



TrendAuto
2030plus

Transformationsnetzwerk für die
Fahrzeug- und Zulieferindustrie in der
Region Aachen-Köln-Bonn-Gummersbach

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Juli 2025



Circularity Assessment

Ein Leitfaden zur Bewertung der
Kreislauffähigkeit von Produkten

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

Dr.-Ing. Alexander Keuper

Nikolai Kelbel

Kontakt

Transformationsnetzwerk TrendAuto2030plus
info@trendauto2030.de
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln



trendauto2030plus.de



Transformationsnetzwerk für die
Fahrzeug- und Zulieferindustrie in der
Region Aachen-Köln-Bonn-Gummersbach

Was ist TrendAuto2030plus?

Wir sind das „**Transformationsnetzwerk für eine elektrische, nachhaltige und digitale Automobilindustrie2030plus**“ (kurz **TrendAuto2030plus**).

Wir sind Partner der Automobil- und Zulieferbranche und unterstützen Unternehmen in der Region Aachen, Bonn, Köln und Gummersbach bei der Identifizierung ihrer Transformationsbedarfe.

Wir bestärken Unternehmen, Potenziale zu entfalten und solide Transformationsstrategien zu entwickeln und sorgen so nachhaltig für zukunftssichere Beschäftigung.

Wir bieten praxisnahe Lösungen, fördern Wissenstransfer und Kollaboration, um Unternehmen für den globalen und lokalen Wandel vorzubereiten.

Projektkonsortium

Technology
Arts Sciences
TH Köln



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

Einleitung	6
Die Kreislaufwirtschaft	8
Grundlegende Konzepte und Begriffe	9
Die R-Strategien	11
Anforderungen der Kreislaufwirtschaft an Unternehmen	14
Eignung des Produkts	15
Produktanpassungen	15
Anpassung des Geschäftsmodells	15
Anpassung der Geschäftsprozesse	16
Verständnis von Nachhaltigkeit	17
Circularity Assessments	18
Potentiale von Circularity Assessments	19
Erstellung unternehmensindividueller Circularity Assessments	19
Beispielhaftes Circularity Assessment	20
Integration von Circularity Assessments im Unternehmen	22
Schlussfolgerungen und Fazit	25
Anhang	26
Kriteriensammlung für Circularity Assessments	26
Aussagekraft der Kriterien bezüglich ausgewählter R-Strategien	28
Literaturverzeichnis	29
Autoren	30
Kontakt	31

Einleitung

Die Ausrichtung der Wirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Getrieben von aktuellen Klimaprotesten in der EU gewinnt das Thema Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Die Europäische Union hat dies erkannt und verfolgt klare politische Ziele, unter anderem im Rahmen des Europäischen Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon Europe oder dem Green Deal. Die Ambitionen der EU und die daraus resultierenden Regelungen, wie die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), machen Nachhaltigkeit zu einer Notwendigkeit für Unternehmen.¹ Immer mehr Unternehmen konzentrieren sich daher auf die Transformation ihrer Wertschöpfung und die Formulierung von Nachhaltigkeitszielen.² In diesem Kontext zeigt die Kreislaufwirtschaft (Circular Economy) großes Potenzial, da sie eine Möglichkeit für profitable Nachhaltigkeit bietet.³

¹ Vgl. European Parliament (2022), Sustainable economy: Parliament adopts new reporting rules for multinationals | News | European Parliament

² Vgl. PricewaterhouseCoopers (2024), CEOs struggle to reduce greenhouse gases to net zero

³ Vgl. Schuh et al. (2023), Green Re-Assembly Upgrade Factory

Die Kreislaufwirtschaft fördert die Werterhaltung von Produkten über ihre Lebensdauer hinweg und die Verringerung der Umweltauswirkungen des Produkts bei gleichzeitiger Kostensenkung. Sie bietet Unternehmen die Chance, wirtschaftlichen Erfolg und Wachstum von der Ressourcennutzung und Umweltverschmutzung zu entkoppeln. Dies unterstützt Unternehmen nicht nur dabei, ihre festgelegten Klimaziele zu erreichen, sondern reduziert auch ihre Abhängigkeit von volatilen Ressourcenquellen, die durch geopolitische Konflikte beeinflusst werden.⁴ Bereits heute nutzt die produzierende Industrie ein Vielfaches der Rohstoffe, die ihr im Kontext nachhaltigen Wirtschaftens zustünde. Setzen sich die bisherigen Trends im Ressourcenverbrauch fort, bräuchte die Welt gemäß dem Rat für Nachhaltige Entwicklung bis 2050 „drei Erden“, um den Bedarf zu decken. Die Vereinten Nationen fordern daher eine Entkopplung von Wirtschaftstätigkeit und Ressourcennutzung (siehe Abbildung 1). Eine Möglichkeit hierfür ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft.⁵

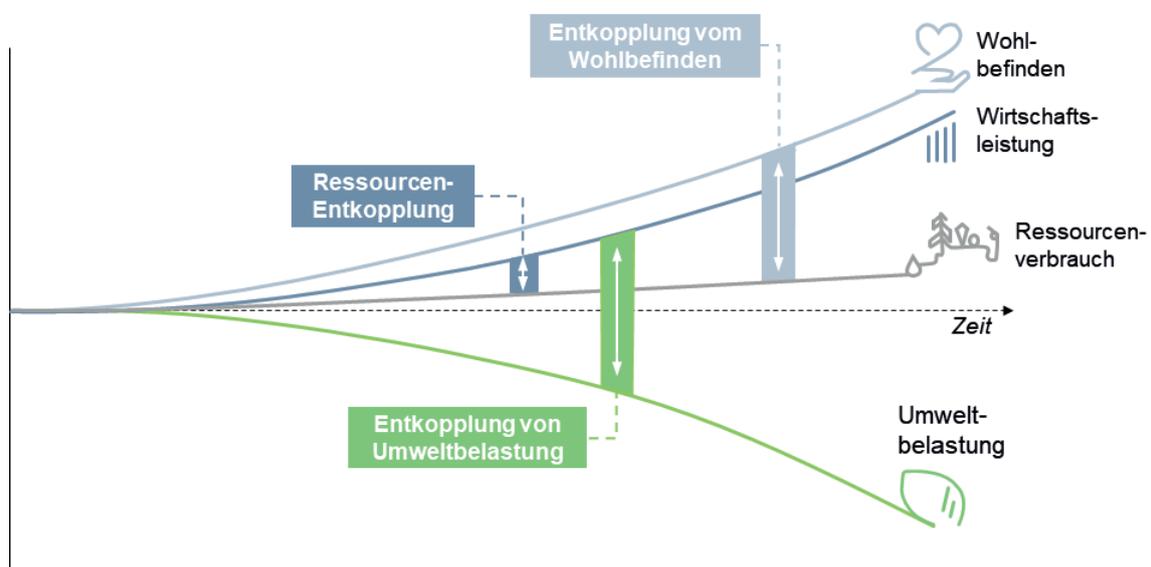


Abbildung 1 – Die Kreislaufwirtschaft strebt eine Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch an⁶

Dieser Leitfaden soll insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMUs) der Automobilbranche einen leicht verständlichen Einstieg in die Kreislaufwirtschaft bieten. Er erläutert die grundlegenden Prinzipien, stellt Bewertungsmodelle vor und gibt praktische Anleitungen zur Umsetzung und Integration von Kreislaufwirtschaftsstrategien in die eigene Unternehmenspraxis. Ziel ist es, Unternehmen dabei zu unterstützen, nachhaltige und wirtschaftlich vorteilhafte Lösungen zu entwickeln, die sowohl den ökologischen Herausforderungen als auch den unternehmerischen Anforderungen gerecht werden.

Durch die erfolgreiche Implementierung von Kreislaufwirtschaftsstrategien können Unternehmen nicht nur ihre Umweltbilanz verbessern und zu einer Transformation der Wirtschaft beitragen, sondern auch langfristig wettbewerbsfähig bleiben, indem sie Ressourceneffizienz steigern und neue Geschäftsmöglichkeiten erschließen. In den folgenden Kapiteln wird detailliert auf die verschiedenen Aspekte der Kreislaufwirtschaft eingegangen und praxisnahe Werkzeuge vorgestellt, die den Einstieg in dieses zukunftsweisende Wirtschaftsmodell erleichtern.

4 Vgl. BCG (2024), These 9 Forces Are Reshaping the Global Business Landscape

5 Vgl. Kadner et al. (2021), Circular Economy Roadmap for Germany

Die Kreislaufwirtschaft

Im Folgenden wird zunächst auf zentrale Begriffe im Kontext der Kreislaufwirtschaft eingegangen, die für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel wichtig sind. Im zweiten Teil des Kapitels werden die Kreislaufwirtschaftsstrategien, genannt R-Strategien, definiert und vorgestellt.

