



# Digitainability - Digitale Lösungen zur Steigerung ökologischer Nachhaltigkeit

Slide Deck zur acatech Studie

# INHALT DES SLIDE DECKS



1

Executive  
Summary

2

Insights in die  
Sektoren

3

Insights in die  
Gestaltungsoptionen

4

Methodischer  
Ansatz



# Executive Summary

# Ausgangslage | Leitsektoren unterscheiden sich im negativem Umwelteinfluss – Digitalisierung kann Nachhaltigkeit spezifisch stärken



Sektor	Energieverbrauch	Rohstoffeinsatz	Treibhausgase	Luftschadstoffe	Wasserverbrauch	Abfall	Gewässerqualität	Flächenverbrauch
Landwirtschaft	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	hoch	hoch
Wasserwirtschaft	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel	mittel
Verkehr & Logistik	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	hoch
Grundstoffe, Chemie, Pharma	hoch	hoch	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel
Bau & Immobilien	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel	hoch
Produktion	hoch	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
Elektrotechnik & Maschinenbau	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
IKT	hoch	hoch	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel

## Erklärung

1.) Bewertungen basieren auf qualitativen Untersuchungen und Experteneinschätzungen.

2.) Die Bewertung der Umweltauswirkungen je Sektor erfolgt relativ zueinander.

Negativer Umwelteinfluss je Leitsektor:

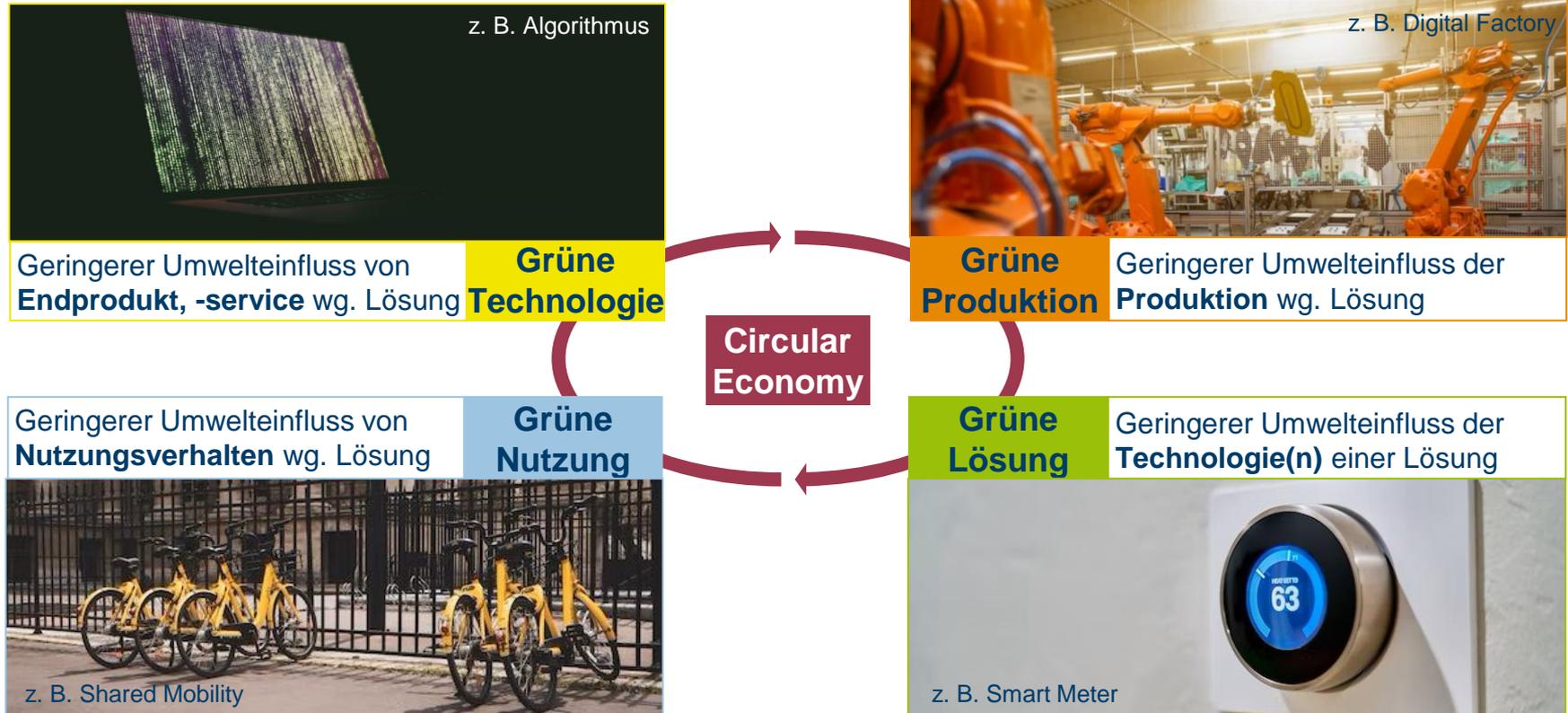
hoch

mittel

niedrig

**Verschiedene digitale Lösungen zur Adressierung der divergierenden Umwelteinflüsse nötig**

# Ansatz | Pro Sektor Reduzierbarkeit des negativen Umwelteinflusses durch digitale Lösungen entlang von 5 Nachhaltigkeitshebeln evaluieren



# Grundfrage | Wie verbreitet sind grüne digitale Lösungen in deutschen Leitsektoren und was sind ihre wirtschaftlichen Potenziale?



## Welche auf Technologien basierte Lösungen...

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Cloud & Edge Computing      | Autonome Roboter                |
| Internet of Things          | Anywhere Operations             |
| Cyber-physische Systeme     | Distributed-Ledger-Technologien |
| Digital Twin                | 5G + 6G                         |
| Virtual & Augmented Reality | Künstliche Intelligenz          |

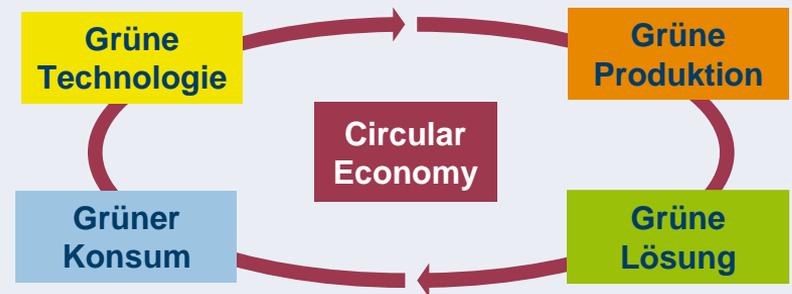
## können den Impact auf 8 Umweltfaktoren ...

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| Energieverbrauch | Wasserverbrauch  |
| Rohstoffeinsatz  | Abfall           |
| Treibhausgase    | Gewässerqualität |
| Luftschadstoffe  | Flächenverbrauch |

## von 8 Leitsektoren der deutschen Wirtschaft...

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Landwirtschaft              | Bau und Immobilien              |
| Wasserwirtschaft            | Produktion                      |
| Verkehr und Logistik        | Elektrotechnik und Maschinenbau |
| Grundstoffe, Chemie, Pharma | IKT                             |

## ...entlang 5 Nachhaltigkeitshebeln verbessern?



# Verbreitung digitaler Technologien | Digitale Lösungen kombinieren

digitale Technologien, die v.a. in industriellen Sektoren verbreitet sind



Sektoren	Cloud & Edge	IoT	CPS	VR & AR	Auton. Roboter	Anywhere Ops.	DLT	5G & 6G	KI	Big Data
Landwirtschaft	hoch	mittel	mittel	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	mittel	hoch
Wasserwirtschaft	hoch	mittel	mittel	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	mittel	hoch
Verkehr & Logistik	hoch	mittel	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch
Grundstoffe, Chemie, Pharma	hoch	mittel	hoch	niedrig	niedrig	mittel	niedrig	hoch	hoch	hoch
Bau & Immobilien	hoch	mittel	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	niedrig	mittel	hoch	hoch
Produktion	hoch	hoch	hoch	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	hoch	mittel	hoch
Elektrotechnik & Maschinenbau	hoch	hoch	hoch	niedrig	mittel	niedrig	niedrig	hoch	mittel	hoch
IKT	hoch	mittel	niedrig	niedrig	niedrig	mittel	niedrig	hoch	mittel	hoch

Relative Verbreitung technologiebasierter Lösungen in den einzelnen Sektoren ■ hoch ■ mittel ■ niedrig

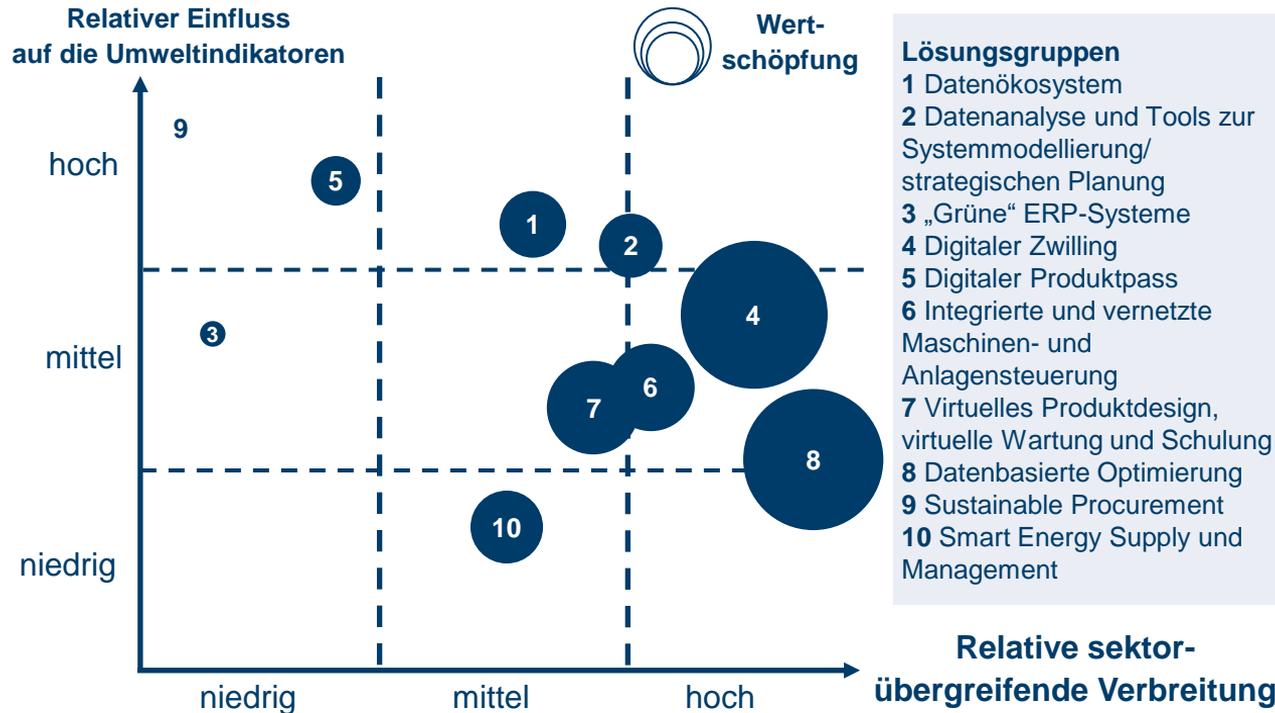
# Verbreitung digitaler Technologien | Industrie 4.0-Technologien

bereits breit in Anwendung, v.a. Investitionshürden hemmen Diffusion



VERBREITUNGSGRAD	GRÜNDE FÜR DIE VERBREITUNG
<p>Cloud &amp; Edge Computing</p> <p><b>Breit in Anwendung</b></p> <p>Künstliche Intelligenz</p> <p>5G + 6G</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Direkte Ableitung von Use Cases</li><li>2) Ökonomischer Mehrwert klar erkennbar und zeitnah realisierbar</li><li>3) Geringe Investitionshürden</li></ol>
<p>Internet of Things</p> <p>Cyber-physische Systeme</p> <p><b>Teilweise in Anwendung</b></p> <p>Digital Twin</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Direkte Ableitung von Use Cases</li><li>2) Ökonomischer Mehrwert unklar bzw. nur langfristig erreichbar</li><li>3) Hohe Investitionshürden</li></ol>
<p>Virtual &amp; Augmented Reality</p> <p>Autonome Roboter</p> <p><b>Vereinzelt in Anwendung</b></p> <p>Anywhere Operations</p> <p>Distributed-Ledger-Technologien</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Unklare Use Cases</li><li>2) Ökonomischer Mehrwert unklar bzw. nur langfristig erreichbar</li><li>3) Hohe Investitionshürden</li></ol>

