

Potenziale digitaler Lösungen für Ressourceneffizienz und zirkuläre Wirtschaft

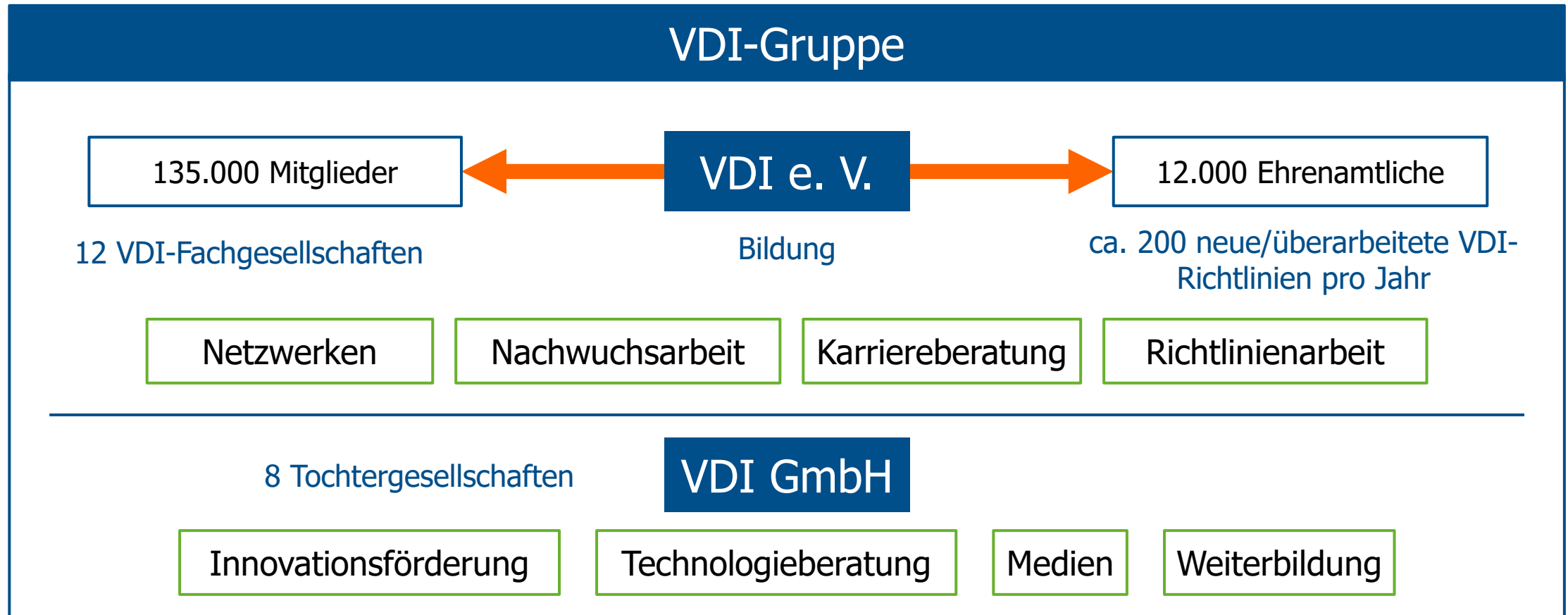
Wei Min Wang

VDI ZRE – das Kompetenzzentrum für zirkuläre Wirtschaft und
Ressourceneffizienz

**Energie-Effizienz-Konferenz für Unternehmen in Mecklenburg-
Vorpommern**

04. Juni 2026, Rostock

Verein Deutscher Ingenieure (VDI)

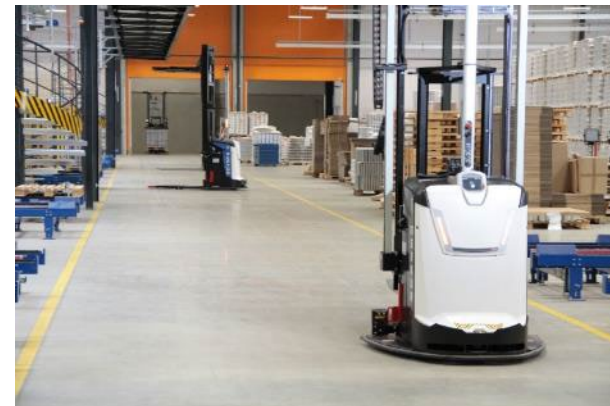


VDI ZRE – das Kompetenzzentrum für zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz

- Fokus auf zirkuläres Wirtschaften und Ressourceneffizienz in der **betrieblichen Praxis** durch Anbindung an den VDI
- Kompetenzzentrum für **bedarfsgerechte Aufbereitung** von **technischem Wissen** zu zirkulären Prozessen und Ressourceneffizienz für **KMU**
- Setzung von Standards durch Entwicklung von **VDI-Richtlinien** zur Ressourceneffizienz in Zusammenarbeit mit dem VDI e. V.
- Weitere Informationen:
www.ressource-deutschland.de



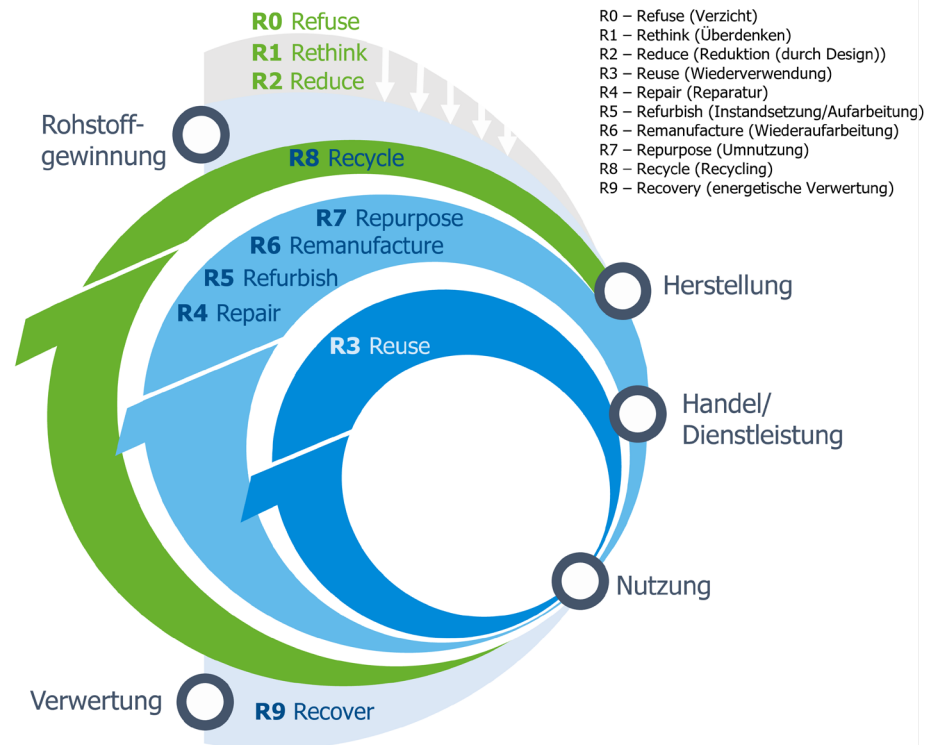
© VDI ZRE



© VDI ZRE

Begriffsbestimmung - Kreislaufwirtschaft

Kreislaufwirtschaft als Produktions- und Konsummodell



Ressourceneffizienz:
Je weniger Energie und Material,
eingesetzt wird, desto besser.