Grundlegende Konzepte und Begriffe

Nachhaltigkeit bildet das Fundament der Kreislaufwirtschaft. Nachhaltigkeit bedeutet, wirtschaftliche Aktivitäten so zu gestalten, dass sie die Bedürfnisse der Gegenwart erfüllen, ohne die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden. Dies erfordert eine ganzheitliche Betrachtung, bei der ökologische, ökonomische und soziale Faktoren gleichermaßen berücksichtigt werden.⁷

Die **Kreislaufwirtschaft** ist ein zukunftsorientiertes Wirtschaftsmodell, das darauf abzielt, den Verbrauch von Rohstoffen zu minimieren und die Lebensdauer von Produkten zu verlängern.⁸ Im Gegensatz zur traditionellen **linearen Wirtschaft**, die nach dem Prinzip „Produzieren, Nutzen, Entsorgen“ funktioniert, setzt die **Kreislaufwirtschaft** auf ein geschlossenes System, in dem Ressourcen möglichst lange im Umlauf gehalten und vermeintliche Abfälle als wertvolle Materialien wiederverwendet werden. Dieses Konzept basiert auf der Idee, dass wirtschaftlicher Erfolg nicht zwangsläufig mit einem hohen Ressourcenverbrauch und einer entsprechenden Umweltbelastung einhergehen muss. Stattdessen wird angestrebt, durch effiziente Nutzung und innovative Geschäftsmodelle sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile zu erzielen.⁹

Ein zentraler Begriff der Kreislaufwirtschaft ist die **Ressourceneffizienz**, also mit möglichst geringem Material- und Energieeinsatz maximale Ergebnisse zu erzielen. Dies bedeutet, dass Unternehmen ihre Prozesse so gestalten, dass sie weniger Rohstoffe verbrauchen und weniger Abfall produzieren, ohne dabei ihre Produktivität oder Qualität zu beeinträchtigen.¹⁰

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der **Lebenszyklus** eines Produkts, der alle Phasen von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Nutzung bis hin zur Wiederverwertung oder Entsorgung umfasst. Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es, diesen Lebenszyklus zu verlängern und die Nutzung von Produkten zu maximieren, indem sie mehrfach verwendet, repariert oder recycelt werden. Abbildung 2 zeigt den sogenannten technischen Kreislauf der Kreislaufwirtschaft. Er wurde vom biologischen Kreislauf der Natur inspiriert.¹¹

Das grundlegende Konzept der Kreislaufwirtschaft umfasst zudem die Förderung **innovativer Geschäftsmodelle**, die über den reinen Verkauf von Produkten hinausgehen. Unternehmen können beispielsweise Produkte als Dienstleistungen anbieten, wodurch sie die Verantwortung für die Rücknahme und Wiederaufbereitung der Produkte übernehmen. Solche Modelle fördern die Langlebigkeit und Wiederverwendbarkeit von Produkten und schaffen gleichzeitig eine engere Beziehung zwischen Herstellern und Kunden. Darüber hinaus spielt die **Digitalisierung** eine entscheidende Rolle, indem sie neue Möglichkeiten für die Überwachung und Optimierung von Ressourceneffizienz und Produktlebenszyklen bietet und so zirkuläre Geschäftsmodelle begünstigt.¹²

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Kreislaufwirtschaft ist die Zusammenarbeit innerhalb der gesamten **Wertschöpfungskette**. Unternehmen werden ermutigt, Partnerschaften einzugehen und gemeinsam Lösungen zu entwickeln, die den Übergang zu einer nachhaltigen Wirtschaft unterstützen. Durch den Austausch von Wissen und Ressourcen sowie die Entwicklung gemeinsamer Initiativen können Synergien genutzt und die Effektivität der Maßnahmen zur Ressourcenschonung erhöht werden.¹³

7 Vgl. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2025), Nachhaltigkeit

8 Vgl. Schmidt (2021), Ditching the throwaway society: Germany's path to a circular economy - acatech - National Academy of Science and Engineering

9 Vgl. Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the circular economy Vol. 1

10 Vgl. Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the circular economy Vol. 1

11 Vgl. Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the circular economy Vol. 1

12 Vgl. Schmidt und Weber (2024), Digitale Enabler der Kreislaufwirtschaft

13 Vgl. Schmidt und Weber (2024), Digitale Enabler der Kreislaufwirtschaft

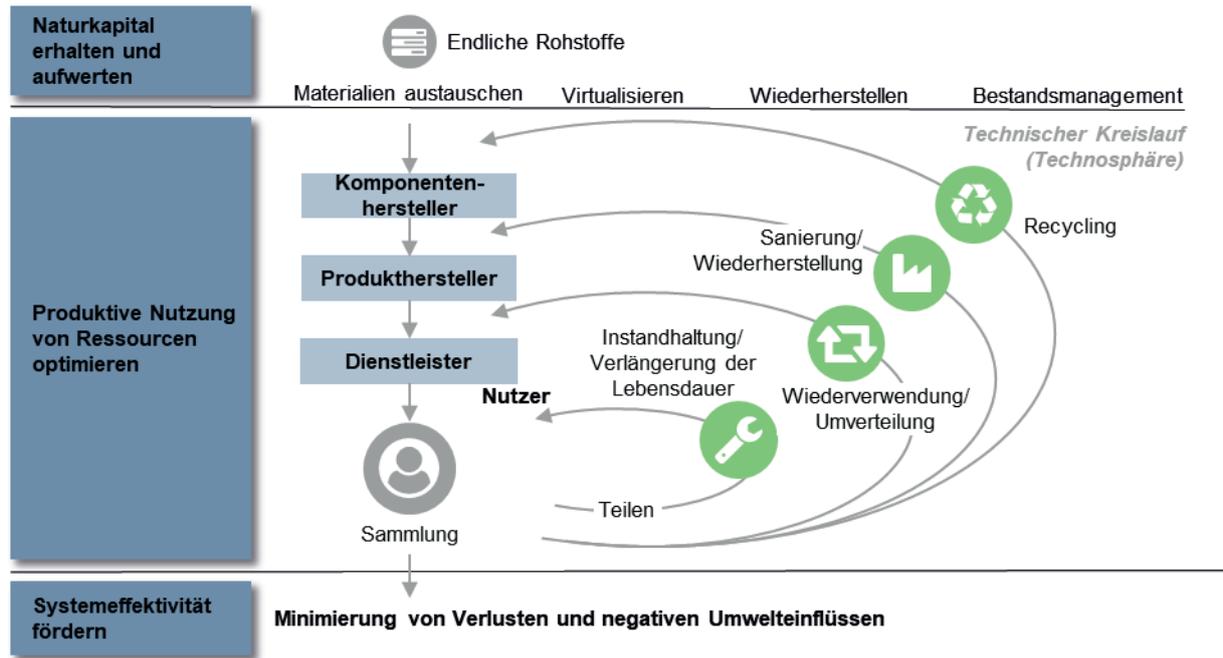


Abbildung 2 – Technischer Kreislauf von endlichen Rohstoffen¹⁴

Kreislaufwirtschaft erfordert in der Praxis ein Umdenken und die Bereitschaft, bestehende Vorgehensweisen zu überarbeiten. Mit den alternativen Strategien und Maßnahmen, die über bloßes Recycling hinausgehen, können Unternehmen einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wirtschaft leisten. Die in diesem Zusammenhang in Abbildung 2 visualisierten Ressourcenkreisläufe werden als „R-Strategien“ im folgenden Kapitel aufgegriffen. Abbildung 3 zeigt darüberhinaus die Elemente einer profitablen Kreislaufwirtschaft. Entscheidend ist dabei der Begriff der **wertsteigernden Kreislaufwirtschaft**. Das Prinzip verkörpert die Idee, den Wert von Produkten während ihrer Nutzung nicht nur zu erhalten, sondern noch zu steigern und so den Kundennutzen zu maximieren. Dies wird im Rahmen des Begriffs des Re-Assembly im folgenden Kapitel näher erläutert.

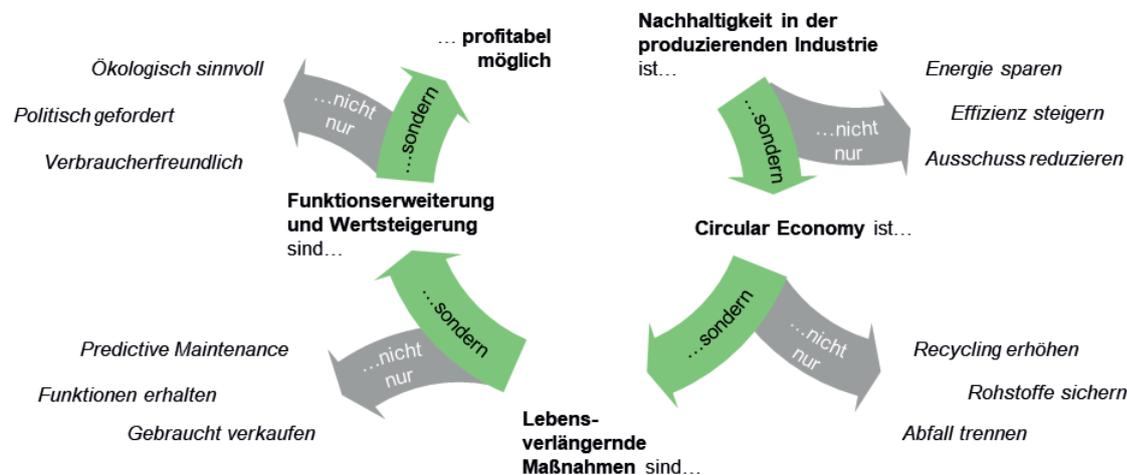


Abbildung 3 - Konzepte einer profitablen Kreislaufwirtschaft

14 Vgl. Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the circular economy Vol. 1

Die R-Strategien

Die **R-Strategien** nach POTTING ET AL.¹⁵ bieten Unternehmen Ansätze, Ressourcen in Kreisläufen zu halten. Die Strategien lassen sich, wie in Abbildung 4 zu sehen, aufsteigend gemäß der potentiellen Werterhaltung oder bildlich gesprochen gemäß der Größe des Kreislaufs visualisieren. Durch die Hierarchisierung in zehn Strategien ermöglichen sie eine gezielte Steuerung von Maßnahmen, die von der Vermeidung unnötiger Produktion bis hin zur Wiederverwertung von Materialien reichen. Die wirksamsten Strategien setzen dabei möglichst früh im Produktlebenszyklus an, um Abfall und Ressourcenverbrauch zu minimieren und werden mit einem engen Kreislauf assoziiert. So bieten Strategien mit einer niedrigen R-Nummer Handlungsoptionen mit hoher Kreislauffähigkeit, während Strategien mit einer hohen R-Nummer Handlungsoptionen mit geringerer Kreislauffähigkeit beschreiben und mit einem weiten Kreislauf assoziiert werden. Die R-Strategien lassen sich entsprechend in drei Kategorien einteilen: höhere (R0-R2), mittlere (R3-R7) und niedrigere (R8-R9) Strategien. Die R-Strategien werden im Folgenden näher beschrieben.