# Wichtigste digitale Lösungen | Digitale Lösungen zur industriellen Effizienzsteigerung weit verbreitet, Effektivitätshebel kaum adressiert



## Lösungsgruppen

- 1 Datenökosystem
- 2 Datenanalyse und Tools zur Systemmodellierung/strategischen Planung
- 3 „Grüne“ ERP-Systeme
- 4 Digitaler Zwilling
- 5 Digitaler Produktpass
- 6 Integrierte und vernetzte Maschinen- und Anlagensteuerung
- 7 Virtuelles Produktdesign, virtuelle Wartung und Schulung
- 8 Datenbasierte Optimierung
- 9 Sustainable Procurement
- 10 Smart Energy Supply und Management

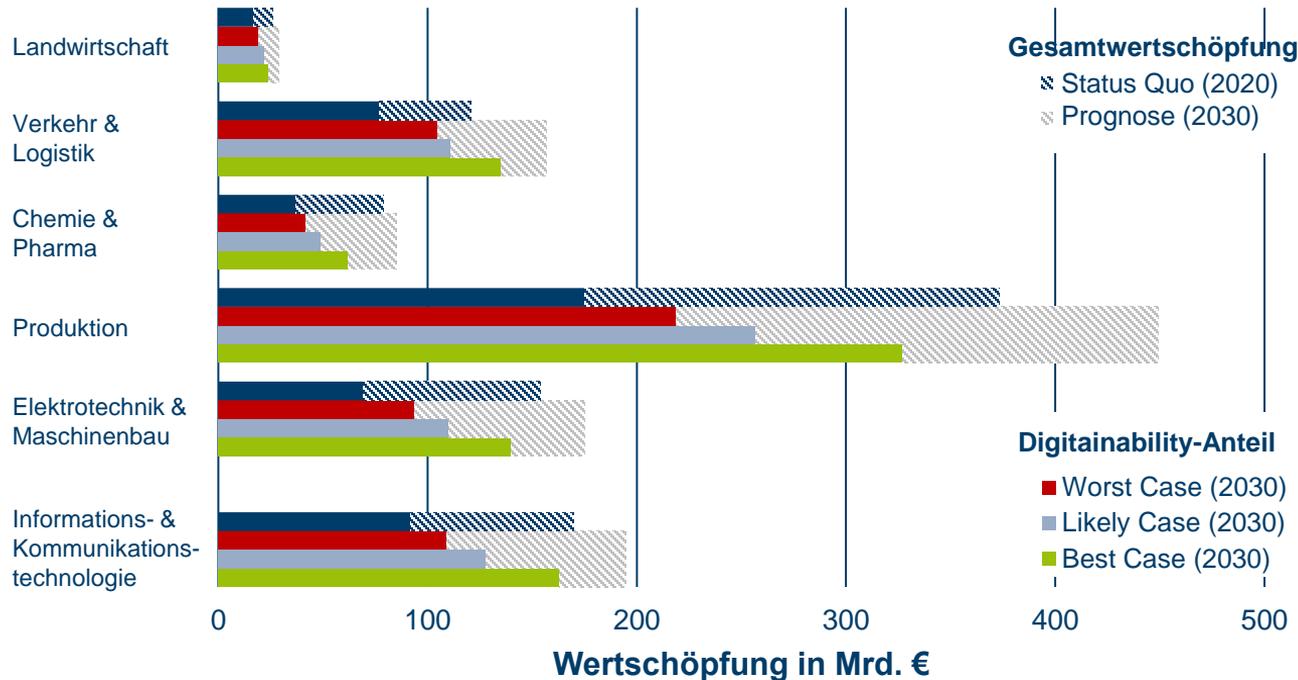
## Erklärung

1.) Aktuelle weit verbreitete digitale Lösungen betreffen vor allem Anwendungen zur Effizienzsteigerung und entstehen aus Anwendungsfällen mit konkretem ökonomischen Mehrwert

2.) Für Sustainable Procurement konnten noch keine Anwendungen identifiziert werden, weswegen hier keine Abschätzung der Wertschöpfung angegeben ist.

**Industrie 4.0 ist ein Haupttreiber des Einsatzes digital-nachhaltiger Lösungen.**

# Wertschöpfungspotenziale | In allen Sektoren bieten sich deutliche Wachstumspotenziale durch grüne digitale Lösungen



## Erklärung

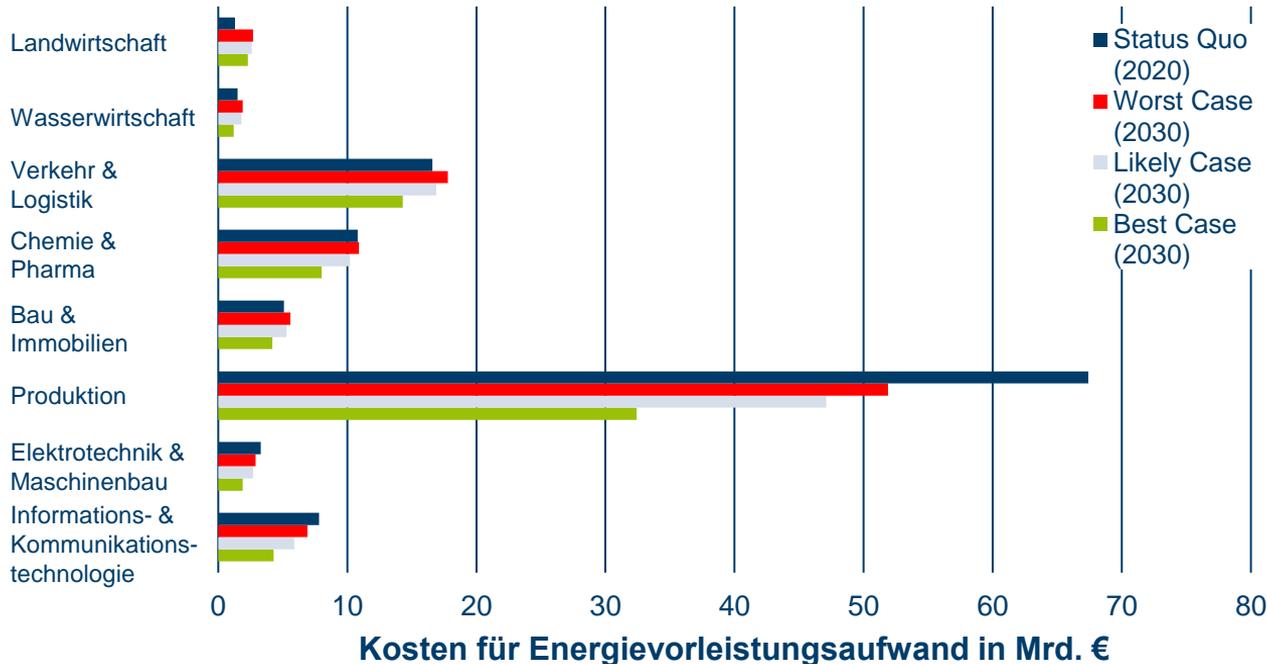
Die Steigerung des Digitainability-Wertschöpfungsanteils gemessen an der sektoralen Gesamtwertschöpfung hängt ab von:

- der Diffusion digitaler Nutzung
- der Intensivierung ihrer Nutzung
- von Anpassungen des Anreizsystems

Diese Szenarienanalyse als Teil der ökonomischen Marktanalyse basiert auf Hypothesen zum jeweiligen Diffusions-, Nutzungs- und Anpassungsgrad.

**Digitainability stärkt Wertschöpfung, muss dafür aber strategisch implementiert werden.**

# Energieaufwand | Höhere Energieeffizienz durch digitale Lösungen ist ein sektorenübergreifender Hebel für Nachhaltigkeit & Kosteneffizienz



## Erklärung

Mit abzusehender gesteigerter Nachfrage wächst in allen betrachteten Sektoren der Grundenergiebedarf bis 2030. Über den Einsatz digitaler Lösungen kann aber die Energieeffizienz gesteigert werden, sodass der Gesamtenergieaufwand und damit die Energiekosten in einigen Sektoren gesenkt werden könnten.