Der **gesamte Lebensweg**
eines Produkts muss
berücksichtigt werden!

Kreislaufwirtschaft
Möglichst alle bereits eingesetzten
Materialien möglichst lange in einem
geschlossenen Kreislauf führen

Ziel ist es, den
Rohstoffeinsatz zu
minimieren und
zugleich die nicht
vermeidbaren,
notwendigen Rohstoffe
solange wie möglich
idealerweise in einem
geschlossenen
Kreislauf zu fahren.

Warum zirkuläre Wirtschaft und Ressourceneffizienz?

01. Kostenvorteile & Margen

- > 40% der Kosten im verarbeitenden Gewerbe sind Materialien
- Produkt-Service-System können 10-30% höhere Margen ermöglichen
- ...

02. Marktchancen & Finanzierung

- Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie will Markt für zirkuläre Produkte/Materialien stärken
- Investoren/Banken fordern messbare Zahlen der Kreislauffähigkeit
- ...

03. Absatzvorteile & Reputation

- Absatzvorteile durch Erschließen neuer Marktsegmente
- Stärkeres Markenimage durch klare Positionierung zu KW & RE sowie höhere Kund*innenbindung (z.B. Reparaturangebote, Rücknahmegarantie)
- ...



04. Versorgungssicherheit & Resilienz

- Knapp 2/3 der Industrieunternehmen sind von Produktionsbehinderungen durch knappe Rohstoffe und Vormaterialien betroffen
- Importabhängigkeit: ~90% kritischer Metalle werden importiert
- ...

05. Regulatorische Treiber

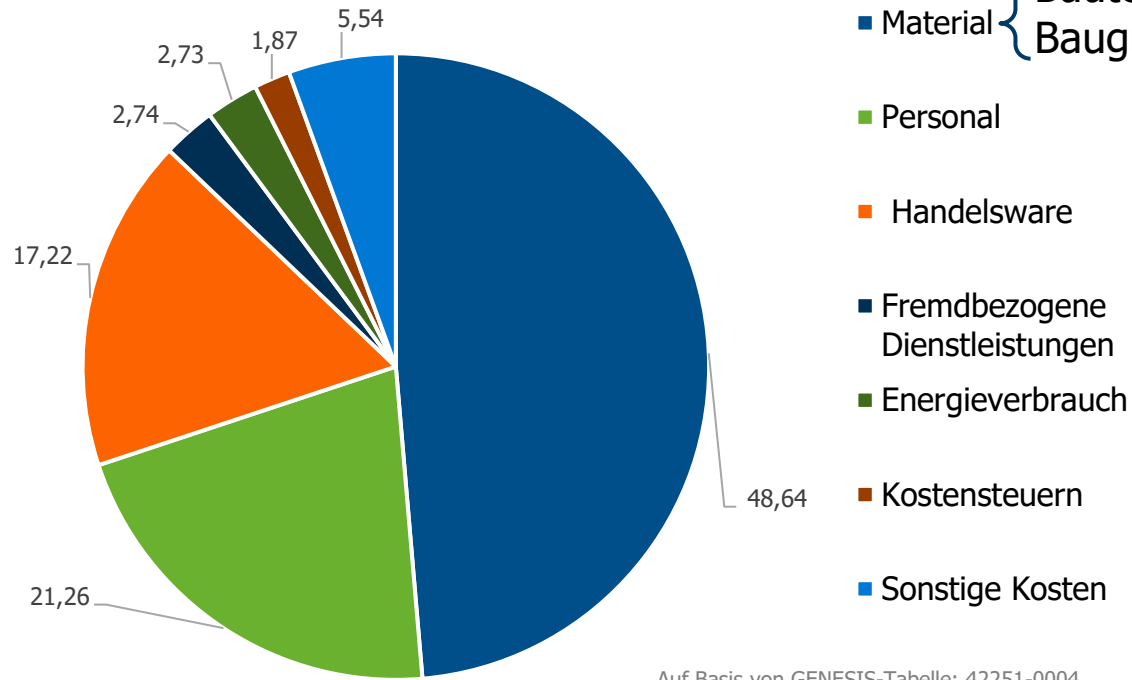
- ESPR (Produktpass, Ökodesign)
- CSRD/ESRS
- EU-Taxonomie
- CSDDD/LkSG
- ...

06. Klima- und Energieziele

- Einhaltung der Klimaziele mit Kreislaufwirtschaft kostengünstiger (mit geringeren Vermeidungskosten) und energieeffizienter möglich
- ...

Kostenstruktur und -entwicklung im verarbeitenden Gewerbe

Ausgewählte Kostenanteile am Bruttoproduktionswert im verarbeitenden Gewerbe in 2023 [%]

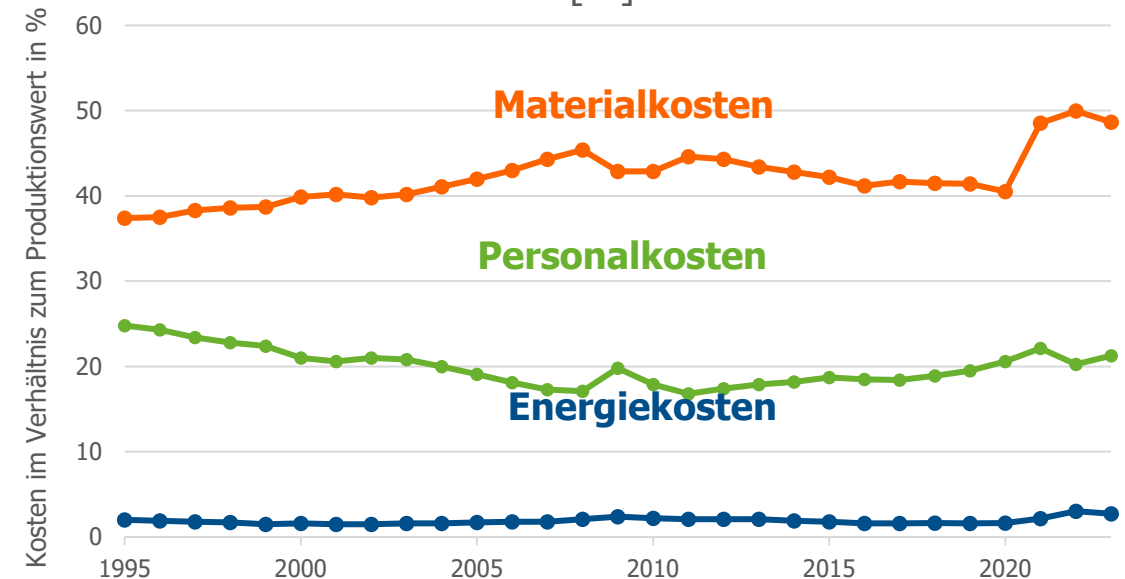


Auf Basis von GENESIS-Tabelle: 42251-0004

Bruttoproduktionswert = 100%

- Material { Werkstoffe, Halbzeuge, Bauteile, Baugruppen
- Personal { Rohstoffe, Energie, Personal etc.
- Handelsware
- Fremdbezogene Dienstleistungen
- Energieverbrauch
- Kostensteuern
- Sonstige Kosten

Entwicklung ausgewählter Kosten im Verhältnis zum Bruttoproduktionswert im verarbeitenden Gewerbe [%]