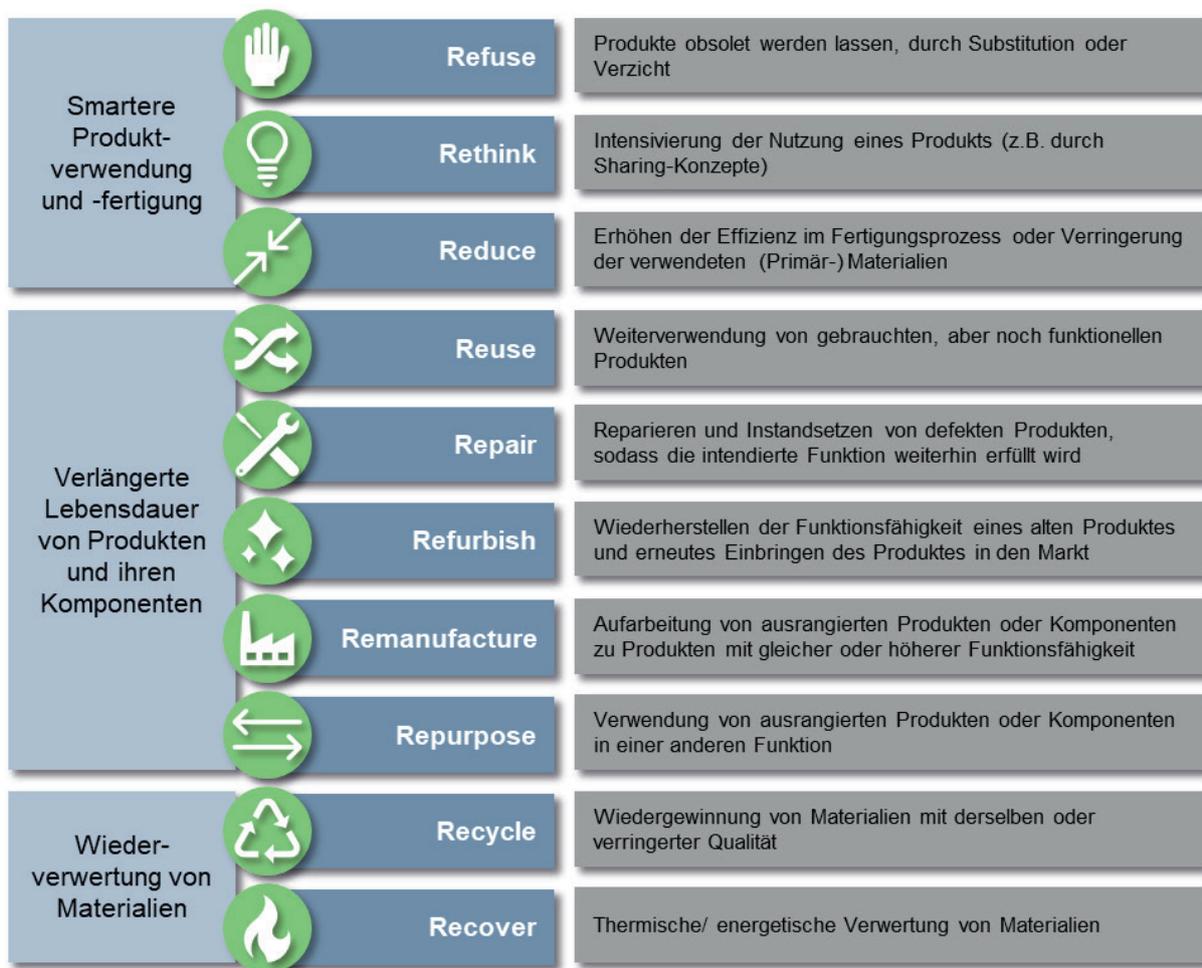


Abbildung 4 - Die 10 R-Strategien der Kreislaufwirtschaft nach POTTING ET AL.¹⁶

Höhere R-Strategien zielen auf eine effizientere Nutzung von Ressourcen und eine Optimierung des Ressourceneinsatzes ab. Diese Strategien sind besonders nachhaltig, da sie die Entstehung von Abfall sowie

¹⁵ Vgl. Potting et al. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain

¹⁶ Vgl. Potting et al. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain

die Ressourcennutzung bereits im Vorfeld vermeiden. Die erste Strategie, **„Refuse“ - R0**, setzt darauf, die Nutzung eines Produktes obsolet werden zu lassen. Entweder durch die Substitution der Funktion durch ein alternatives Produkt oder durch kompletten Verzicht. Beispiele hierfür sind die Verwendung von Mehrwegflaschen (Substitution von Einwegflaschen) oder der Kauf unverpackter Lebensmittel (Vermeidung von Verpackung). Eng damit verknüpft ist die Strategie **„Rethink“ - R1**, welche eine effizientere Nutzung von Produkten anstrebt. Durch Neudenken von Konsum- und Nutzungsmustern kann die Intensität der Nutzung von Produkten erhöht werden. Beispiele sind die gemeinschaftliche Nutzung von Waschmaschinen in Waschalons oder Carsharing-Modelle. Eine weitere Strategie zur Minderung des Ressourcenverbrauchs stellt die Reduzierung, **„Reduce“ - R2**, dar, bei der Materialien durch optimierte Produktionsprozesse oder einen verringerten Materialeinsatz eingespart werden. In der Verpackungsindustrie werden zum Beispiel dünnere Kunststofffolien verwendet, um den Materialverbrauch zu reduzieren. Auch können Bauteilgeometrien durch Topologieoptimierung sparsamer gestaltet werden.¹⁷

Mittlere R-Strategien konzentrieren sich auf die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten oder Komponenten. Da hierdurch weniger neue Produkte hergestellt werden müssen, reduziert sich die damit verbundene Umweltbelastung. Eine direkte Maßnahme zur Lebenszyklusverlängerung stellt die Wiederverwendung, **„Reuse“ - R3**, dar, bei der ein entsorgtes Produkt von einem anderen Nutzer weiterverwendet wird. Das Produkt ist dabei noch in guter Kondition und erfüllt seine Funktion, sodass keine Änderungen vorgenommen werden müssen. Diese Strategie findet beispielsweise bei Mehrwegverpackungen oder dem Handel mit gebrauchten Geräten Anwendung. Sollte eine direkte Wiederverwendung nicht möglich sein, kann eine Reparaturstrategie, **„Repair“ - R4**, eine Alternative darstellen, nach der defekte Produkte repariert oder gewartet werden, um ihre ursprüngliche Funktion wiederherzustellen. Viele Hersteller von Smartphones bieten beispielsweise Reparaturdienste an, um defekte Akkus oder Displays auszutauschen. Darüber hinaus können Produkte umfassend überholt und optisch aufgewertet werden, was als **„Refurbish“ - R5** bezeichnet wird. Verschiedene Unternehmen beschäftigen sich beispielsweise mit der Überholung gebrauchter Laptops, welche Sie anschließend mit neuer Garantie weiterverkaufen. Eine weitergehende Maßnahme ist das Remanufacturing, **„Remanufacture“ - R6**, bei dem ausrangierte Produkte oder Komponenten zu Produkten mit gleicher oder höherer Funktionsfähigkeit aufgearbeitet werden. Zum Beispiel werden Flugzeugturbinen bei einer Generalüberholung komplett zerlegt, so dass alle Komponenten geprüft werden können. Verschlossene Teile werden ersetzt, so dass mindestens das ursprüngliche Funktionsniveau erreicht wird. Schließlich können Produkte oder Komponenten in einer anderen Funktion verwendet werden, was **„Repurpose“ - R7** genannt wird. Beispiele hierfür sind die Umwandlung alter Autoreifen in Möbelstücke oder Spielplatzböden.¹⁸

Falls weder eine direkte Wiederverwendung noch eine Lebensdauererlängerung möglich ist, kommen niedrigere R-Strategien zum Einsatz. Hierzu zählt das Recycling, **„Recycle“ - R8**, bei dem Materialien wieder aufbereitet werden. Dabei wird zwischen hochwertigem und minderwertigem Recycling unterschieden. Beim hochwertigen Recycling bleibt die Materialqualität erhalten, sodass Materialien in den ursprünglichen Produktionskreislauf zurückgeführt werden können. Dies gelingt beispielsweise bei dem Recycling von Aluminiumdosen, da Aluminium nahezu ohne Qualitätsverlust recycelt werden kann. Minderwertiges Recycling hingegen führt dazu, dass Materialien für minderwertige Produkte verwendet oder mit anderen Materialien gemischt werden müssen, beispielsweise bei der Wiederverwertung verschiedener Kunststoffarten für Verpackungsmaterial. Falls Recycling nicht umsetzbar ist, bleibt als letzte Option die thermische oder energetische Verwertung von Materialien durch Verbrennung, **„Recover“ - R9**. Dabei gehen die ursprünglichen Materialien verloren, während lediglich Energie in Form von Wärme oder Strom gewonnen

17 Vgl. Potting et al. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain

18 Vgl. Potting et al. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain

wird. Zum Beispiel können nicht recycelbare Kunststoffabfälle in Müllverbrennungsanlagen thermisch verwertet werden. Da diese Strategien weiterhin Ressourcen verbrauchen, besitzen sie die geringste Wirkung im Sinne der Kreislaufwirtschaft.¹⁹

Eine aktuelle Weiterentwicklung der R-Strategien stellt das **Re-Assembly** dar. Re-Assembly ist ein innovativer Ansatz innerhalb der Kreislaufwirtschaft, der darauf abzielt, komplexe Serienprodukte wie Autos, Haushaltsgeräte, Maschinen und Anlagen systematisch und planbar für eine zweite, dritte oder sogar vierte Lebensdauer zu qualifizieren. Damit stellt die R-Strategie eine Erweiterung des Refurbishments bzw. des Remanufacturings dar und fokussiert zudem die Perspektive der wirtschaftlichen Machbarkeit und Profitabilität verstärkt. Re-Assembly ist definiert als der Austausch von Komponenten durch generalüberholte und neu entwickelte Teile. Das Ziel ist, ein Produkt kurzfristig bereitzustellen, das nach dem Motto „mindestens so gut wie neu“, einschließlich einer Garantie und gegebenenfalls einer erweiterten Funktionspalette in einen neuwertigen oder verbesserten Zustand versetzt wurde. Gleichzeitig wird die Vorbereitung für das Recycling der Komponenten berücksichtigt. Im Unterschied zum Remanufacturing, das sich auf die Wiederverwendung von Produkten mit derselben Funktion konzentriert, beinhaltet Re-Assembly auch funktionale Verbesserungen und Wertsteigerungen durch industrialisierte und skalierbare Prozesse in definierten Zyklen während der Produktlebensdauer. Abbildung 5 zeigt, wie durch die Upgradezyklen des Re-Assembly der Kundennutzen kontinuierlich während der Lebenszeit gesteigert werden kann. Refurbish, Remanufacture und Re-Assembly werden in den folgenden Kapiteln als „technische R-Strategien“ zusammengefasst.