**Höherer Grundenergiebedarf, aber Gesamtenergiebedarf mit digitalen Lösungen reduzierbar**



# Insights in die Sektoren

# Landwirtschaft | Hohe THG- & Luftschadstoffemissionen, digitale Lösungen fokussieren v.a. Ackerbau (Effizienz) und seltener Tierhaltung



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Energiebedarf der Landwirtschaft wird in den nächsten Jahren steigen: Energieeffizienz besonders wichtig
- Digitale Lösungen setzen vor allem im Ackerbau, weniger in der Tierhaltung an
- Digitale Lösungen fokussieren primär die Steigerung der Effizienz in der Landwirtschaft, kaum Lösungen verfügbar, die auf veränderte Nutzung setzen

## UMWELTEINFLUSS

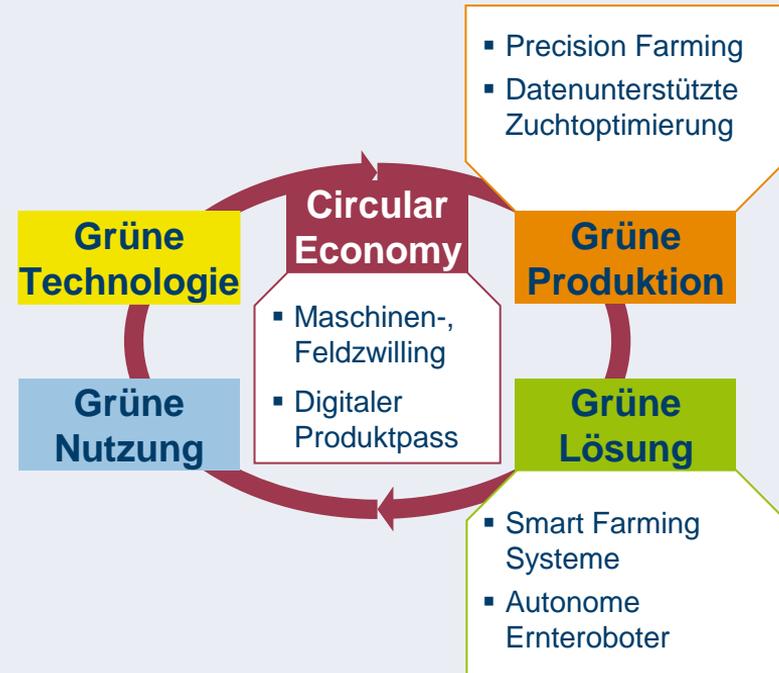
**17,6 %**  
Inl. Rohstoffäquivalente  
(Anteil an Gesamt 2020)

**Monokulturen & Flächenverbrauch**  
schwächen Biodiversität

**8%**  
Feinstaubemissionen  
(Anteil an Gesamt 2020)

Überproportional starker  
Luftschadstoffemittent  
**(Methan & Stickstoff)**

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



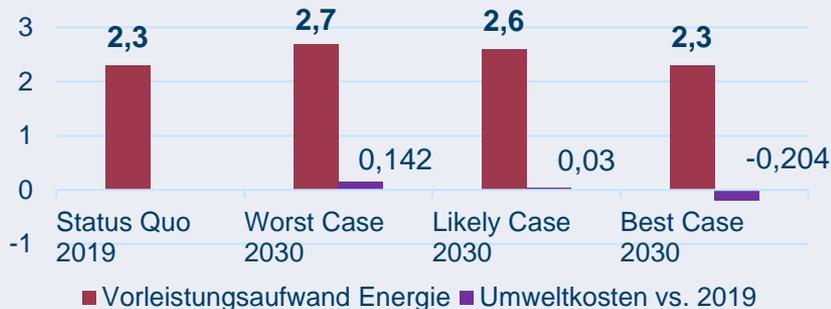
# Landwirtschaft | Umwelteinfluss nur bedingt reduzierbar, aber hohes Digitainability-Potenzial durch breiteres Bewusstsein bei Anwendenden



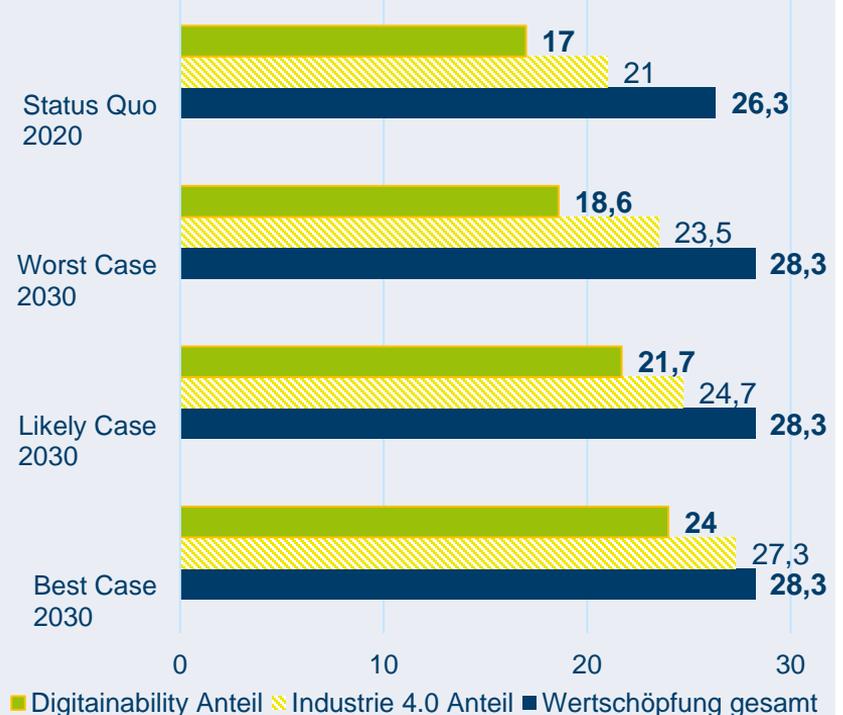
## HEMMNISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- 
 Tierhaltung: Schlechter Umwelteinfluss digital nur schwer reduzierbar (Methan-, CO<sub>2</sub>- und Stickstoffgasbindung hilfreicher)
- 
 Ackerbau: Investitionsaufwand in smarte Landmaschinen und Nachrüstungsaufwand digitaler Landmaschinen oft nicht lohnend
- 
 Akzeptanz u. Marktdurchdringung alternativer Produktionsmethoden bisher nicht ausreichend: kaum Anreizstrukturen

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



# Landwirtschaft | Intelligente Feldrobotik für nachhaltige Landwirtschaft

## Use Case



Der KI-unterstützte Feldroboter aus dem Projekt NOcsPS ermöglicht eine **autonome mechanische Unkrautentfernung ohne chemische Pflanzenschutzmittel**. Der Roboter ist mit Kamera- und Lasersensoren ausgestattet und kann mithilfe von KI-Methoden Kultur- von Unkrautpflanzen unterscheiden. Die Bilddaten werden in Echtzeit im Roboter ausgewertet.

Die Unkrautentfernung ohne chemische Pflanzenschutzmittel **erhält die Biodiversität** und die Bodenfruchtbarkeit und vermeidet chemische Rückstände in den Nahrungsmitteln. Der Roboter wird rein elektrisch und mit regenerativem Strom betrieben werden, sodass im Betrieb keine klimaschädlichen Emissionen entstehen.



# Wasserwirtschaft | Sektor mit Schnittstellenfunktion, aber aktuell nur wenig sektorspezifische digital nachhaltige Lösungen



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Schnittstellenfunktion zwischen alle betrachteten Sektoren
- Effizienzoptimierung wegen künftig prognostizierter Wasserknappheit immer wichtiger
- Aktuell existieren wenig sektorspezifische digitale Lösungen
- verfügbare Lösungen fokussieren primär die Datensammlung und -analyse zur Optimierung der Wasserqualität und von Wasserkreisläufen

## UMWELTEINFLUSS

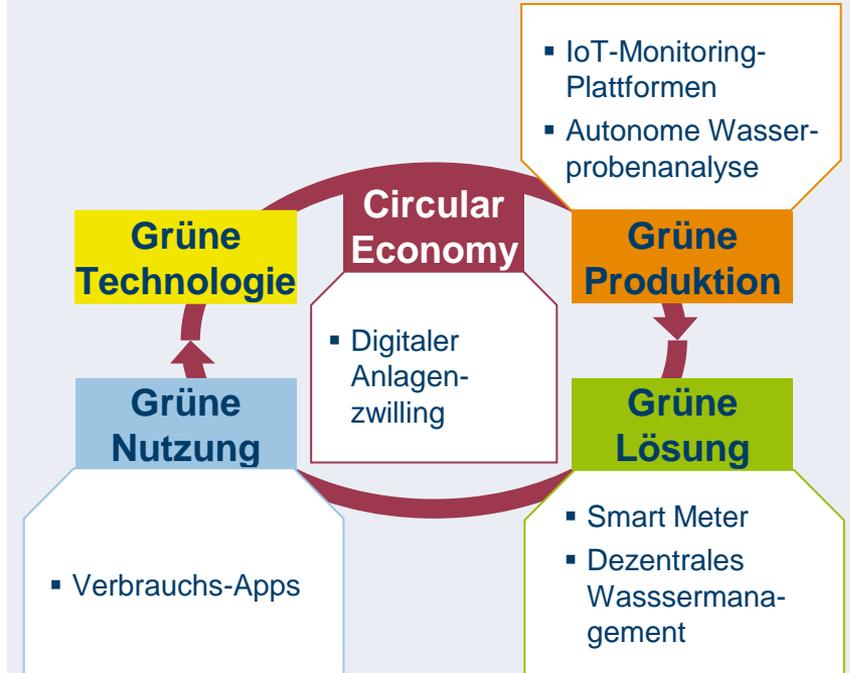
**4,8%**  
Energieverbrauch für  
Warmwasser (2017)

**219,8 PJ**  
Energieverbrauch  
(2020)

**9 Mrd. m<sup>3</sup>**  
Jahresabwassermenge  
(2020)

**9,8 TJ/Mio. € BWS**  
Energieintensität  
(2020)

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



# Wasserwirtschaft | Zur Verbesserung der Nachhaltigkeit braucht es mehr Anwendungsfälle und vereinfachte Regularien zur Datennutzung



## HEMNMISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Regulatorische Herausforderungen zur Datenbereitstellung aufgrund föderalen Datenerhebung sowie Interpretationsoffenheit aktueller Datenschutzrichtlinien
- Aktuell noch wenig konkrete Anwendungsfälle, die den Mehrwert der digitalen Interaktion mit anderen Sektoren verdeutlichen (z. B. Integration der Wasserwirtschaft in Building Information Modelling der Bauwirtschaft)

## USE CASE: IoT-PLATTFORM

Die Cloud-basierte Plattform Cumulocity IoT ermöglicht in Australien smartes Monitoring für Wasserverteilnetze nahezu in Echtzeit durch Nutzung intelligenter Zähler („smart meter“). Dies ermöglicht schnelleres und vorrausschauendes Eingreifen bei Problemen.

