

# MIT DATEN ENERGIE UND RESSOURCEN SPAREN: SO GELINGT DIE KLIMANEUTRALE PRODUKTION

Prof. Dr.-Ing Matthias Weigold

27. SEP 2023

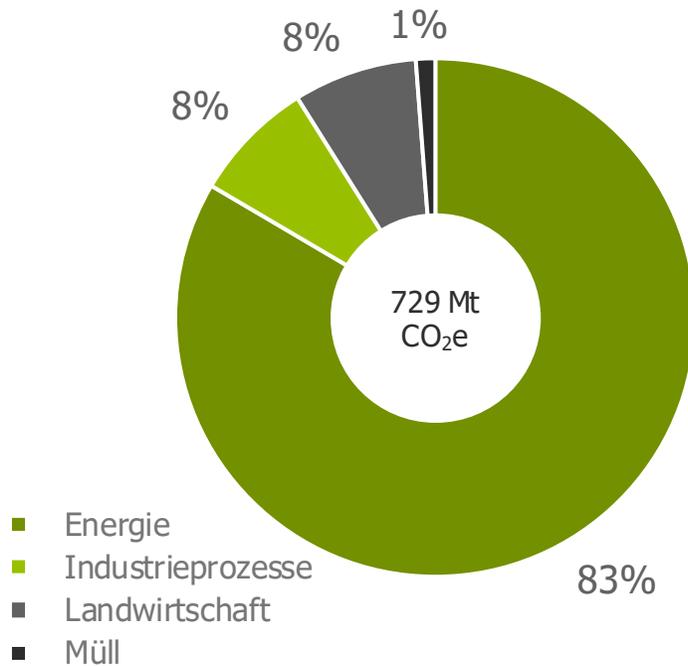
**INTRO**

 **MOTIVATION**

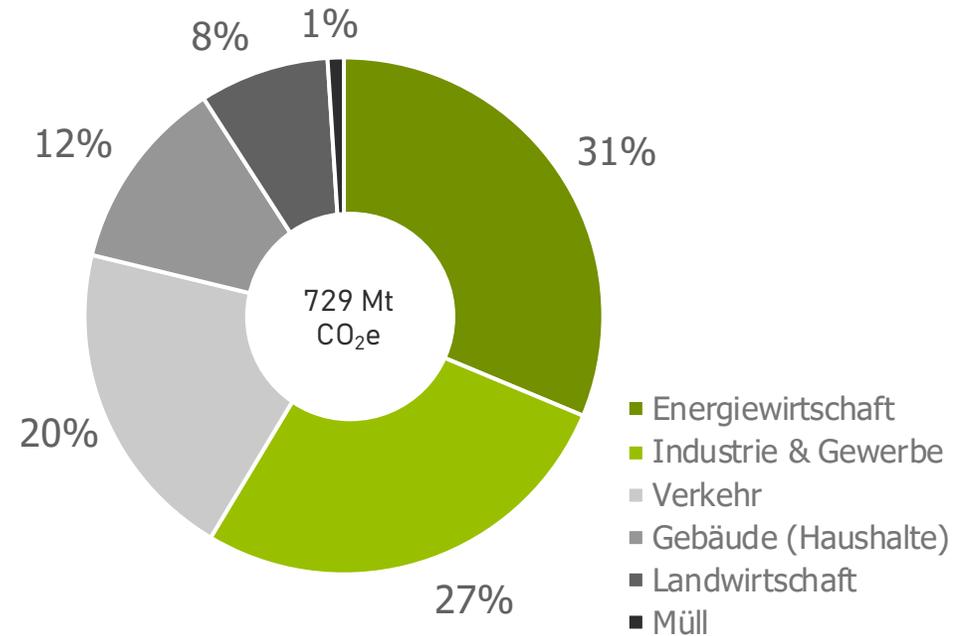
 **VISION KLIMANEUTRALE PRODUKTION**



## Treibhausgase in Deutschland 2020

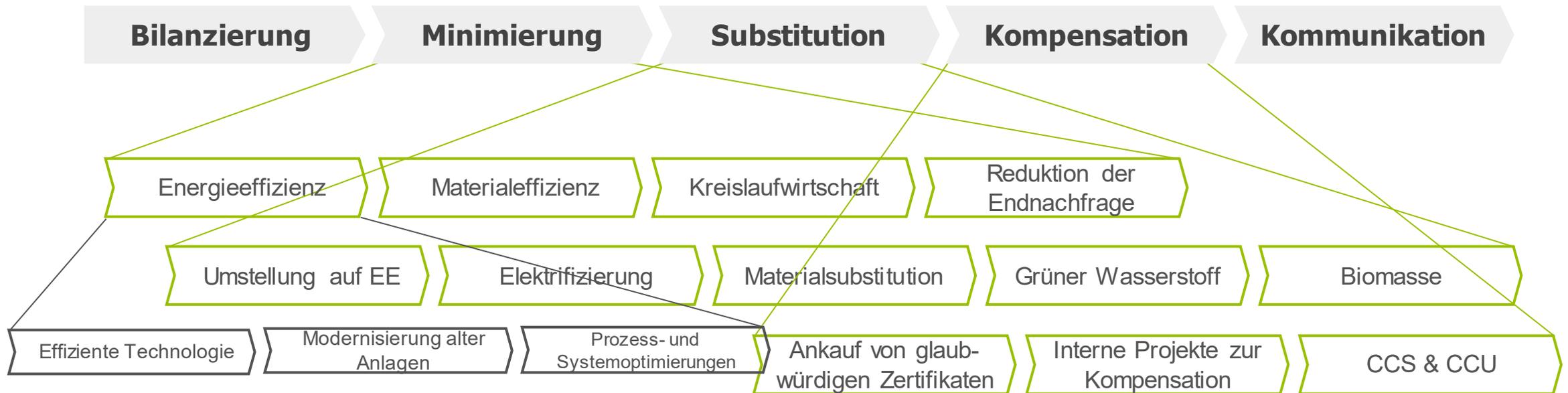


## CO<sub>2</sub>e bei Zuordnung der Energie zu den jeweiligen Bereichen

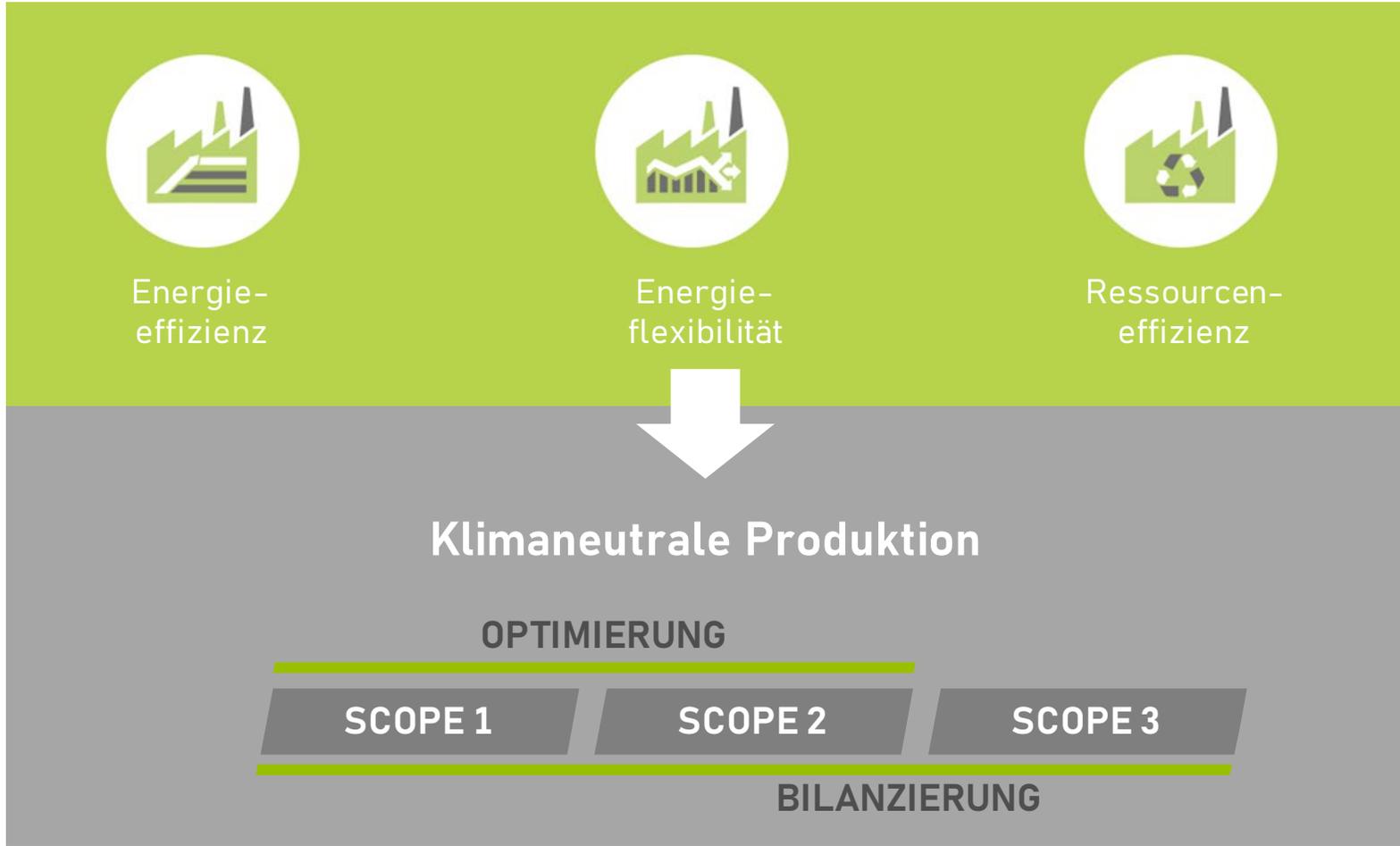


[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Zahlen und Fakten: Energiedaten: Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin, 2021.

➔ Die Industrie trägt zu 8% direkt und 19% indirekt über Energiewirtschaft zu Treibhausgas-Emissionen bei



Quelle: C. Hannen (2021) „Transformationsstrategien zum CO2-neutralen Unternehmen“



Die Forschungsgruppe ETA (Energietechnologien und Anwendungen in der Produktion) strebt nach der Vision, die industrielle Produktion von morgen energieeffizient, energieflexibel und ressourceneffizient zu gestalten und damit einen wesentlichen Beitrag zu einer klimaneutralen Produktion zu leisten.



## Arbeitsfelder: Energieeffizienz // Energieflexibilität // Ressourceneffizienz



Bild | pixabay

### Strategisches Energie- und Ressourcenmanagement

- Transformationsstrategien •
- Fabrikumfeld • Kompetenzen •
- Kennzahlen & Bilanzierung

Wie können Unternehmen den Transformationsprozess in Richtung klimaneutrale Produktion strategisch gestalten?



Bild | stockadobe

### Klimaneutrale Produktionsinfrastruktur

- Kälte • Wärme • Druckluft •
- Klimatisierung • Lüftung

Wie plant und betreibt man klimaneutrale Produktionsinfrastruktur?



Bild | Jan Hosan

### Energetische Systemanalyse und Optimierung von Produktionsmaschinen

- Zerspanung • Reinigung • Trocknung •
- Wärmebehandlung

Wie können neue und bestehende Produktionsanlagen für eine klimaneutrale Produktion befähigt werden?



Bild | stockadobe

### Energieoptimierter Fabrikbetrieb

- Wärme- und Kälteversorgung •
- Produktionstechnik

Wie kann der Fabrikbetrieb für eine klimaneutrale Produktion optimiert werden?