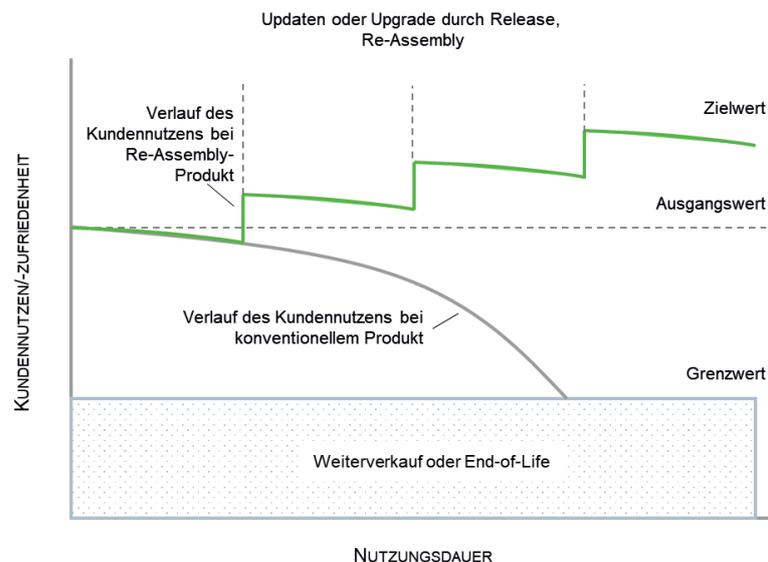


Abbildung 5 – Funktionsweise des Re-Assembly

Ein bedeutendes Potenzial von Re-Assembly liegt in der Möglichkeit, die Lebensdauer und Effizienz von Produkten erheblich zu verlängern, ohne dass Kunden auf Nutzen verzichten müssen. Beispielsweise können in der Automobilbranche durch Re-Assembly funktionale Upgrades des Infotainmentsystems oder der Fahrzeugbremsen durch den Austausch mit aktuellerer oder höherwertiger Hard- und Software vorgenommen werden. Durch das Sichern der alten Komponenten und Rohstoffe sowie die Verlängerung der Lebensdauer bestehender Komponenten hat das Re-Assembly auch großes wirtschaftliches Potential, weil der Ressourcen- bzw. Produktwert länger erhalten bleibt.

19 Vgl. Potting et al. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain

Anforderungen der Kreislaufwirtschaft an Unternehmen

Unternehmen sehen sich im Bereich der Kreislaufwirtschaft wachsenden Anforderungen gegenüber – getrieben durch Regulierung, wirtschaftlichen Druck und steigende Kundenerwartungen. Politische Initiativen setzen klare Rahmenbedingungen für nachhaltiges Wirtschaften, während Kunden umweltfreundliche Produkte, ressourcenschonende Prozesse und transparente Strategien erwarten. Um diesen Anforderungen zu begegnen, sind kreislauffähige Geschäftsmodelle erforderlich.

Ein zentraler Ansatz sind die sogenannten R-Strategien. Besonders die technischen Varianten wie Refurbishment, Remanufacturing und Re-Assembly bieten wirtschaftliches Potenzial, stellen jedoch hohe Anforderungen an Produkt, Unternehmen, Geschäftsmodell und Wertschöpfungsnetzwerke. Für die produzierende Industrie bedeutet das in vielen Fällen tiefgreifende Transformationen – die folgenden Ausführungen geben einen Überblick.

Eignung des Produkts

Produkte sind für technische R-Strategien besonders geeignet, wenn sie nicht verbraucht werden und dem Hersteller ein ausreichender Mehrwert zurückgeführt werden kann. Die Ressourcen und Investitionen, die für solche Strategien benötigt werden, lohnen sich nur, wenn der Wert des Produkts hoch ist. Günstige Produkte lassen sich oft nicht profitabel wiederverwenden. Der Wert eines Produkts, der sich aus seinen grundlegenden Funktionen ableitet, muss zudem über die Zeit stabil bleiben, damit das Produktkonzept nicht veraltet. Sollen Produkte in ihrem Lebenszyklus aufgewertet werden, wie zum Beispiel beim Re-Assembly, profitieren sie von einer schnellen technologischen Entwicklung oder einer wachsenden Nachfrage nach Upgrades aufgrund optischer oder emotionaler Kundenanforderungen. Hohe Kosten für die Produktneugestaltung erhöhen zudem die wirtschaftliche und ökologische Attraktivität von Kreislaufansätzen. Damit solche Strategien, die auf die Rückführung von Produkten setzen, skalierbar und rentabel sind, muss das Produkt in ausreichender Menge und Qualität auf dem Markt verfügbar sein. Zusammengefasst gilt:

Produkte für technische R-Strategien müssen in hoher Qualität und Menge verfügbar sein und ihren funktionalen Wert über die Zeit stabil halten, während sie technologischen oder emotionalen Anforderungsänderungen unterworfen sind.²⁰

Produktanpassungen

Produkte, die für technische R-Strategien entwickelt werden, unterscheiden sich grundlegend von solchen der linearen Wirtschaft. Sie werden so konzipiert, dass sie leicht zerlegt, repariert und aufgerüstet werden können. Dies kann zu einer komplexeren Produktgestaltung und hohen Anforderungen an Modularität oder Materialwechsel führen. Zudem stellen langlebige Komponenten neue Anforderungen an das Innovationsmanagement, da die Innovationszyklen verlängert werden. Kontinuierliche Innovationen werden nun auf bestehende Produkte in der Nutzungsphase angewendet, was neue Methoden und Ansätze erfordert, um zukünftige technologische, regulatorische oder soziale Veränderungen vorherzusehen. Außerdem ist die Nachverfolgung der Produktnutzung entscheidend, um die Wiederverwertung planen zu können. Daher werden solche Produkte oft mit entsprechender Sensorik ausgestattet, was jedoch aus wirtschaftlicher und ökologischer Perspektive nicht für jedes Produkt sinnvoll ist. Zusammengefasst gilt:

Produkte für technische R-Strategien erfordern ein Umdenken und ihre Neugestaltung, um Aufrüstbarkeit, Langlebigkeit und Planbarkeit zu ermöglichen. Dies führt zu neuen Produktarchitekturen und Modularisierungsansätzen, die im Innovationsmanagement und der Produktentwicklung verankert sein müssen.²¹

Anpassung des Geschäftsmodells

Mit dem steigenden Anteil von Serviceaktivitäten (z.B. Reparatur- oder Upgradeservice) bei technischen R-Strategien gewinnen Produkt-Service-Systeme (PSS) an Bedeutung. Ein geeignetes Geschäftsmodell, wie zum Beispiel ein Abonnementmodell, kann die Realisierung technischer R-Strategien erleichtern, da es

²⁰ Vgl. Riesener et al. (2024), Guiding Principles For The Manufacturing Industry For Establishing Re-Assembly

²¹ Vgl. Riesener et al. (2024), Guiding Principles For The Manufacturing Industry For Establishing Re-Assembly

die Handhabung von Produktrückläufen, Produkteigentum oder Datenverfügbarkeit vereinfacht. Die Entwicklung eines solchen neuen Geschäftsmodells ist jedoch oft herausfordernd. Es müssen beispielsweise die Qualitätsansprüche der Kunden und ihre Zahlungsbereitschaft berücksichtigt werden. Zudem muss der Einfluss der Preisgestaltung auf die Marktverfügbarkeit und auch Kannibalisierungseffekte gegenüber eigenen neuen Produkten beachtet werden. In einem PSS verbleibt das Produkteigentum beim Hersteller, was ein Kapitalbindungsrisiko darstellt, und Finanzierungspartnerschaften erfordern kann. Der Übergang zu einem PSS hängt außerdem davon ab, ob es in die Unternehmensidentität und -strategie integriert werden kann, und ob die Akzeptanz durch die Kunden sowie die wirtschaftliche und ökologische Sinnhaftigkeit gegeben ist. Da die Transformation des Geschäftsmodells einen großen Eingriff in die Geschäftstätigkeit eines Unternehmens darstellt, muss ein etabliertes Change Management die Vorteile der Transformation effektiv an interne und externe Stakeholder kommunizieren. Zusammengefasst gilt:

Die Einführung von technischen R-Strategien erfordert eine umfassende Transformation des Geschäftsmodells, die eine sorgfältige Abstimmung zwischen verschiedenen Stakeholdern und Unternehmenszielen notwendig macht.²²

Anpassung der Geschäftsprozesse

Technische R-Strategien beeinflussen nicht nur das Produkt und das Geschäftsmodell, sondern auch die Arbeitsweise des Unternehmens. Eine Schlüsselrolle spielen hierbei die Rückführungslogistik und die Zusammenarbeit mit Lieferanten und Partnern, insbesondere am Ende der Produktlebensdauer, um erstere zu befähigen oder Wiederaufbereitungsprozesse auszulagern. Zudem müssen Kundenbeziehungen angepasst werden, indem Anreize für die Rückgabe von Produkten geschaffen werden. Intern erfordert die Etablierung von technischen R-Strategien besonders effiziente Prozesse, da ein hoher Anteil manueller Arbeiten bei der Wiederaufbereitung der Produkte anfallen kann und zusätzliche Kosten für die Rückführungslogistik entstehen. Dies stellt Anforderungen an die Produktgestaltung, Preisgestaltung und vor allem die Produktionsplanung. Die Maximierung der Automatisierung und die Nutzung von Produktnutzungsdaten zur verbesserten Planung von Wiederaufbereitungsprozessen sind zentrale Aspekte. Zudem erhöht die Einführung von Produkten mit zweiter Lebensdauer die interne Komplexität des Portfolios, was ein Umdenken im Produkt- und Portfoliomanagement erfordert. Zuletzt stellt die Zulassung von gebrauchten Komponenten und der eventuellen Modifikation von Produkten, die gesetzlichen Genehmigungen unterliegen, je nach Markt und Branche eine Herausforderung dar. Zusammengefasst gilt:

