



Transformationsnetzwerk für eine **e**lektrische, **n**achhaltige und digitale **A**utomobilindustrie **2030plus** in der Region Aachen-Bonn-Köln-Gummersbach

Eignung der Produkte für die Kreislaufwirtschaft ermitteln
Circularity Assessments

Das Paradigma von Überproduktion und -kapazität in der produzierenden Industrie wird sich zukünftig ändern müssen – eine Nachhaltigkeitswende ist unausweichlich

PLANETARE GRENZEN

70%

Emissionsanteil durch Materialverbrauch¹⁾

4 Jahre

verbleibendes weltweites CO₂-Budget²⁾

ÜBERPRODUKTION/ÜBERKAPAZITÄT

25%

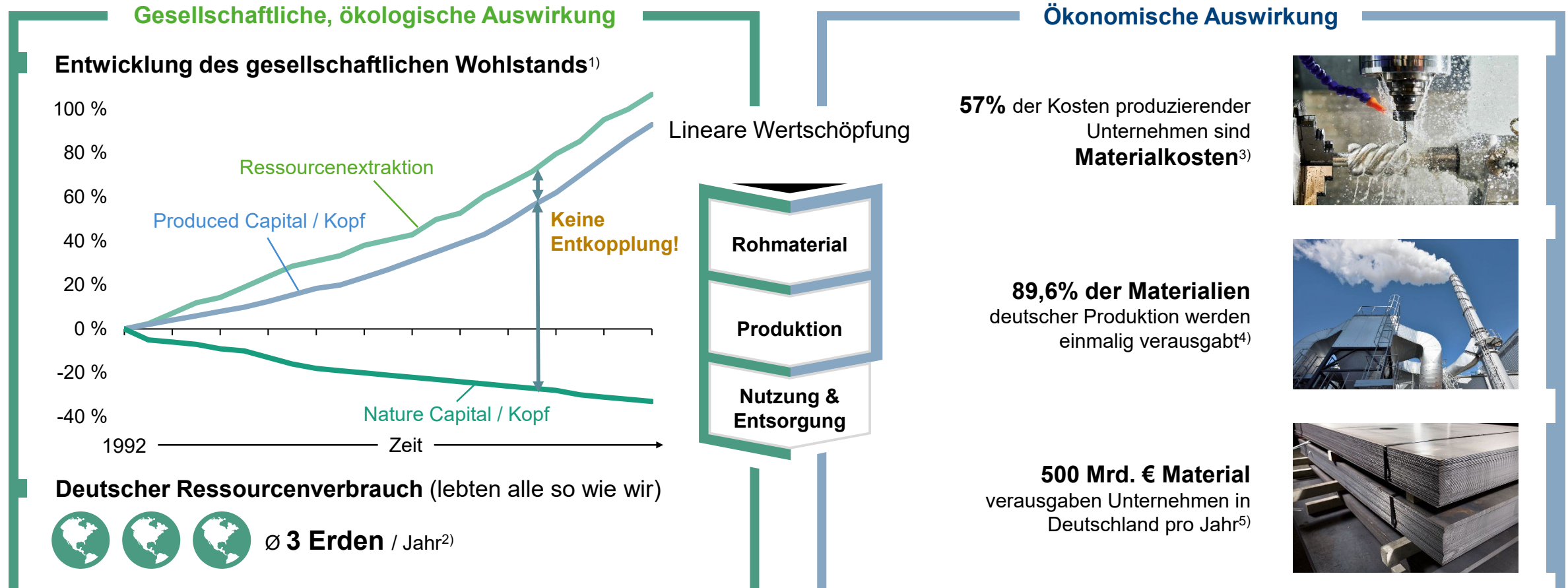
profitable Produktvarianten im Automobilbau³⁾

34%

Auslastung einer Werkzeugmaschine⁴⁾

Quelle: 1) Circularity Gap Report (2023); 2) Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) (2022); 3) Boos (2021) Die Produktionswende; 4) AWK Aachener Werkzeugmaschinen-Kolloquium (2021) Internet of Production

Die lineare Wertschöpfung produzierender Unternehmen sorgt neben materiellem Wohlstandsgewinn für hohe Ressourcenverbräuche und hohe Materialkosten



Quelle: 1) acatech (2021a); Deloitte (2021); 2) World Economic Forum (2021a); 3) Statistisches Bundesamt (2019), exkl. Materialkosten zur Energieerzeugung; 4) BCG (2020); 5) Umweltminist. NRW (2022)

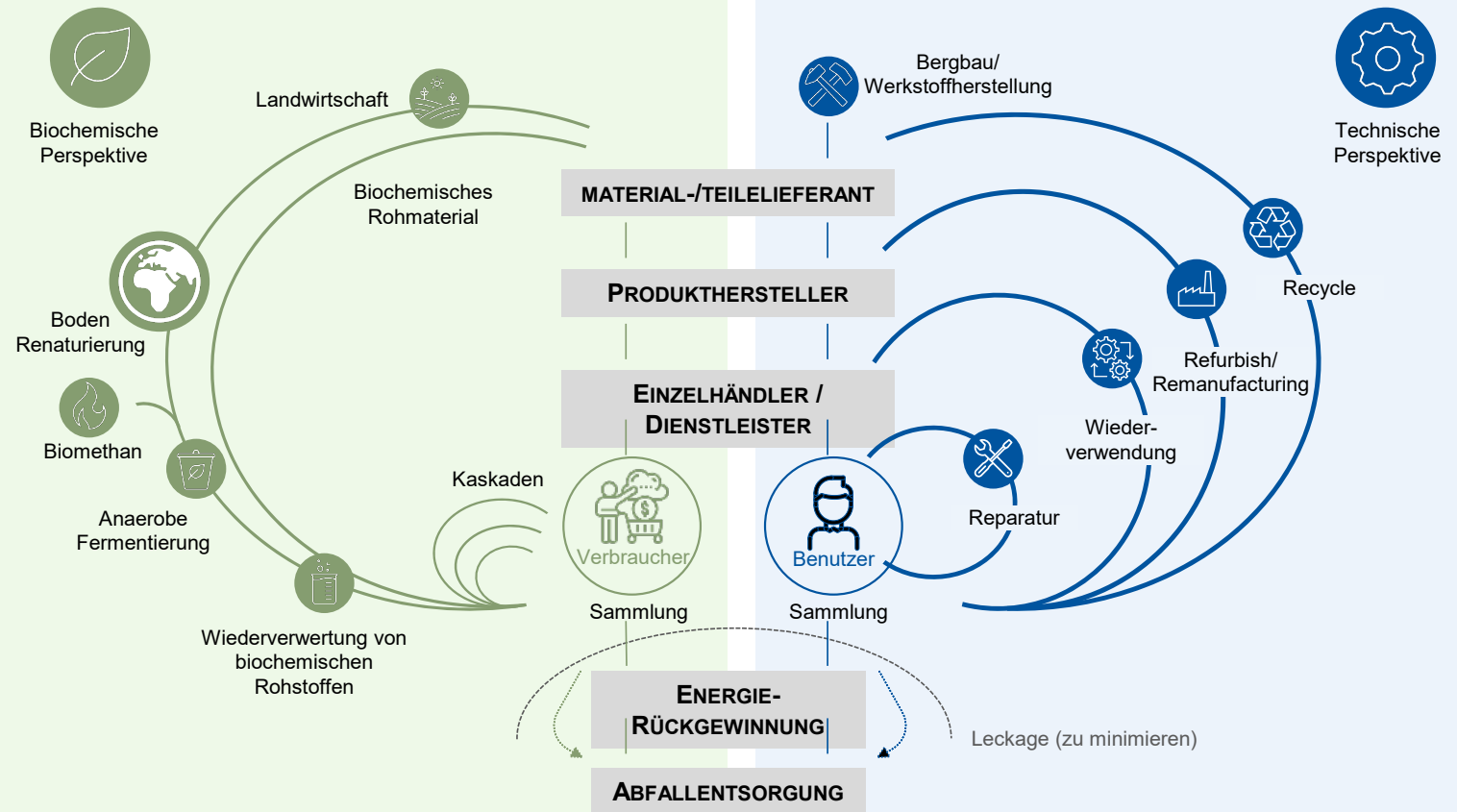
Die Kreislaufwirtschaft ist eine mögliche Lösung, um sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Ziele zu erreichen

Die Kreislaufwirtschaft bezieht sich auf ein Modell, in dem Wirtschaftswachstum nicht mit dem Verbrauch von natürlichen, nicht erneuerbaren Ressourcen einhergeht.

