

# Zirkuläre Wertschöpfung

Remanufacturing und  
Instandhaltung



Dezember 2019

# Was ist zirkuläre Wertschöpfung?

Die zirkuläre Wertschöpfung wird als ein wirtschaftliches System beschrieben, das nach Intention und Design restaurativ und regenerativ ist. Es ersetzt das Konzept des End-of-Life bestehender linearer Wertschöpfungsketten durch geschlossene Wertschöpfungskreisläufe und erzeugt positive gesamtgesellschaftliche Vorteile. Die zirkuläre Wertschöpfung

- vermeidet oder verwertet Abfälle durch eine entsprechende Gestaltung von Materialien, Produkten, Systemen und Geschäftsmodellen,
- integriert Stoffstrommanagement und Energiesystem auf nachhaltige Weise,
- minimiert Klima- und Umweltbelastungen ganzheitlich.

## Fokus: Remanufacturing und Instandhaltung

**Das Konzept Remanufacturing:** Durch Remanufacturing, das heißt Wiedernutzung von Anlagenteilen oder -komponenten, lassen sich Kreisläufe in der Produktion erschließen. Aufgearbeitete Komponenten oder Geräte, die gleichwertig oder sogar höherwertiger als ein Neuprodukt sind, sollen dabei erneut in den Markt eingeführt werden. Das spart Ressourcen, darunter Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen und viel Geld. Entsprechend breit angelegte Geschäftsmodelle, die auf einer Reverselogistik basieren, werden benötigt und stellen gleichzeitig eine große Herausforderung für die gesamte Wirtschaft dar. Erst wenn es gelingt, diese Rücklaufschleife in den Kreislauf zu integrieren, lässt sich das gesamte Potenzial der zirkulären Wirtschaft nutzen.



Quelle: Thomas Ernsting/LAIF

Das Remanufacturing führt Produkte im Kreislauf. Ein Altteil wird entweder am Ende der Nutzungsphase oder zu Beginn der Entsorgungsphase in eine Aufarbeitung gegeben. Die Nutzung von Primärrohstoffen und der Einsatz u. a. von Energie, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen für eine Neuproduktion entfallen folglich für mindestens einen Lebenszyklus. Hohe Potenziale bieten sich durch Remanufacturing: Es erfährt eine breite Förderung und ein umfassendes Interesse insbesondere im Bereich Forschung und Entwicklung und wird zunehmend in politischen Instrumenten verankert, so etwa direkt über die Fortschreibung des Ressourceneffizienzprogramms oder

indirekt über die Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG). Ein adäquates Rücknahmesystem ist eine der Grundvoraussetzungen für ein wirtschaftlich funktionierendes Remanufacturing-Unternehmen oder eine Remanufacturing-Sparte in einem Unternehmen. Über das Beschaffungsmanagement bzw. die Akquise muss die kontinuierliche Bereitstellung konstanter Altteilmengen über die Zeit in möglichst gleichbleibender Qualität und für angemessene Preise gesichert werden. Das ist entscheidend davon abhängig, wie hoch der Verbreitungsgrad des Originalprodukts auf dem Markt ist. Eine geringe Marktmenge an Produkten erschwert die Rücknahmelogistik, während eine Markt(über)sättigung die Nachfrage nach refabrizierten Produkten in der Vermarktungsphase sinken lässt. Potenzielle Rücknahmewege oder -systeme von Altteilen lassen sich wie folgt unterteilen:

- **eigentumsbasierte Rücknahme:** Während der Nutzung des Produkts durch den Kunden liegt der Besitz durchgängig beim Hersteller (u. a. Leasing- und Mietmodelle).
- **Rücknahme auf Basis eines Servicevertrags:** Die Rücknahme basiert auf einem Servicevertrag zwischen Hersteller und Kunden, der die Aufarbeitung inkludiert.
- **Auftragsinstandsetzung:** Ein Kunde transferiert das gebrauchte Altteil an den Remanufacturer mit einem direkten Aufarbeitungsauftrag. Er bekommt dasselbe, aufgearbeitete Produkt wieder zurück.
- **1:1-Rücknahme:** Beim Kauf eines aufgearbeiteten Produkts ist der Kunde verpflichtet, ein gleiches, gebrauchtes Altteil zurückzugeben.
- **Rücknahme über Rabatte auf refabrizierte Produkte:** Bei der Rückgabe eines gebrauchten Altteils bekommt der Kunde einen Rabatt, den er als Preisnachlass auf den Kauf von refabrizierten Produkten erhält.