Technische R-Strategien erfordern umfassende Anpassungen der Geschäfts-, Produktions- und Lieferprozesse sowie grundlegende Prinzipienänderungen.²³

²² Vgl. Riesener et al. (2024), Guiding Principles For The Manufacturing Industry For Establishing Re-Assembly

²³ Vgl. Riesener et al. (2024), Guiding Principles For The Manufacturing Industry For Establishing Re-Assembly

Verständnis von Nachhaltigkeit

Das Hauptziel von technischen R-Strategien ist die Verbesserung der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit von Produkten und Unternehmen. Daher ist eine ökologische Bewertung während der Produkt- und Upgradeplanung zentral für die Entscheidungsfindung. Dies erfordert eine gute Verfügbarkeit von Daten entlang der Lieferkette, um ein Kreislaufkonzept glaubwürdig zu betreiben. Zudem bietet dies Synergiepotenziale mit Reportingpflichten in Europa. Die Transformation zur Kreislaufwirtschaft sollte die allgemeine Nachhaltigkeitstransformation im Unternehmen begleiten und erfordert somit grundlegende betriebliche Transformationen hinsichtlich der Unternehmenskultur, Werte, Strategieentwicklung und Projektpriorisierung. Zusammengefasst gilt:

Der Fokus auf technische R-Strategien bedeutet ein Engagement für Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit, wodurch die grundlegende Denkweise und die strategischen Entwicklungsperspektiven des Unternehmens angepasst werden müssen.²⁴

Circularity Assessments

Zum Start einer unternehmensinternen Kreislaufwirtschaftsinitiative empfiehlt es sich, zunächst relevante Produkte zu analysieren. Zur Bewertung ihrer Kreislauffähigkeit eignen sich sogenannte Circularity Assessments – überwiegend qualitative Verfahren, die sich von quantitativen Methoden wie denen der EU-Taxonomie unterscheiden.

Während quantitative Ansätze auf exakte Daten und messbare Indikatoren setzen, dienen Circularity Assessments der internen Bewertung und strategischen Orientierung. Sie helfen, zirkuläre Potenziale zu identifizieren und Handlungsempfehlungen abzuleiten – auch ohne umfassende Datensätze.

Potentiale von Circularity Assessments

Circularity Assessments eröffnen Unternehmen eine Vielzahl an Möglichkeiten. Ein zentrales Ergebnis kann die Konzipierung von **Business Cases** sein, die wirtschaftliche Vorteile von Maßnahmen zur Erhöhung der Kreislauffähigkeit aufzeigen und die strategische Basis für deren Umsetzung legen. Die gewonnenen Erkenntnisse können als Grundlage für die **Entwicklung neuer, kreislauforientierter Geschäftsmodelle** dienen – beispielsweise Leasingmodelle oder Rücknahmesysteme. Zudem können sie helfen, regulatorische Anforderungen frühzeitig zu adressieren und Wettbewerbsvorteile durch nachhaltige Innovationen zu sichern.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der **Ausbau von Kreislaufpartnerschaften und -netzwerken**. Die Kreislaufwirtschaft erfordert oft eine enge Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von Lieferanten über Produzenten bis hin zu Recyclingunternehmen. Circularity Assessments helfen dabei, Synergien zu identifizieren und Kooperationen mit relevanten Akteuren zu fördern.

Intern können solche Analysen zudem zur **Sensibilisierung von Mitarbeitenden und Führungskräften** beitragen. Durch die systematische Auseinandersetzung mit kreislauffähigen Prozessen wächst das Bewusstsein für nachhaltige Innovationen und die Bedeutung ressourcenschonender Strategien. Dies kann wiederum dazu beitragen, eine Unternehmenskultur zu etablieren, in der Kreislaufwirtschaft als integraler Bestandteil der Geschäftsstrategie verstanden wird.

Da es bislang kaum standardisierte Verfahren für die Erstellung von Circularity Assessments gibt, müssen Unternehmen individuelle Ansätze entwickeln. Dies bietet jedoch die Möglichkeit, ein internes Tool zu erstellen, das optimal auf die eigenen Produkte abgestimmt ist.

Erstellung unternehmensindividueller Circularity Assessments

Da Unternehmen unterschiedliche Produkte, Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle haben, müssen Circularity Assessments individuell angepasst werden. Unternehmen können sich beispielsweise stark in ihrer strategischen Ausrichtung, der Architektur ihrer Produkte, den Bedingungen ihres Ökosystems oder den Präferenzen ihrer Kunden unterscheiden. Standardisierte Kriterien sind oft nicht ausreichend, um die spezifischen Herausforderungen und Potenziale verschiedener Branchen und Produktarten angemessen zu erfassen.

Bei der Erstellung unternehmensspezifischer Circularity Assessments können sich Unternehmen an bestehender Literatur orientieren und daraus geeignete Kriterien übernehmen. Der VDI25 hat beispielsweise einen Leitfaden veröffentlicht, welcher Unternehmen Ideen und Anreize zur Implementierung von Remanufacturing-Prozessen gibt. Darüber hinaus existieren einige Normen, die **sich mit der** Kreislauffähigkeit von Produkten befassen. Die DIN EN 4555426 beschreibt allgemeine Verfahren zur Bewertung von Produkten hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz und Kreislauffähigkeit. Einen Schritt weiter geht die DIN EN 4556027, die sich mit der zirkulären Produktgestaltung befasst und Unternehmen dabei unterstützt, zirkuläre Prinzipien in den Designprozess zu integrieren. Darüber hinaus liefert sie Hilfsmittel zur Quantifizierung zirkulärer Aktivitäten und bietet **Unterstützung** im Produkt-Redesign-Prozess. Zusätzlich legt die ISO 5900428

25 Vgl. VDI (2017), Ressourceneffizienz durch Remanufacturing - Industrielle Aufarbeitung von Altteilen

26 DIN EN 45554:2020-10 (2020)DIN 2020

27 DIN EN 45560:2025-04 (2025)DIN 2025

28 ISO 59004:2024 (2024)ISO 2024

Prinzipien und konkrete Maßnahmen fest, die es Organisationen ermöglichen, den Übergang zur Kreislaufwirtschaft zu planen und umzusetzen. Bei der individuellen Definition passender Kriterien können auch weitere Quellen herangezogen werden, beispielsweise aus der wissenschaftlichen Literatur.

Beispielhaftes Circularity Assessment

Im Folgenden wird ein beispielhaftes Circularity Assessment vorgestellt, das auf einer spezifischen Sammlung an Kriterien basiert. Mithilfe solcher Kriterien können Unternehmen die Kreislauffähigkeit ihrer Produkte systematisch bewerten. Es ist zu beachten, dass nicht jedes Kriterium gleichermaßen auf die spezifischen Gegebenheiten eines Unternehmens zutrifft. Im Anhang befindet sich eine Vorauswahl relevanter Kriterien. Unternehmen können daraus diejenigen Kriterien auswählen, die für ihre spezifischen Produkte und Prozesse von Bedeutung sind bzw. können ihre eigene Recherche erweitern.

Die Kriterien lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen: Wertschöpfung, Entwicklungsrate und Wiederverwendbarkeit. Die Kategorie **Wertschöpfung** umfasst Faktoren, die den wirtschaftlichen Wert des Produkts für das Unternehmen bestimmen, was insbesondere für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Investition in eine der R-Strategien von Bedeutung ist. Die Kategorie **Entwicklungsrate** bewertet die Notwendigkeit der Weiterentwicklung eines Produkts in Abhängigkeit von technologischen Fortschritten oder regulatorischen Anforderungen und untersucht, inwiefern diese Weiterentwicklungen in bestehende Produkte integriert werden können. Die dritte Kategorie, **Wiederverwendbarkeit**, analysiert das technische Design des Produkts im Hinblick auf die Anwendbarkeit der R-Strategien. In Abbildung 6 sind die Kategorien auf den Achsen eines Würfels dargestellt. Aus dem Score der einzelnen Kategorien lässt sich das Potential für die Zirkularität eines Produktes oder einer Komponente ableiten.

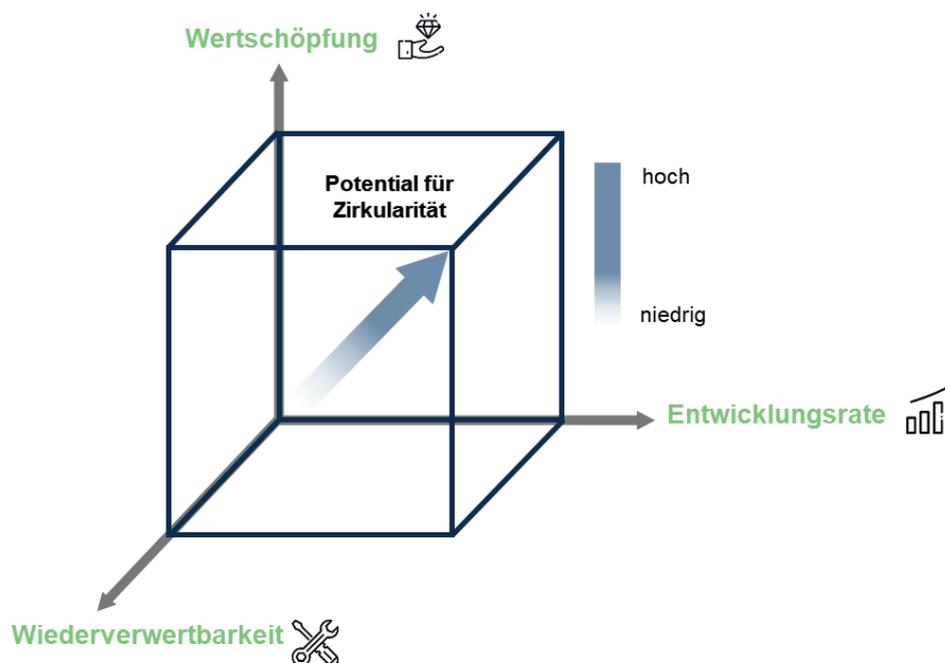


Abbildung 6 – Die drei Dimensionen des Circularity Assessments

In der Liste der Kriterien ist für jedes Kriterium ersichtlich, welche R-Strategien davon betroffen sind. Dadurch können Unternehmen, die gezielt eine bestimmte R-Strategie implementieren möchten, nach den relevanten Kriterien filtern.