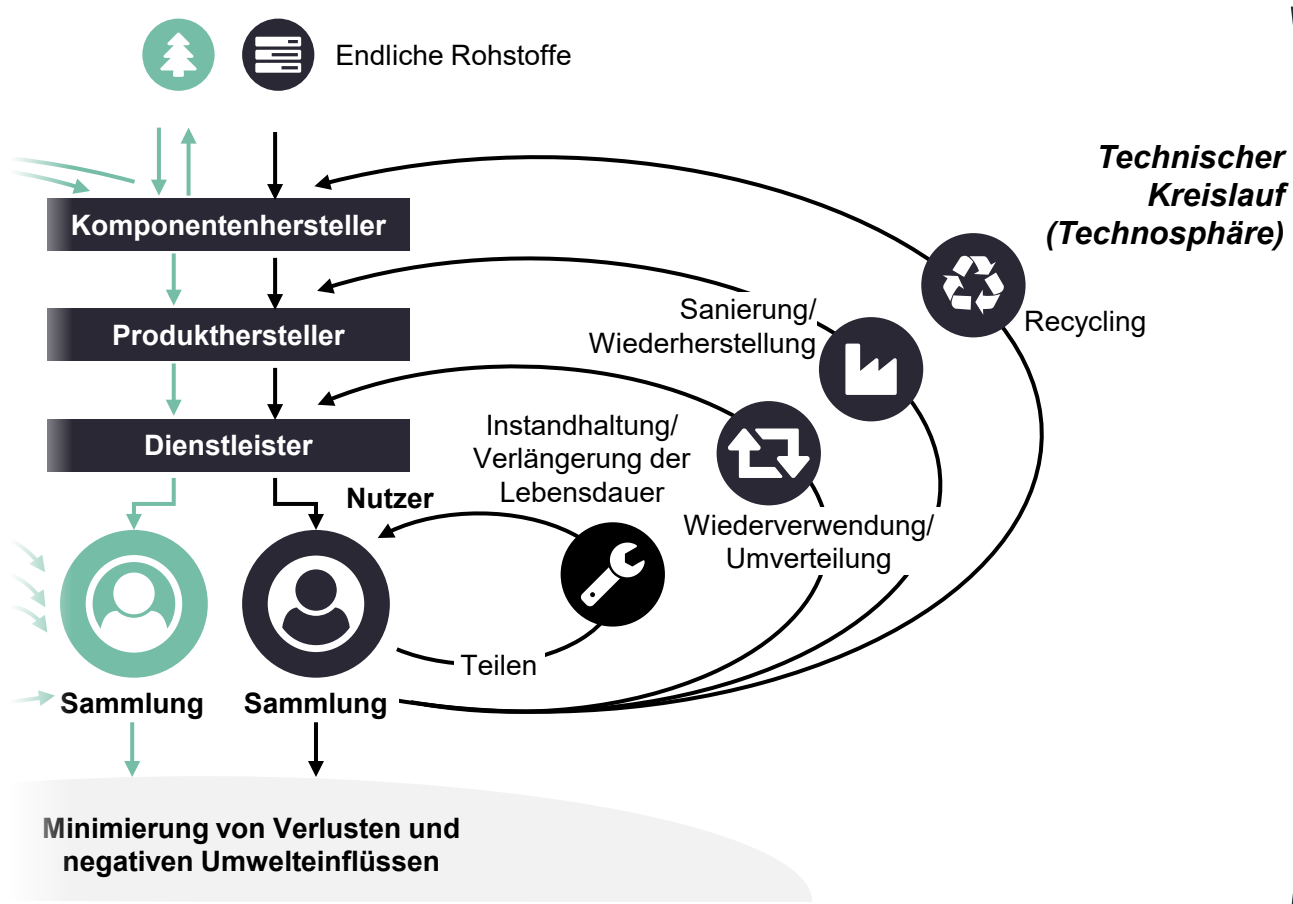
Die Ziele einer Kreislaufwirtschaft:

- Ressourceneffiziente und nachhaltige Nutzung von natürlichen Rohstoffen
- Wiederverwendung und Recycling im Rahmen eines geschlossenen Kreislaufts
- Abfallvermeidung

Im Gegensatz zur linearen Wirtschaft stehen Ökologie und Ökonomie in der Circular Economy also nicht in Konkurrenz zueinander.



Im Optimalfall können durch Design for Circularity Kreisläufe geschlossen werden



Schließung „Closing the Loop“

5

- Erhöhung des Ressourcenwerts
- Einsparung von Energie*
- Reduktion von Abfall

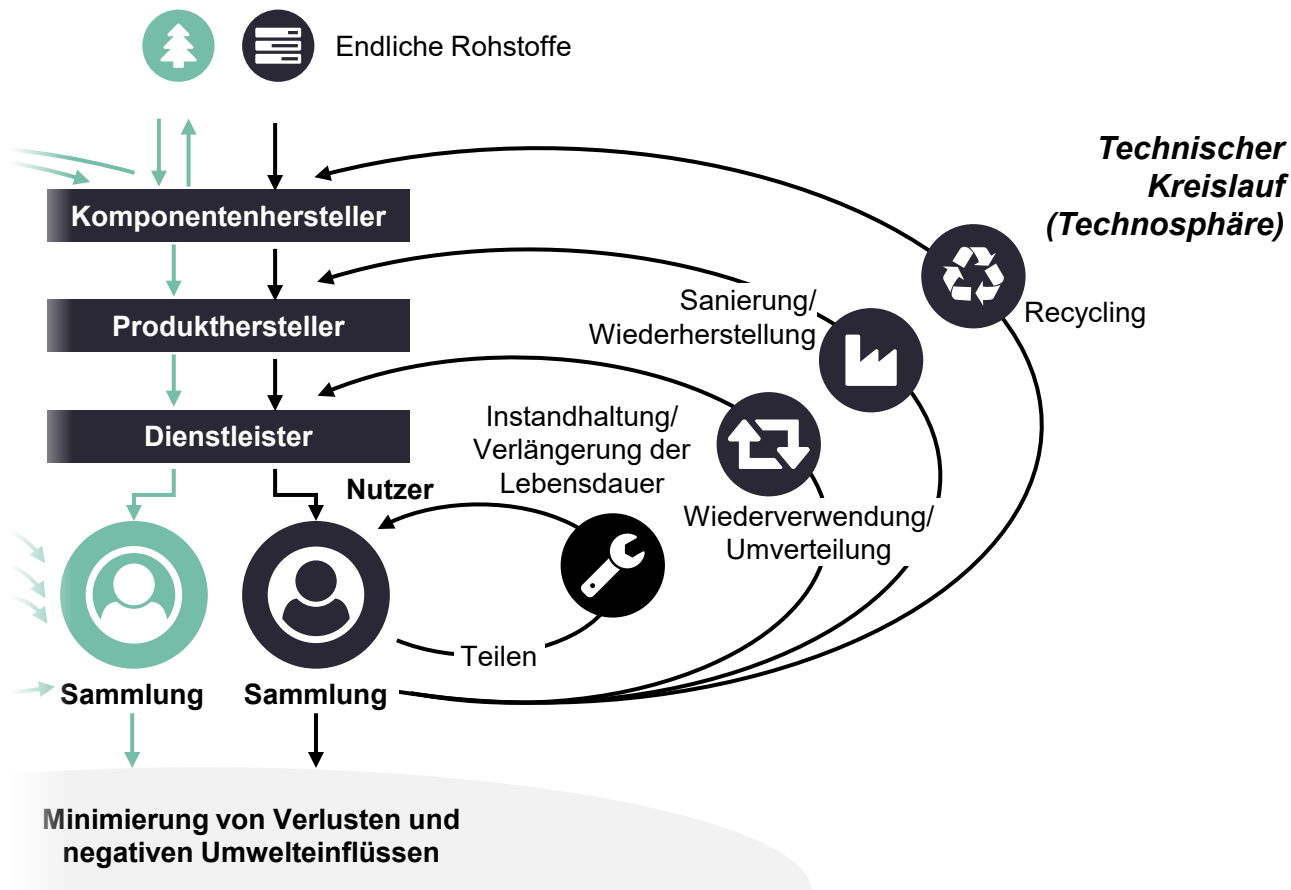


Analyseebene: Material

(*) Das Recycling erzeugt Sekundärrohstoffe durch einen Prozess, der im Allgemeinen weniger Energie verbraucht als die Gewinnung und Veredelung von Primärrohstoffen.

Quelle: EMA Foundation (2019); acatech (2019); Stahel (2010); Bocken (2016); Bocken (2020)

Sollte eine Schließung nicht möglich sein, liegt dennoch großes Potenzial in der Verlangsamung der Kreisläufe von Komponenten und Produkten



Verlangsamung „Slowing the Loop“

-  Erhöhung des Produktwerts
-  Lange Werterhaltung
-  Konzentration auf Suffizienz



