

# Kreislaufwirtschaft in globalen Wertschöpfungsnetzwerken

Analyse aktueller Herausforderungen zur industriellen Umsetzung der Kreislaufwirtschaft

Felix Klenk, Benjamin Häfner, Gisela Lanza, Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und Markus Wagner, Circular Economy Solutions GmbH

Die Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, Produkte mehrfach wertschöpfend dem Produkt- und Produktionslebenszyklus zuzuführen, um den Ressourcenverbrauch zu reduzieren und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Der vorliegende Beitrag präsentiert, basierend auf einer Definition der Kreislaufwirtschaft und ihrer Konzepte, die aktuelle industrielle Praxis zur erfolgreichen Umsetzung und die damit einhergehenden Potenziale. Anschließend werden bestehende technische Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft mit Fokus auf strategische Herausforderungen und „Closing-the-Loop“-Ansätze, analysiert. Der Beitrag soll Entscheidungsträger dabei unterstützen, die Vorteile der Kreislaufwirtschaft zu erkennen und Herausforderungen für eine erfolgreiche Einführung bereits früh anzugehen.

Bis zum Jahr 2030 wird erwartet, dass die Weltbevölkerung auf circa 9 Milliarden Menschen anwächst. Die damit einhergehenden Herausforderungen zur Deckung der Nachfrage verstärken somit den Druck auf die natürlich begrenzten Ressourcen. Ohne ein Umdenken darüber, wie die Gesellschaft Materialien verwendet, könnten viele für die Industrie wichtige Elemente in den nächsten 5-50 Jahren erschöpft sein [1]. Die Kreislaufwirtschaft nimmt sich diesen Herausforderungen an und zielt darauf ab, Produkte, Komponenten und Materialien mehrfach wertschöpfend dem Produkt- und Produktionslebenszyklus zuzuführen [2]. Hierdurch soll so viel von dem wirtschaftlichen und ökologischen Nutzen wie ökonomisch vernünftig möglich ist, zurückgewonnen werden, um die Beanspruchung der natürlich begrenzten Ressourcen zu verringern [3].

Untersuchungen zeigen die Potenziale einer zirkulären Wirtschaft: In Bezug auf den Rohstoff- und Energieverbrauch sind Einsparungen von bis zu 90 % im Vergleich zur Produktion derselben Waren im linearen Modell möglich. Somit können Reduktionen in Material- und Energiekosten erwartet werden. Auch eine Senkung der Produktpreise um bis zu 30 %

kann durch eine Umsetzung der Kreislaufwirtschaft erreicht werden [2].

Begriffsunterscheidungen in der Kreislaufwirtschaft

Häufig wird der englische Begriff Remanufacturing (Wiederaufbereitung) nahezu synonym mit dem Begriff Kreislaufwirtschaft verwendet [2-5], obwohl die Wiederaufbereitung lediglich darin besteht, gebrauchte Produkte wieder auf Qualitätsstandards von neuen Produkten zu bringen [3] wohingegen die Kreislaufwirtschaft mehr umfasst, beispielsweise die Reparatur oder das Recycling [2, 5, 6]. Die Autoren der „Remanufacturing Market Study“ [5] haben eine umfangreiche Begriffsabgrenzung für die Kreislaufwirtschaft vorgenommen. Eine Auswahl der darin unterschiedenen Begriffe sind in Bild 1 dargestellt.

Reuse meint die Wiederverwendung eines Produkts mit dem gleichen Zweck, den das Produkt in seinem vorherigen Lebenszyklus hatte. Bei der Reparatur geht es um die Beseitigung eines Fehlverhaltens, welches ohne Erneuerung der Garantie auf das Produkt be-

## Circular Economy in Global Value-Added Networks – Analysis of Current Challenges for Industrial Implementation of Circular Economy

The aim of circular economy is to return a used product to the product and production life cycle several times in a value-adding way. This article presents the current industrial practice for a successful circular economy and the associated potentials, based on a definition of circular economy and its principles. Afterwards, existing challenges of the circular economy are analyzed. The article intends to support decision-makers in recognizing the advantages of circular economy and to tackle challenges for a successful introduction at an early stage.