Das Remanufacturing wird daher als Kreislaufführungsoption mit einem der höchsten Ressourcen-

effizienzpotenziale bewertet und besitzt beispielsweise auch im Vergleich zum Recycling eine geringere Umweltbelastung. Die eingesetzte Energie, die für die Aufarbeitung eines Altteils genutzt wird, liegt meist unter der genutzten Energie zum Recyceln des Produkts und zur erneuten Produktherstellung aus den resultierenden Sekundärrohstoffen. Beide Varianten sind Kreislaufschließungsstrategien, die eine Unabhängigkeit von kritischen Rohstoffen fördern.

**Das Konzept Product as a Service:** „Product as a Service“ (PaaS) bringt Produktziele von Anbietern und Kunden in Einklang: In der linearen Wirtschaft (das heißt im Wirtschaftsmodell „Take, Make, Waste“ oder umgangssprachlich der „Wegwerfgesellschaft“) sind die Geschäftsmodelle häufig auf kurze Produktlebensdauer ausgerichtet. Sind Kunden am Kauf von langlebigen Produkten interessiert, so finden bei PaaS die Interessen beider Parteien (Kunde und Hersteller

bzw. Instandhalter) zusammen: Der Kunde kann in hochwertige, langlebige Produkte investieren, die häufig genutzt und problemlos instand gehalten werden können. Hier nehmen also die Instandhaltung selbst und auch die Instandhaltbarkeit des Produkts einen besonderen Stellenwert ein, den Lebenszyklus des Produkts zu maximieren bzw. eine frühe Neuananschaffung zu vermeiden.

Aus dem PaaS-Konzept resultieren erhebliche Vorteile. So können kundenseitig Kosten (auch Risikokosten für Instandhaltung, Wartung und Reparatur der Produkte sowie Kapitalkosten) eingespart und individuelle ökologische Fußabdrücke verkleinert werden. Zugleich generieren die Hersteller und Instandhalter Leistungsverbesserungen dank kontinuierlicher Wartung und Sicherung der Verfügbarkeit der Produkte und dadurch auch ein höheres Maß an Flexibilität.

## Umsetzung in die Praxis

Im Fabrikbetrieb sind folgende Modelle im Hinblick auf die zirkuläre Wertschöpfung denkbar und werden zum Teil schon angewendet:

- Retrofit oder Reengineering von Anlagentechnik, das heißt Ausstattung alter Maschinen mit neuester Steuerungstechnik zur Ausnutzung des kompletten Nutzungsvorrats speziell der mechanischen Komponenten der Anlage
- Remanufacturing, das heißt Aufbereitung und Wiederverkauf gebrauchter Produkte und Produktkomponenten
- modulare Gestaltung und Marktplätze für Komponenten
- 3-D-Druck von Ersatzteilen und Nutzung entsorgter Komponenten
- Rückkauf und Wiederverarbeitung von Schlüsselkomponenten aus Maschinen und Anlagen (z. B. für Pumpen, Antriebe, Sensorik)
- Rück-/Ankauf und Wiederaufbereitung defekter Maschinen
- Etablierung von Kollaborationsmodellen zwischen Unternehmen für überschüssige Kapazitäten
- Einführung von Produktservice-Systemen und Produktnutzungszyklus-Management
- Bildung von vernetzten Systemen zur Überwachung der Effizienz und zur vorausschauenden Instandhaltung der Produkte

**Beispiel 1 – aufgearbeitete Industrieroboter:** Die Nutzungsdauer von Industrierobotern beträgt im Durchschnitt fünf Jahre. Um die Lebensdauer zu verlängern und kostenintensive Neuinvestitionen zu ver-

meiden, bietet ein KMU individuelle Aufarbeitungsservices für Industrieroboter an. In 90 % der Fälle erfolgt eine Aufarbeitung auf Abruf der Kunden, in nur 10 % der Fälle werden die Industrieroboter durch das KMU angekauft. Die größten Herausforderungen für den Aufarbeiter liegen in der Ersatzteilbeschaffung. Insbesondere für Industrieroboter, die regulär nicht mehr gefertigt werden, müssen Ersatzteile von bereits existierenden Robotern verwendet werden (vgl. VDI ZRE Publikationen – Kurzanalyse Nr. 18, siehe „Passende Veröffentlichungen des VDI“).

