Chancen und mögliche Lösungen

Die oben beschriebenen Forschungsbereiche rund um Ökodesign, Kreislaufgerechte Produktionstechnologien, Digitale Technologien, KI und Sensorik, Datennutzung für eine Kreislaufwirtschaft, Wertschöpfungsnetzwerke, Sekundärrohstoffe, Neue Materialien, Reststoffverwertung und Sozialwissenschaftliche Begleitforschung, sind zentrale Elemente zum Fortschritt der Kreislaufwirtschaft.

Forschungsaktivitäten zu den beschriebenen Themen sollten in allen TRL-Stufen⁹ zu finden sein, mit einem Fokus auf angewandte Forschung ab TRL 3, da es hier stark an Use-Cases und Piloten mangelt.

Die Unterstützung in den niedrigen TRL-Stufen ist insbesondere notwendig, um die Entwicklung neuer „Key Enabling Technologies“ zu ermöglichen und somit eine Grundlage für eine spätere Anwendung und Integration in Projekten auf höheren TRL-Stufen zu schaffen. Ein wohlbalancierter Mix unterschiedlicher Maßnahmen ist notwendig, um die österreichische Wirtschaft in Richtung Kreislaufwirtschaft zu entwickeln und umfasst dabei zielgerichtete Forschungsprogramme. Sowohl Top-Down als auch Bottom-Up Forschungsprogramme sind notwendig, um das breite Feld an Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsbedarfen im Bereich der Kreislaufwirtschaft abzudecken und zukunftsfähige Produkte und Lösungen voranzutreiben.

⁹ Technology Readiness Level: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>

POLITISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Ein ganzes Bündel unterschiedlicher Maßnahmen ist notwendig, um die Kreislaufwirtschaft in Österreich zu verankern. Eine überragende Rolle spielen dabei Instrumente der Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsförderung, mit denen insbesondere die technische Grundlage für die kreislaforientierte Produktion geschaffen wird.

DIE FORSCHUNGSFÖRDERUNG IM BEREICH DER KREISLAUFORIENTIERTEN PRODUKTION SOLLTE SIGNIFIKANT AUSGEBAUT WERDEN

Der Fokus auf die zuvor beschriebenen Schwerpunktthemen Ökodesign, Kreislaufgerechte Produktionstechnologien und Prozesse, Digitale Technologie, KI und Sensorik, Datennutzung für eine Kreislaufwirtschaft, Wertschöpfungsnetzwerke, Sekundärrohstoffe, Neue Materialien, Reststoffverwertung, und Sozialwissenschaftliche Begleitforschung schafft das Fundament für ein erfolgreiches zirkuläres Wirtschaften. Die Forschungsaktivitäten sollten dabei in allen TRL-Stufen verankert sein, mit einem Schwerpunkt ab TRL 3. Eine ganzheitliche Betrachtung, die Top-Down- und Bottom-Up-Ansätze integriert, ist essenziell. Zusätzlich sollten Forschungsprojekte rund um das Thema Kreislaufwirtschaft auch kommende Regularien und etablierte Standards mitberücksichtigen.

- › Erhöhung der Förderbudgets für die thematischen Programme „Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien“ sowie „Digitale und Schlüsseltechnologien“ um mind. 15 Mio. € pro Jahr
- › Mitgestaltung und Teilnahme an Europäischen FTI-Initiativen im Bereich Produktion und Kreislaufwirtschaft sowie Digitale Schlüsseltechnologien
- › Weitere Stärkung des Themenschwerpunktes Kreislaufwirtschaft durch zusätzliche Mittel in den Basisprogrammen inkl. Kleinprojekte
- › Beauftragung von Studien zur sozialwissenschaftlichen Begleitforschung zur Akzeptanz von Kreislaufwirtschaft
- › Einbeziehung neuer Regularien und Standards in Forschungsausschreibungen als Bewertungskriterium
- › Etablieren mindestens einer Stiftungsprofessur im Spannungsfeld Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung, sowie den Ausbau und die Skalierung bestehender Strukturen