### Keywords:

circular economy, remanufacturing, application examples, challenges, solution approaches, automotive, aftermarket

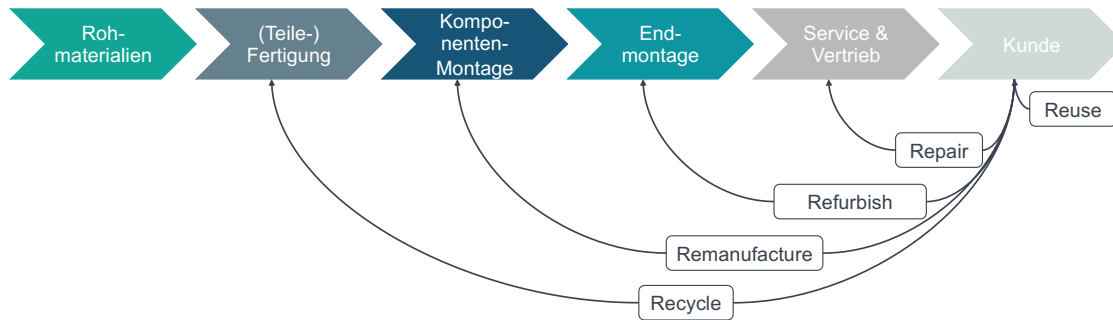
M. Sc. Felix Klenk ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) im Bereich Globale Produktionsstrategien.

Dr.-Ing. Benjamin Häfner leitet als Oberingenieur die Bereiche Qualitätssicherung und Globale Produktionsstrategien am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza leitet den Forschungsbereich Produktionssysteme am wbk Institut für Produktionstechnik des KIT und ist verantwortlich für die Bereiche Qualitätssicherung, Produktionssystemplanung und Globale Produktionsstrategien.

Dipl.-Wi.-Ing. Markus Wagner ist bei der Circular Economy Solutions GmbH (C-ECO) verantwortlich für die Entwicklung von Geschäftsprozessen und IT-Systemen für das Management von Gebrauchtteilen und industriellem Remanufacturing.

felix.klenk@kit.edu  
www.wbk.kit.edu



**Bild 1: Einordnung der Begrifflichkeiten der Kreislaufwirtschaft in den Produktlebenszyklus, i.A. an [2, 5].**

hoben wird. Refurbish kümmert sich nicht um die Wiederherstellung der Funktionalität, sondern um die optische Aufbereitung eines gebrauchten Produkts. Bei den bisher genannten Optionen der Kreislaufwirtschaft bleibt die Teileidentität der Produkte bestehen, d. h. dass eine zu Beginn vergebene Produktnummer erhalten bleibt. In den folgenden Optionen hingegen wird die Teileidentität aufgelöst, d. h. es müssen neue Produktnummern vergeben werden. Remanufacturing wird hierbei definiert als Prozess zur Wiederherstellung von Produkten auf ein Niveau, das mindestens dem eines Neuprodukts gerecht wird. Üblicherweise werden die Produkte danach mit der gängigen Gewährleistung wie neu verkauft. Letztlich geht es beim Recycling darum, Rohmaterialien aus einem Produkt zu extrahieren. [5] Eine weitere umfassende Definition relevanter Begriffe für die Kreislaufwirtschaft wird von der „Automotive Parts Remanufacturers Association“ gegeben [7]. Die Entscheidung darüber, welche dieser Rückgewinnungsoptionen gewählt wird, hängt von verschiedenen Faktoren wie technische Machbarkeit, Verfügbarkeit geeigneter gebrauchter Produkte, sowie wirtschaftlichen und ökologischen Kosten und Nutzen ab [3].

## Anwendungsfälle und Herausforderungen in der Praxis

Remanufacturing als kreislaufwirtschaftliches Prinzip findet in der Automobilzulieferindustrie seit Jahrzehnten Anwendung. Dabei hat sich vor allem die Automobilteilerversorgung für den Aftermarket als relevantes Anwendungsfeld erwiesen. Wenn die Serienproduktion von Fahrzeugen ausläuft und entsprechende Fahrzeugteile nur noch als Reparatur- und Service Teile benötigt werden, steigen die Produktionskosten deutlich an. Dies ist bedingt durch die hohe Variantenvielfalt bei kleinen Stückzahlen in Kombination mit langen Nachliefererwartungen für Fahrzeugsatzteile bei den Kunden. Hier ist Remanufacturing eine Lösung um durch einen hohen Werterhalt der Gebrauchtteile und eine gegenüber Neuproduktion deutlich reduzierte Fertigungstiefe auch noch Jahre

nach Serienauslauf eine zeitwertgerechte Reparaturlösung anbieten zu können. Bild 2 zeigt ein typisches Portfolio an Teilen, die aktuell in großen Stückzahlen über Remanufacturing aus Gebrauchtteilen aufbereitet werden. Hierzu zählen beispielsweise Energiesysteme wie

Starter und Generatoren, Brems- und Dieselsysteme wie Injektoren sowie viele weitere Produkte.