Analyseebene:
Komponenten

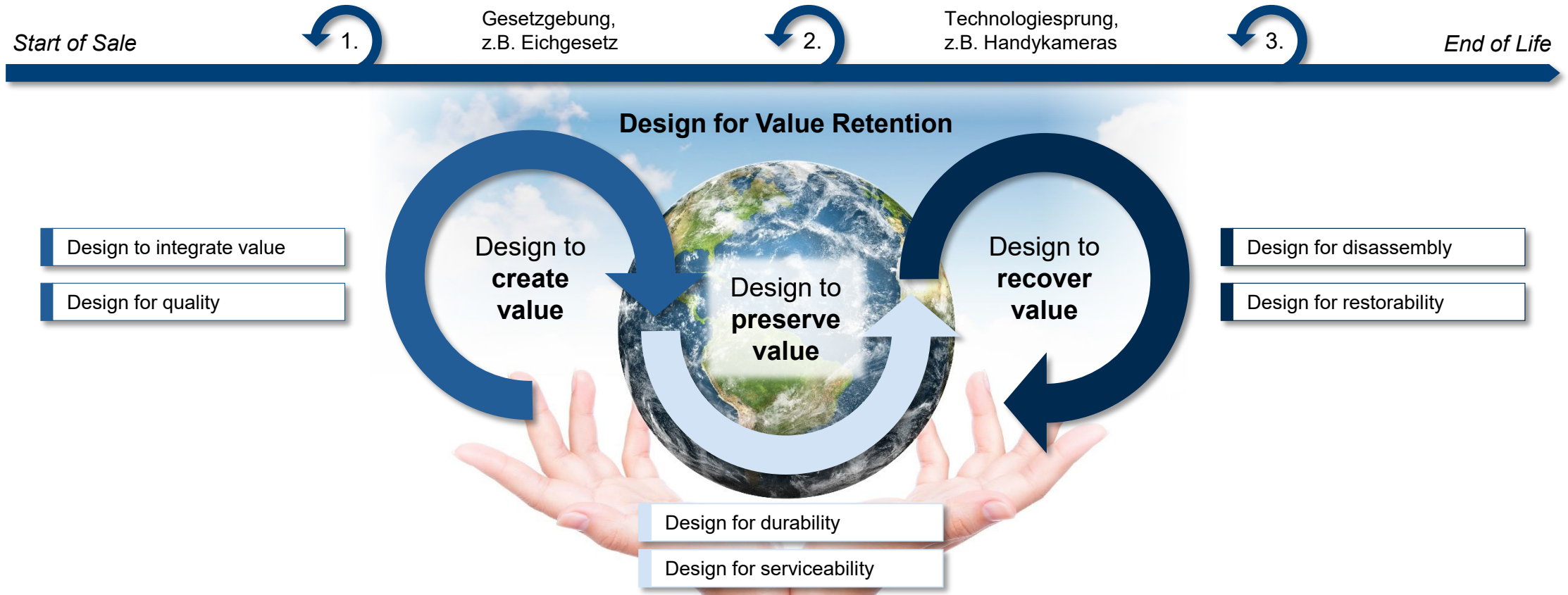
Analyseebene:
Produkt

Quelle: EMA Foundation (2019); acatech (2019); Bocken (2016); Bocken (2018); acatech (2021)

Die sogenannten R-Strategien unterstützen bei der Operationalisierung der Kreislaufwirtschaft

Smartere Produktverwendung und -fertigung		Refuse	Produkte obsolet werden lassen, durch Substitution oder Verzicht
		Rethink	Intensivierung der Nutzung eines Produkts (z.B. durch Sharing-Konzepte)
		Reduce	Erhöhen der Effizienz im Fertigungsprozess oder Verringerung der verwendeten (Primär-) Materialien
Verlängerte Lebensdauer von Produkten und ihren Komponenten		Reuse	Weiterverwendung von gebrauchten, aber noch funktionellen Produkten
		Repair	Reparieren und Instandsetzen von defekten Produkten, sodass die intendierte Funktion weiterhin erfüllt wird
		Refurbish	Wiederherstellen der Funktionsfähigkeit eines alten Produktes und erneutes Einbringen des Produktes in den Markt
		Remanufacture	Aufarbeitung von ausrangierten Produkten oder Komponenten zu Produkten mit gleicher oder höherer Funktionsfähigkeit
Wiederverwertung von Materialien		Repurpose	Verwendung von ausrangierten Produkten oder Komponenten in einer anderen Funktion
		Recycle	Wiedergewinnung von Materialien mit derselben oder verringerter Qualität
		Recover	Thermische/ energetische Verwertung von Materialien

Design for Value Retention in der Designphase von Produkten befähigt eine systematische Kreislaufführung während des Produktlebenszyklus

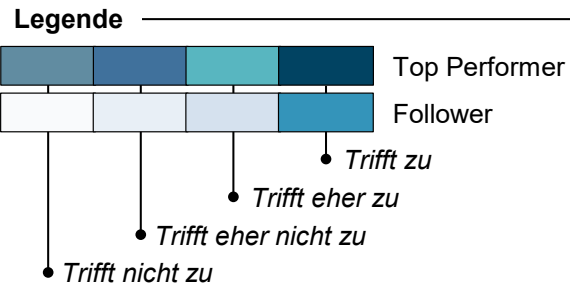
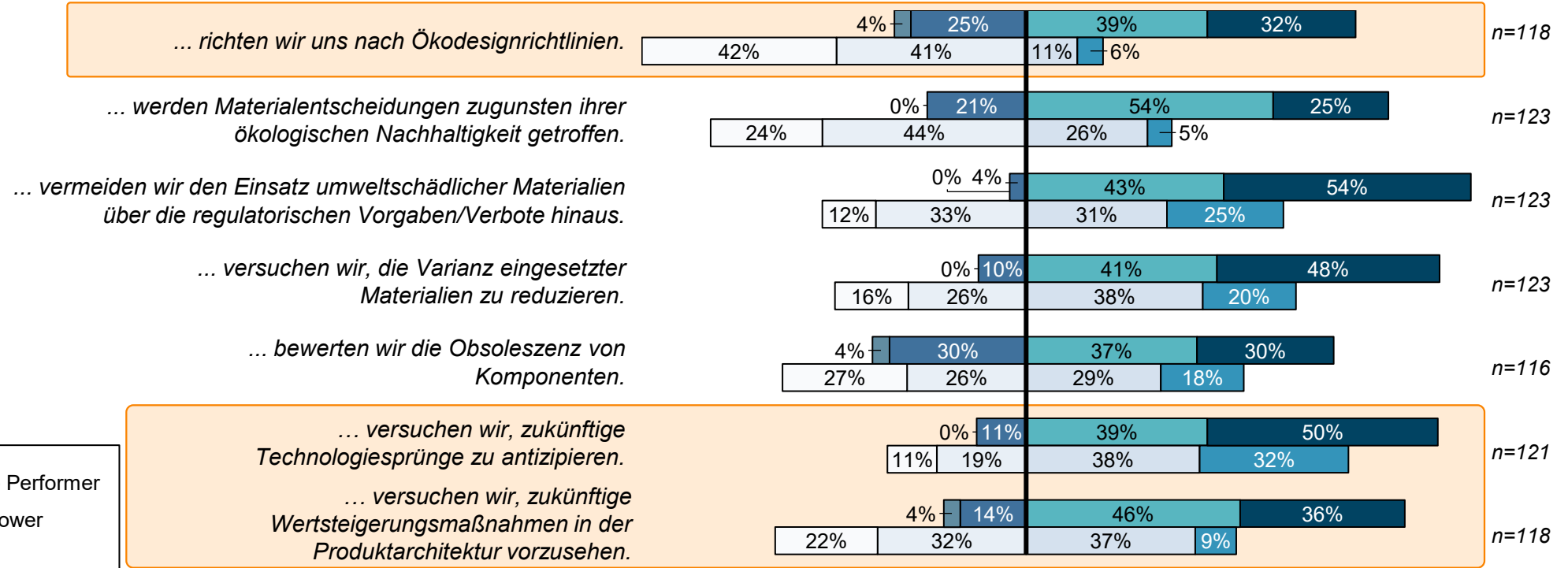


Ziel sollte die systematische Antizipation des Produktlebenszyklus und Planung von Rückführungs-Zyklen unter der Umsetzung des „Design for Value Retention“ sein.

Quelle: UN environment (2018), acatech (2021)

Erfolgreiche Unternehmen gestalten Ihre Produktarchitektur so, dass diese auf die neusten Nachhaltigkeitsstandards angepasst werden kann

»Bei der Gestaltung von Produkten...«



➤ Top Performer nutzen zur Gestaltung von Produkten häufig Richtlinien und Metriken. Insbesondere versuchen sie Technologien zu antizipieren und denken hierfür eine modulare Produktarchitektur vor.

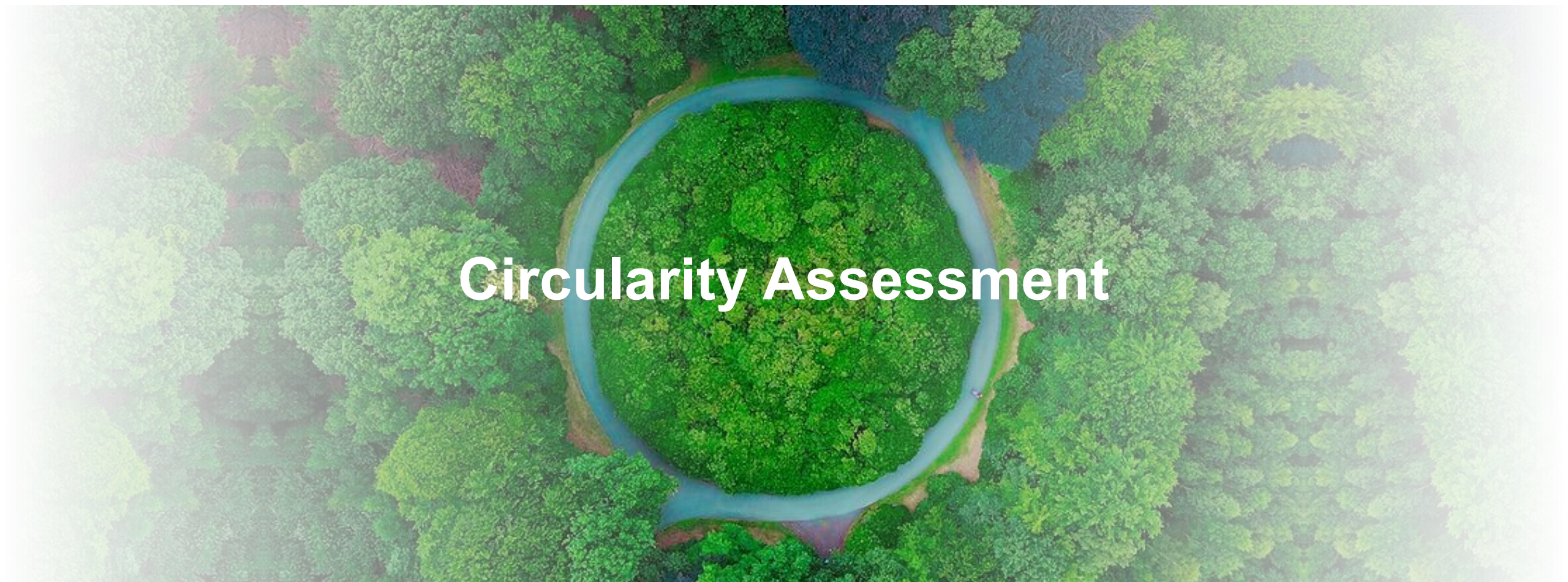
Quelle: Konsortial-Benchmarking „Managing Sustainable Innovations“ des WZL und der Complexity Management Academy (2023)