ZIRKULÄRE GESCHÄFTSMODELLE SOLLTEN ZUKÜNFTIG GEFÖRDERT WERDEN

Eine unbürokratische Förderung von Pilotprojekten zu zirkulären Geschäftsmodellen ist entscheidend, um Unternehmen finanziell zu unterstützen und ihnen die Möglichkeit zu geben, ihre innovativen Ansätze zu testen und weiterzuentwickeln. Die Einrichtung eines Innovationsassistenten für Geschäftsmodelle kann helfen, Unternehmen bei der Konzeption, Umsetzung und Skalierung zirkulärer Geschäftsmodelle zu unterstützen. Zudem sollte Green and Circular Public Procurement verstärkt genutzt werden, um öffentliche Institutionen zirkuläre Produkte und Dienstleistungen erwerben zu lassen und so die Nachfrage nach nachhaltigen Produkten zu steigern.

- › Förderung/Unterstützung für die Umsetzung von zirkulären Geschäftsmodell-Piloten bspw. über Reallabore
- › Innovationsassistenten für zirkuläre Geschäftsmodelle für Unternehmen
- › Spezifische Ausbildungen oder Fortbildungen für zirkuläre Geschäftsmodelle

VERSTÄRKTER WISSENSTRANSFER IST NOTWENDIG, UM THEMEN IN DIE BREITE ZU BRINGEN UND SPEZIELL KMUS ZU UNTERSTÜTZEN

Schulungs- und Informationsprogramme sind notwendig, um die Vielzahl an neuen Informationen und Anforderungen für Unternehmen zum Thema Kreislaufwirtschaft weiterzugeben und vor allem KMUs zu unterstützen. Diese Informationen müssen neutral und praxisorientiert sein und die relevantesten Herausforderungen in Unternehmen adressieren. Gut aufbereitete Informationen über kommende Regularien wie die Ökodesignverordnung, sowie Fortbildungen zu zirkulären Geschäftsmodellen sind dabei aktuell hochrelevant. Weiters sollten besonders KMUs verstärkt durch Umsetzungsinitiativen bei ersten Schritten zur Kreislaufwirtschaft unterstützt werden.

- › Gezielte Nutzung von Umsetzungsinitiativen (z. B. European Digital Innovation Hubs) für Kreislaufwirtschaft
- › Zweckmäßige Schulungs- und Informationsprogramme für Unternehmen/KMUs mit praxisorientierten Inhalten zum Thema Kreislaufwirtschaft, insbesondere zu neuen Regularien und zirkulären Geschäftsmodellen
- › Förderung von Industriedolmetschern, die in der Lage sind, Informationen zu neuen Technologien, Regulatorik und organisatorische Veränderungen klar und verständlich an Unternehmen zu übermitteln

DIE DATENNUTZUNG ENTLANG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE UND FIRMEN-ÜBERGREIFENDE ZUSAMMENARBEIT SOLLTE DURCH ÖFFENTLICHE INFRASTRUKTUR GEFÖRDERT WERDEN

Es bedarf der Weiterentwicklung bzw. Schaffung einer öffentlichen Infrastruktur zum Speichern, Teilen und Nutzen von Daten entlang der Wertschöpfungskette sowie eine Erleichterung von firmenübergreifender Zusammenarbeit. Notwendig sind nicht-proprietäre Software-Lösungen, die von Unternehmen genutzt werden können, die auf aktuellen Standards aufbauen und Regularien berücksichtigen, in Kombination mit Schulungen und Informationen zur Nutzung. Zur weiteren Verstärkung von firmenübergreifender Zusammenarbeit sind Plattformen notwendig, die als Vermittler zwischen Angebot und Nachfrage von Produkten, Produktteilen oder Sekundärrohstoffen dienen. Die staatliche Förderung von neuen oder zu erweiternden bestehenden Plattformen könnte die Umsetzung beschleunigen, Wirtschaftlichkeit fördern und Neutralität bewahren.