**Beispiel 2 – Obsoleszenzmanagement:** Obsoleszenzfälle treten durch die rapide steigende Anzahl von Innovationen sowie die „Elektronifizierung“ in allen Branchen der Investitionsgüterindustrie auf. Der Betreiber entwickelt ein (oder mehrere) strategische(s) Konzept(e) zur Sicherstellung der Nutzung von Systemen bzw. Komponenten, die älter als 10, 20 oder sogar 30 Jahre sind oder werden, damit man die „großen“ Anlagen wieder- oder weiterverwenden (also rezirkulieren) kann. Die Konzepte sollten sich daher nicht nur auf die schnelle Beschaffung im Schadensfall reduzieren, sondern auch mit großer Vorlaufzeit eine Strategie entwickeln, die idealerweise schon mit der Entwicklung der Anlage bzw. mit deren Beschaffung beginnt. Richtig durchgeführt, dient Obsoleszenzmanagement so nicht nur der Vermeidung und Reduzierung von Produktions- oder Dienstleistungsausfällen wegen veralteter oder nicht mehr verfügbarer Prozesse, Materialien, Software, Produktionseinrichtungen oder auch verloren gegangenen Know-how, sondern es verlängert die Nutzungszeit einer Anlage unter Umständen um ein Vielfaches, weil mit jedem sogenannten „Redesign“ immer auch eine Modernisierung vorgenommen werden kann.

# Zahlen, Daten, Fakten

In Deutschland wird in der Remanufacturing-Branche ein Umsatz von rund 8,7 Mrd. Euro pro Jahr erzeugt.

- Mehr als zwei Drittel des Umsatzes werden durch die Sektoren Luftfahrt und Automobile erzielt, ca. 98 % durch die Sektoren Luftfahrt, Automobile, elektrisches und elektronisches Equipment, Schwerlast- und Nutzfahrzeuge, Maschinenbau und Medizintechnik.
- Das Remanufacturing in Deutschland ist im europäischen Vergleich in allen Sektoren, ausgenommen Möbel und Marine, umsatzführend.
- Die Remanufacturing-Branche beschäftigt rund 43.000 Arbeitnehmer und bereitet pro Jahr rund 23 Mio. Altteile auf.

Die Evaluierung des Remanufacturing-Markts prognostiziert für die kommenden Jahre ein stetiges Wachstum bis auf mindestens 43 Mrd. Euro in 2030.

In der Luftfahrt wird für Europa beispielsweise eine jährliche Wachstumsrate von 2,9 % für den Sektor Wartung, Reparatur und Remanufacturing (Maintenance, Repair and Overhaul (MRO)) erwartet. Für Osteuropa wird die jährliche Wachstumsrate sogar auf 6,2 % geschätzt, da dort vornehmlich ältere, wartungsintensive Flotten im Einsatz sind.

Dabei gelten als die größten, das Wachstum beeinflussenden bzw. zu überwindenden Herausforderungen

- die voranschreitende Elektrisierung der Produkte,
- die Verfügbarkeit von (qualitativ hochwertigen) Ersatzteilen bzw. das Altteilmanagement,
- das Image des Remanufacturing und
- die Verfügbarkeit von gut ausgebildetem Personal.

(Quelle: VDI ZRE Publikationen – Kurzanalyse Nr. 18, siehe „Passende Veröffentlichungen des VDI“).

## Passende Veröffentlichungen des VDI

Lange, U.: Ressourceneffizienz durch Remanufacturing; Industrielle Aufarbeitung von Altteilen. VDI ZRE Publikationen – Kurzanalyse Nr. 18. VDI Zentrum Ressourceneffizienz, August 2017, erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

VDI 4084 Instandsetzung und Aufarbeitung von Verbrennungsmotoren; Begriffe und Prozesse. Juli 2018

VDI 2882 Obsoleszenzmanagement aus Sicht von Nutzern und Betreibern. Mai 2018

## Was tut der VDI?

Der VDI betrachtet das Thema „Zirkuläre Wertschöpfung“ mit Stakeholdern aus unterschiedlichen Branchen und aus unterschiedlichen Perspektiven, um daraus Informationen für VDI-Mitglieder, Experten und Interessierte aus Gesellschaft, Medien, Industrie, Politik zur Verfügung zu stellen. Mit VDI-Richtlinien stellt der VDI konkrete technische Handlungsempfeh-

lungen für den Experten in der Praxis bereit. Ein breiter Wissenstransfer erfolgt über Fachtagungen und Kongresse sowie über regionale Veranstaltungen der Bezirksvereine und Landesverbände des VDI. Zentrale Informationen stehen unter [www.vdi.de/zirkulaere-wertschoepfung](http://www.vdi.de/zirkulaere-wertschoepfung) bereit.

## Kontakt

VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.  
Dr.-Ing. Hans-Jürgen Schäfer  
VDI-Koordinator Zirkuläre Wertschöpfung  
Tel. +49 211 6214-254  
[schaefer@vdi.de](mailto:schaefer@vdi.de)  
[www.vdi.de/zirkulaere-wertschoepfung](http://www.vdi.de/zirkulaere-wertschoepfung)