Quelle: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2024

Risiko durch geografische Verteilung kritischer Rohstoffe

Hohes Risiko*

Importland	Importierte kritische Rohstoffe (Anteil am Gesamtimport in %)**
Russland	Nickelmatte (100%), Vanadiumoxide und -hydroxide (58%), Ferrotitan (47%), Chrom (46%), unlegiertes Roheisen (46%), Kupferpulver ohne Lamellarstruktur (41%), Natürl. Calciumphosphat (41%)
DR Kongo	Industriediamanten (48%)
Guinea	Bauxit (59%)
Gabun	Mangankonzentrate (76%)

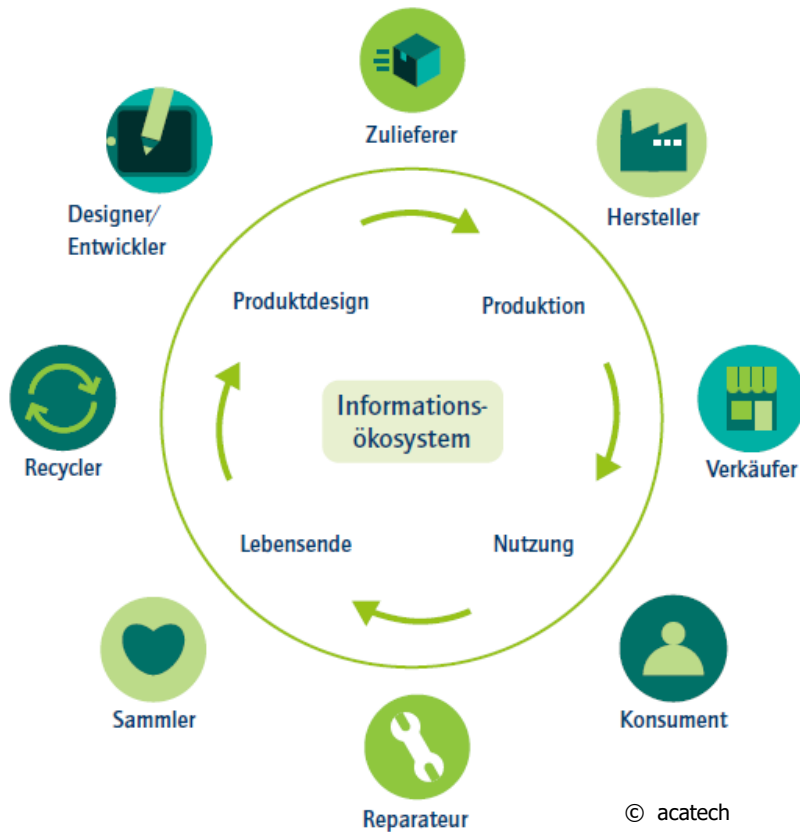
*Risikoeinteilung nach Governance Länderindikatoren

**Dargestellte Rohstoffe
>40% aus einem Land
>5 Mio. € Gesamtimport

Mäßiges Risiko*

Importland	Importierte kritische Rohstoffe (Anteil am Gesamtimport in %)**
China	Magnesiumspäne (95%), Magnesium (94%), Molybdän (92%), Mangan (89%), Germanium (83%), Natürl. Grafit (82%), Bismutwaren (81%), Seltenerdenmetalle (70%), Synth. Korund (70%), Indium (68%), Synth. Grafit (67%), Molybdänabfälle (65%), Ferrowolfram (65%), Magnesiumsulfat (65%), Gallium (62%), Kobaltoxide und -hydroxide (62%), Eisenoxide und -hydroxide (62%), Titanoxide (60%), Bariumsulfate (60%), Wolfram (58%), Lithiumoxide und -hydroxide (58%), Antimonoxide (58%), Schmelzmagnesia (50%), Wolframpulver (50%), Natürl. Flockengrafit (47%), Glimmerpulver (42%)
Türkei	Borminerale (98%), Borax (92%), Feldspat (87%), Kupferpulver mit Lamellarstruktur (84%), Mangesit(62%), Borsäure (53%)
Südafrika	Rhodium (71%), Chromit (69%), Platin (57%), Disthen-Gruppe (51%)
Brasilien	Ferroniob (84%)
Marokko	Diammonium-Phosphat (59%)
Senegal	Niobkonzentrate (60%)
Namibia	Kupferanoden (76%)
Vietnam	Wolframate (57%)

Rolle der Digitalisierung für die zirkuläre Wirtschaft

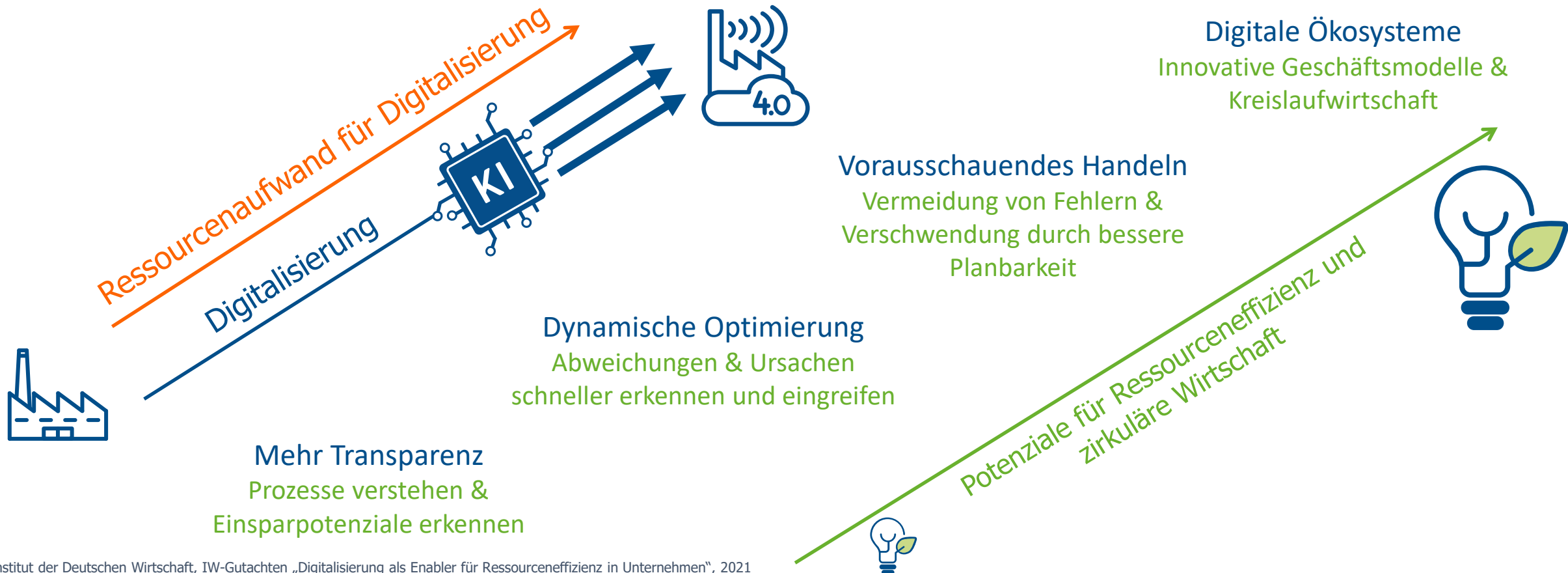


© acatech

- Um physische Materialkreisläufe im Wirtschaftssystem zu ermöglichen wird ein paralleles Informationsökosystem gebraucht, u.a. für
 - Bereitstellung von Daten
 - Vernetzung der Wirtschaftsakteure
 - Vermittlung von Materialflüsse und Dienstleistungen