Produzierende Unternehmen im Automotive Aftermarket haben große Erfahrung und Kompetenz in Entwicklung, Produktion und Vertrieb von qualitativ hochwertigen Fahrzeugsatzteilen. Sie haben als OEM Zugang zu allen technischen Daten, Produktionsanlagen, Lieferanten und Komponenten für die Fertigung von Neuteilen, wie auch für das Remanufacturing ihrer Produkte. Für den Vertrieb ihrer Produkte haben sie in der Regel sehr effiziente, marktwärts gerichtete Strukturen. Eine strukturierte Rückführung einer großen Anzahl von gebrauchten Produkten von Kunden stellt sie jedoch vor erhebliche Herausforderungen. Am Anfang steht dabei vor allem die Frage: „Warum sollte ein Kunde die Produkte überhaupt zurück geben?“. Hierzu ist ein geeigneter Anreiz notwendig. Im Automotive Aftermarket ist neben weiteren Varianten ein finanzieller Anreiz im Sinne eines Pfands marktüblich. Bezieht ein Kunde aufgearbeitete Teile, dann berechnet der Verkäufer zusätzlich zum Preis des Erzeugnisses einen finanziellen Aufschlag, welcher erstattet wird, wenn ein zu dem verkauften Teil passendes Altteil zurückgegeben wird. „Passendes Altteil“ definiert sich hierbei durch eine Kombination von technischen und kommerziellen Annahmeveraussetzungen. Diese umfassen neben der genauen Identifikation der zurückgeführten Produktvariante und dem technischen Zustand im Hinblick auf die Instandsetzbarkeit vor allem die Frage, ob der Kunde ein finanziell beaufschlagtes Teil erworben und damit folglich das Recht zur Rückgabe des Altteils gegen Vergütung erworben hat. Die Überprüfung der Annahmeveraussetzungen sind für produzierende Unternehmen notwendig, um das finanzielle Risiko beherrschbar zu machen. Neben finanziellen Anreizen sind außerdem neue Formen der Kollaboration von Teilnehmern der Supply Chain notwendig, um eine geteilte Einsicht in die Sinnhaftigkeit des nachhaltigen Handelns zu fördern.

Weiterhin werden rückwärts gerichtete Logistikstrukturen benötigt, welche in der Lage sind, die für das Unternehmen relevanten Märkte abzudecken, sodass Altteile physisch zurückgeführt und angemessen gehandhabt werden können. Der flächendeckende Aufbau und Betrieb dieser Strukturen gemäß eines einheitlichen Standards erfordert einen erheblichen Aufwand, den einige Unternehmen nur schwer leisten können.

Schließlich stellt sich auch noch die Herausforderung der Integration von Verbuchungs-, Bestandsführungs- und Zahlungsprozessen für Altteile in bestehende ERP-Systeme, die i. d. R. wenig Unterstützung für vom Markt rückwärts gerichtete Prozesse anbieten. In diesem Zusammenhang darf nicht vergessen werden, dass die Kunden dann gleichzeitig auch zu Lieferanten werden, was Fragen hinsichtlich geeigneter Kundenkommunikation, Reporting und Claims-Management bzgl. kreislaufgeführter Teile aufwirft.

### Erste Lösungsansätze in der industriellen Praxis

Zum Meistern dieser Herausforderungen ist ein Portfolio an modularen Services notwendig, welches es produzierenden Unternehmen ermöglicht, Stoffkreisläufe zu schließen, ohne ihre Organisation mit der daraus resultierenden Komplexität zu belasten. Die Services müssen bei der Abholung der Gebrauchtteile beim Nutzer oder Händler beginnen. Anschließend wird eine Identifikation der Altteile unter Nutzung spezieller Datenbanken und eine Beurteilung und Sortierung anhand technischer und kommerzieller Kriterien benötigt. Die angenommenen Teile müssen gelagert und bedarfsgerecht angeliefert werden, sobald sie in der Produktion benötigt werden. Letztlich muss das kommerzielle System aus finanziellen Anreizen kaufmännisch betrieben und überwacht werden, um das finanzielle Risiko zu kontrollieren.