Bild | stockadobe

### Cyber-physische Systeme in der klimaneutralen Produktion

- CPPS • Digitaler Zwilling •
- Verwaltungsschale

Wie müssen welche Daten strukturiert, kommuniziert und standardisiert werden, um klimaneutrale Produktion zu ermöglichen?

Ziel: Entwicklung von Technologien, Lösungen und Methoden für eine klimaneutrale Produktion

## Methoden: Versuchsaufbauten // Datenmodelle // Simulation // Optimierung // Künstliche Intelligenz

# BILANZIERUNG



Je detaillierter die CO<sub>2</sub>-Bilanz ist, desto wahrscheinlicher kommt man auf effiziente Maßnahmen.

## Unternehmensebene

- Gängig in Nachhaltigkeitsberichten
- GHG ist wichtiger Standard
- Häufig werden aber nur Scope 1+2 Emissionen betrachtet
- Rel. Einfach zu ermitteln über Daten vom Einkauf

## Bereichsebene

- Genauere Aufschlüsselung bspw. über eine Halle oder eine Produktionslinie
- Live-Anzeige bringt Mehrwert über Sensibilisierung (Shopfloor-Management)

## Maschinenebene

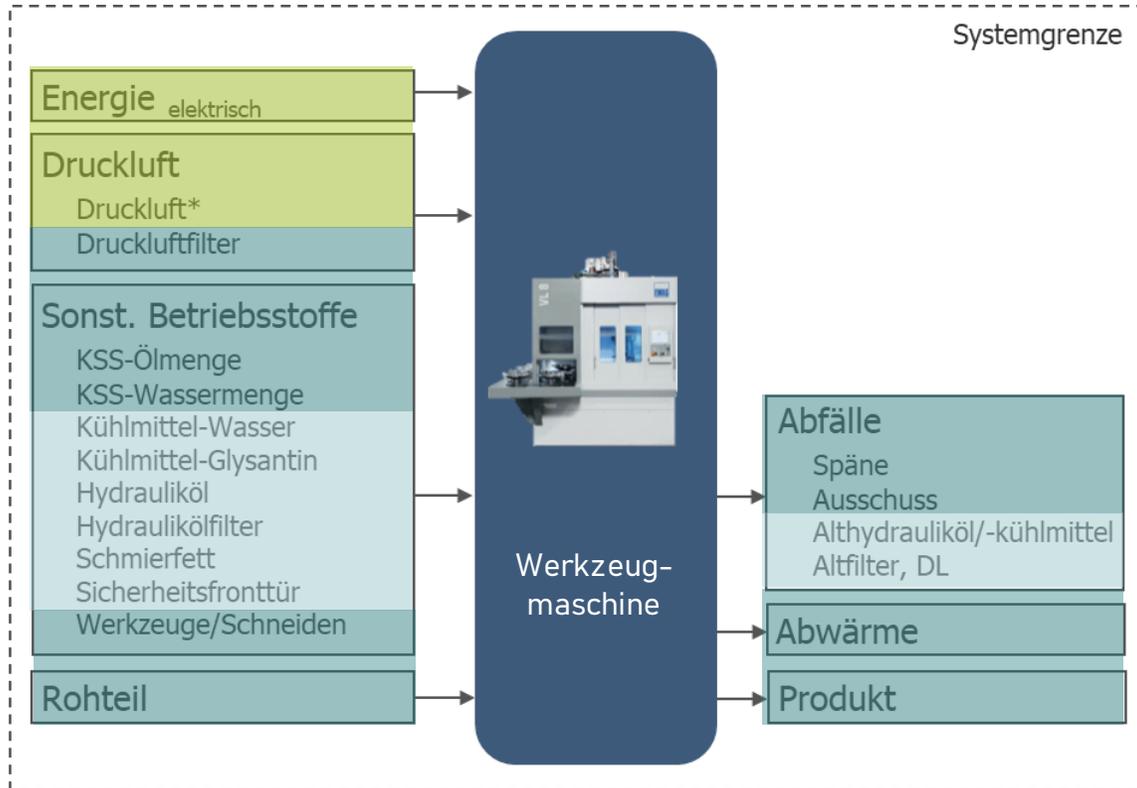
- Genauere Aufschlüsselung über eine Maschine u. enthaltene Aggregate
- Live-Anzeige bringt Mehrwert über Sensibilisierung (Werker\*innen-Sensibilisierung)

## Produktebene

- Gewinnt an Relevanz, weil Scope 3 von Kunden
- Herausforderung vor allem bei (hoher) Varianz
- Setzt sich zusammen aus zuordbaren u. nicht zuordbaren Verbräuchen