Ecodesign beschreibt die Berücksichtigung von ökologischer Nachhaltigkeit bei der Produktgestaltung



Quelle: Hessen T&I (2021); Shahbazi (2020); van Hemel (1997)

Wie kann ich für meine Produkte vorgehen? | Ein Modell zur Bewertung der Eignung der Produkte für die Kreislaufwirtschaft basierend auf vier Schritten



Circularity Assessment

Wie kann ich für meine Produkte vorgehen? | Ein Modell zur Bewertung der Eignung der Produkte für die Kreislaufwirtschaft basierend auf vier Schritten



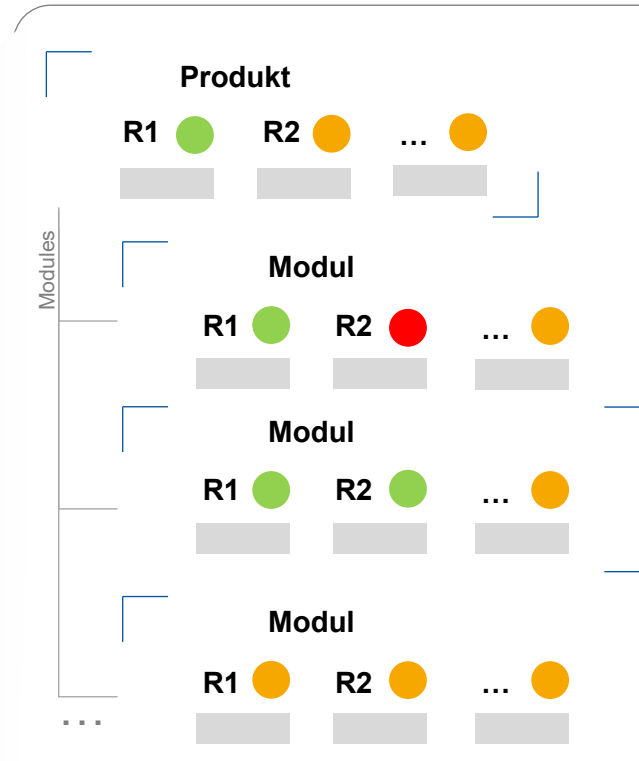
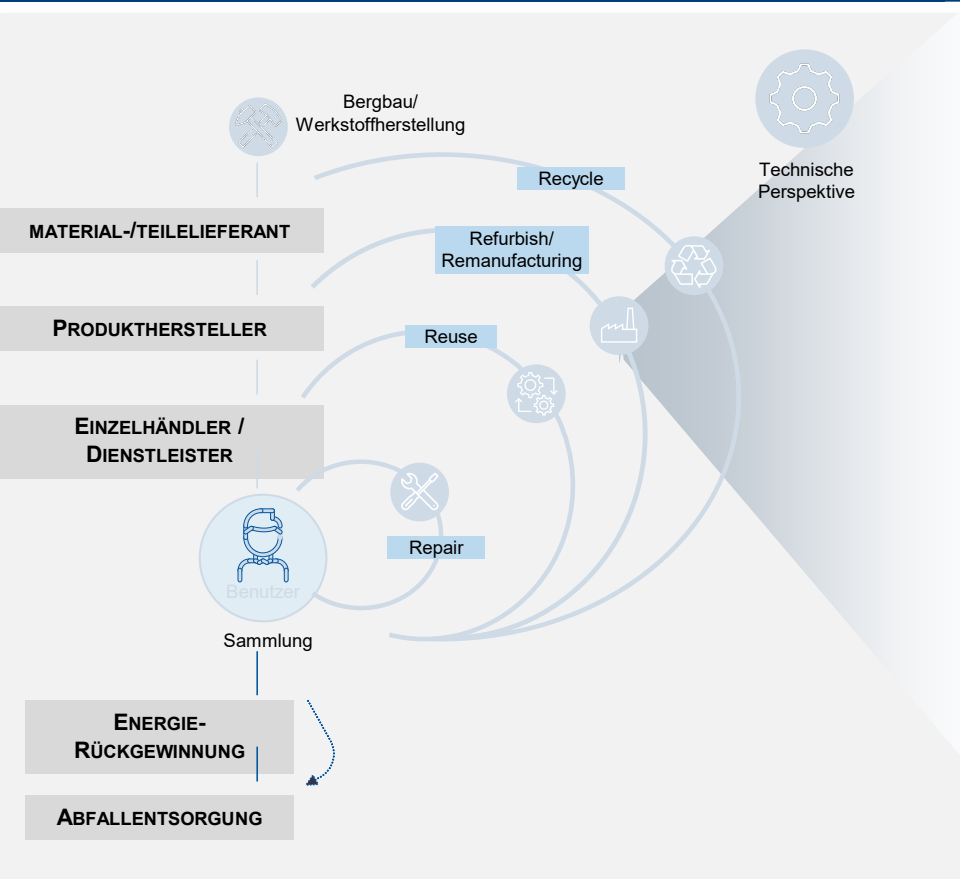
Wie kann ich für meine Produkte vorgehen? | Schritt 1



Schritt 1 | Das Bewertungsframework soll die die qualitative Ermittlung der Eignung von Komponenten hinsichtlich der Kreislaufwirtschaft ermöglichen