Die Circular Economy Solutions GmbH (C-ECO) konzentriert ihr Geschäftsmodell unter der Servicemarke CoremanNet beispielsweise auf das Angebot dieser Dienstleistungen. Die Ausgestaltung der Services ist dabei speziell auf die Anforderungen für ein Remanufacturing der Produkte ausgerichtet. Das Unternehmen betreibt für seine Kunden dazu geschlossene Rücknahmesysteme (closed-loop) basierend auf finanziellen Anreizen. Neben dem beschriebenen Pfand-ähnlichen System werden auch weitere marktübliche Vertragsvarianten zwischen Produzenten und ihren Kunden unter-



stützt. Ein wichtiges Element als Voraussetzung für ein Remanufacturing ist die Identifizierung und produktionsgerechte Sortierung gleichartiger Teile zur Beschickung eines batchbasierten, industriellen Fertigungsprozesses auf Basis von produktspezifischen Stücklisten mit definierten Komponenten, Arbeitsschritten und Plankosten. Dieses setzt C-ECO basierend auf von ihren Kunden bereitgestellten Daten um oder unterstützt diese auch durch die eigenständige Erstellung dieser Datengrundlagen. Das Unternehmen betreibt dazu ein weltweites Netzwerk aus Rücknahmestützpunkten mit Schwerpunkt auf Europa und Nord-Amerika.

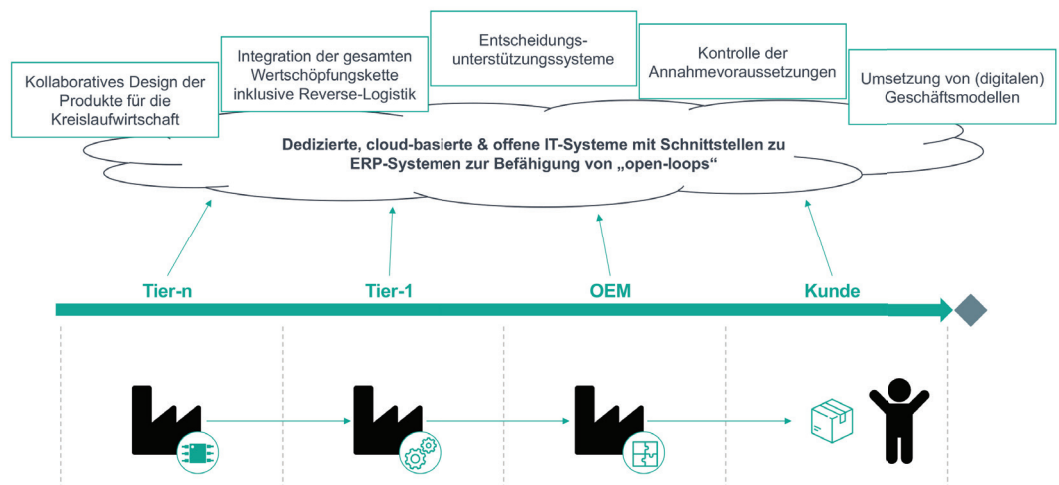
Um die Komplexität dieser Services zu managen und weltweit einen einheitlichen Standard anbieten zu können, sind dedizierte IT-Systeme, die speziell auf den Zweck der Produktrückführung und -wiederaufbereitung ausgerichtet sind, notwendig. Insbesondere Cloud-basierte Lösungen mit integrierbaren Schnittstellen zu allen gängigen ERP-Systemen haben sich dabei in der Vergangenheit als vorteilhaft herausgestellt.

Durch angepasste Entscheidungsunterstützungs- und Transaktions-IT-Systeme ist es möglich, Prozesslücken im Kreislauf produzierender Unternehmen zu schließen, sodass diese sich vollständig auf ihre produkt- und fertigungs-spezifischen Kernkompetenzen fokussieren. Dies ist beispielsweise durch das Service-Angebot von C-ECO realisierbar.

### Fazit und Ausblick

Ein nachhaltiger Übergang der Linearwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft muss weiterhin durch grundlegende Innovationen unterstützt werden, beispielsweise durch die Berücksichtigung der Wiederverwendung

**Bild 2: Typisches Portfolio an Produkten, die aktuell über Remanufacturing aus Gebrauchtteilen produziert werden, in Anlehnung an [8].**



**Bild 3: Zusammenfassung bestehender Herausforderungen und aktueller Lösungsansätze für die effiziente Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft.**

von Produkten bereits in der Phase des Produktdesigns, die vollständige Integration der Wertschöpfungskette und letztlich der Entwicklung von Technologien und Systemen zur wirtschaftlichen und ökologischen Wiederaufbereitung von verschiedenen Arten von Produkten oder Rückgewinnung von Materialien [2]. Die hier beschriebene Umsetzung von Kreislaufwirtschaft im Automotive Aftermarket beschreibt vor allem technische und kommerzielle Innovationen zur Schließung von Stoffkreisläufen im Sinne eines „Closing-the-Loop“-Ansatzes. Dies hat auch einen positiven Einfluss auf die Reparierbarkeit und Verlängerungen der Lebensdauer von gebrauchten Fahrzeugen, was zu einer Verlangsamung und Reduktion des Ressourcenverbrauchs in der Fahrzeugneuproduktion führt. Dies wird auch als „Slowing-the-Loop“- bzw. „Reduce“-Ansatz bezeichnet.