Zustand der Wasserinfrastruktur

Verringerung von Leckagen

Verringerung  
Energiekosten

Verringerung  
Umsatzverlust

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



# Verkehr & Logistik | Hohe Energieintensität und Emissionstreiber, Nutzung digitaler Lösung weit verbreitet wegen Effizienzsteigerungen



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Bereits überdurchschnittliche Digitalisierung in der Logistik
- Großes Nachhaltigkeitspotenzial durch Digitalisierung im Verkehr, insb. über Plattformlösungen: Auslastung + Routenoptimierung
- Grüne Nutzung insb. über Shared Mobility-Konzepte möglich
- positive Umwelteffekte skalieren mit dem Grad der Vernetzung: integrierter Verkehrskonzepte großer Hebel

## UMWELTEINFLUSS

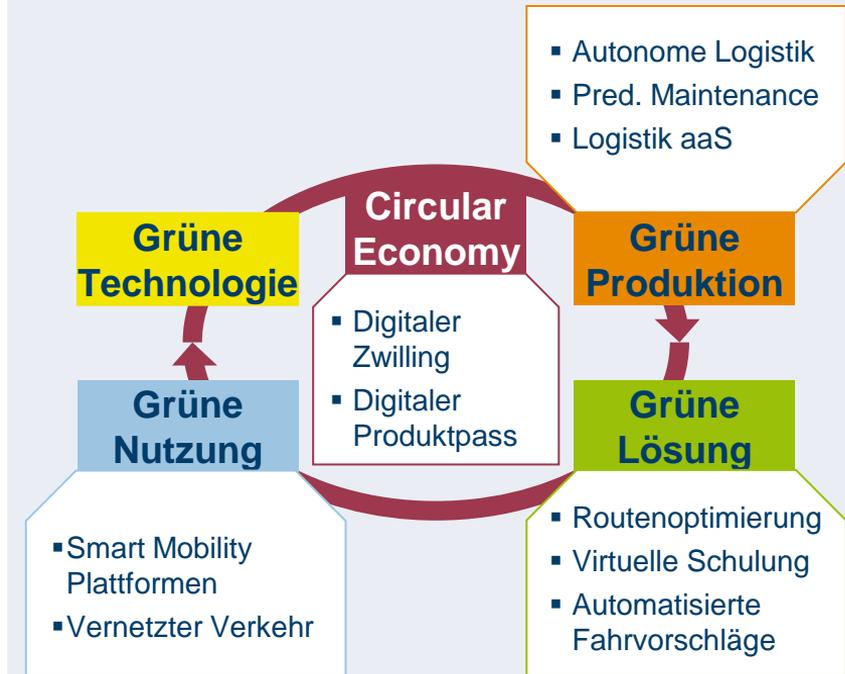
**55,4 %**  
Feinstaubemissionen  
(Anteil an Gesamt 2020)

**Flächenverbrauch**  
durch Straße  
und Schiene

**10,7 TJ/Mio. € BWS**  
Energieintensität  
(2020)

**40 %**  
Stickstoffdioxidemissionen  
(Anteil an Gesamt 2020)

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



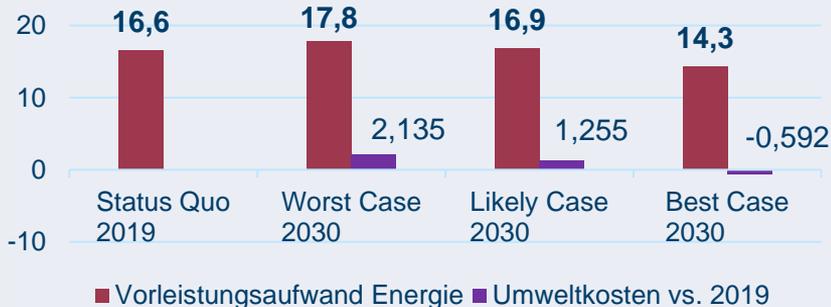
# Verkehr und Logistik | Zur Hebung der Digitainability-Potenziale braucht es mehr Plattformlösungen und eine bessere Vernetzung



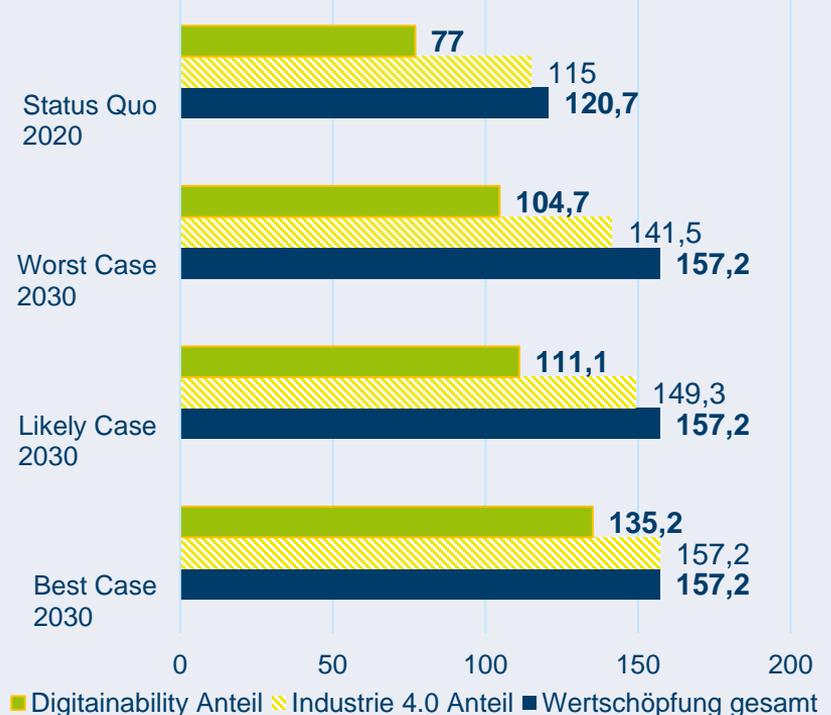
## HEMMNISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Fokus auf Individualverkehr in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, der weniger nachhaltig ist
- Mangelnde Anpassung des Geschäftsmodells klassischer Individualmobilitätsanbieter, dadurch Gefahr des Kundenverlusts durch Sharing- und Plattformlösungen
- Zurückhaltung bei der Datenteilung und Vernetzung zwischen den Anbietern wegen kartellrechtlicher und wettbewerblicher Bedenken

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



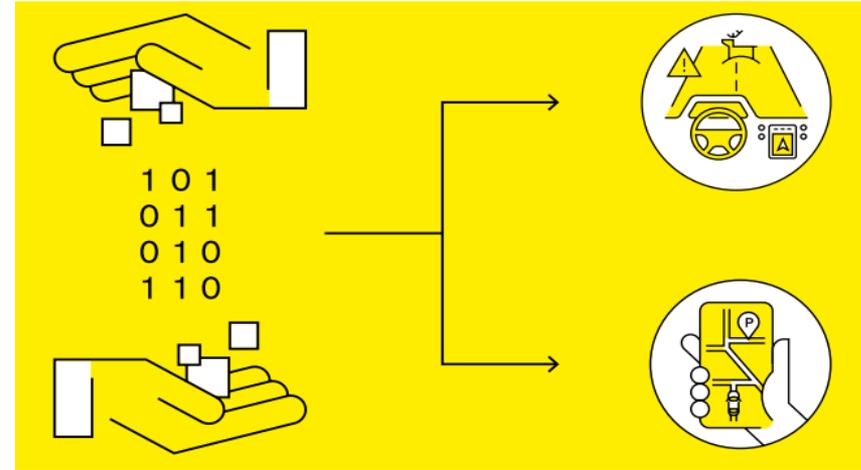
# Verkehr und Logistik | Mobility Data Space

## Use Case



Der Mobility Data Space ist der **digitale Marktplatz** für den selbstbestimmten, dezentralen und sicheren Austausch von **Mobilitätsdaten**. Dabei werden öffentliche und privatwirtschaftliche Daten verknüpft. Die Datengeber legen fest und kontrollieren, unter welchen Bedingungen ihre Daten durch andere Prozessierende genutzt werden können.

Der Datenraum bietet **Möglichkeiten** für **datengetriebene Geschäftsmodelle** und entfaltet neue Möglichkeiten der Datenerschließung, -verknüpfung und -verwertung. Dadurch entsteht ein **Mehrwert für die ökologische Nachhaltigkeit** z. B. durch Smart Parking, wetterabhängige Verkehrsempfehlungen, KI-basierte Optimierung von aktuellen Mobilitätsangeboten, verbesserte Verkehrsprognosen durch Machine Learning oder die nachhaltige Nutzung elektrischer Antriebe für Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge.



Traffic Information



Roadworks and Road Conditions



Traffic Flow Information



Parking Information



Fuel Price and Electromobility



Traffic Signs and Speed Information



Public Transport Information



Weather Information



Car und Bike Sharing



Infrastructure

# Chemie & Pharma | Energie- und rohstoffintensive Prozesse, digitale Lösungen zielen auf Effizienzsteigerungen ab



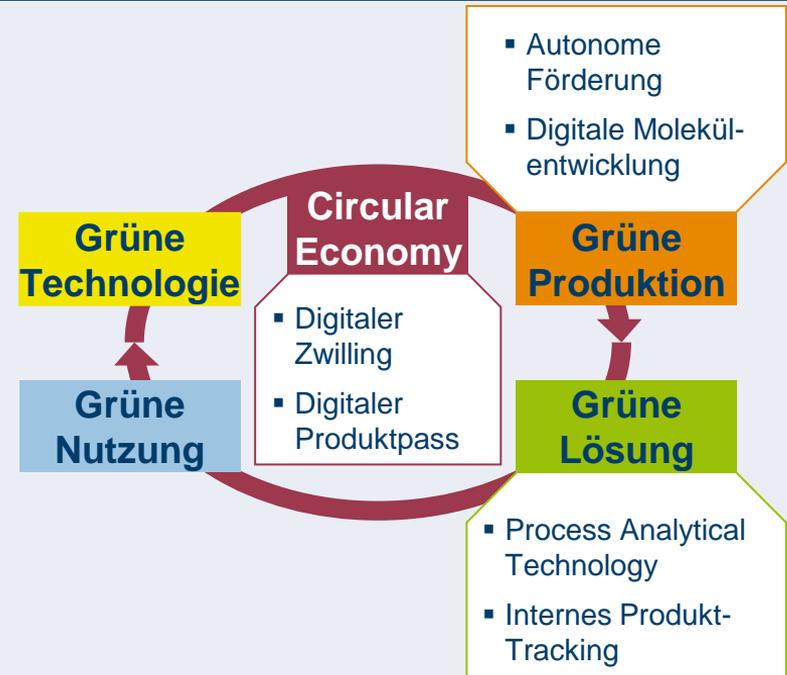
## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Verbreitung von Industrie-4.0-Lösungen hat erst begonnen und zielt v.a. auf Effizienzsteigerungen ab
- Digitale Zwillinge als Basis für die Optimierung modularer, dezentraler Produktionstechnologien bieten Potenzial für hohe positive Umwelteffekte
- Hohe Energie- und Ressourcenintensität: deshalb großes Potenzial für Kreislaufwirtschaft durch Vernetzung von Rohstoffkreisläufen

## UMWELTEINFLUSS

<b>58%</b> Wasserverbrauch (Anteil im verarbeitenden Gewerbe 2016)	<b>&gt;20%</b> Energieverbrauch (Anteil an Gesamt 2020)
<b>15,5%</b> Wasserbedarf (Anteil an Gesamt 2019)	<b>25 TJ/Mio. € BWS</b> Energieintensität (2020)

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



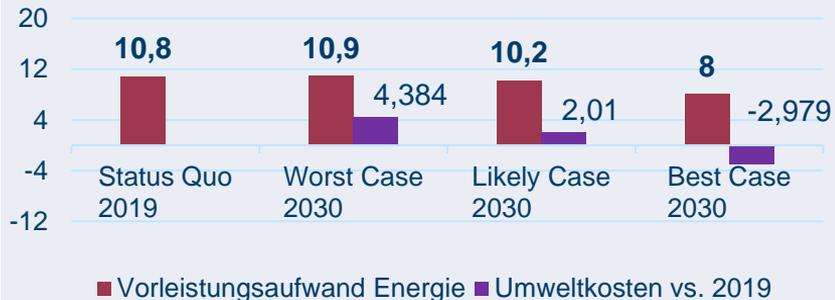
# Chemie & Pharma | Hohes Digitainability-Potenzial, Standardisierung notwendig zur Verallgemeinerung branchenspezifischer Lösungen