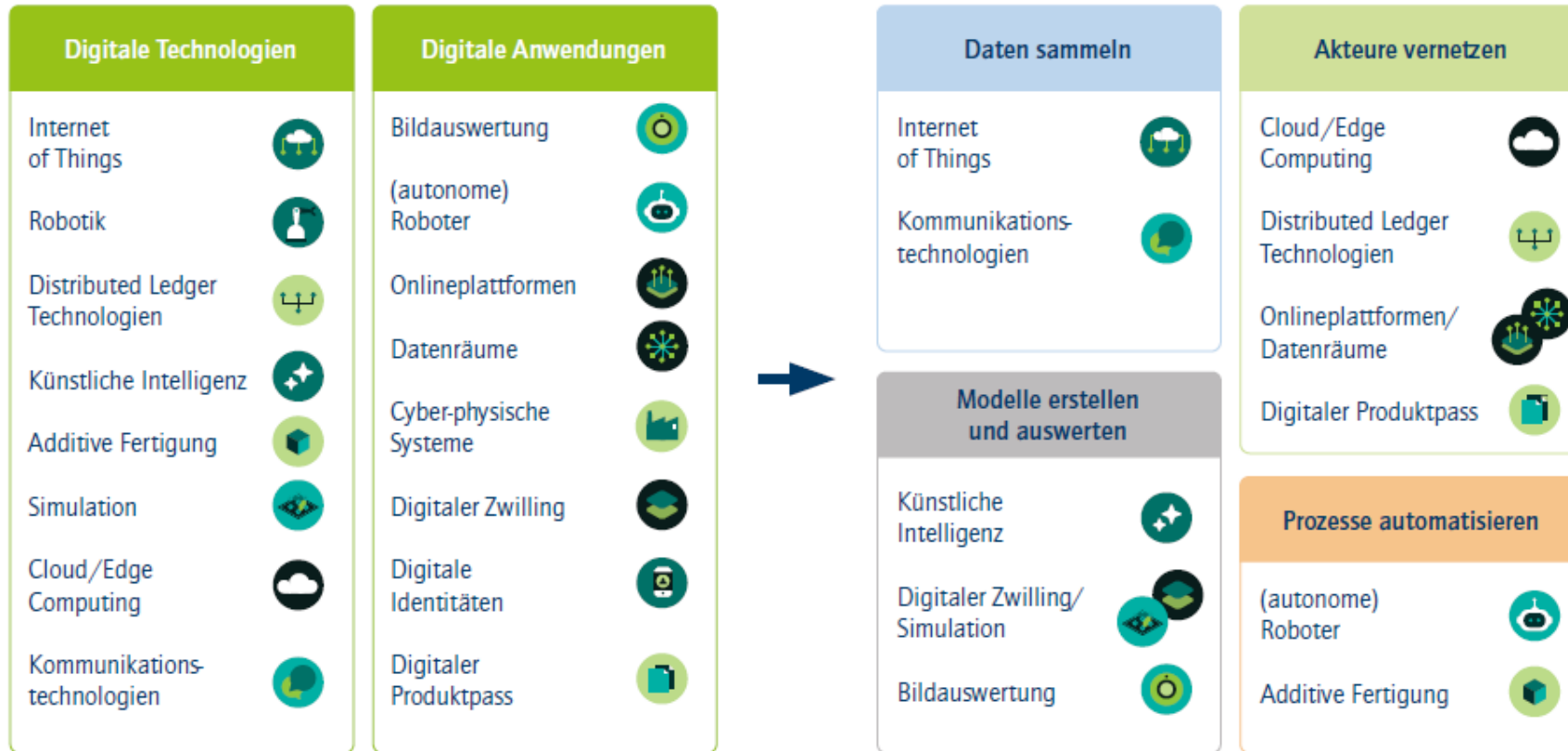
- Digitalisierung ermöglicht Datentransparenz über Produkte und Materialien über den gesamten Lebenszyklus

Rolle der Digitalisierung für die zirkuläre Wirtschaft



Quelle: Institut der Deutschen Wirtschaft, IW-Gutachten „Digitalisierung als Enabler für Ressourceneffizienz in Unternehmen“, 2021

Rolle der Digitalisierung für die zirkuläre Wirtschaft

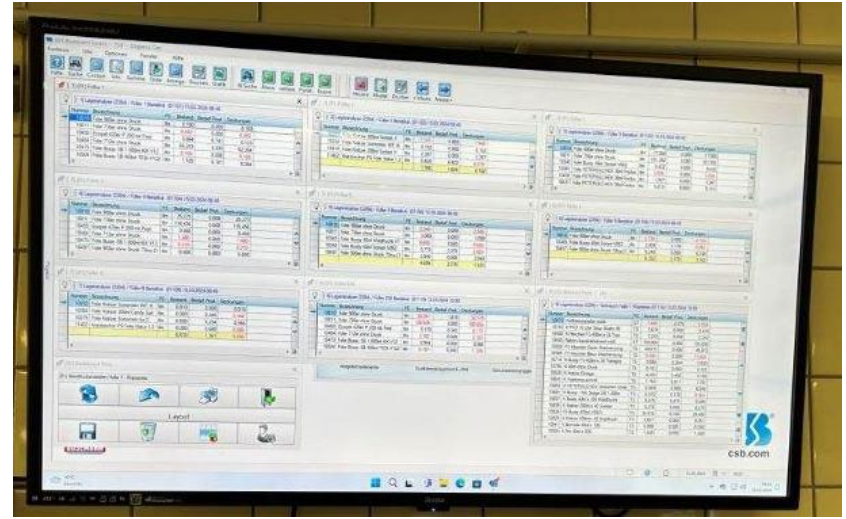
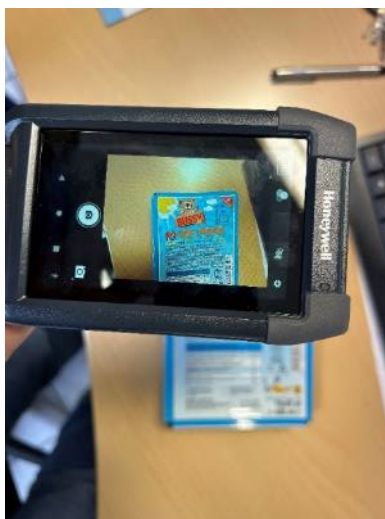
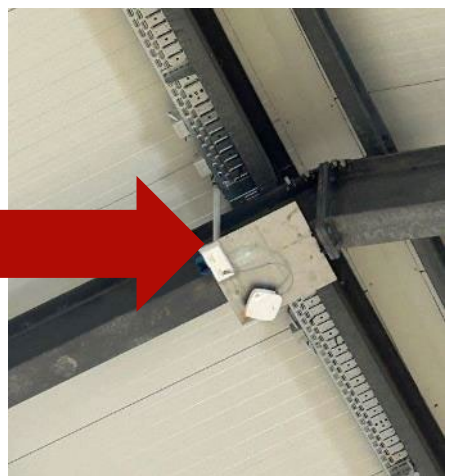