Heutige Kreisläufe mit dem Zweck eines Remanufacturings von Produkten sind in der Regel als „closed-loop“ ausgestaltet. Dies gilt im doppelten Wortsinn: für die Schließung des Stoffkreislaufs, wie auch für die Beschränkung der Teilnahme am System. Einzelne Unternehmen gewähren dabei exklusive Altteile-Rückgaberechte an ihre Kunden, die ausschließlich vom Erwerber eines aufgearbeiteten Teils in Anspruch genommen werden können. Statt „Circular Economy“ entspricht dies eher einer „2-way-linear“-Abwicklung. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass diese Systeme mit dem Ziel weiterentwickelt werden, Rückgaberechte übertragbar zu gestalten, um so auch nicht direkt in Geschäftsbeziehung stehende Marktteilnehmer wie z. B. weitere Handelsstufen in den Kreislaufprozess einzubinden [9].

Die in allen Lebensbereichen weiter fortschreitende Digitalisierung ermöglicht es auch bisher nicht umsetzbare Geschäftsmodelle zu entwickeln, beispielsweise indem Nutzungsdaten von Produkten gesammelt und ausgewertet werden. Diese Entwicklung betrifft nicht nur die produzierenden Unternehmen, sondern bietet auch Chancen für Service-Anbieter, die aufgrund spezieller Kompetenzen Lücken im Kreislaufprozess oder Geschäftsmodell schließen können. „Managing Circular Economy“ im Sinne der Beherrschung der Komplexität des Produkt-Systems ist hier als ein Wachstumsfeld zu nennen [10].

Auch die Gesetzgebung stellt insbesondere global agierende Unternehmen vor große Herausforderungen, da gesetzliche Vorschriften je nach Land unterschiedlich sein können und somit zu Wettbewerbsvorteilen bzw. -nachteilen führen können [3].

Bild 3 stellt die genannten Herausforderungen und erste Lösungsansätze zusammenfassend dar.

*Dieser Beitrag entstand im Rahmen des AiF-Projekts „ProdAlloPlan.net“, IGF Vorhaben-Nr.: 20467 N. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.*

**Schlüsselwörter:** Kreislaufwirtschaft, Remanufacturing, Anwendungsbeispiele, Herausforderungen, Lösungsansätze, Automobil, Aftermarket

## Literatur

- [1] World Economic Forum: Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains: Geneva 2014.
- [2] Tolio, T.; Bernard, A.; Colledani, M.; Kara, S.; Seliger, G.; Duflou, J.; Battaia, O.; Takata, S.: Design, management and control of demanufacturing and remanufacturing systems. In: CIRP Annals 66 (2017) 2, S. 585–609.
- [3] Thierry, M.; Salomon, M.; van Nunen, J.; van Wassenhove, L.: Strategic Issues in Product Recovery Management. In: California Management Review 37 (1995) 2, S. 114–36.
- [4] MacArthur, E.; Zumwinkel, K.; Stuchtey: Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe. In: Ellen MacArthur Foundation. Cowes, United Kingdom 2015.
- [5] Parker, D.; Riley, K.; Robinson, S.; Symington, H.; Tewson, J.; Jansson, K.; Ramkumar, S.; Peck, D.: Remanufacturing Market Study. Amsterdam 2015.
- [6] Prendeville, S.; Bocken, N.: Design for Remanufacturing and Circular Business Models. In: Matsumoto, M.; Masui, K.; Fukushima, S.; Kondoh, S. (Hrsg): Sustainability Through Innovation in Product Life Cycle Design. Singapore 2017.
- [7] Seifert, S.; Butzer, S.; Westermann, H.; Steinhilper, R.: Managing Complexity in Remanufacturing. In: Proceedings of the World Congress on Remanufacturing 1 (2013), S. 1–6.
- [8] Circular Economy Solutions GmbH: CoremanNet Produkt Portfolio. URL: www.coreman-net.com/ruecknahmekriterien, Abrufdatum 18.07.2019.
- [9] Resource-efficient Circular Product-Service Systems (Re-CIPSS), Horizon 2020 grant agreement No. 776577-2 (2018).
- [10] Nasr, N. Z.; Russell, J. D.: Redefining Value - The manufacturing revolution. Remanufacturing, refurbishment, repair and direct reuse in the circular economy, A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya 2018.