Zumindest temporäre Messungen notwendig

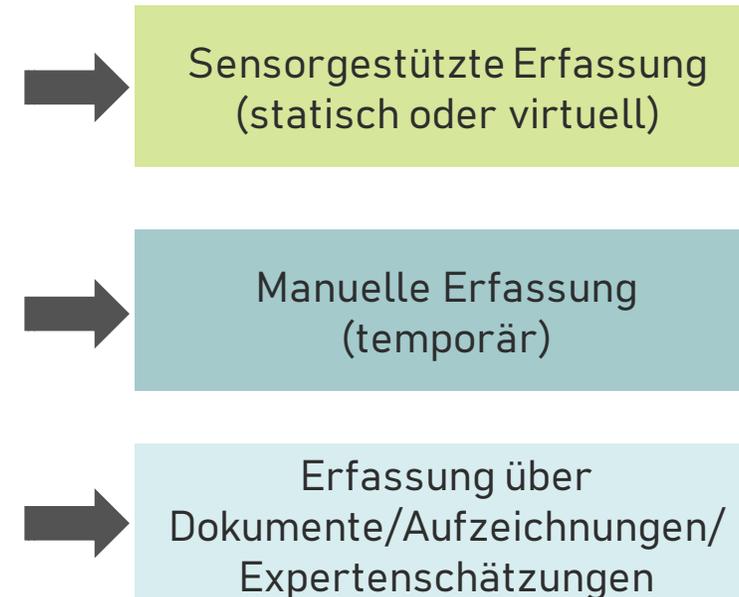
# ERMITTLUNG VON RESSOURCENDATEN



\* Druckluft vom zentralen Kompressor

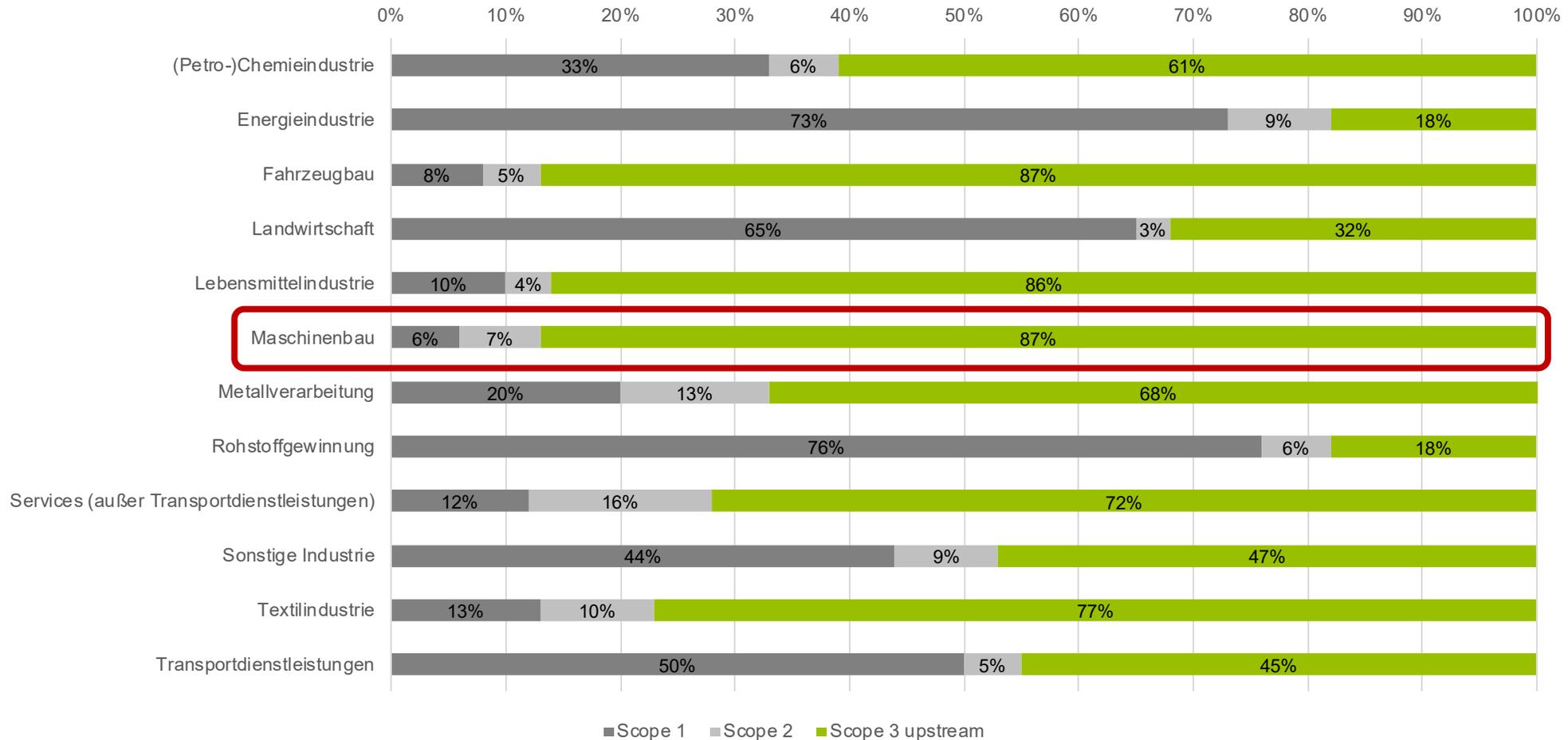
Bsp.: Drehmaschine EMAG VLC 100Y

## Erfassungsarten:



# BEDEUTUNG DER SCOPE 3-EMISSIONEN

CO2 Emissionen mid- & upstream



Quelle: Schmidt, Nill, Scholz 2021 <https://doi.org/10.1002/cite.202100126>

## 1. Zuordenbarkeit von Ressourcenverbräuchen

- Wo fallen die Ressourcenverbräuche überhaupt an? → Nicht immer ist das eindeutig zuordbar
- Umverteilung der übergreifenden Ressourcenverbräuche auf einzelne Produkte mittels Allokationen