- acatech Studie (2025) identifiziert 16 digitalen **Technologien** und **Anwendungen**, die in Kombination **vier grundlegende Funktionen** für die Kreislaufwirtschaft erfüllen

© acatech

Quelle: acatech Studie - Digitale Enabler der Kreislaufwirtschaft, 2025

Produktionsoptimierung durch digitale Grundlagen



KI- und Simulationsgestützte Produktoptimierung

■ Ausgangslage:

- Herstellung von dreischichtigen Kunststofffässern mit Extrusionsblasformanlage
- Einsatz von Rezyklaten ist aufgrund der Beschaffenheit schwierig

■ Lösungsansatz:

- Erstellung eines digitalen Zwillings des Wendelverteilers zur Kombination von Primär- und Sekundärkunststoff
- Optimierung durch Einsatz KI unterstützter evolutionäre Algorithmen und Simulationen

■ Erzielte Einsparung

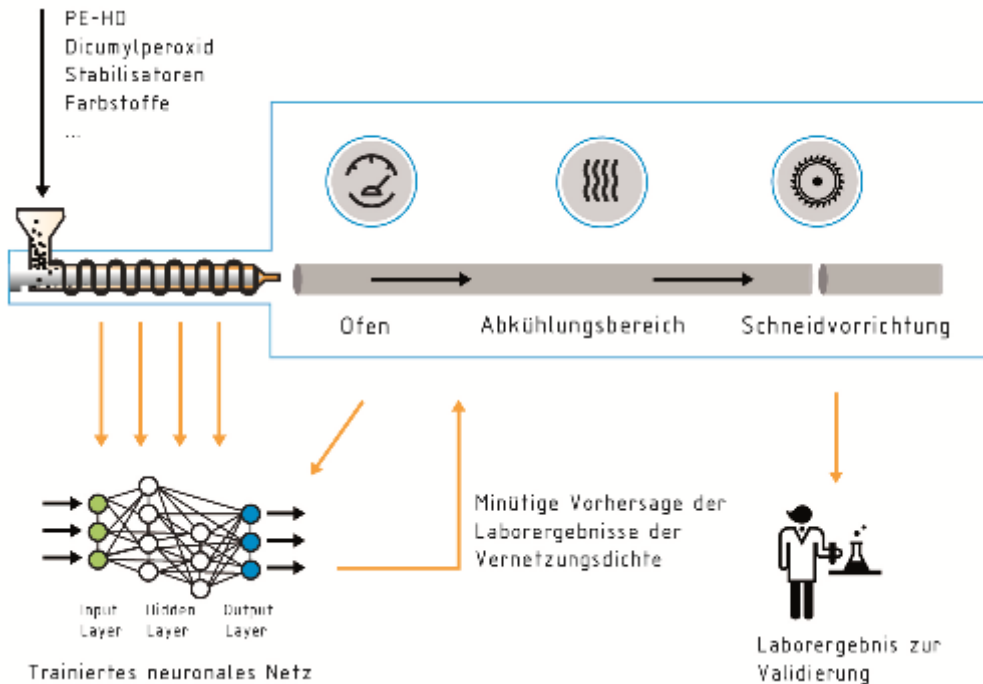
- Einsatz von bis zu 85 % Rezyklaten
- Einsparung an Treibhausgasemissionen abhängig vom Material
 - PE-HD-Regranulat: 1,45 t CO₂-ÄQ/t gegenüber Primärmaterial



© VDI ZRE

Praxisbeispiel: IANUS Simulation GmbH und
BBM Maschinenbau und Vertriebs GmbH

KI-gestützte Fehlervorhersage (Predictive Quality)



© VDI ZRE

Praxisbeispiel: Herstellungsprozess von HD-PE Rohren - atlan-tec Systems GmbH

■ Ausgangslage:

- Vernetzungsdichte des Materials ausschlaggebend
- Laboruntersuchung dauert bis zu 48 h
- Keine Auslieferung an Kunden bis Ergebnis vorliegt
- Vernichtung der gesamten Charge bei Fehlern führt zu 10-20 % Ausschuss

■ Lösungsansatz:

- Neuronales Netz sagt minütlich mit 98,5 % Genauigkeit die Vernetzungsdichte voraus

■ Erzielte Einsparung

- Eingriffe in Echtzeit verringert Ausschussrate
- Amortisation (60.000 €) innerhalb von sechs Monaten

Modelle erstellen und auswerten

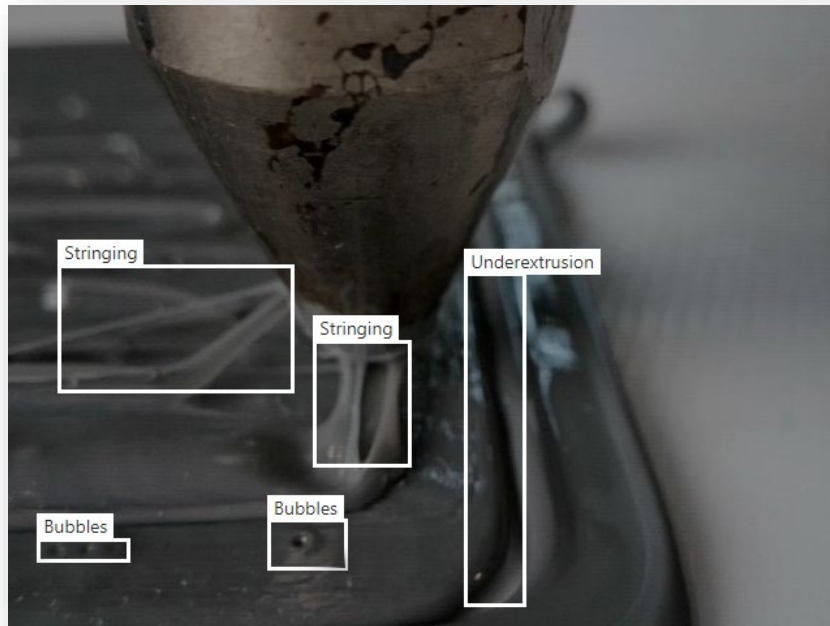
- Künstliche Intelligenz
- Digitaler Zwilling/Simulation
- Bildauswertung