Fokus auf
Remanufacturing

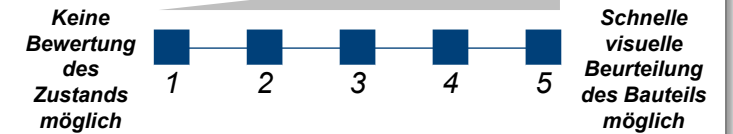
Kreislaufwirtschaftsstrategien



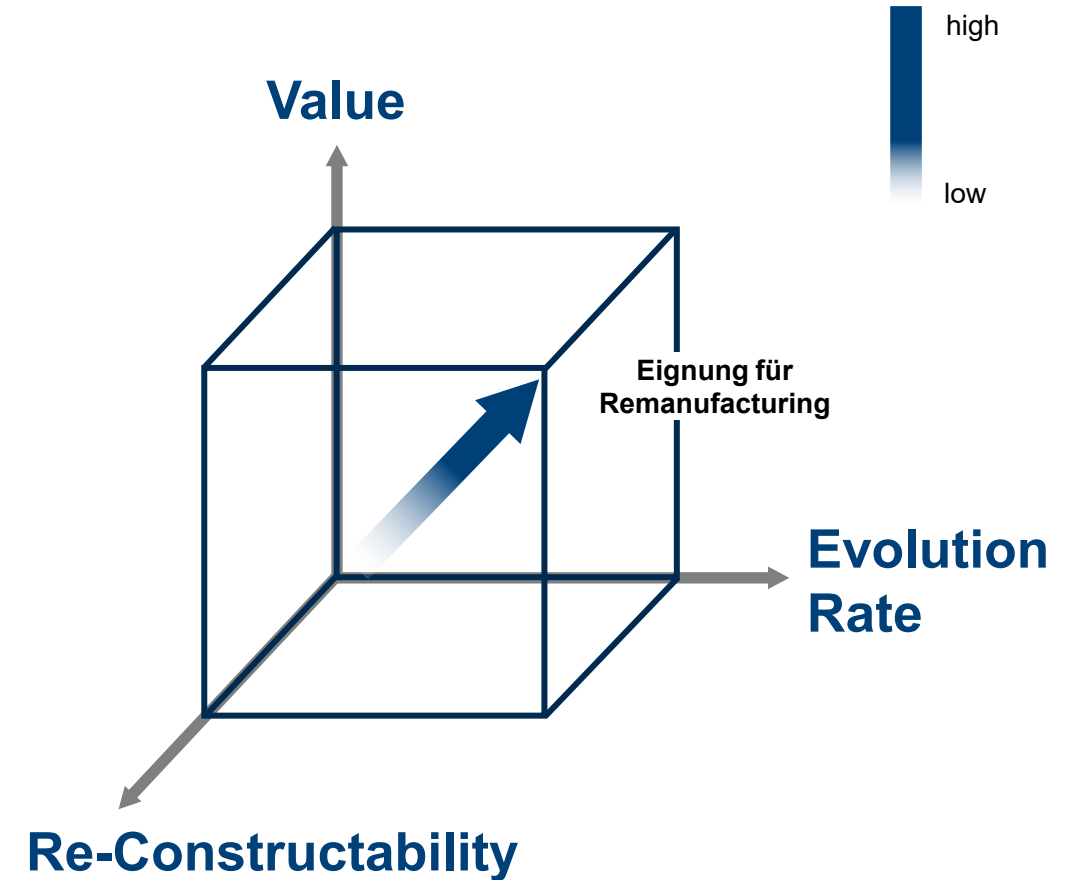
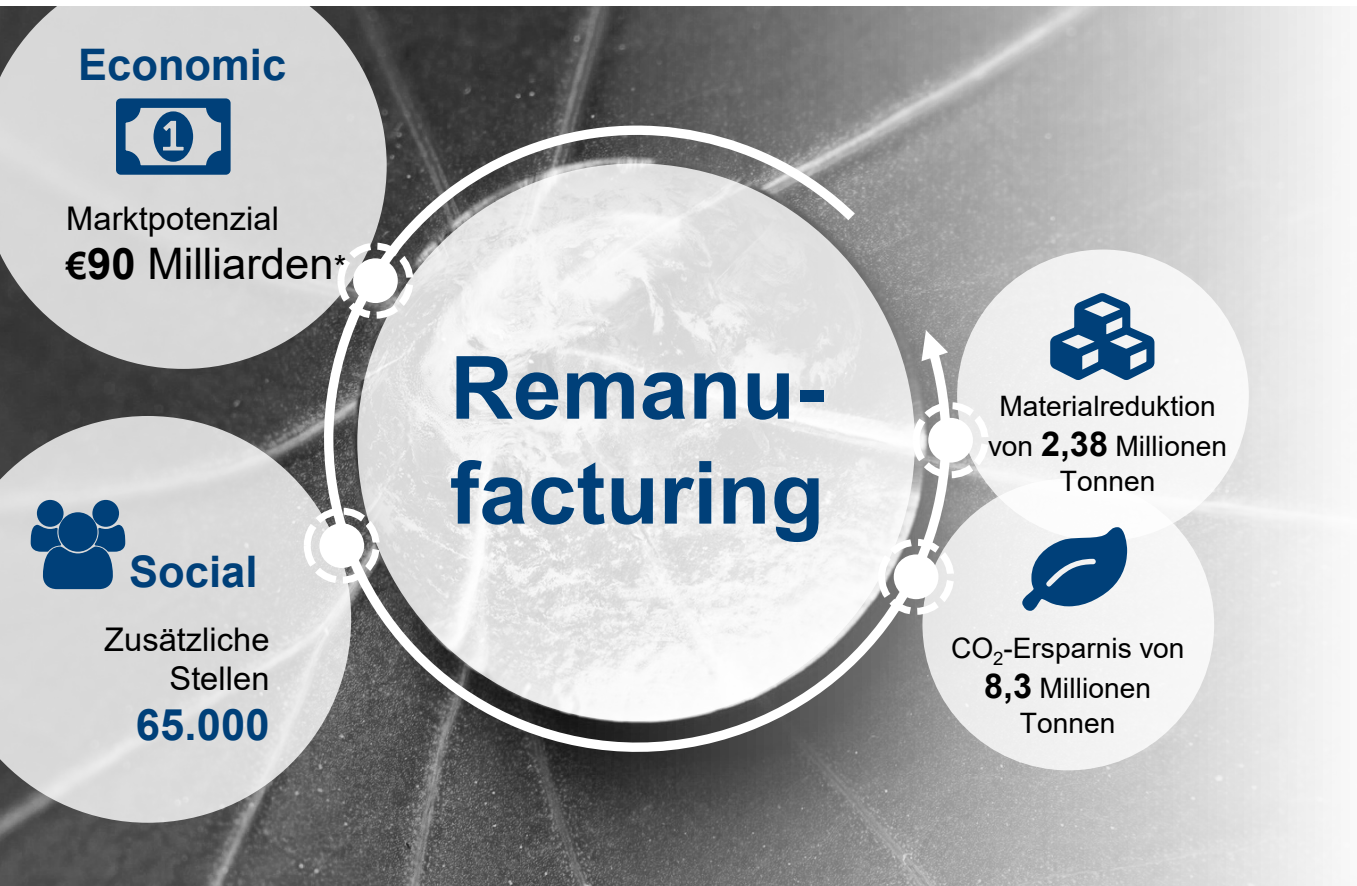
Bewertungskriterien

...	...
Verfügbarkeit von historischen Daten	...
Bewertungsmöglichkeit des Bauteilzustands	...

Bewertungsmöglichkeit des Bauteilzustands



Schritt 1 | Die Eignung von Produkten hinsichtlich Remanufacturing kann anhand von drei übergeordneten Dimensionen bewertet werden

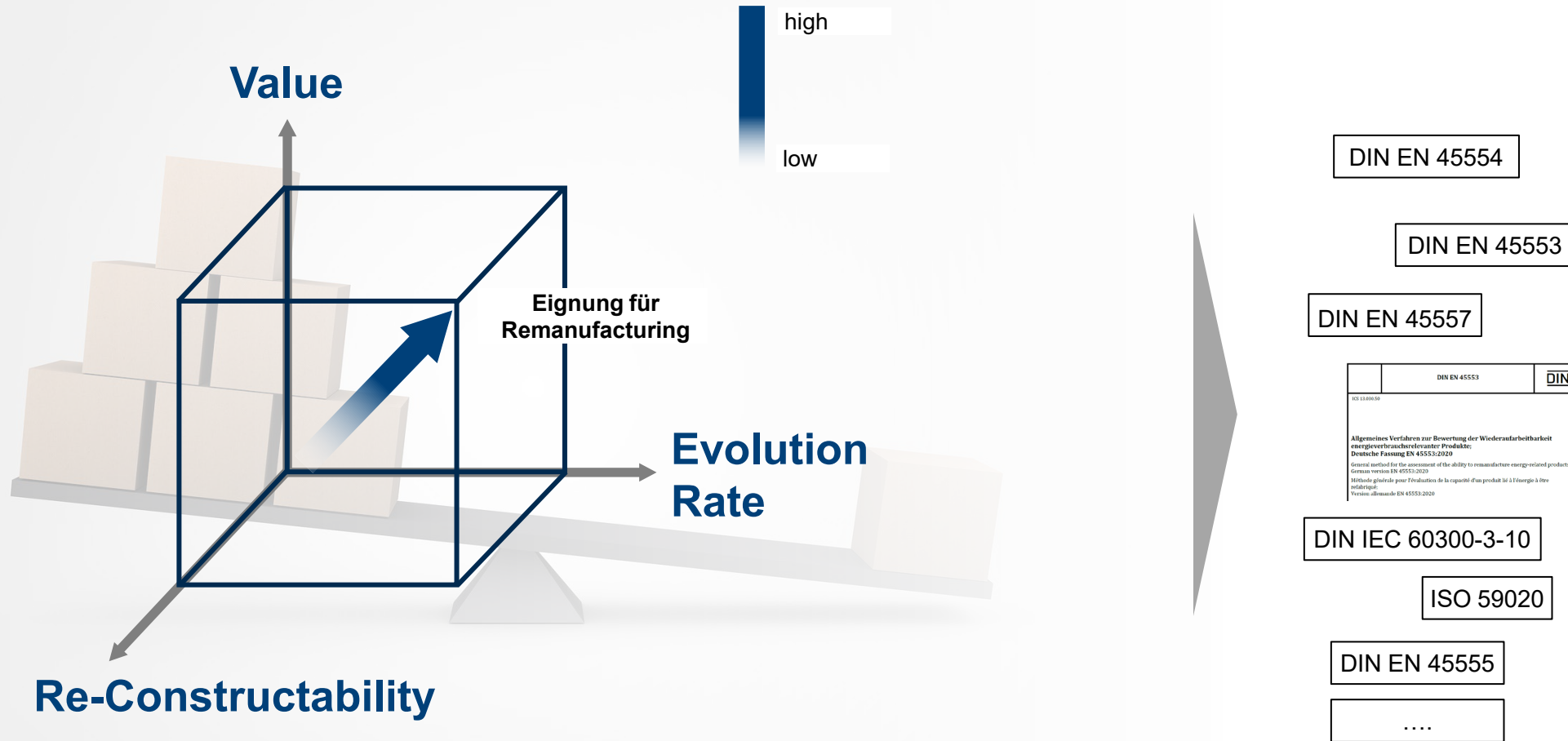


Quelle: UN environment (2018), European Commission (2015), VDI ZRE (2021), VDI ZRE (2017), Sonstige: Medizinische Ausrüstung, Schienenverkehr, Möbel, Marine

Wie kann ich für meine Produkte vorgehen? | Schritt 2



Schritt 2 | Der systematischer Ansatz für die qualitative Bewertung erfolgt über die Identifikation und Definition von verschiedenen Bewertungskriterien