## 2. Bilanzierung über die Wertschöpfungskette hinweg

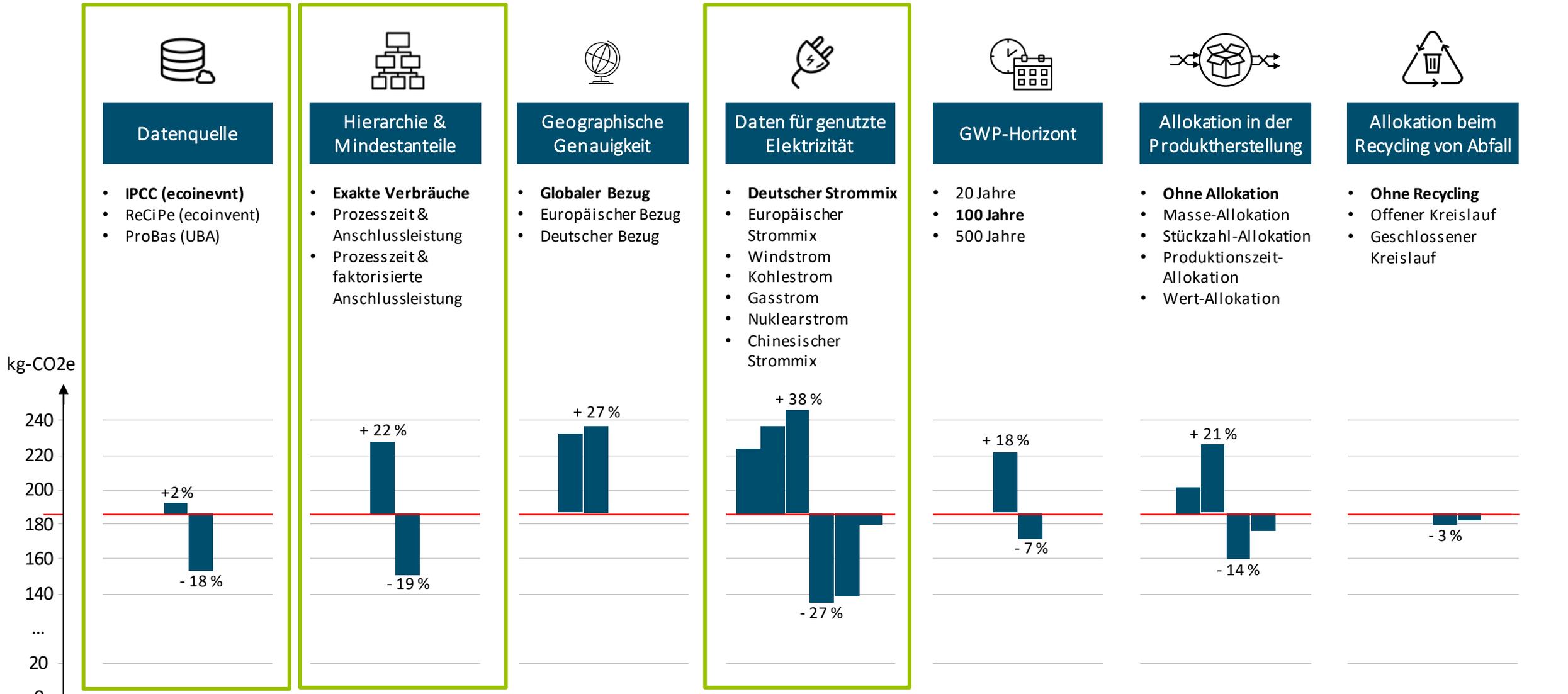
- CO<sub>2</sub>-Äquivalente des Rohmaterials → Welche Datengrundlage?
- „Gutschrift“ bei Recycling von Materialien → Wer bekommt die?

## 3. Detaillierungsgrad der Bilanzierung

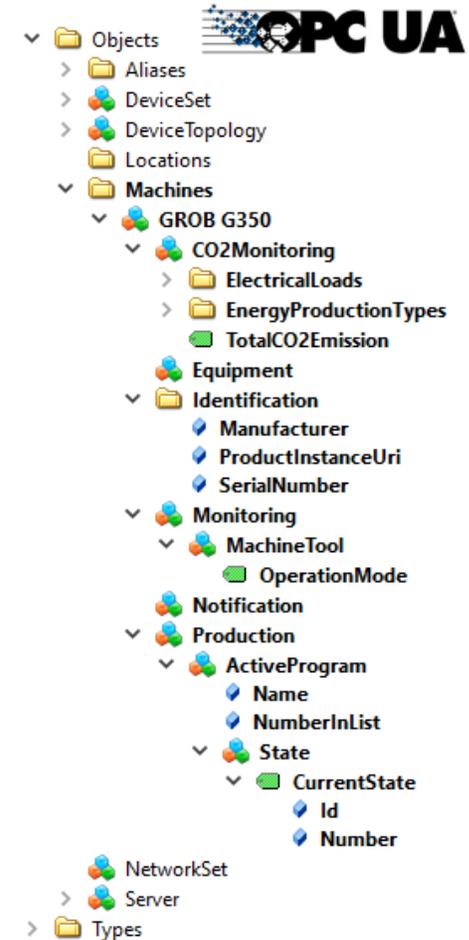
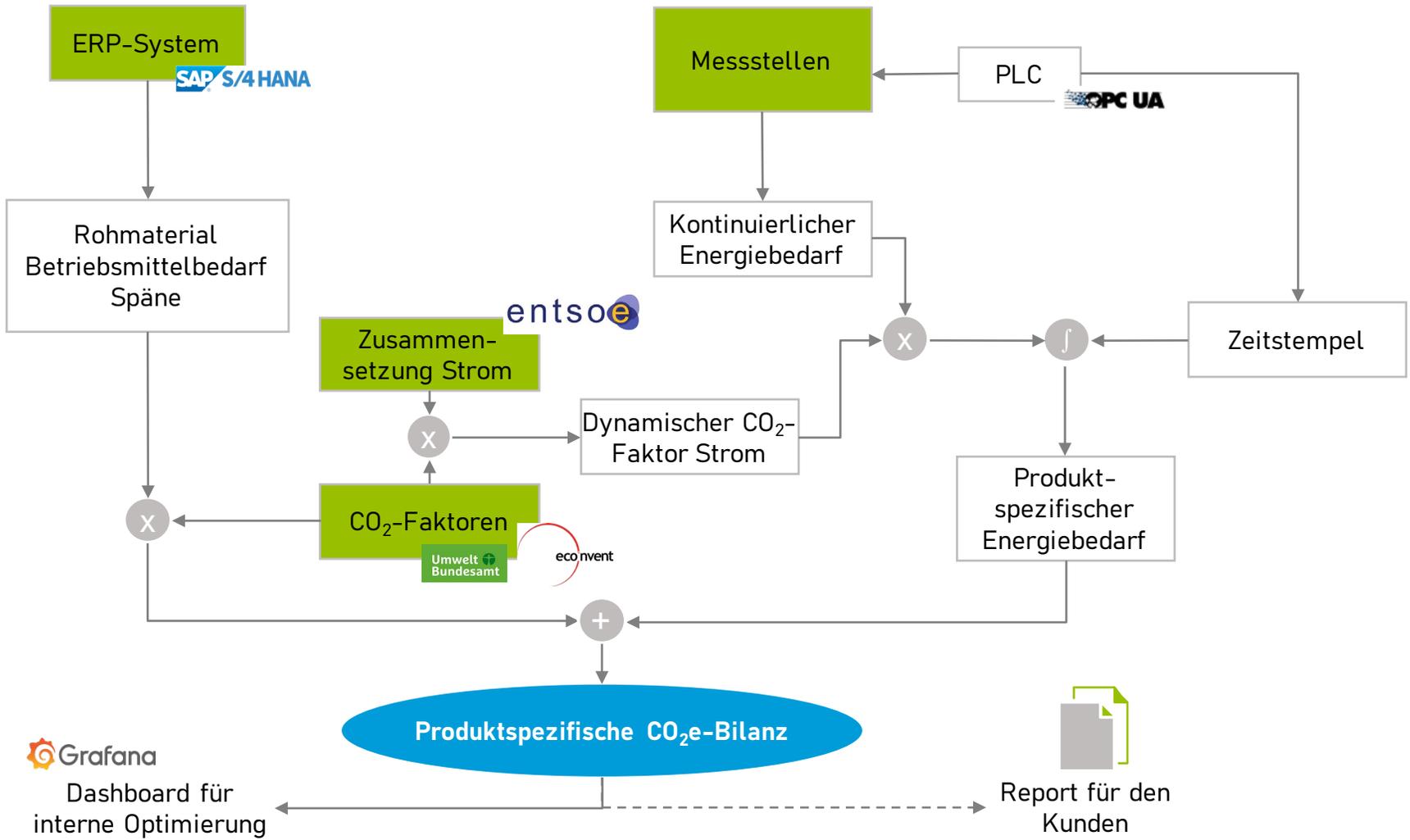
- Was muss alles bilanziert werden?
- Was wird rausgelassen?
- Sind Daten aus ERP-Systemen ausreichend?
- Welchen Zusatznutzen haben Daten aus IIoT-Systemen?