Prozesse automatisieren

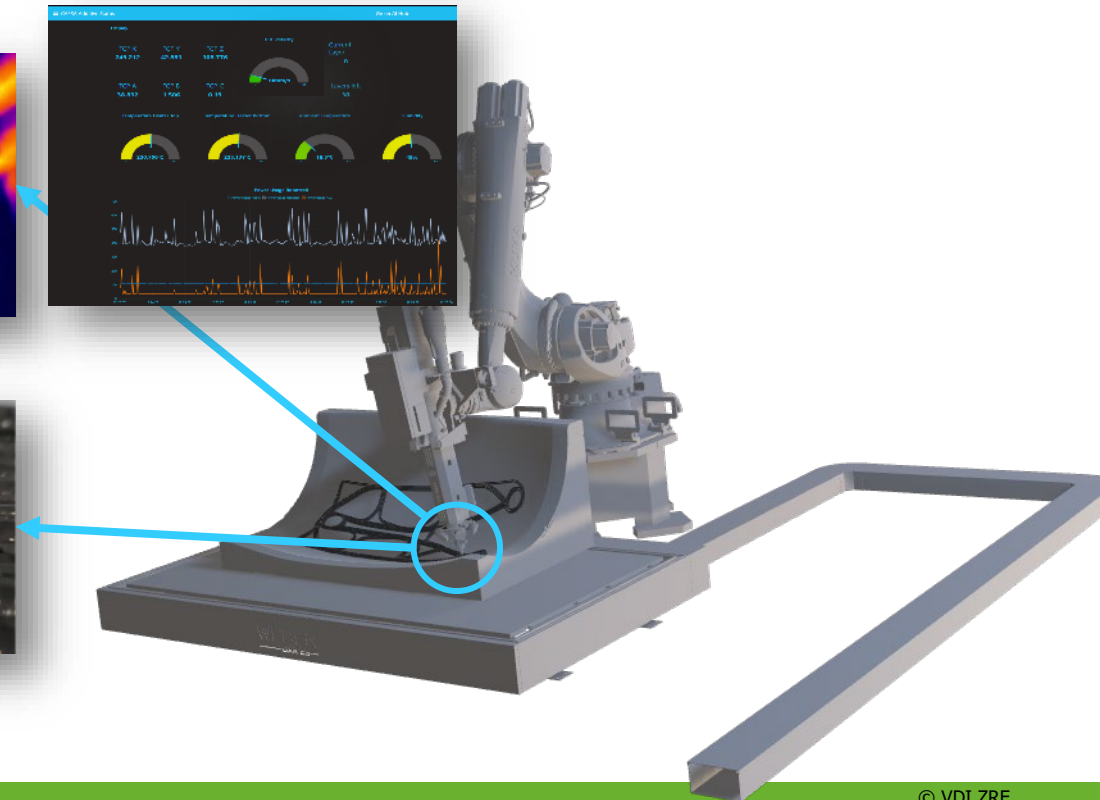
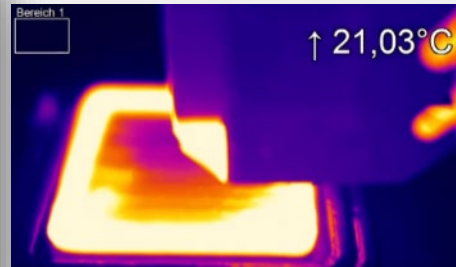
- (autonome) Roboter
- Additive Fertigung

Fehlervermeidung durch KI-gestützte Inline Inspection

SWMS Systemtechnik Ingenieurgesellschaft



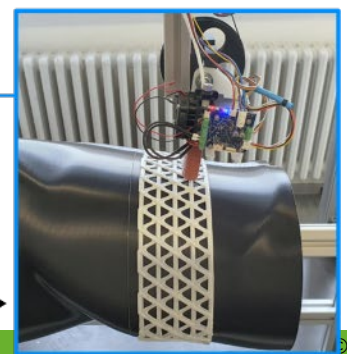
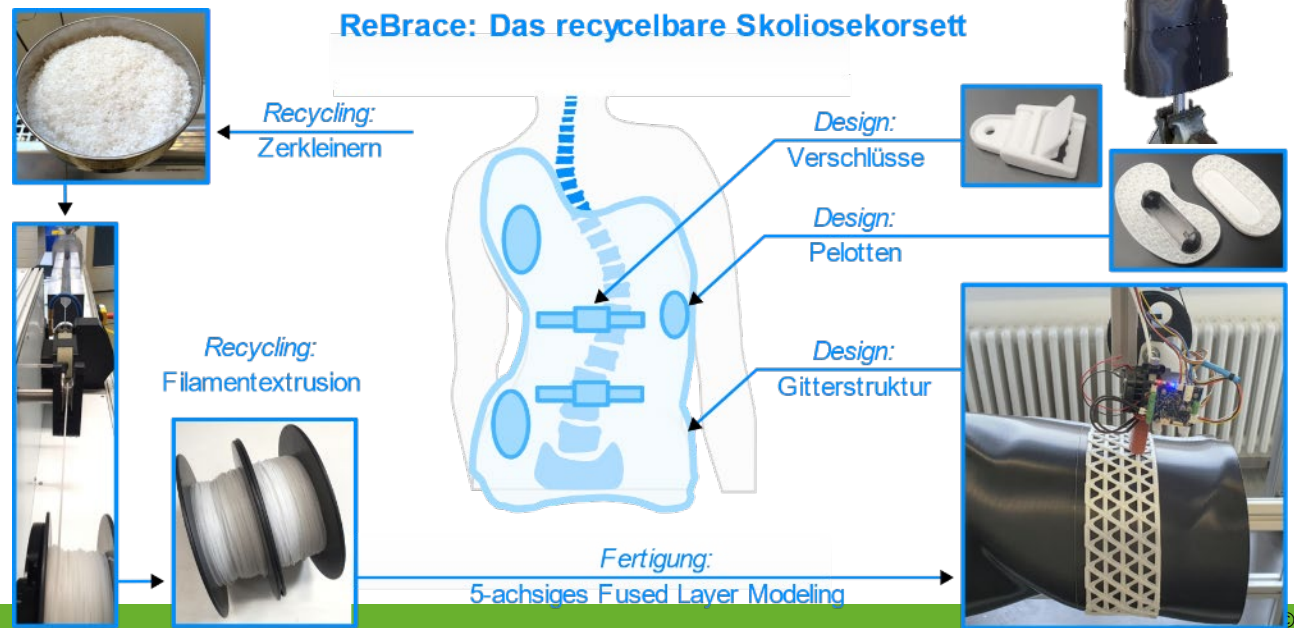
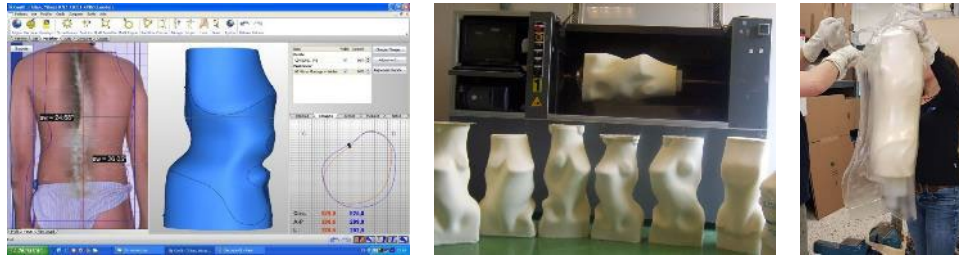
© GAIH / SWMS Systemtechnik



Prozesse automatisieren

- (autonome) Roboter
- Additive Fertigung

Closed Loop Recycling durch Prozessdigitalisierung & Additive Fertigung



Online Plattformen und Marktplätze

Akteure Vernetzen

- Beschaffung erleichtern
 - Vertrauenswürdige Vermittlung zwischen Angebot & Nachfrage
- Bereitstellung vertrauenswürdiger bzw. standardisierter Daten
- Kunststoff: z.B. Plastship
- Bau: z.B. Madaster, Concular, Boden und Bauschutt

PLASTSHIP Datenbank Materialqualität

Inserat 3200: PP post consumer weiß

rPP PCR
ID: 3200
Verfügbar ab: Sofort
Frequenz: Auf Anfrage
Menge: Auf Anfrage
Standardverpackung/Bereitstellungsart: Big Bags
Preis: Auf Anfrage