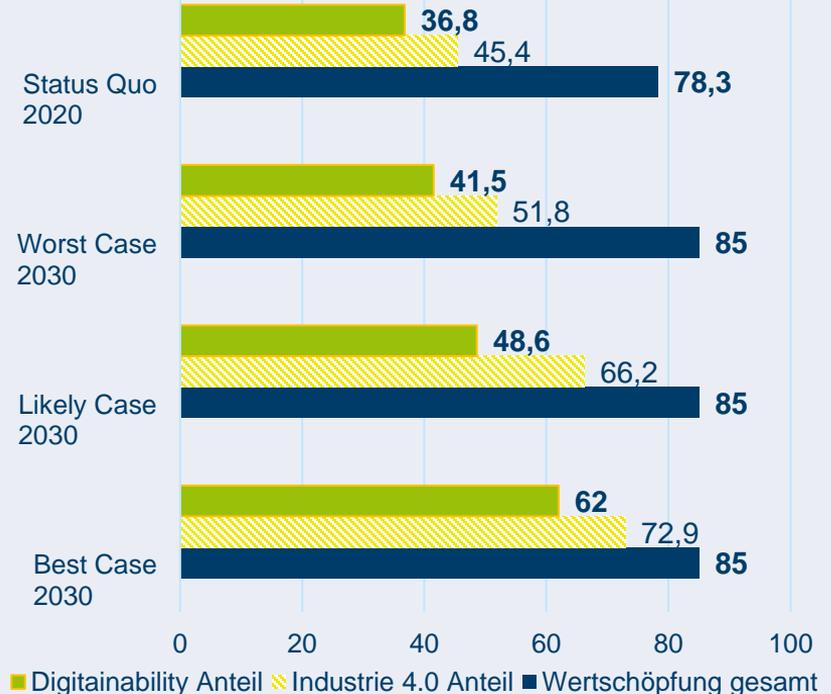
## HEMNMISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Heterogene Strukturierung der Branchen Spezialchemie und Pharma mit sehr spezifischen Produktionsanforderungen: hoher Individualisierungsbedarf für digitale Lösungen
- Aktuell nur beschränkte Nutzung von Standards und Referenzarchitekturen (RAMI 4.0, OPC UA, AAS etc.) sowie Datenökosystemen für kollaborative Datennutzung
- Wenig ökonomische Anreize für ökologische Nachhaltigkeit

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



# Chemie & Pharma | Intelligentes Energiemanagement

## Use Case



Spezifische, fein abgestimmten Prozesse mit definierten Bedingungen prägen **die Chemie- und Pharmaindustrie**. Diese Prozesse können im Hinblick auf eine Steigerung der Energieeffizienz bzw. den notwendigen Energie-Input nicht pauschal angepasst werden. Nicht verhinderbare Lastspitzen fallen dadurch potenziell in einen Zeitraum mit hohen Strompreisen bzw., wenn Strom mit einem geringen Anteil aus nachhaltigen Energiequellen produziert wird.

**Vollintegrierte intelligente Lösungen** erlauben **Kosten-, Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen**, ohne dass Prozesse an sich angepasst werden müssen. Lastspitzen und hohe Energieverbräuche können durch intelligente Lösungen KI-basiert vorhergesagt werden. Mittels Batteriespeicher werden Lastspitzen zudem kompensiert. Die Speicher werden wiederum in Zeiten geringeren Energiebedarfs der Chemie- und Pharmaindustrie aus regenerativen Energiequellen versorgt.

# Bau & Immobilien | Hoher Rohstoffbedarf, aktuelle Lösungen fokussieren Effizienzsteigerungen - größeres Potenzial durch BIM



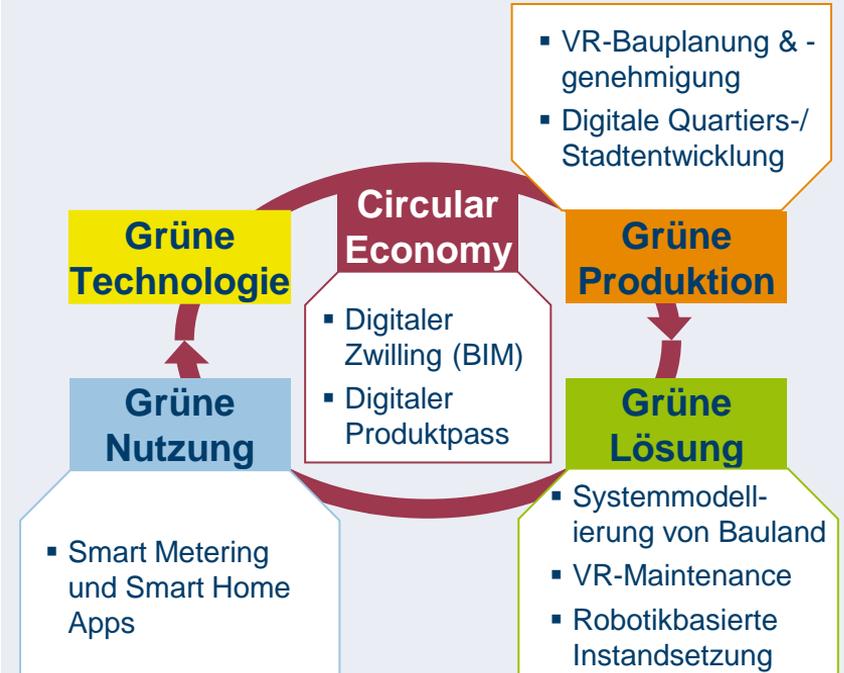
## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Digitale Lösungen fokussieren aktuell vor allem Effizienzsteigerungen
- Digitales Gebäudemanagement und Building Information Modeling (BIM) großer Hebel für die ökologische Nachhaltigkeit
- Digitaler Produktpass Hebel für die Kreislaufwirtschaft: kann zu Reduktion der hohen Rohstoffintensität beitragen

## UMWELTEINFLUSS

<b>38,6 %</b> Inl. Rohstoffäquivalente (Anteil an Gesamt 2020)	<b>14,5%</b> Flächenverbrauch (Anteil an Gesamt 2020)
<b>218,8 Mio. Tonnen</b> Bauabfälle in Deutschland 2018	<b>Urban Heating, Lärmaufkommen, etc.</b> beeinträchtigen Umwelt

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



# Bau & Immobilien | Große Potenziale vor allem durch Optimierung von Bestandsimmobilien, aber teilweise hinderliche Regulatorik



## HEMNMISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

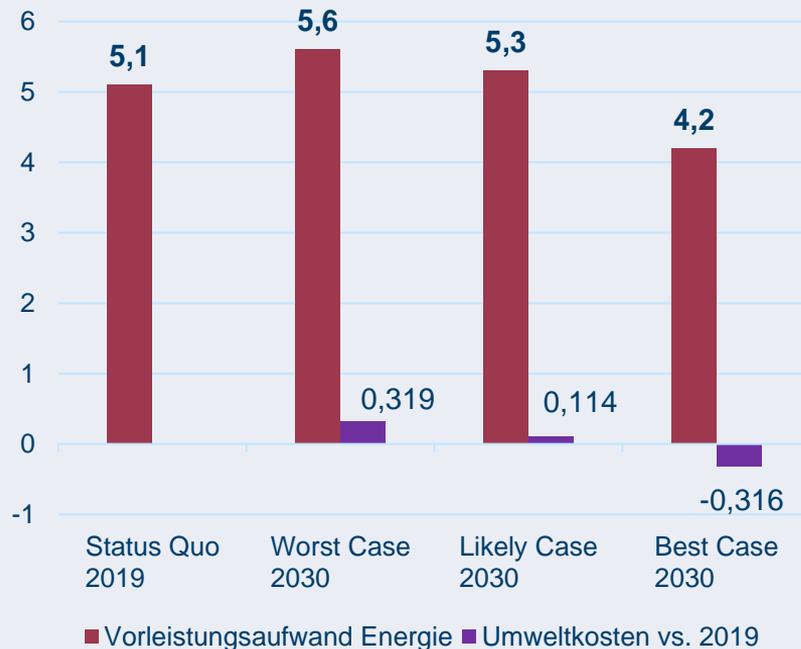
- Fehlende Anreize zur energetischen Optimierung (lange Zeit niedrige Energiepreise) hemmte Digitalisierung
- Regulatorische Hürden z. B. im Rahmen des Präqualifizierungsverfahren für die Einspeisung von lokal produziertem Solarstrom
- Timelag zwischen der Datenerfassung für BIM während der Bauphase und dem Nutzenwert von Daten: werden oft erst in der Sanierungs- bzw. Abrissphase relevant

## BUILDING INFORMATION MODELING

Building Information Modeling (BIM) bezeichnet die durchgängige Digitalisierung aller planungs- und realisierungsrelevanten Bauwerksinformationen als virtuelles Bauwerksmodell. Dies schafft eine synchronisierte Datenbasis und stärkt so die Ressourceneffizienz.



## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



# Produktion | Hoher Energieverbrauch, digitale Lösungen entlang Industrie 4.0-Paradigma wegen Effizienzgewinnen weit verbreitet



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Nutzung digitaler Lösungen wegen verbreiteten Industrie 4.0-Paradigmas fortgeschritten
- Verfügbare digitale Lösungen dienen primär der Effizienzsteigerung
- Setzen nur vereinzelt an Effektivitätshebeln an (z. B. digitaler Zwilling und Produktpass): Sustainable Procurement, XaaS-Geschäftsmodelle und verbessertes Recycling bieten großes Potenzial

## UMWELTEINFLUSS

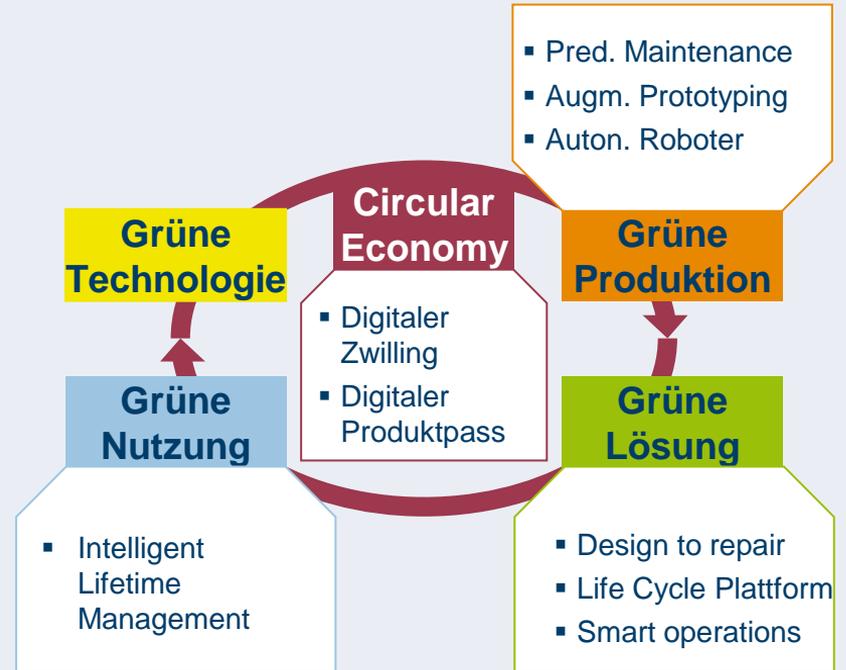
**3.093,1 PJ**  
Energieverbrauch  
(2019)