Für jedes Kriterium wird im Rahmen dieses Circularity Assessments eine qualitative Skala von eins bis fünf verwendet. Jedes Kriterium enthält eine Beschreibung für eine niedrige Bewertung (1) und eine hohe Bewertung (5). Unternehmen sind dazu angehalten, eine Einschätzung vorzunehmen und das Kriterium entsprechend zu bewerten. Eine hohe Bewertung weist darauf hin, dass das Produkt in Bezug auf das jeweilige Kriterium gut für die Kreislaufwirtschaft geeignet ist, während eine niedrige Bewertung signalisiert, dass eine Implementierung der Kreislaufwirtschaft in diesem Bereich nur bedingt sinnvoll ist. Um eine valide Bewertung zu gewährleisten, sollte die Einschätzung durch fachkundige Ansprechpersonen im Unternehmen erfolgen.

Zur Veranschaulichung des Vorgehens wird nachfolgend ein Beispielprodukt aus dem Automotive Bereich analysiert. Bei dem Beispielprodukt handelt es sich um einen modernen Matrix-LED-Scheinwerfer. Anhand von drei Beispielkriterien soll die Kreislauffähigkeit des Scheinwerfers bewertet werden: Materialwert / Recyclingwert (Wertschöpfung); Technologische Veränderungen (Entwicklungsrate); Zerstörungsfreie Demontage (Wiederverwertbarkeit) (siehe Abbildung 7).

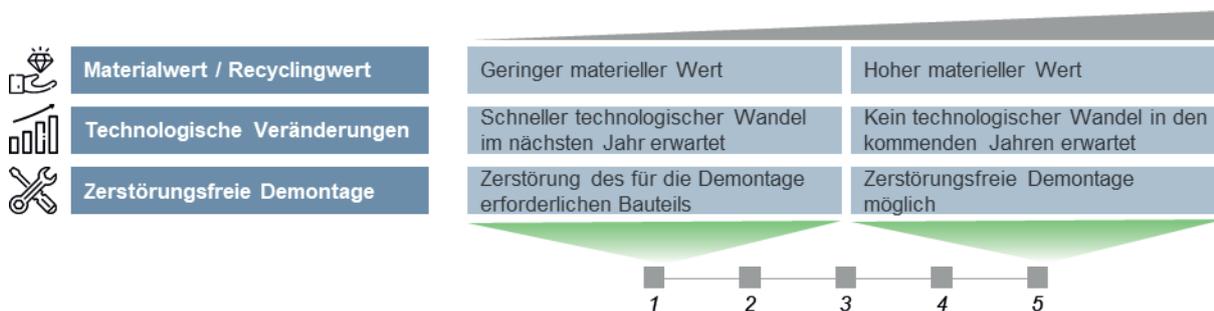


Abbildung 7 - Beispielhafte Kriterien eines Circularity Assessments

Die Scheinwerfereinheit besteht aus einer Kombination verschiedener Materialien, darunter hochwertige technische Kunststoffe für das Gehäuse und die Linse, Aluminium für Kühlkörper sowie elektronische Komponenten mit Anteilen an Kupfer und weiteren Metallen. Zwar ist ein Großteil der verwendeten Materialien prinzipiell recycelbar, allerdings erschwert die Materialvielfalt die sortenreine Trennung. Dadurch liegt der Material- und Recyclingwert im mittleren Bereich, sodass dieses Kriterium auf der Skala mit einer 3 bewertet wird.

Die Technologie innerhalb der Scheinwerfereinheiten unterliegt einem sehr hohen Innovationsdruck. Es werden zunehmend neue Funktionen wie beispielweise adaptive Lichtverteilungen und die Integration von Sensorik implementiert. Diese dynamische technologische Entwicklung führt zu kurzen Innovationszyklen und einer schnellen Obsoleszenz älterer Modelle. Entsprechend wird das Kriterium mit 1 bewertet.

In Bezug auf die Wiederverwendbarkeit weist die Scheinwerfereinheit einen modularen Aufbau auf, der grundsätzlich eine Demontage in Haupt- und Unterkomponenten ermöglicht. Gleichzeitig stellen Verklebungen, Verschweißungen und die kompakte Bauweise Herausforderungen für eine zerstörungsfreie Demontage dar. Insgesamt ist die Demontage unter geeigneten Bedingungen möglich, jedoch nicht durchgängig zerstörungsfrei, weshalb dieses Kriterium mit einer 2 bewertet wird.

Zur finalen Beurteilung der Kreislauffähigkeit der Scheinwerfereinheit sind zusätzliche Kriterien sowie eine übergreifende Betrachtung erforderlich. Die bisherigen Bewertungen deuten jedoch daraufhin, dass das Produkt nur bedingt kreislauffähig ist. Abzuleitende Stellhebel zur Verbesserung der Kreislauffähigkeit könnten auf Basis dieser Bewertung die Reduzierung der Materialvielfalt, die Überarbeitung von Schnittstellen oder das Overengineering von Bauraum zur Vereinfachung von funktionalen Upgrades sein.

Integration von Circularity Assessments im Unternehmen

Damit ein Circularity Assessment zur Weiterentwicklung eines Unternehmens beitragen kann, muss es systematisch in bestehende Prozesse integriert werden. Ein möglicher Ansatz zur Integration ist in Abbildung 8 dargestellt und basiert auf vier aufeinander aufbauenden Schritten.

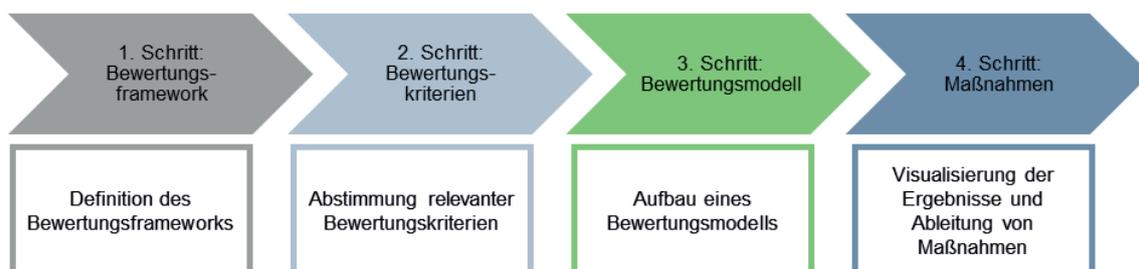


Abbildung 8 – Vier Schritte zur Integration eines Circularity Assessments

Die ersten beiden Schritte wurden bereits in den vorangegangenen Kapiteln detailliert beschrieben und werden hier lediglich zusammenfassend dargestellt. Schritt 1 umfasst die Definition des Bewertungsframeworks, wobei die relevanten Dimensionen festgelegt werden (z. B. Wertschöpfung, Entwicklungsrate, Wiederverwertbarkeit). Anschließend wird eine geeignete Bewertungsmethode bestimmt, beispielsweise die Skalierung der Kriterien von 1 bis 5. Schritt 2 befasst sich mit der Identifikation unternehmensspezifischer Bewertungskriterien, um eine qualitative Einschätzung der Kreislauffähigkeit der Produkte vorzunehmen.

Auf Grundlage dieser Kriterien wird im dritten Schritt ein Bewertungsmodell entwickelt und die Ergebnisse anschließend visualisiert. Hierbei ist zunächst die Ebene der Bewertung entscheidend: Eine zu allgemeine Bewertung auf Produktebene kann die einzelne Potenziale einzelner Komponenten im Kontext der Kreislaufwirtschaft verschleiern. Daher kann es je nach Produktkomplexität sinnvoll sein, das Circularity Assessment auf Komponentenebene durchzuführen. Allerdings führt eine sehr detaillierte Analyse zu einem erhöhten Aufwand, da eine Vielzahl an Komponenten untersucht werden muss (siehe Abbildung 9). Eine pragmatische Lösung besteht darin, sich auf Schlüsselkomponenten innerhalb von Produktgruppen zu konzentrieren, die aufgrund ihrer breiten Verwendung einen besonders großen Einfluss auf die Kreislauffähigkeit des Portfolios haben. Zudem können die zuvor definierten Kriterien individuell gewichtet werden, sodass bestimmte Aspekte stärker in das Gesamtergebnis einfließen. Nach Abschluss der Bewertung werden die Werte für die verschiedenen Dimensionen aggregiert. Wie in Abbildung 6 gezeigt, kann zur Visualisierung der Ergebnisse eine Portfoliodarstellung mit drei Bewertungsdimensionen genutzt werden. Diese hilft dabei, die Produkte oder Komponenten mit dem größten zirkulären Potenzial hervorzuheben.