Anfrage stellen

Geruchsoptimiert | Neuwarenstandard | Gleichbleibende Qualität durch homogenen Stoffstrom | Neueste Anlagentechnik

Allgemeine Angaben		Zusätzliche Informationen	
Materialtyp	Regranulat	✓ Muster lieferbar	✓ TDS lieferbar
Polymer	PP - 100%	✓ MSDS lieferbar	✓ WPZ lieferbar
Farbkategorie	weiß		
Verarbeitungsart	Spritzguss		
Granulatform	Kugeln		

© plastship.com

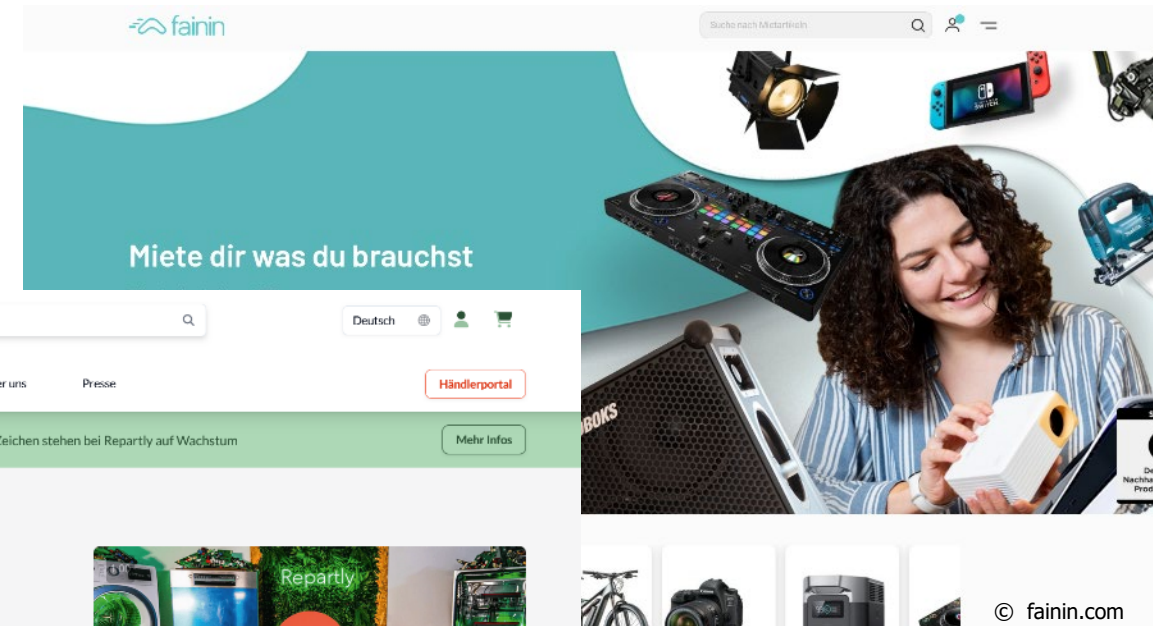


Online Plattformen und Marktplätze

Beispiele für neue Geschäftsmodelle

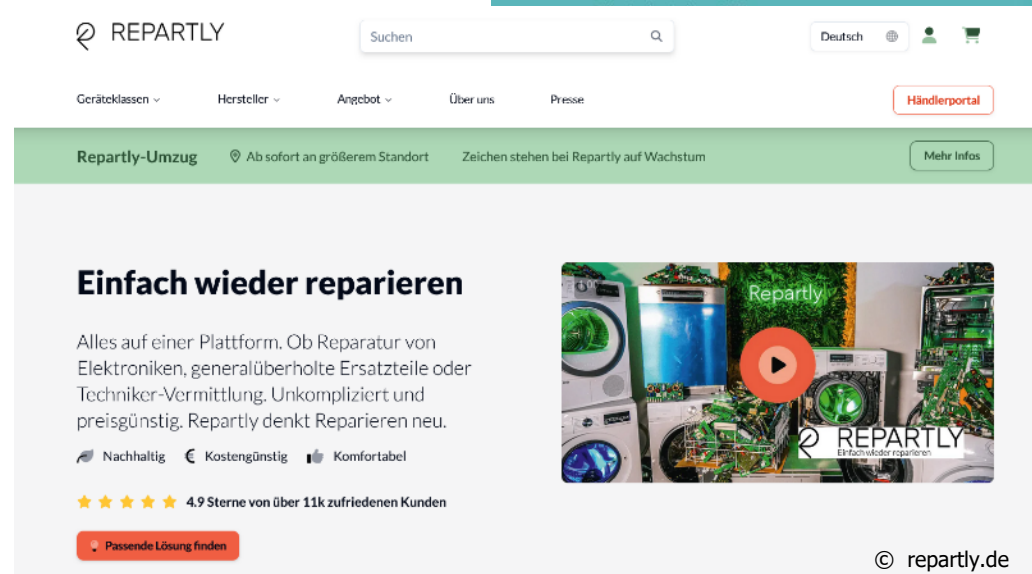
Fainin

- Sharing-Modelle inklusive Absicherung der Transaktionen und Versicherung



Repartly

- Reparaturanleitung
- Ersatzteile
- Refurbished Geräte



DPP als Enabler einer transparenten Kreislaufwirtschaft

Current DPP-as-a-Service market status

- 83 DPP-related initiatives have been benchmarked by CIRPASS
- There exists an emerging market for DPP-a-a-Service, broadening the choices for SMEs
- Expected competition between DPP-a-a-Service providers will be beneficial for SMEs



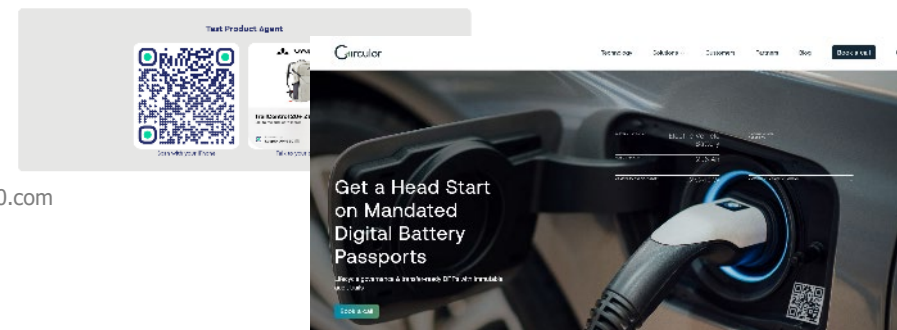
List focused initiatives analyzed by CIRPASS

ID	Initiative short name	ID	Initiative short name
1	atma.io	17	itmatters
2	BP	18	Peppol
3	Wordline B-TraaS	19	Qi-Digital
4	CircThread	20	RCS BP
5	circular.fashion	21	RR
6	CYCLANCE	22	Worldline TCS
7	DDCC	23	TextileGenesis
8	DIBICHAIN	24	Tings
9	DigiPrime	25	Tokenized Distributed Ledger
10	DNV	26	Toxnot
11	EasyBat	27	Worldline TPD
12	EON	28	TRACE
13	EPEAT Ecolabri	29	TRICK
14	eReuseDPP RR	30	TrusTrace
15	FEDeRATED	31	Vine
16	GTS	32	ZVEI DPP4.0

https://cirpassproject.eu/wp-content/uploads/2023/03/CIRPASS_Benchmark-of-existing-DPP-oriented-reference-architectures.pdf