Schritt 2 | Die Bewertung erfolgt anhand von drei Kriterien: Value, Evolution Rate und Re-Constructability

Kritikalität der Supply Chain	Einfache Beschaffung von Komponenten und Material	Kritische Komponente, die zu einem Produktionsstopp führen kann
Materialwert / Recyclingwert	Geringer materieller Wert	Hoher materieller Wert
Stetiger und vorhersehbarer Absatzmarkt	Unvorhersehbarer Absatzmarkt für das Bauteil	Hohe Nachfrage und leicht vorhersehbarer Markt
Wertwahrnehmung (Ansehen)	Kein Wert für den Kunden	Gleicher oder höherer Wert als ein neues Produkt
Wirtschaftliche Kosten der Komponentenproduktion	Geringe Kosten	Hohe Kosten (nicht wirtschaftlich)

Use-Case



Value

Schritt 2 | Die Bewertung erfolgt anhand von drei Kriterien: Value, Evolution Rate und Re-Constructability

Lebensdauer der Komponenten	Weniger als eine Produktlebensdauer	Zwei oder mehr Produktlebensdauern
Genehmigungen / Regularien	Keine Zertifizierung erforderlich	Keine Zertifizierung oder rechtliche Aspekte erforderlich
Kompatibilität mit neuen Produktgenerationen	Nicht kompatibel mit einer neuen Produktgeneration	Kompatibel mit neuer und folgender Produktgeneration
Grad der Standardisierung der Komponenten	Nicht kompatibel mit anderen Produkten	Kompatibel mit den meisten anderen Produkten
Rückverfolgbarkeit	Keine Rückverfolgbarkeit der Komponenten	Vollständige Rückverfolgbarkeit über den gesamten Lebenszyklus
Technologische Veränderungen	Schneller technologischer Wandel im nächsten Jahr erwartet	Kein technologischer Wandel in den kommenden Jahren erwartet
Ästhetische Veränderungen	Häufige und relevante Änderungen in der Konstruktion des Bauteils erwartet	Keine Änderungen am Design für die kommenden Jahre erwartet
Änderungen der Qualität	Definitive Änderung der Qualitätsanforderungen innerhalb des nächsten Produktlebenszyklus	Kein Risiko von Änderungen bei den Qualitätsanforderungen an das Bauteil
Sicherheit und Ausfallrisiko	Kritische Komponente mit hohem Risiko für die Gesundheit des Kunden	Bauteil mit geringem Risiko für die Gesundheit des Kunden

Use-Case



Evolution Rate

Schritt 2 | Die Bewertung erfolgt anhand von drei Kriterien: Value, Evolution Rate und Re-Constructability

Eignung für Lagerung und Transport	Hohe Anforderungen an die Lager- und Transportbedingungen / kurze Lagerzeit möglich	Robustes Bauteil - Keine Anforderungen an die Lager- und Transportbedingungen
Bewertungsmöglichkeit des Bauteilzustands	Keine Bewertung des Zustands möglich	Schnelle visuelle Beurteilung des Bauteils möglich
Aufwand für die Demontage	Geringer Zeitaufwand zur Demontage. Keine besonderen Werkzeuge erforderlich	Hoher Zeitaufwand zur Demontage. Besondere Werkzeuge erforderlich
Zerstörungsfreie Demontage	Zerstörung des für die Demontage erforderlichen Bauteils	Zerstörungsfreie Demontage möglich
Aufwand für die Reinigung	Hoher Reinigungsaufwand mit Spezialgeräten erforderlich	Nein/ nur oberflächliche Reinigung erforderlich
Aufwand für die Aufarbeitung	Überholung ohne teure Ausrüstung möglich	Überholung erfordert teure Ausrüstung und hohen Zeitaufwand
Werkzeuge und Handhabung (Demontage)	Nicht ergonomische und gefährliche Handhabung	Einfache und sichere Handhabung der Komponenten
Qualität des Materials	Altersabhängige und spröde Materialien	Materialeigenschaften sind unabhängig vom Alter und vom Nutzungsverhalten
Gefährliche/toxische Stoffe	Hochgefährliche und giftige Stoffe - besondere Ausbildung und Ausrüstung erforderlich	Kein gefährliches oder giftiges Material

Use-Case

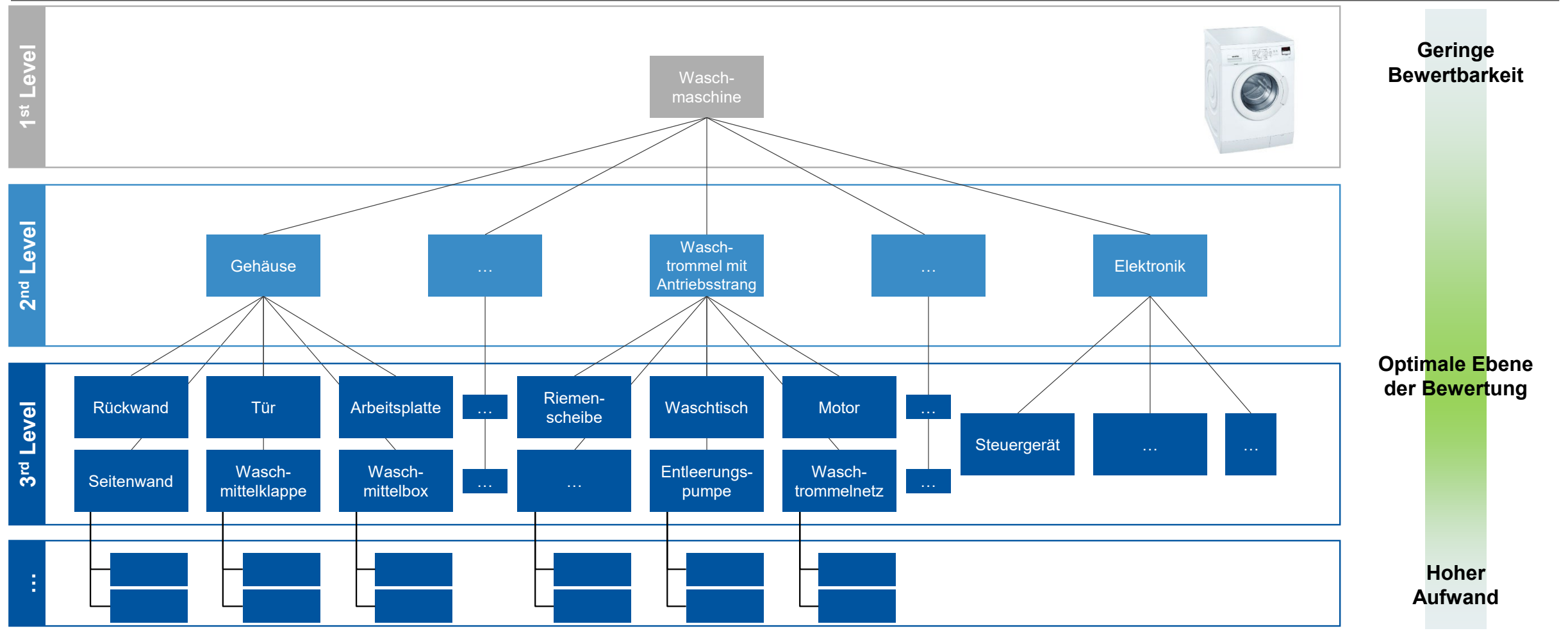


Re-Constructability

Wie kann ich für meine Produkte vorgehen? | Schritt 3



Schritt 3 | Zum Aufbau des Bewertungsmodells und zur Bewertung der Eignung des Produktes gilt es zunächst die Ebene der Bewertung festzulegen

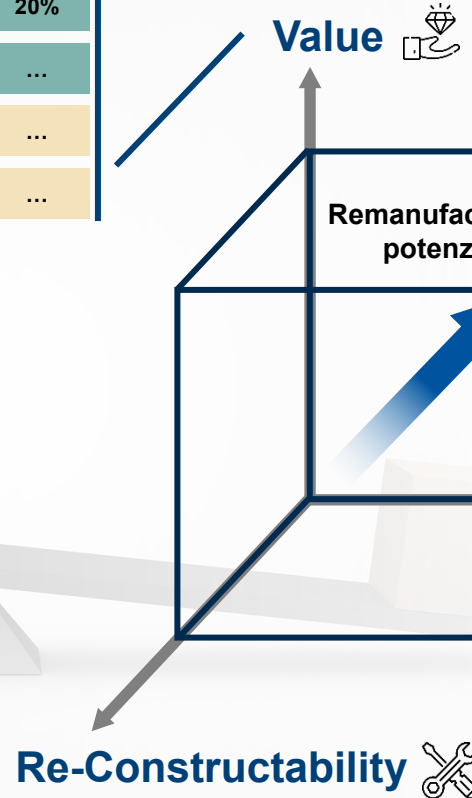


Schritt 3 | Der systematischer Ansatz für die qualitative Bewertung erfolgt über die gewichtete Bewertung je Kriterium mittels qualitativer Bewertungsskala



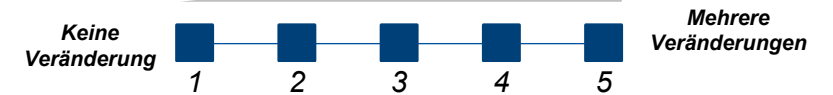
Wirtschaftliche Kosten der Komponentenproduktion	30%
Wertwahrnehmung (Ansehen)	20%
Stetiger und vorhersehbarer Absatzmarkt	...
Kritikalität der Supply Chain	...
Materialwert / Recyclingwert	...