**6,8%**  
Wasserbedarf  
(Anteil an Gesamt 2020)

**22,5%**  
THG-Emissionen  
(Anteil an Gesamt 2021)

Fokus auf **lineare Ressourceneffizienz**  
ohne Rohstoffrückgewinnung

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



# Produktion | Produkte sollten nachhaltig by design sein, fehlende Bewertbarkeit der ökol. Nachhaltigkeit entlang der Wertschöpfungskette



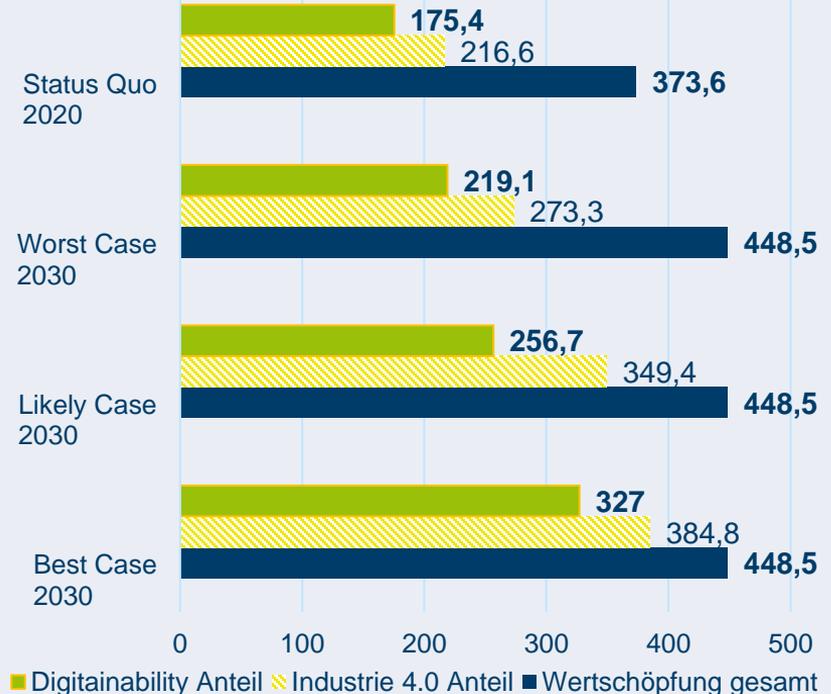
## HEMMNISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Nachhaltigkeit by design, z. B. durch Modularisierung, ist noch nicht in der Produktplanung verankert
- Ökologische Nachhaltigkeit ist bisher nur bedingt bewertbar entlang der Wertschöpfungskette bzw. vorhandene Metriken fokussieren nur bestimmte Aspekte wie CO<sub>2</sub>-Äquivalente
- Mangelnde Datenverfügbarkeit und große Schnittstellenheterogenität zwischen Prozessen und Akteuren

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



# Produktion | Catena-X

## Use Case



Catena-X ist das **erste kollaborative, offene Datenökosystem für die Automobilindustrie** und verfolgt das Ziel einen weltweit standardisierten Datenaustausch auf Basis europäischer Werte zu etablieren. Ein zentrales Ziel von Catena-X besteht in der Steigerung der Nachhaltigkeit bei der Produktion von Fahrzeugen und entlang der gesamten Zuliefererkette. Dies soll insbesondere durch die **Reduzierung von THG-Emissionen** erreicht werden.

Catena-X kann hier einen Mehrwert liefern, da durch die **Zusammenführung aller Daten entlang der gesamten Produktionskette** eine Standardisierung und damit eine Vergleichbarkeit der Messung der CO<sub>2</sub>-Daten ermöglicht wird. Eine transparente Vergleichbarkeit ermöglicht es allen Beteiligten am Prozess sowohl ihre eigenen CO<sub>2</sub>-Emissionen einzuordnen als auch eine informierte Auswahl bei Kaufentscheidungen zu treffen. Informationen über nachhaltige Produktion werden transparent und belastbar und können so auch zu einem Wettbewerbsvorteil werden



# Elektrotechnik & Maschinenbau | Hauptemittent von PFC, hoher Grad an Digitalisierung für Prozessoptimierungen & Effizienzsteigerungen



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Bereits hohe Verbreitung von Industrie 4.0-Lösungen: v.a. für Energie-, Emissions-, Ressourceneffizienz
- Verbreitete digitale Optimierung von Produktionsprozessen fungieren nur als begrenzter grüner Hebel (15-25% THG-Reduktion)
- Hohe spezifische Klimaschutzwirkungen (>35% THG-Reduktion) durch digitale Lösungen für EE-Integration und Lastmanagement

## UMWELTEINFLUSS

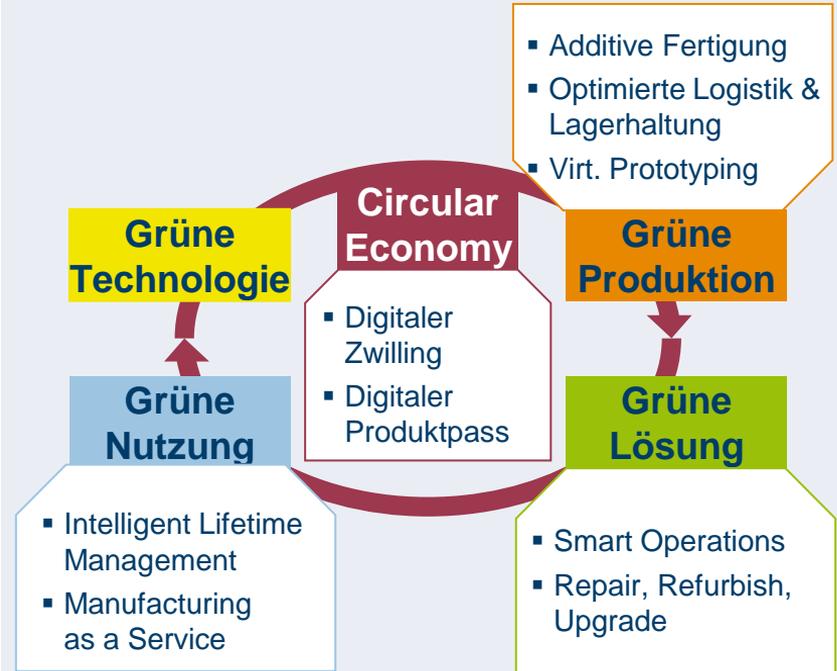
**56,1 %**  
PFC-Emissionen  
(Anteil an Gesamt 2020)

**6,3 %**  
Inl. Rohstoffäquivalente (Anteil  
an Gesamt 2020)

**3,5 Mio. Tonnen**  
THG-Emissionen  
(2018)

**178,5,9 PJ**  
Energieverbrauch  
(2019)

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN



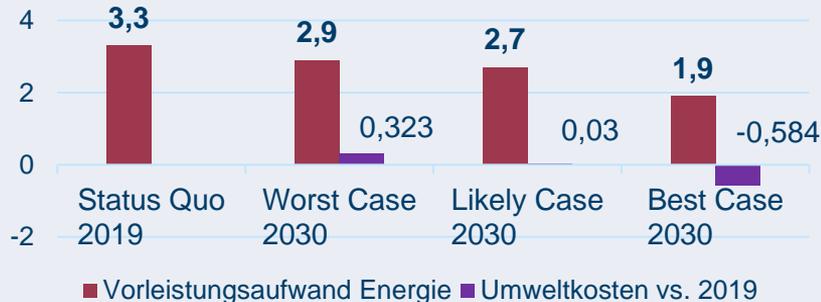
# Elektrotechnik & Maschinenbau | Reparatur- und Adaptionenfähigkeit von Produkten sollte forciert und incentiviert werden



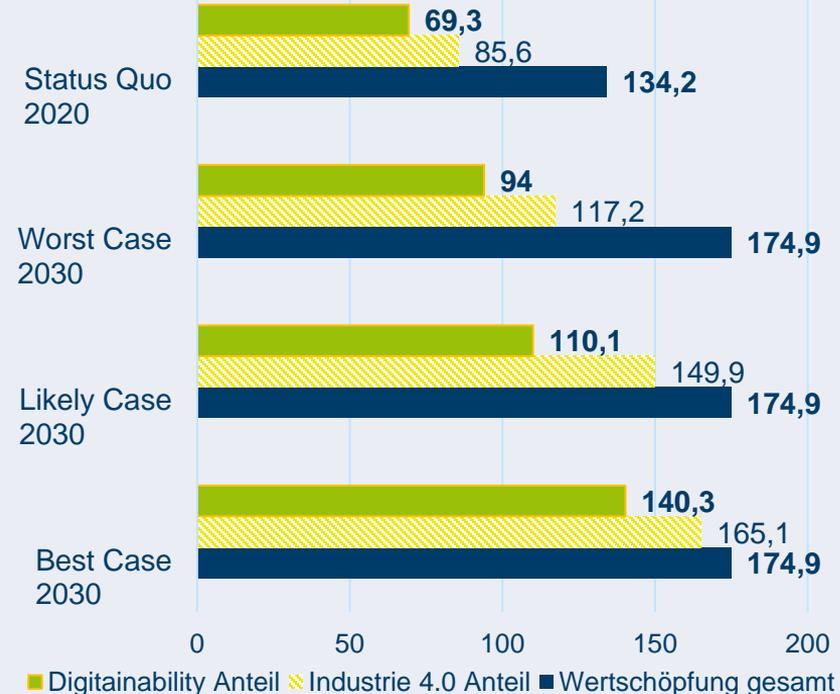
## HEMMNISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Fehlender ökonomischer Anreiz bremst die Verbreitung von digitalen Lösungen mit ökologischem Mehrwert
- Reparatur- und Adaptionenfähigkeit der Produkte z. B. durch verstärktes digitales Prototyping steht noch nicht im Vordergrund
- Mangelnde Datenverfügbarkeit und große Schnittstellenheterogenität zwischen Prozessen und Akteuren

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



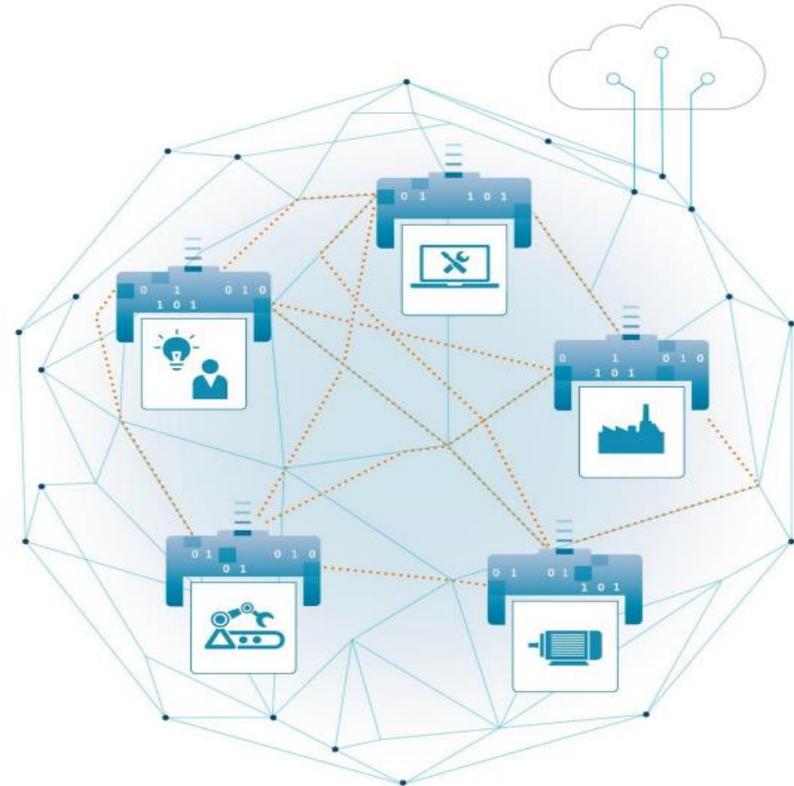
# Elektrotechnik & Maschinenbau | Asset Administration Shell

## Use Case



Die Asset Administration Shell (ASS) ist die **Umsetzung des digitalen Zwillings für Industrie 4.0**. In der ASS werden die Informationen, Merkmale und Verhaltensweisen eines Assets digital dargestellt. Auf diese Weise kann der gesamte Lebenszyklus von Produkten, Geräten, Maschinen und Anlagen abgebildet werden. Mit dieser digitalen Lösung wird **herstellerübergreifende Interoperabilität** ermöglicht die Grundlage für durchgängige Wertschöpfungsketten gelegt.