# ERGEBNISSE DER QUANTIFIZIERUNG DER SZENARIEN



# STANDARDISIERTE UND AUTOMATISIERTE PRODUKTSPEZIFISCHE CO<sub>2</sub>E-BILANZIERUNG



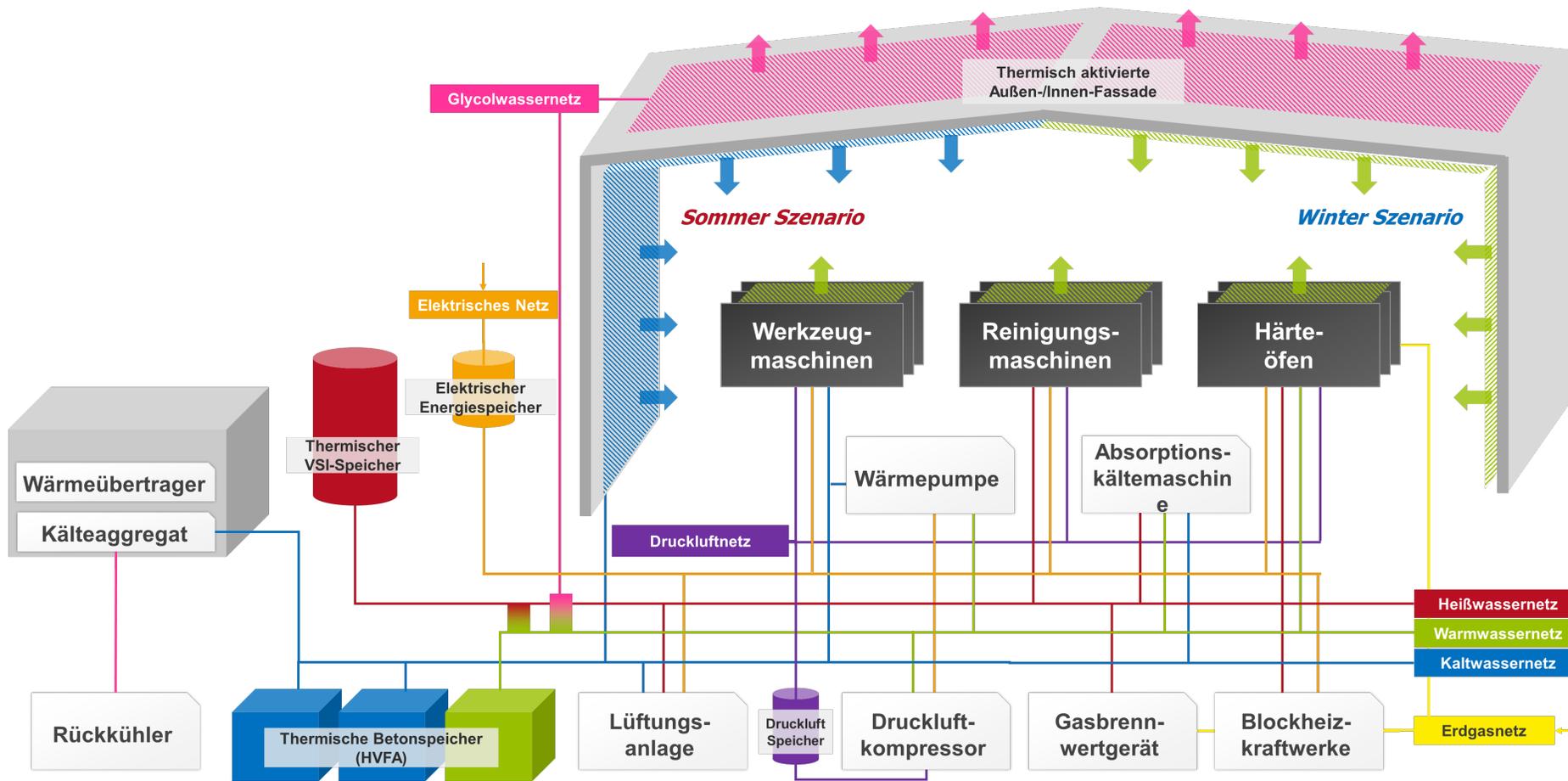
# OPTIMIERUNG

 **MINIMIEREN**

 **SUBSTITUIEREN**

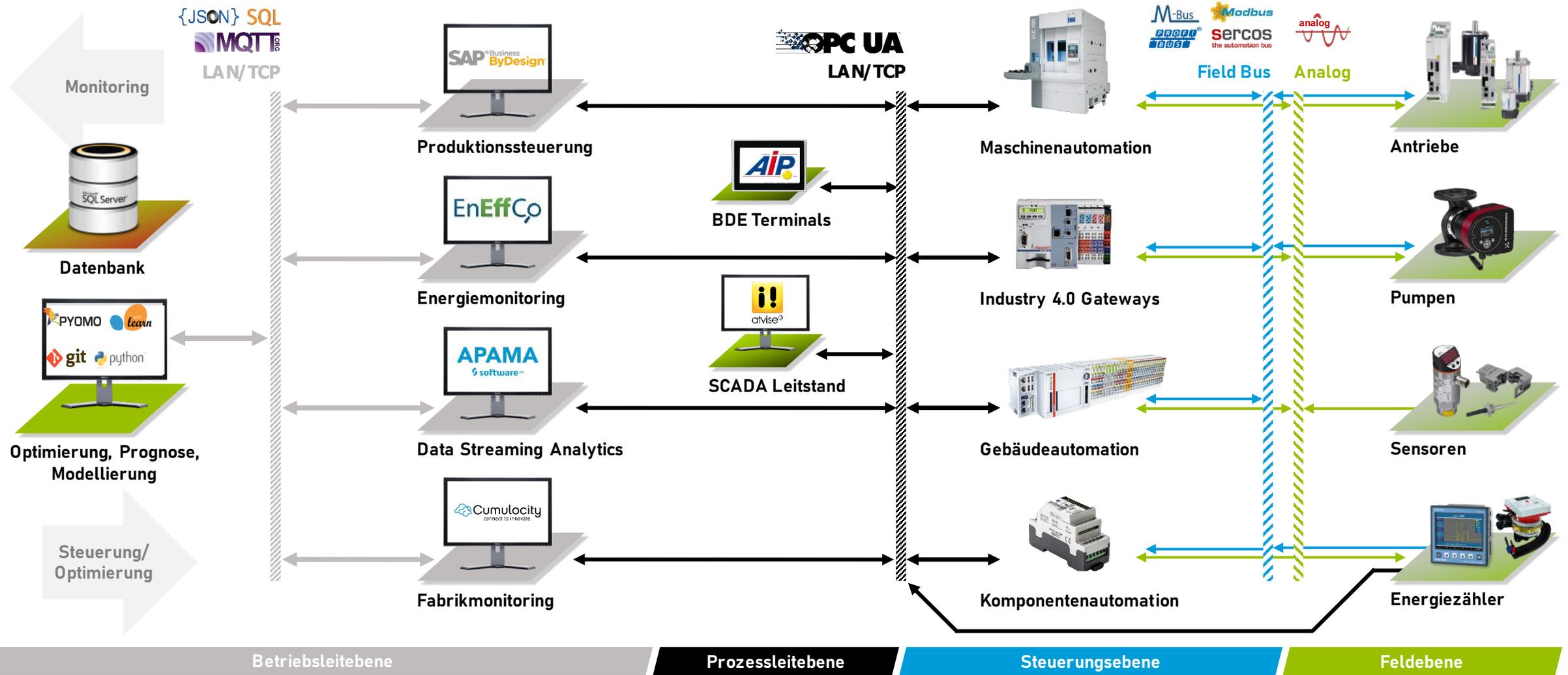