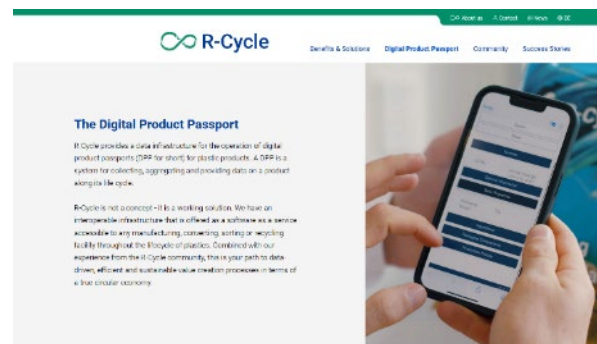


4



© dpp360.com

© circular.com

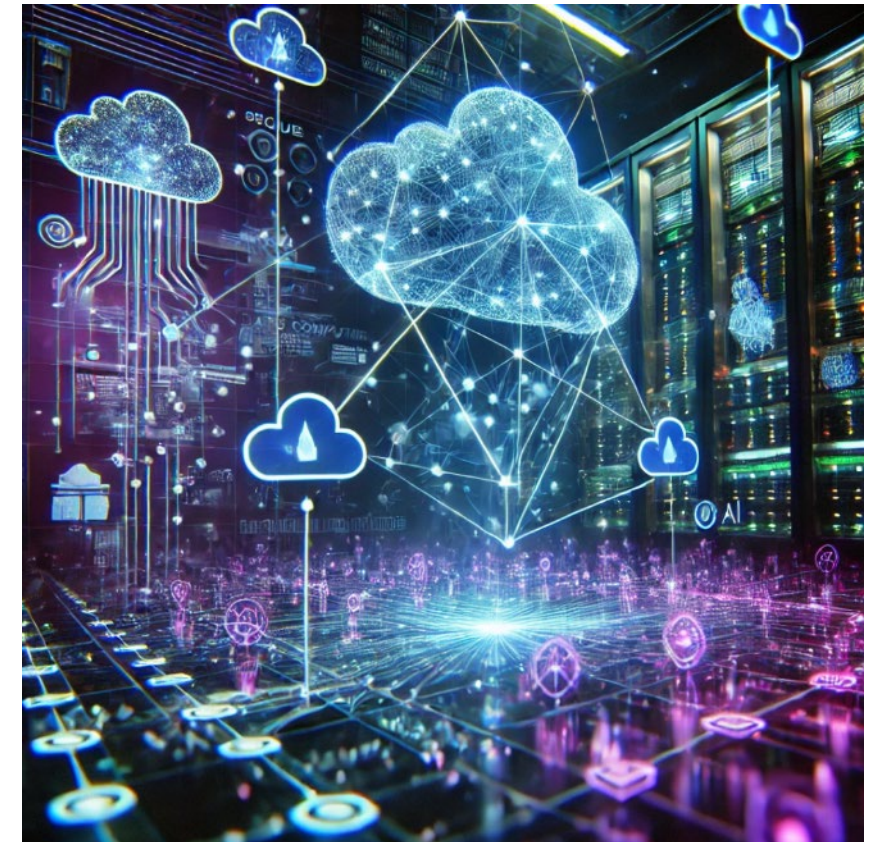


© r-cycle.org

Datenräume und Cloud-Infrastruktur

Deutsche und Europäische Vorhaben

- Catena-X (automotive)
 - Manufacturing-X (manufacturing)
 - Aerospace-X
 - Chem-X
 - Semiconductor-X
 - Robot-X
 - HealthTrack-X
 - Factory-X
 - IPCEI-CIS: European funding project for sovereign cloud infrastructure
- Based on standards & architecture from EU GAIA-X initiative

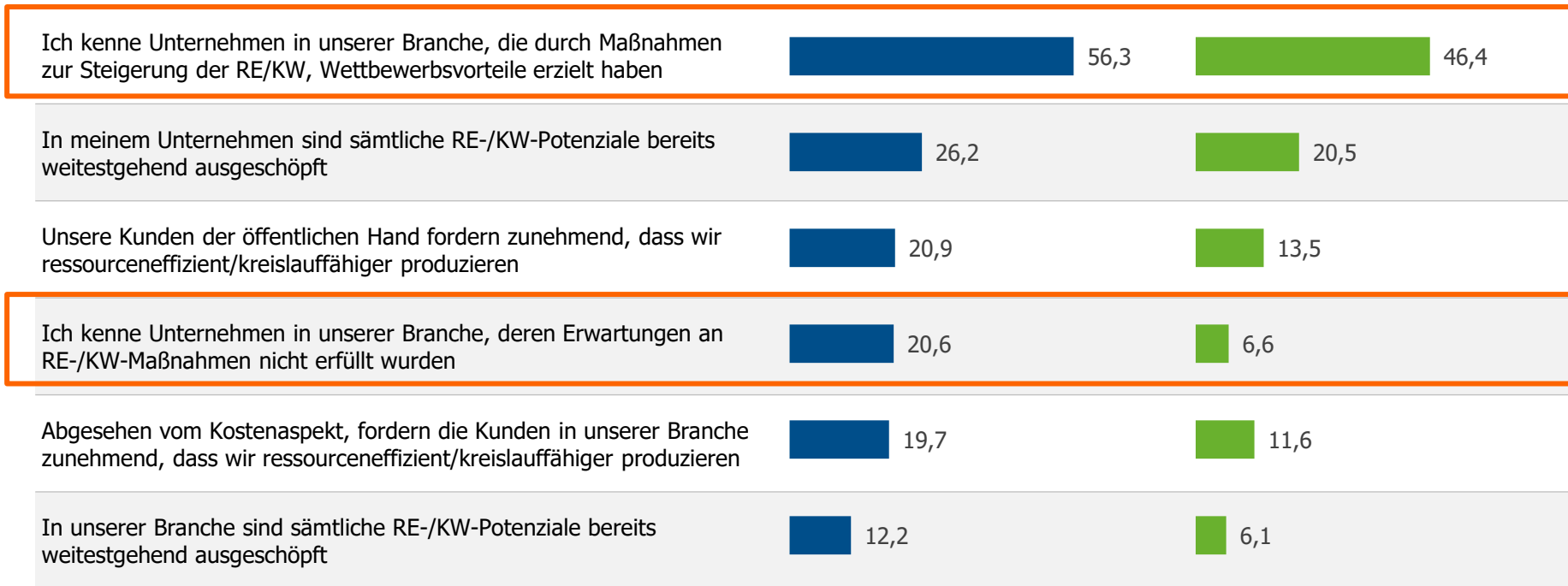


Created with DALL·E

Einschätzung des Unternehmens und Wettbewerbsumfeldes

Ressourceneffizienz

Kreislaufwirtschaft



Quelle: VDI ZRE (2025): [Studie Status quo Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft im Mittelstand](#)

n (ug) = 1.002, Angaben in %

© VDI ZRE

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Dipl.-Ing. Wei Min Wang

E-Mail: wang@vdi.de

Tel.: +49 30 27 59 506 – 659

VDI Zentrum Ressourceneffizienz

Bülowstraße 78

10783 Berlin

www.ressource-deutschland.de

Neues bundesweites Förderprogramm des
BMUKN für Digitalisierung und
Kreislaufwirtschaft gestartet!

Weitere Informationen

www.digiress.de