Mit der ASS können die Betriebsparameter eines Produkts während dessen gesamter Lebensdauer aufgezeichnet werden. Die dabei entstehenden Informationen können zwischen allen Partnern in der Wertschöpfungskette ausgetauscht werden. So kann sowohl eine **längere Lebensdauer** des Assets durch frühzeitige Wartung und Reparatur sichergestellt als auch die Entwicklung neuer Modelle mit Informationen aus der Nutzung unterstützt werden. Dies kann die **Ressourceneffizienz erhöhen**.



# Informations- & Kommunikationstechnologie (IKT) | Enabler für Digitalisierung anderer Sektoren, wenn Rebound-Effekte mitigiert sind



## KEY INSIGHTS & TAKEAWAYS

- Verbreitung von Industrie-4.0-Lösungen bereits stark ausgeprägt
- Konzentration auf der Entwicklung grüner Technologien oder dem Einsatz digitaler Lösungen zur grüneren Produktion von IKT-Lösungen
- Große Wertschöpfungspotenziale über Skalierungseffekte, wenn kritischer Verbreitungspunkt erreicht ist

## UMWELTEINFLUSS

**295,5 PJ**  
Energieverbrauch  
(2019)

**Enabler-Funktion**  
für ökologische Nachhaltigkeit  
in anderen Sektoren

**1,63 Mio. t**  
THG-Emissionen  
(2020)

Steigender **Materialbedarf**  
(insb. seltene Erden) und  
**Reboundeffekte**

## WICHTIGSTE DIGITALE LÖSUNGEN

- Grüne Algorithmen
- KI auf der Edge
- KI-basierte Kühlung von Datenzentren

- Virtual Maintenance
- Mensch-Roboter-Kollaboration

**Grüne Technologie**

**Circular Economy**

**Grüne Produktion**

**Grüne Nutzung**

**Grüne Lösung**

- Home Office
- VR-Telepräsenz

- Infrastructure as a Service
- Digitale Assistenz

# IKT | Es bedarf einer Nachhaltigkeitsindikatorik für die Entwicklung grüner IKT-Lösungen für nachhaltiges Soft- & Hardware-Design



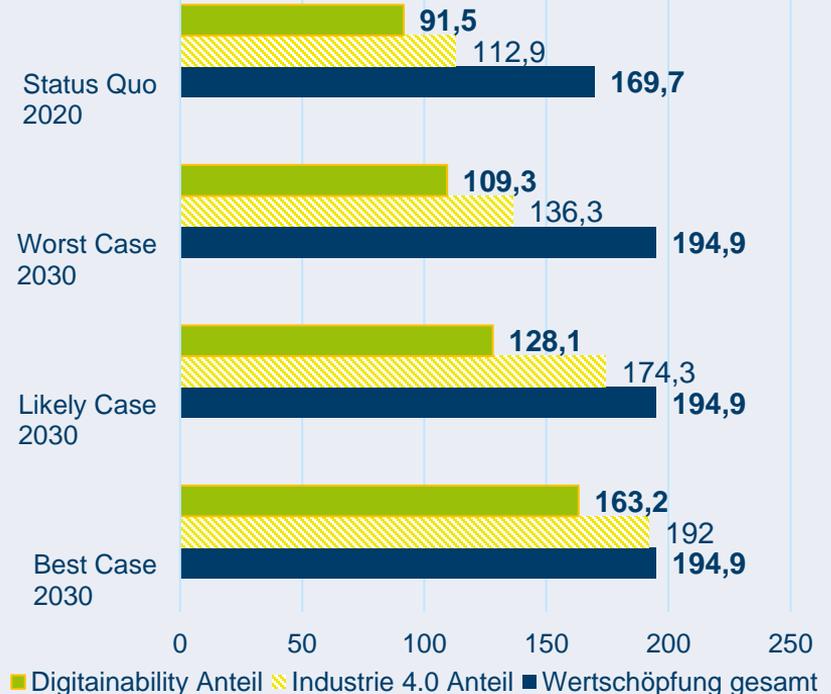
## HEMMNISSE FÜR VERTIEFTE NUTZUNG

- Fehlen von nachprüfbareren Kriterien für die Messung des Beitrags von GreenIT zur ökologischen Nachhaltigkeit
- Energieeffizienz von Software wird aktuell nicht in die Entwicklung miteinbezogen
- Ungenügende Evidenz- und Methodengrundlage zur Energieeffizienzsteigerung von Software oder zur ressourcenschonenderen Hardwareplanung

## ENERGIE- & UMWELTKOSTEN (Mrd. €)



## WERTSCHÖPFUNGSPOTENZIAL (Mrd. €)



# IKT | GreenIT

## Use Case



GreenIT bezeichnet umweltverträgliche Produkte und Dienstleistungen im IKT-Sektor sowie die Nutzung von IKT zur Umweltschonung. Dies umfasst die **Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus von IKT-Produkten** inkl. deren Auswirkungen auf das Klima und andere Umweltauswirkungen. Dies umfasst die Reduktion des Energie- und Rohstoffverbrauchs, der entstehende Abwärme und der Schadstoffe in den Produkten.

Dazu wird bereits **im Produktdesign Nachhaltigkeit bedacht** z. B. durch langlebige Hardware oder ressourcensparende Programmierung zur Senkung des Energieverbrauchs. IKT-Produkte werden zusätzlich recycelt, energiesparend entsorgt oder refurbished. Durch digitale Anwendungen wird darüberhinaus auch in anderen Bereichen das Reise- und Papieraufkommen reduziert. Gleichzeitig zielt GreenIT darauf ab, ein stärkeres Bewusstsein für den sinnvollen Einsatz von Technologie durch den Nutzer zu schaffen.





# Insights in die Gestaltungsoptionen

# Handlungsfeld Effizienz | Weitere Effizienzgewinne können durch höhere Verbreitung grüner digitale Lösungen noch ausgeschöpft werden



**POLITIK**

**GESELLSCHAFT**

**UNTERNEHMEN**

**WISSENSCHAFT**

## Steigerung der Verfügbarkeit und Adaption digital nachhaltiger Lösungen

Initiation von ressortübergreifenden Förderinitiativen für die Umrüstung auf ökologisch nachhaltige, digitale Lösungen

Digitainability-Kompetenzaufbau bei Anwendenden  
Aufbau eines Digitainability-Verzeichnisses für ökologisch nachhaltige, digitale Anwendungen

Weiterentwicklung der Prozesseffizienz bei gleichzeitiger Untersuchung des notwendigen Maßes an Digitalisierung

Entwicklung von Methoden zur Minimierung des Ressourcenverbrauchs von Software-Anwendungen

## Vermeidung von Rebound-Effekten

Förderung von Langlebigkeit und Wiederverwertbarkeit sowie von ökologischen Alternativen bezogen auf die jeweiligen Geschäftsmodelle

Aktive Kommunikation der ökologischen Folgen übermäßiger Technologienutzung

Entwicklung von Digitainability-Geschäftsmodellen (digitale Nachhaltigkeit)

Entwicklung von Methoden zur Vermeidung psychologischer Rebound-Effekte bei Nutzenden

# Handlungsfeld Effektivität | Verbreitung grüner digitaler Lösungen für Nutzungsänderung und Circular Economy sollten fokussiert werden



POLITIK	GESELLSCHAFT	UNTERNEHMEN	WISSENSCHAFT
<b>Plattformlösungen</b>			
Ausbau der digitalen Infrastruktur sowie Sicherstellung der Datensicherheit	Definition von Sicherheitsanforderungen für die geteilte Datennutzung	Entwicklung einheitlicher Datenschnittstellen zum Aufbau regionaler, anwendungsbezogener Plattformen	Entwicklung von einheitlichen Datenstandards und Konzepten zur sicheren Datenteilung
<b>Circular Economy</b>			
Initiation von ressortübergreifenden Förderinitiativen für die Umrüstung auf ökologisch nachhaltige, digitale Lösungen	Förderung der intersektoralen Vernetzung zur Erschließung von Anknüpfungspunkten in bisher getrennten Wertschöpfungsketten	Fokussierung eines nachhaltigen Produktdesigns in Bezug auf Reparaturfähigkeit, Modularisierbarkeit und Recyclingfähigkeit	Erforschung nachhaltiger Rohstoffe und Produkte sowie von Metriken zur Bewertung der Nachhaltigkeit entlang der Wertschöpfungskette
<b>Neue Geschäftsmodelle</b>			
Schaffung von Förderrahmen explizit für kreislauforientierte bzw. digitale, nachhaltige Geschäftsmodelle	Kommunikation der Vorteile grüner Lösungen anhand konkreter Anwendungsfälle	Entwicklung von Modellprojekten zur Förderung von grüner Nutzung	Analyse und interdisziplinäre Erforschung bestehender Anwendungen zur Entwicklung von Anreizmechanismen für grüne Nutzung

# Handlungsfeld Rahmenbedingungen | Ökonomische und ökologische Anreize sollten synchronisiert werden für mehr grüne digitale Lösungen