# ETA-FABRIK: PRODUKTIONSINFRASTRUKTUR

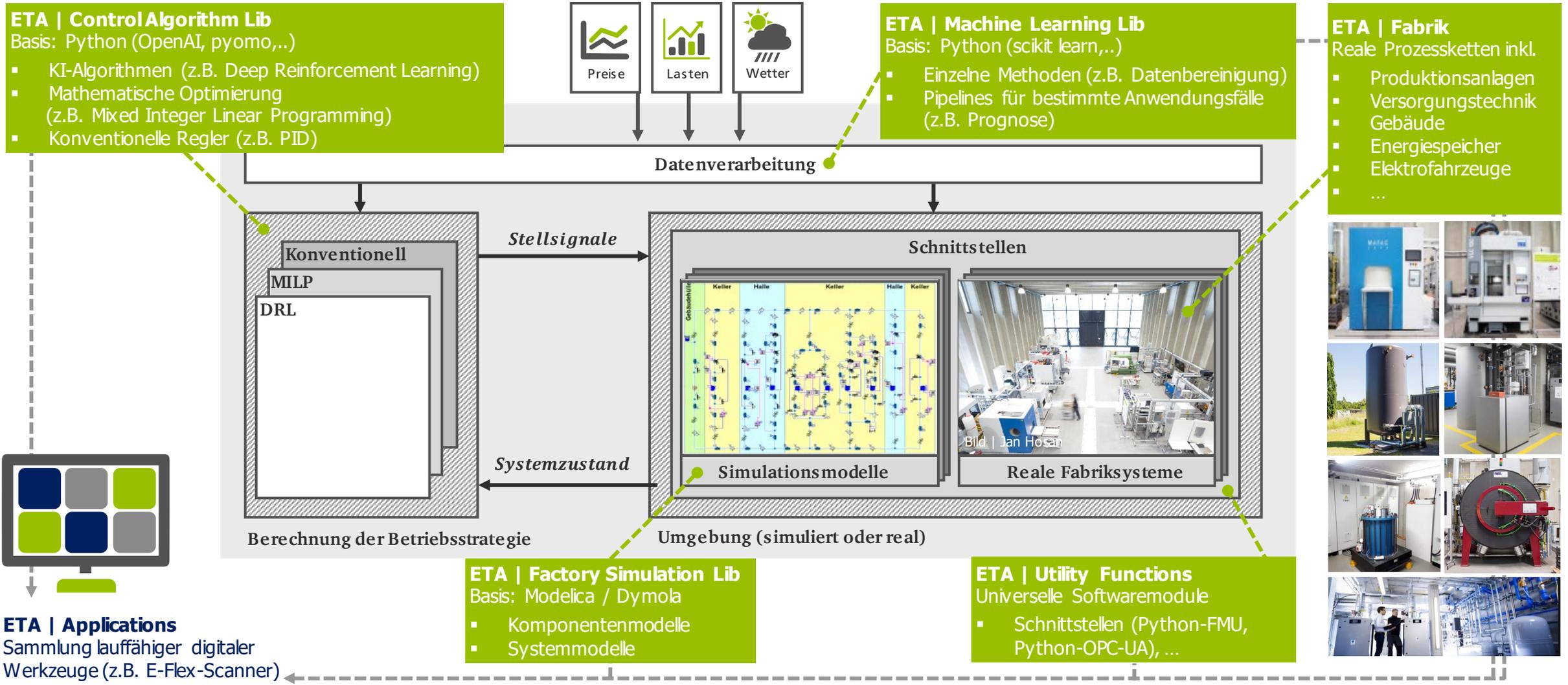


- 1 Produktion
- 2 Gebäude
- 3 Versorgung
- 4 Speicher

# ETA-FABRIK: IKT-INFRASTRUKTUR



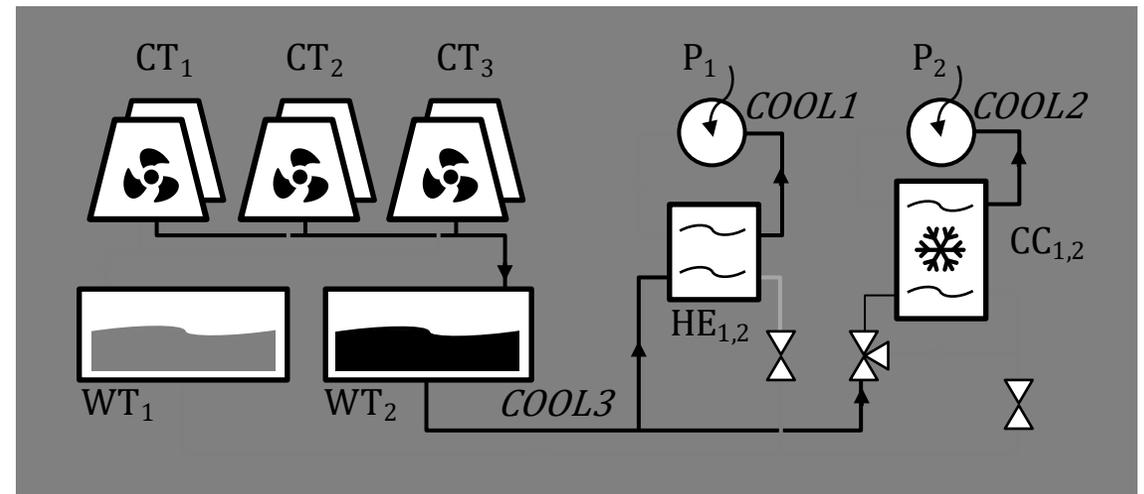
# ETA-FABRIK: INDUSTRIAL ENERGY LAB



**1** System boundary and data accumulation **2** System modelling, ...



**Bosch Rexroth Schweinfurt**  
 Central cooling supply system  