Bewertungsmöglichkeit des Bauteilzustands	20%
Zerstörungsfreie Demontage	20%
Aufwand für die Aufarbeitung	10%
Aufwand für die Demontage	...
Werkzeuge und Handhabung (Demontage)	...
Aufwand für die Reinigung	...
Qualität des Materials	...
Gefährliche/toxische Stoffe	...
Eignung für Lagerung und Transport	...



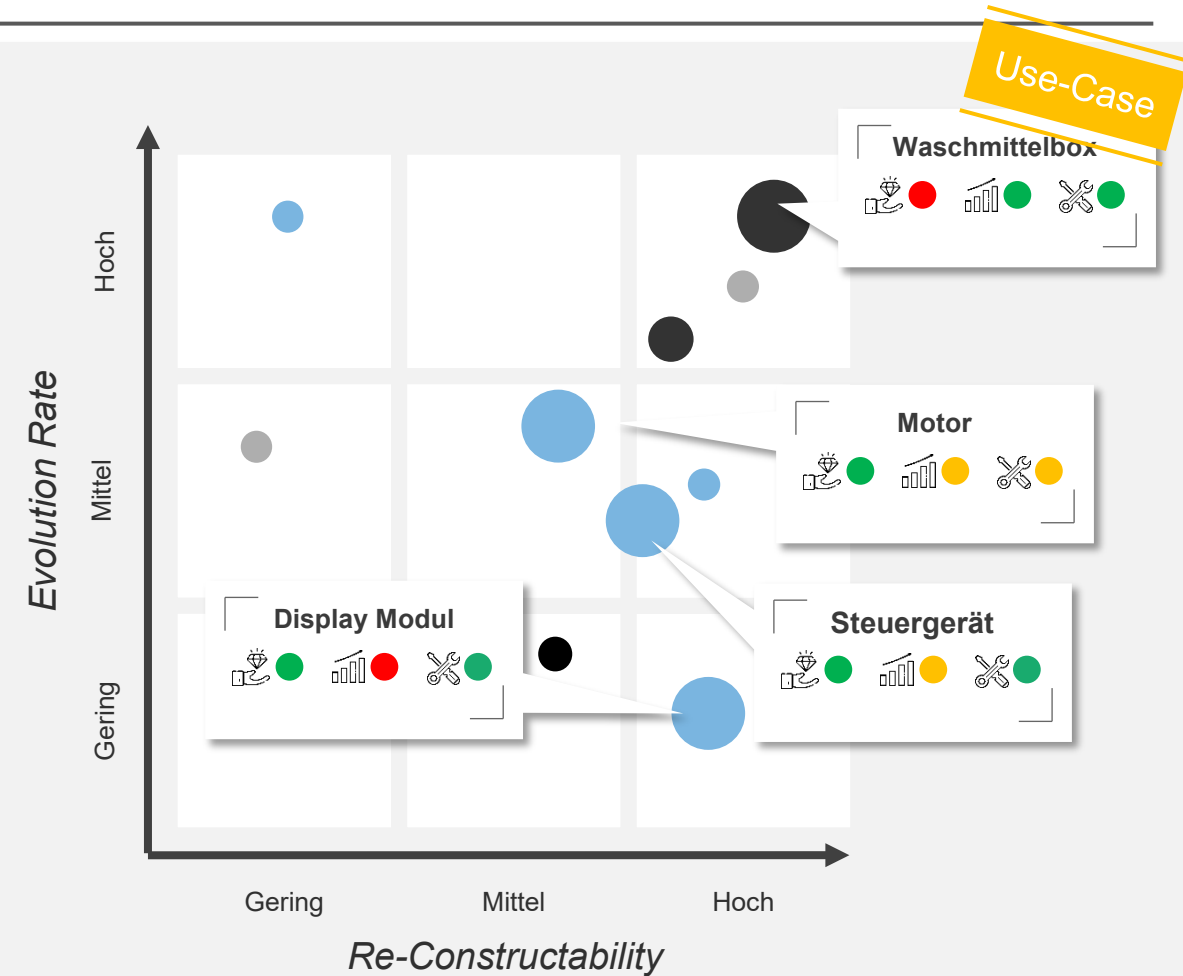
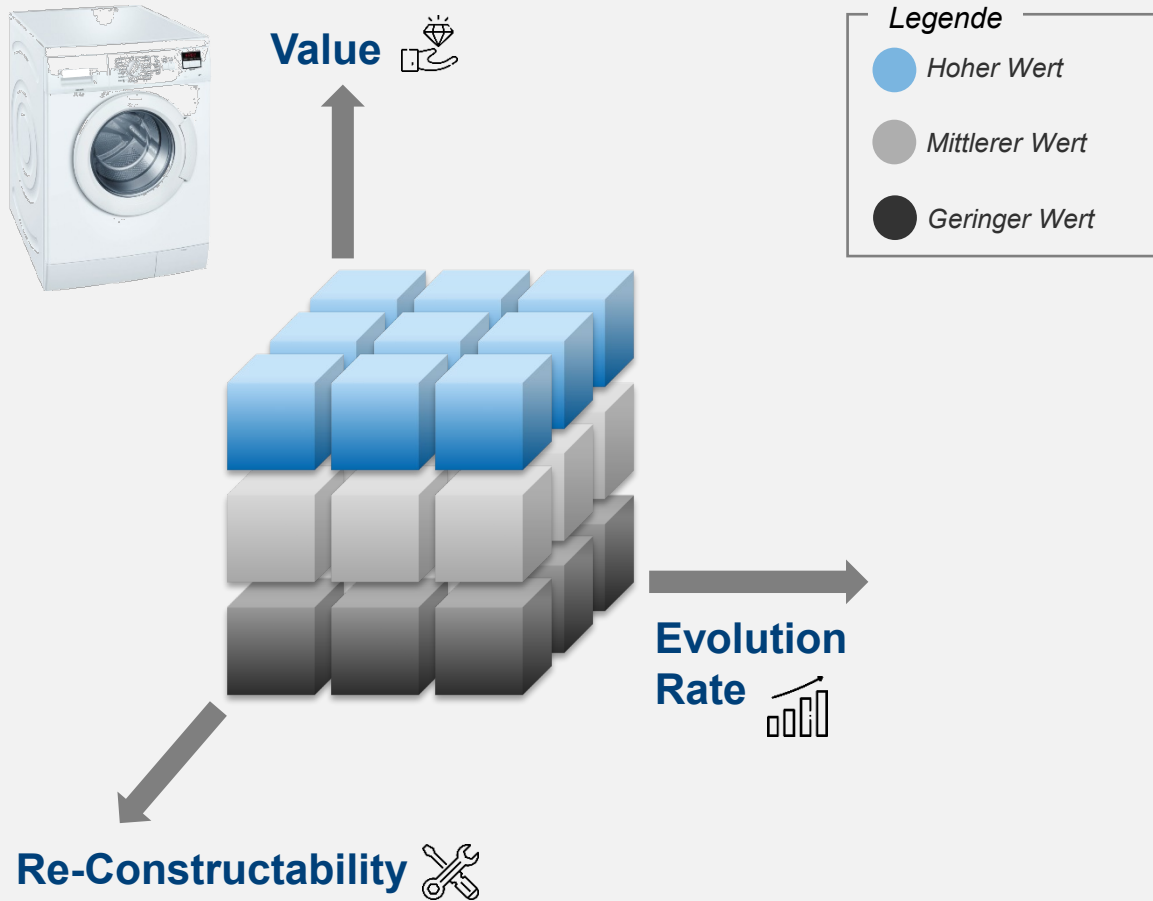
Genehmigungen / Regularien	25%
Rückverfolgbarkeit	15%
Sicherheit und Ausfallrisiko	...
Technologische Veränderungen	...
Lebensdauer der Komponenten	...
Änderungen der Qualität	...
Ästhetische Veränderungen	...
Kompatibilität mit neuen Produktgenerationen	...
Grad der Standardisierung Komponenten	...

Use-Case



*Die Lebensdauer eines Bauteils besteht aus verschiedenen Lebenszyklen. Jede Überholung oder Reparatur fördert unter anderem einen neuen Zyklus.