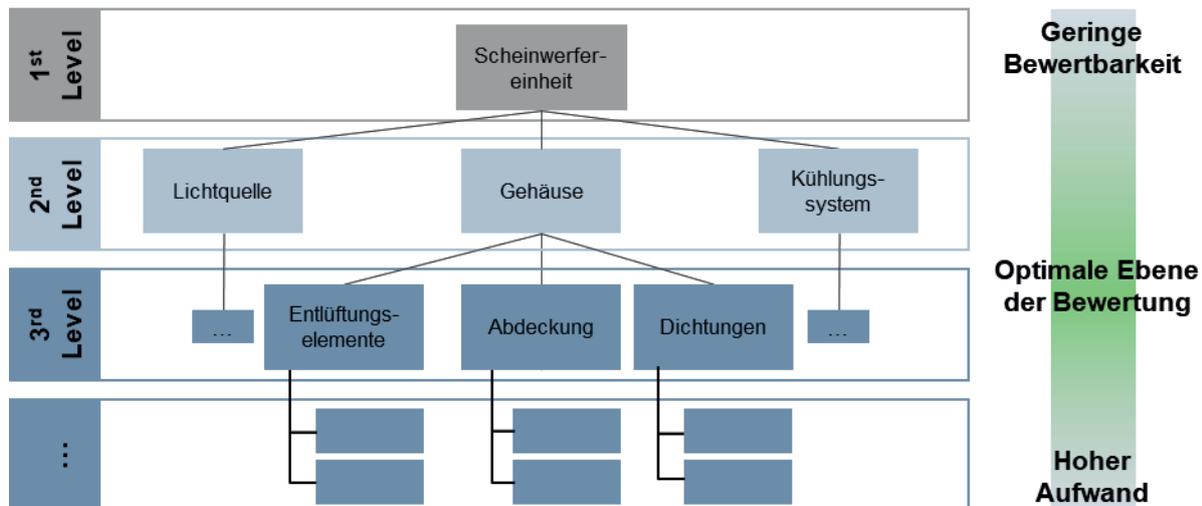


Abbildung 9 – Optimale Bewertungsebene am Beispiel der Scheinwerfereinheit

Im vierten und letzten Schritt werden auf Basis verschiedener Informationsquellen Maßnahmen zur Verbesserung der Kreislauffähigkeit von Produkten erarbeitet und bewertet. Dabei können sowohl Best Practices innerhalb des Unternehmens als auch externe Referenzen herangezogen werden. Ergänzend können wissenschaftliche Veröffentlichungen, Richtlinien und Normen analysiert werden. Zudem ist es sinnvoll, etablierte Design for X (DfX)-Ansätze zu berücksichtigen. Darunter fällt beispielsweise die Verbesserung der Zerlegbarkeit durch den Verzicht auf nicht lösbare Verbindungselemente (Design for Disassembly) oder die Erhöhung des Einsatzes standardisierter Komponenten zur Verbesserung der Austauschbarkeit und Wiederverwendbarkeit (Design for Standardization). Ein hilfreiches Instrument zur systematischen Identifikation geeigneter DfX-Strategien bietet das Ecodesign Strategy Wheel (siehe Abbildung 10). Es zeigt auf, welche Maßnahmengruppen zur Verfügung stehen, um Produkte nachhaltiger und kreislauffähiger zu gestalten. Dabei werden die Maßnahmen in vier Ebenen unterteilt: Konzeptentwicklung, Produktkomponenten-Level, Produktstruktur-Level und Produktsystem-Level.

Im Bereich der Konzeptentwicklung lassen sich beispielsweise durch Produktinnovation oder Geschäftsmodellinnovation grundsätzliche Weichen für eine nachhaltige Gestaltung stellen. Auf Produktkomponenten-Level zielen Strategien wie die Verringerung der Materialauswirkungen oder die Reduzierung des Materialverbrauchs darauf ab, die Ressourcennutzung zu optimieren. Das Produktstruktur-Level adressiert unter anderem die Optimierung der Produktionstechniken, die Optimierung der Distribution sowie die Reduzierung der Nutzungsauswirkungen. Schließlich stehen auf Produktsystem-Level Maßnahmen wie die Verlängerung der Lebensdauer und die Verbesserung des End-of-Life Managements im Fokus – zentrale Ansätze für eine bessere Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit von Produkten.

Das Strategy Wheel macht somit deutlich, an welchen Punkten entlang des Produktlebenszyklus gezielte DfX-Maßnahmen ansetzen können, um die Kreislauffähigkeit systematisch zu steigern.²⁹



Abbildung 10 – Ecodesign Strategy Wheel³⁰

Die ermittelten Maßnahmen werden schließlich miteinander verglichen. Dabei erfolgt eine Gegenüberstellung der Effektivität der Maßnahme – basierend auf den Schritten 1 bis 3 – und des Umsetzungsaufwands. Maßnahmen mit hoher Effektivität bei gleichzeitig geringem Aufwand sollten priorisiert werden.

30 Vgl. van Hemel (1997), Ecodesign, a promising approach to sustainable production and consumption

Schlussfolgerungen und Fazit

Der vorliegende Leitfaden zeigt auf, dass die Umsetzung von Kreislaufwirtschaft in Unternehmen nicht nur ökologisch sinnvoll, sondern auch wirtschaftlich vorteilhaft sein kann. Durch die gezielte Anwendung technischer R-Strategien können Produkte ressourceneffizienter gestaltet, ihre Lebensdauer verlängert und neue Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden. Gleichzeitig wird deutlich, dass solche Ansätze weitreichende Transformationen auf Produkt-, Geschäftsmodell- und Prozessebene erfordern.

Circularity Assessments bieten in diesem Kontext eine effektive Methode, um die Kreislauffähigkeit von Produkten systematisch zu bewerten und fundierte Entscheidungen für zirkuläre Strategien zu treffen. Ihr qualitativer Charakter erlaubt es, auch ohne vollständige Datengrundlage erste Einschätzungen vorzunehmen und Handlungspotenziale zu identifizieren. Dabei wird insbesondere der Aufbau unternehmensspezifischer Bewertungsmodelle empfohlen, um die Einbindung in bestehende Entwicklungs- und Innovationsprozesse zu ermöglichen.

Langfristig kann die Integration solcher Assessments dazu beitragen, Nachhaltigkeit als festen Bestandteil der Unternehmensstrategie zu verankern. Sie schaffen Orientierung in einem komplexen Transformationsprozess und ermöglichen es, ökologisch sinnvolle und wirtschaftlich tragfähige Maßnahmen gezielt zu priorisieren.

Anhang

Kriteriensammlung für Circularity Assessments

Die nachfolgenden Kriterien repräsentieren ein praktikables Set, um in das Thema Circularity Assessment einzusteigen. Für präzisere Ergebnisse sollte es an die Unternehmensgegebenheiten sowie an das Produkt angepasst werden.

Dimension	Kriterium	Erläuterung	Verwandte Fragestellungen
Entwicklungsrate	Robustheit des Produkts/ Materialqualität	Eine hohe Robustheit und Materialqualität führt zu einer langen Produktlebensdauer, was die Möglichkeiten der Wiederverwertung verbessert.	<ul style="list-style-type: none"> Wie ist der Zustand des Produkts am Ende einer regulären Nutzung? Gibt es eine Diskrepanz zwischen realer Nutzungszeit und theoretisch möglicher?
Entwicklungsrate	Abweichende Lebensdauer von Komponenten	Leben einzelne Komponenten länger als das Gesamtprodukt, eröffnet dies Möglichkeiten für eine Wiederverwendung.	<ul style="list-style-type: none"> Welche Komponente ist hauptverantwortlich für Ausfälle?
Entwicklungsrate	Kompatibilität mit neuen Produktgenerationen	Eine hohe Kompatibilität (Schnittstellen, Software, etc.) birgt Potential für Upgrades und somit eine Verlängerung der Produktlebensdauer.	<ul style="list-style-type: none"> Worin bestehen die Unterschiede zwischen Produktgenerationen?
Entwicklungsrate	Grad der Standardisierung der Komponenten	Ein hoher Standardisierungsgrad vereinfacht Reparaturen und das Austauschen von Komponenten.	<ul style="list-style-type: none"> Wie standardisiert sind Bauräume, Schnittstellen, Geometrien, ...? Wie hoch ist der Grad der Modularisierung?
Entwicklungsrate	Technologischer Wandel	Ein schneller technologischer Wandel von Produkten reduziert die Attraktivität von zweiten Lebenszyklen, bei einzelnen Komponenten ermöglicht es aber Upgrades.	<ul style="list-style-type: none"> Wie schnell gilt das Produkt am Markt als veraltet? Woran liegt dies? Wie lange sind die Innovationszyklen?
Wiederverwertbarkeit	Eignung für Lagerung und Transport	Einfache Lagerung und Transportmöglichkeiten erleichtern die Reverse Logistik.	<ul style="list-style-type: none"> Wie sperrig oder schwer ist das Produkt? Hat es besondere Anforderungen an Lagerung und Transport?
Wiederverwertbarkeit	Bewertungsmöglichkeit des Zustands der Komponente(n)	Die Möglichkeit einer einfachen und schnellen Bewertung des Produktzustandes reduziert den Aufwand einer Wiederverwertung.	<ul style="list-style-type: none"> Wie gut und schnell sind kritische Komponenten inspizierbar? Ist eine Demontage, besonderes Werkzeug oder Mitarbeiterqualifizierung nötig?
Wiederverwertbarkeit	Aufwand der (zerstörungsfreien) Demontage	Eine einfache und zerstörungsfreie Demontage reduziert den Aufwand einer Wiederverwertung.	<ul style="list-style-type: none"> Sind alle Schnittstellen lösbar oder verklebt? Wie gut sind diese zugänglich? Wird spezielles Werkzeug oder besondere Qualifizierung benötigt?

Wiederverwertbarkeit	Aufwand für die Wiederaufbereitung	Eine einfache Wiederaufbereitung reduziert die Kosten für 2nd-life Produkte.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie aufwändig ist eine Reparatur? • Wie leicht lassen sich Gebrauchsspuren entfernen?
Wiederverwertbarkeit	Gefährliche/toxische Stoffe	Gefährliche Stoffe erhöhen den Aufwand einer Wiederaufbereitung und sorgen für zusätzliche Kosten.	<ul style="list-style-type: none"> • Wird aufgrund der Stoffe besondere Ausrüstung benötigt? • Besteht eine Gefahr für Mitarbeitende bei der Wiederaufbereitung (auch aufgrund anhaftender Stoffe)?
Wiederverwertbarkeit	Rechtliche Hindernisse	Rechtliche Einschränkungen einer Wiederverwendung erschweren eine Wiederaufbereitung.	<ul style="list-style-type: none"> • Sind Zertifizierungen nötig? Ist eine Garantierneuerung möglich? Gibt es Sicherheitsrisiken bei erneuter Verwendung des Produkts?
Wertschöpfung	Kritikalität der Beschaffung	Besteht eine hohe Kritikalität in der Beschaffung von einzelnen Materialien oder Komponenten erhöht das die Attraktivität einer Wiederaufbereitung.	<ul style="list-style-type: none"> • Liegt eine hohe Abhängigkeit von einzelnen Lieferanten und Ländern vor? Stammen Komponenten aus kritischen Ländern? Wie sehr schwanken die Preise für Materialien und Komponenten?
Wertschöpfung	Komplexität der Lieferkette	Eine hohe Komplexität der Lieferkette erschwert fachkundige Wiederaufbereitungsprozesse.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie verzweigt ist die Lieferkette? Wie viel lieferantenbezogenes Fachwissen wird für die Aufbereitung der Komponenten benötigt?
Wertschöpfung	Wirtschaftliche Kosten der Komponentenproduktion	Kosten- und ressourcenintensive Produktionsprozesse erhöhen die Attraktivität einer Wiederaufbereitung.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch ist der Wertschöpfungsanteil der Produktion?
Wertschöpfung	Materialwert	Ein hoher Materialwert im Vergleich zur produktionsseitigen Wertschöpfung erhöht die Attraktivität von Recycling.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch ist der Wertanteil des verwendeten Materials?
Wertschöpfung	Recyclbarkeit der Materialien	Die Verwendung von Monomaterialien vereinfacht das Recycling.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie gut lassen sich die verwendeten Materialien trennen und ohne Qualitätsverlust recyceln?
Wertschöpfung	Einsatz von energieeffizienter Technologie	Niedrige Energieverbräuche in der Nutzung erhöhen die Attraktivität eines zweiten Lebenszyklus.	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch ist der Anteil der energieverbrauchsbezogenen Emissionen und Kosten in der Nutzung?