- › Öffentliche (Software und Hardware)-Infrastruktur inklusive Schulungen, um die Datennutzung entlang von Wertschöpfungsketten und zwischen Unternehmen zu fördern
- › Geförderte Plattformen als Vermittler zwischen unterschiedlichen Unternehmen und deren Angebot und Nachfrage

DIE INFORMATIONSMITTLUNG VON NEUEN REGULARIEN MUSS VERBESSERT UND VERSTÄRKT WERDEN

Die Vielzahl an bestehenden und neuen Regularien überfordert Unternehmen. Es bedarf einer umfangreichen, leicht verständlichen und zugänglichen Vermittlung von Informationen über neue Regularien und die damit verbundenen Anforderungen an Unternehmen. Vor allem kleine Betriebe müssen zusätzlich bei der Umsetzung dieser Regularien unterstützt werden. Diese Aufgabe kann und darf nicht nur bei OEMs liegen, die momentan versuchen diese Informationen an ihre Zulieferer oder Abnehmer zu vermitteln. Beispielsweise könnten zukünftig etablierte Umsetzungsinitiativen wie die European Digital Innovation Hubs einen spezifischen Fokus auf neue Regularien legen.

- › Umfangreiche Informationskampagne zu neuen Regularien und den Auswirkungen für produzierende Unternehmen mit Fokus auf Chancennutzung und Innovation
- › Etablierung von Umsetzungsinitiativen mit Fokus auf neue Regularien

DER GESELLSCHAFTLICHE UND UNTERNEHMERISCHE WANDEL MUSS ANGETRIEBEN WERDEN

Gezielte Bildungs- und Schulungsoffensiven sind ab sofort notwendig (da ein gewisser Lag erwartet wird), um das Bewusstsein und Wissen zu steigern und den Wandel voranzutreiben. Diese sind für die breite Bevölkerung, aber auch spezifisch für produzierende Unternehmen relevant. Für Unternehmen spielen dabei vor allem Change-Management, Transparenz und offene Kommunikation eine entscheidende Rolle, um die Transformation im Betrieb erfolgreich umzusetzen. Um eine zukunftsorientierte Denkweise von Führungspersonlichkeiten in diesen Unternehmen zu fördern, sind neben Bildungsinitiativen in naturwissenschaftlichen/technischen Ausbildungen auch Unis/FHs mit Wirtschaftsbezug mitzuberücksichtigen. Weiters ist es notwendig, den gesellschaftlichen und unternehmerischen Wandel auch in Forschungsprojekten zum Thema Kreislaufwirtschaft zu behandeln.

- › „Public Procurement for Circularity“ – die öffentliche Hand sollte, bspw. über die BBG, verstärkt zirkuläre und nachhaltige Produkte nachfragen und durch Schulungsangebote mögliche Zulieferer qualifizieren
- › Bildungs- und Schulungsinitiativen zum Thema Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit für alle Altersklassen und verstärkt in Schulen (beispielsweise in einem Fach „Konsumverhalten“) sowie speziell auf Unis/FHs mit Wirtschaftsbezug

- › Spezifische Ausbildungen, um den unternehmerischen Wandel hin zur Kreislaufwirtschaft umzusetzen
- › Evaluieren des Fördersystems im Kontext der Kreislaufwirtschaft sowie Identifizierung kontraproduktiver Förderungen oder Subventionen
- › Ermöglichen eines niedrigschwelligen, intuitiven und barrierefreien Zugangs zu Informationen, wo dies noch nicht vorhanden oder nicht ausreichend standardisiert ist (Bspw. „Ampelsysteme“ oder erweiterte und standardisierte Nachhaltigkeitslabels)

IMPRESSUM

Medieninhaber, Herausgeber und Hersteller:

Verein Industrie 4.0 Österreich – die Plattform für intelligente Produktion
Mariahilfer Straße 37–39, 1060 Wien
www.plattformindustrie40.at | office@plattformindustrie40.at
ZVR-Zahl: 829608522

Autorin:

Dr. Verena Halmschlager
Verein Industrie 4.0 Österreich

Design: Confici® · Kreativbüro

Fotoquelle: Shutterstock

Stand März 2024

Haftungsausschluss: Alle Angaben wurden sorgfältig recherchiert. Für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Inhaltes sowie für zwischenzeitliche Änderungen übernimmt der Herausgeber keine Gewähr.