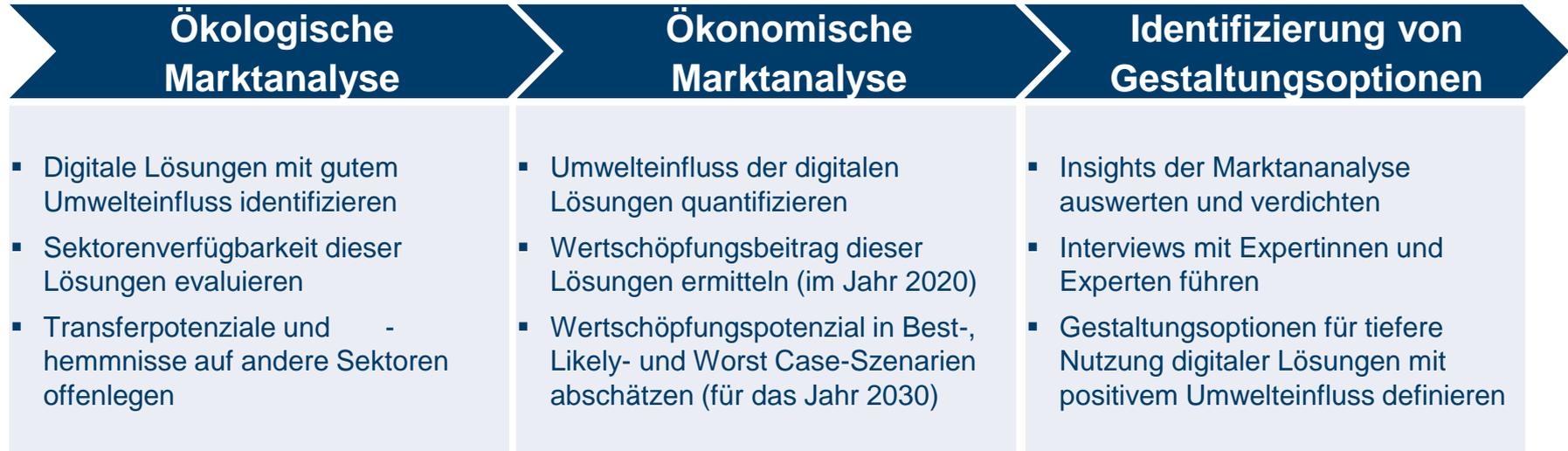


POLITIK	GESELLSCHAFT	UNTERNEHMEN	WISSENSCHAFT
<b>CO<sub>2</sub>-Bepreisung</b>			
Festlegung einer CO <sub>2</sub> -Bepreisung zur Beförderung einer ökologisch nachhaltigen Wirtschaft	Entwicklung von Korridoren für die CO <sub>2</sub> -Bepreisung zur Kopplung von ökonomischen und ökologischen Interessen	Implementierung einer CO <sub>2</sub> -Bewertung bezogen auf die gesamte Wertschöpfungskette	Entwicklung von Metriken für die CO <sub>2</sub> -Bewertung von digitalen Geschäftsmodellen
<b>Sandboxing</b>			
Ermöglichung von Testszenarien mit vereinfachten Regularien (z. B. durch Erweiterung des Handlungsspielraums auf regionaler Ebene)	Entwicklung von Modellszenarien zur Erprobung neuer Regularien	Umsetzung von Testszenarien inkl. nachhaltigkeitsbezogener Ergebnisbewertung und Förderung des Austauschs von Sandboxing-Daten	
<b>Monitoring und Incentivierung von Digitainability</b>			
Initiation von Förderprogrammen zur Steigerung der Nutzung von Technologien mit Hebelwirkung in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit	Entwicklung von sektorspezifischen Anwendungsfällen als Basis für ein Reifegradmodell für ökologisch nachhaltige Digitalisierung	Erweiterung der Datenerfassung in der Wertschöpfungskette als Basis für die Nachhaltigkeitsbewertung	Entwicklung evidenzbasierter Reifegradmodelle zur Vorhersage des Effekts von Digitalisierungsmaßnahmen auf die ökologische Nachhaltigkeit



# Methodischer Ansatz

# STUDIE Digitainability | Ökologische & ökonomische Marktanalysen fundieren evidenzbasierte Identifizierung von Gestaltungsoptionen





## EXPLORATIVE RECHERCHE



## ERFASSUNG UND STRUKTURIERUNG DER DIGITALEN LÖSUNGEN



## SPEZIFISCHE ERWEITERUNG DER RECHERCHE



## ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DER ÖKOLOGISCHEN POTENZIALE



- **Identifikation von Lösungen** (Produkte + Services) auf Basis einer digitalen Technologie oder einem Technologiemix für jeden Sektor, die zur Stärkung der ökologischen Nachhaltigkeit beitragen.
- **Qualitative Auswertung** basiert auf explorativer Recherche, Erfassung und Strukturierung der digitalen Lösungen, spezifischer Erweiterung der Recherche und zusammenfassender Bewertung der ökologischen Potenziale.
- Bewertung des ökologischen Potenzials basiert auf den beschriebenen **Nachhaltigkeitshebeln** und einer **Expertenschätzung**.
- **Kategorisierung des ökologischen Potenzials** erfolgt in niedrige (0-10 %), mittlere (11-30 %) und hohe (über 30 %) Wirkung bezogen auf die jeweiligen Umweltindikatoren.
- Die Potenziale sind jeweils fallspezifisch und zeigen entsprechend unterschiedliche Skalierbarkeit (linear, exponentiell, etc.).



## 1) IKT-Diffusion

- Berechnung der IKT-Vorleistung als Maß für die Nutzung digitaler Technologien
- Quantitative Betrachtung der IKT-Diffusion

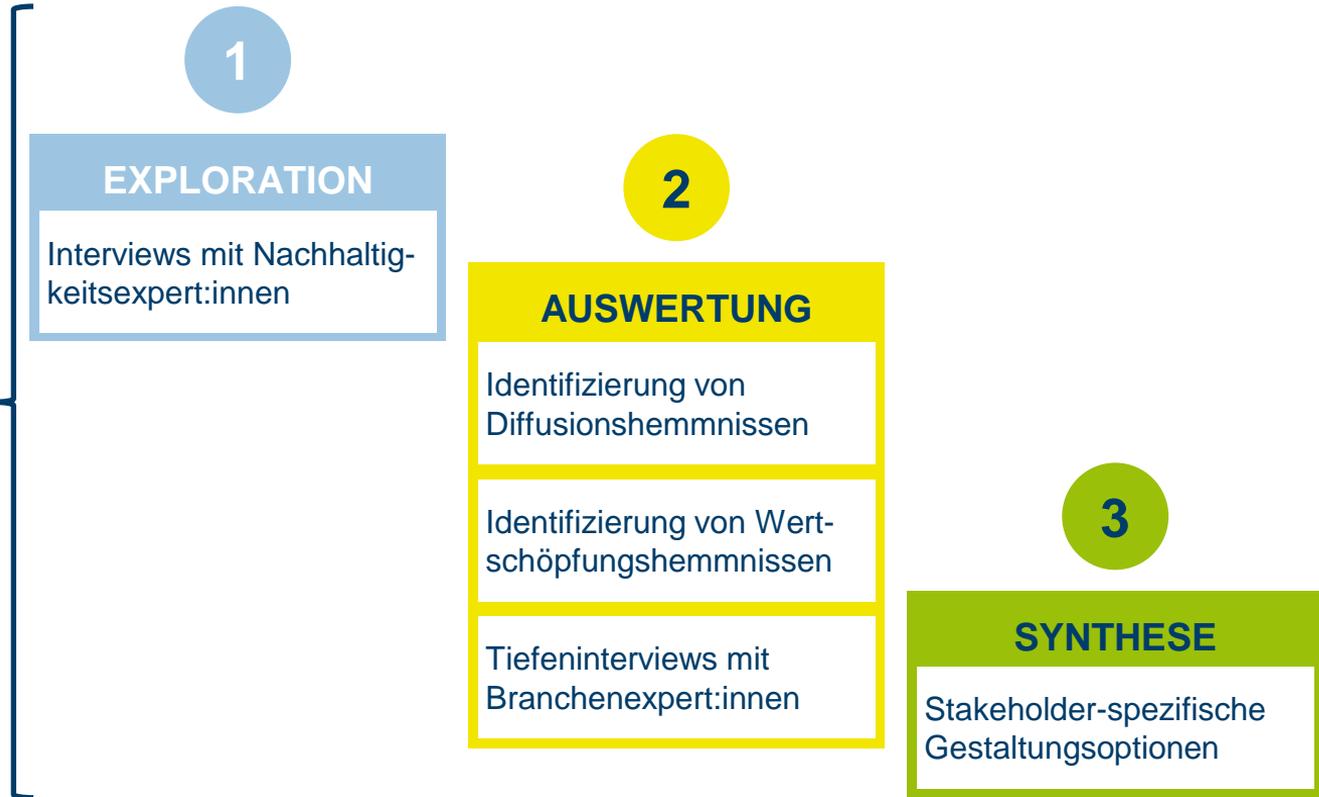
## 2) Umweltkosteneinsparung

- Umweltkosteneinsparung basierend auf dem energetischen Vorleistungsaufwand
- Umweltkosten beziehen sich auf das Einsparpotenzial beim Ressourceneinsatz durch die Nutzung digitaler Technologien
- Energieeinsparung und ökologisches Potenzial im Zusammenhang mit GreenIT basieren auf einer Prognose des Stromverbrauchs der IKT-Hardwarenutzung und der korrespondierenden Umweltkosten

## 3) Marktabschätzung

- Quantifizierung der möglichen betrieblichen Kosteneinsparungen und basierend darauf Marktabschätzung
- Status quo Analyse und Szenarien-Abschätzung bis 2030
- Input-Output-Analyse der ökonomischen Einsparpotenziale für die nachhaltige Nutzung digitaler Technologien
- Entwicklung des Basisszenarios basierend auf zeitreihenanalytischen ökonomischen Verfahren

# Identifizierung der Gestaltungsoptionen | Methodik





# Interessiert an der wissenschaftlichen Studie?



acatech STUDIE

## Digitainability

Digitale Schlüsseltechnologien für ökologisch nachhaltiges Wirtschaften: Marktpotenziale und strategische Implikationen

Christoph M. Schmidt (Hrsg.)

# acatech STUDIE liefert Gestaltungsoptionen für vertiefte Digitainability

Um die Fähigkeit zur Sicherung materiellen Wohlstands und unserer Lebensgrundlage langfristig zu wahren, gilt es, die **zwei großen Transformationen** unserer Zeit **zusammenzudenken**: Das Konzept Digitainability betrachtet **Digitalisierung** und **ökologische Nachhaltigkeit** integrativ.

Die **Digitalisierung** kann ein zentraler **Hebel** sein, um **Prosperität** von negativen **ökologischen Externalitäten** zu **entkoppeln**. Voraussetzung dafür ist die Weiterentwicklung digitaler Technologien, ihr Einsatz in ökologisch nachhaltigen, digitalen Lösungen in Unternehmen sowie die Vertiefung eines produktiven Verhältnisses zwischen ökonomischen Anreizen und ökologischer Nachhaltigkeit.

Die vorliegende acatech STUDIE **evaluiert den Status quo** von Digitainability in der deutschen Wirtschaft und **zeigt Gestaltungswege** zur Vertiefung auf.

- Christoph M. Schmidt, acatech Vizepräsident und Projektleiter



Studie [hier](#)  
verfügbar



**Kommen Sie für weitere Informationen  
gerne auf uns zu!**

Themenschwerpunkt Technologische Souveränität und  
industrielle Wertschöpfung

[technologien@acatech.de](mailto:technologien@acatech.de)

 **acatech**

DEUTSCHE AKADEMIE DER  
TECHNIKWISSENSCHAFTEN