Aussagekraft der Kriterien bezüglich ausgewählter R-Strategien

Im Folgenden findet sich eine Übersicht, was die Kriterien jeweils bzgl. der Eignung für ausgewählte R-Strategien aussagen. Dazu wurden die in der Praxis gängigsten R-Strategien ausgewählt: Reuse, Repair, Remanufacture und Recycle. In der Tabelle bedeutet ein „+“, dass sich das Kriterium mit der dargestellten Bezugsausprägung positiv auf die Eignung für die jeweilige R-Strategie auswirkt. Eine „0“ bedeutet keinen nennenswerten Einfluss und „-“ bedeutet einen negativen Einfluss.

Dimension	Kriterium	Bezugs-ausprägung	Reuse	Repair	Remanufacture	Recycle
Entwicklungsrate	Robustheit des Produkts/ Materialqualität	eine hohe Robustheit	+	+	+	0
Entwicklungsrate	Abweichende Lebensdauer von Komponenten	Komponenten mit unterschiedliche langen Nutzungsphasen	-	+	+	0
Entwicklungsrate	Kompatibilität mit neuen Produktgenerationen	Hohe Kompatibilität	0	0	+	0
Entwicklungsrate	Grad der Standardisierung der Komponenten	Hohe Standardisierung	0	0	+	0
Entwicklungsrate	Technologischer Wandel	Schneller technologischer Wandel	-	-	0	0
Wiederverwertbarkeit	Eignung für Lagerung und Transport	Gute Eignung	+	+	+	0
Wiederverwertbarkeit	Bewertungsmöglichkeit des Zustands der Komponente(n)	Einfache Bewertungsmöglichkeit	+	+	+	+
Wiederverwertbarkeit	Aufwand der (zerstörungsfreien) Demontage	Geringer Aufwand	0	+	+	+
Wiederverwertbarkeit	Aufwand für die Wiederaufbereitung	Geringer Aufwand	0	0	+	0
Wiederverwertbarkeit	Gefährliche/toxische Stoffe	Keine gefährlichen Stoffe	0	+	+	+
Wiederverwertbarkeit	Rechtliche Hindernisse	Keine rechtlichen Hindernisse	+	+	+	0
Wertschöpfung	Kritikalität der Beschaffung	Hohe Kritikalität	+	+	+	+
Wertschöpfung	Komplexität der Lieferkette	Geringe Komplexität	0	+	+	0
Wertschöpfung	Wirtschaftliche Kosten der Komponentenproduktion	Hohe Kosten	+	+	+	-
Wertschöpfung	Materialwert	Hoher Materialwert	-	-	-	+
Wertschöpfung	Recyclbarkeit der Materialien	Hohe Recyclbarkeit	0	0	0	+
Wertschöpfung	Einsatz von energieeffizienter Technologie	Hohe Energieeffizienz	+	+	+	0

Literaturverzeichnis

BCG (2024), These 9 Forces Are Reshaping the Global Business Landscape. URL: <https://www.bcg.com/publications/2024/9-forces-reshaping-the-global-business-landscape> . Zuletzt geprüft am 17.01.2024.

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2025), Nachhaltigkeit. URL: <https://www.bmz.de/de/service/lexikon#lexikon=14700> . Zuletzt geprüft am 23.06.2025.

DIN (2020)DIN 2020
DIN EN 45554:2020-10 (2020)

DIN (2025)DIN 2025
DIN EN 45560:2025-04 (2025)

Ellen MacArthur Foundation (2013), Towards the circular economy Vol. 1 - An economic and business rationale for an accelerated transition, Cowes.

European Parliament (2022), Sustainable economy: Parliament adopts new reporting rules for multinationals | News | European Parliament. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20221107IPR49611/sustainable-economy-parliament-adopts-new-reporting-rules-for-multinationals> . Zuletzt geprüft am 17.01.2024.

ISO (2024)ISO 2024
ISO 59004:2024 (2024)

Kadner, S.; Kobus, J.; Hansen, E. G.; Akinci, S.; Elsner, P.; Hagelüken, C.; Jaeger-Erben, M.; Kick, M.; Kwade, A.; Müller-Kirschbaum, T.; Kühl, C.; Obeth, D.; Schweitzer, K.; Stuchtey, M.; Vahle, T.; Weber, T.; Wiedemann, P.; Wilts, H.; Wittken, R. von (2021), Circular Economy Roadmap for Germany, acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.

Potting, J.; Hekkert, M.; Worrell, E.; Hanemaaijer, A. (2017), Circular economy: Measuring innovation in the product chain, Den Haag.

PricewaterhouseCoopers (2024), CEOs struggle to reduce greenhouse gases to net zero. URL: <https://www.pwc.nl/en/insights-and-publications/themes/economics/25th-ceo-survey.html> . Zuletzt geprüft am 17.01.2024.

Riesener, M.; Keuper, A.; Kelbel, N.; Tschauder, H.; Schuh, G. (2024), Guiding Principles For The Manufacturing Industry For Establishing Re-Assembly, Hannover : publish-Ing.

Schmidt (2021), Ditching the throwaway society: Germany's path to a circular economy - acatech - National Academy of Science and Engineering. URL: <https://en.acatech.de/allgemein/ditching-the-throwaway-society-germanys-path-to-a-circular-economy/> . Zuletzt geprüft am 22.01.2024.

Schmidt, C. M.; Weber, T. (2024), Digitale Enabler der Kreislaufwirtschaft - (acatech Studie), München.

Schuh, G.; Mauß, W.; Potente, T.; Schmitz, S.; Adlon, T.; Maetschke, J.; Neumann, H.; Salzwedel, J.; Kozielski, S.; Luckert, M.; Reuter, C.; Schmidhuber, M.; Witthöft, J. (2023), Green Re-Assembly Upgrade Factory, Fraunhofer-Gesellschaft.

van Hemel, C. (1997), Ecodesign, a promising approach to sustainable production and consumption.

VDI (2017), Ressourceneffizienz durch Remanufacturing - Industrielle Aufarbeitung von Altteilen - VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse Nr. 18.

Autoren



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh
Direktor des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen
Direktor des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT
Direktor des FIR an der RWTH Aachen
g.schuh@wzl.rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Alexander Keuper
Oberingenieur der Abteilung Innovationsmanagement
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen
a.keuper@wzl.rwth-aachen.de



Nikolai Kelbel, M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
der Abteilung Innovationsmanagement
Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen
n.kelbel@wzl.rwth-aachen.de

Kontakt

Sie möchten ein Circularity Assessment in Ihrem Unternehmen durchführen oder haben Fragen zur Anwendung des Leitfadens? Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von TrendAuto2030plus unterstützen Sie gerne – ob bei der Auswahl geeigneter Produkte, der Durchführung erster Assessments oder der Entwicklung weiterführender Maßnahmen.

Sprechen Sie uns an – telefonisch, per E-Mail oder im persönlichen Gespräch vor Ort oder bei einer unserer Veranstaltungen. Gemeinsam finden wir praxisnahe Ansätze für Ihre nächsten Schritte in Richtung Kreislaufwirtschaft.

Ihr fachlicher Ansprechpartner

Nikolai Kelbel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
der Abteilung Innovationsmanagement

n.kelbel@wzl.rwth-aachen.de

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Produktionssystematik
Campus Boulevard 30
52074 Aachen

Layout und Satz



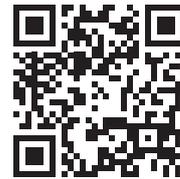
Ulrich Steinsiepe
Leitung Geschäftsstelle TrendAuto2030plus, M.A.
ulrich.steinsiepe@th-koeln.de

Rechtliche Hinweise

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung oder Bearbeitung der Inhalte, auch auszugsweise, ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Autors nicht gestattet, es sei denn, es handelt sich um eine Nutzung im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen. Für die Verwendung von in dieser Publikation enthaltenem Material, das von Dritten stammt und möglicherweise gesondert lizenziert ist, ist eine separate Genehmigung der jeweiligen Rechteinhaber erforderlich. Für die Verwendung von urheberrechtlich geschütztem Material, das in dieser Publikation enthalten ist und nicht durch diese Lizenz abgedeckt ist, müssen die Rechteinhaber direkt kontaktiert werden, um die Erlaubnis zur Weiterverwendung einzuholen. Der Autor übernimmt keine Haftung für Schäden, die aus der Nutzung der in dieser Publikation enthaltenen Informationen resultieren.

Kontakt zum Netzwerk

Transformationsnetzwerk TrendAuto2030plus
info@trendauto2030.de
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln



trendauto2030plus.de

Impressum

TH Köln
Claudiusstr. 1
50678 Köln
Postanschrift
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln

T: + 49 221-8275-0
F: + 49 221-8275-3131
E: poststelle@th-koeln.de

Die TH Köln (Technische Hochschule Köln) ist eine Körperschaft des Öffentlichen Rechts. Sie wird durch die Präsidentin Prof. Dr. Sylvia Heuchemer gesetzlich vertreten.

Zuständige Aufsichtsbehörde:
Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen
Völklinger Str. 49
40221 Düsseldorf
T: +49 211-896-04
F: +49 211-896-4555
<http://www.wissenschaft.nrw.de/>
Umsatzsteuer-Identifikationsnummer gem. § 27a Umsatzsteuergesetz:
DE 122653679



TrendAuto
2030plus