Schritt 3 | Visualisierung der Bewertungsergebnisse mittels Portfoliodarstellung ermöglicht die Identifikation von Initiativen





Schritt 4 | Mithilfe unterschiedlicher Quellen können Initiativen zur Verbesserung der Eignung von Produkten ermittelt und bewertet werden

VORGEHEN

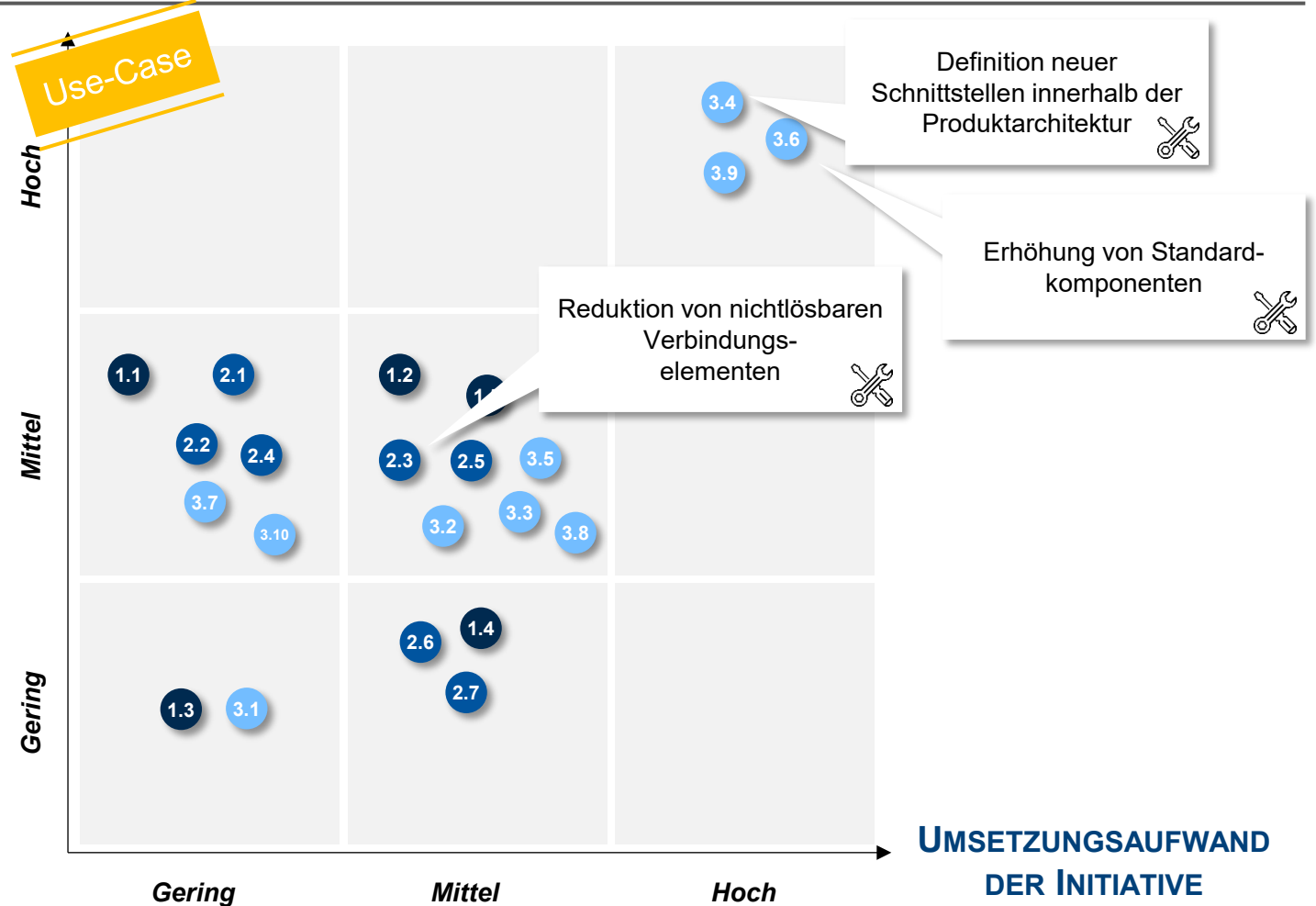
Ermittlung von Empfehlungen für Initiativen

- Orientierung an **Best-Practices** im Unternehmen und außerhalb des Unternehmens
- Berücksichtigung von **Design for X – Ansätzen**
- Screening von **wissenschaftlichen Veröffentlichungen**
- **Workshop-basierte Ableitung** von Handlungsempfehlungen

Priorisierung und Bewertung der Initiativen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und ihres Aufwands

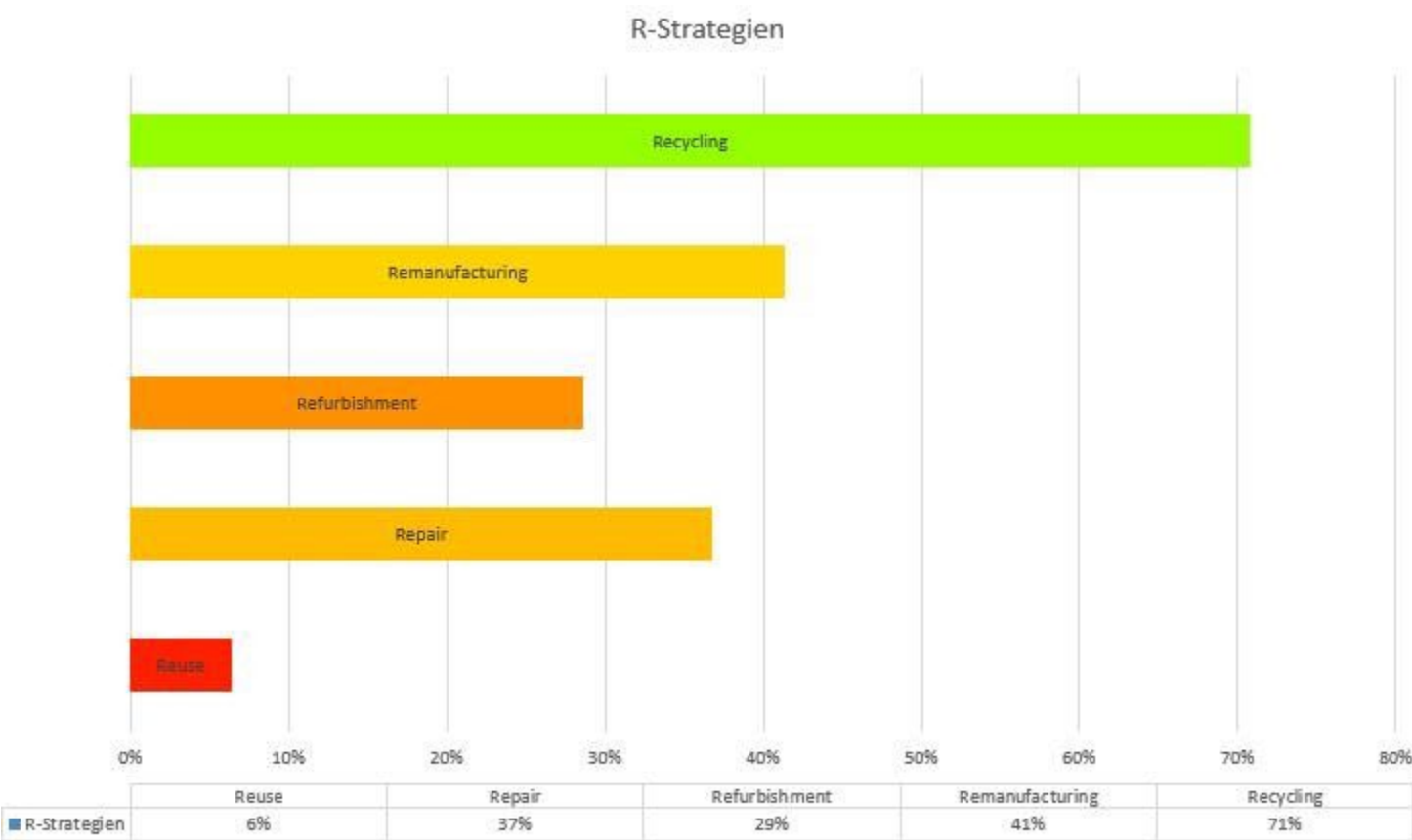


EFFEKTIVITÄT DER INITIATIVE





- ❖ Die **Auswirkungen der aktuellen Umweltveränderungen** erfordern die Umsetzung der **Kreislaufwirtschaft für produzierende Unternehmen**
- ❖ Aufgrund der damit verbundenen Anforderungen gilt es **zu beurteilen**, welche **Produkte für die Kreislaufwirtschaft bereits geeignet** und welche Anpassungen erforderlich sind
- ❖ Mithilfe von **qualitativen Bewertungsmodellen** kann die **Eignung von Produkten ermittelt** werden
- ❖ Zur Bewertung der Produkte im Kontext **Remanufacturing** kann eine **Bewertung anhand der Dimensionen Value, Evolution Rate und Re-Constructability** erfolgen



Reuse	6%
Repair	37%
Refurbishment	29%
Remanufacturing	41%
Recycling	71%

Auf unserer Homepage finden Sie weiterführende Inhalte als Publikationen

Leitfaden „Circularity Assessments“



[Circularity Assessments](#)

Leitfaden „Geschäftsmodellinnovationen“



[Geschäftsmodellinnovationen](#)



Nikolai Kelbel, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Lehrstuhl für Produktionssystematik, Abteilung Innovationsmanagement

Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

Campus-Boulevard 30, 52074 Aachen

Mobil: +49 (0) 151 431 90382

Mail: n.kelbel@wzl.rwth-aachen.de



Dafina Bulliqi, M. Sc.

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM)

Technische Hochschule Köln – Campus Gummersbach

Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach

Telefon: +49 2261-8196-6457

Mail: dafina.bulliqi@th-koeln.de



Markus Dusdal, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Institut für Allgemeinen Maschinenbau (IAM)

Technische Hochschule Köln – Campus Gummersbach

Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach

Telefon: +49 2261-8196-6457

Mail: markus.dusdal@th-koeln.de