 Temperature controlled

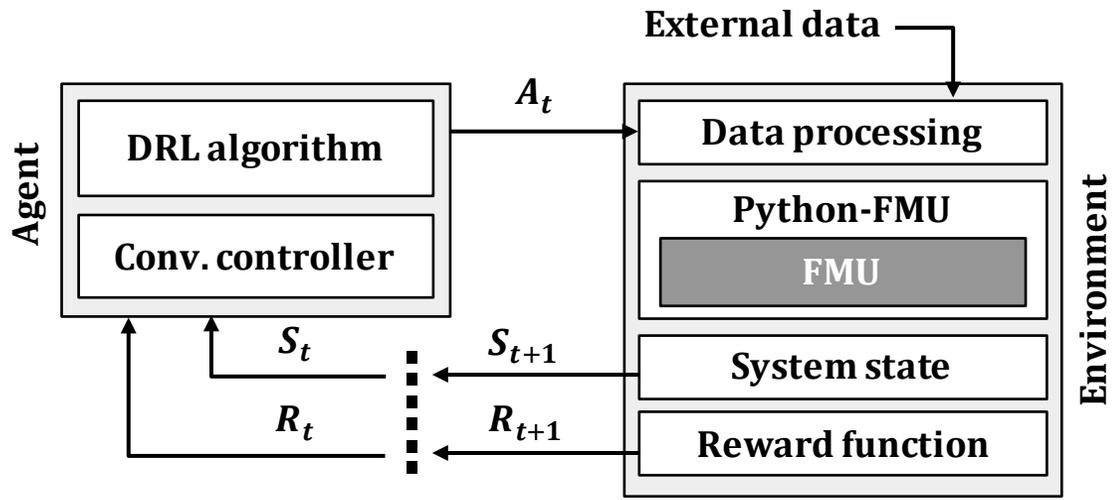


**Modelling of IESS**  
 (Modelica)

**Simulation model of IESS**  
 Conventional control strategy

Weigold et al.: Method for the application of deep reinforcement learning for optimised control of industrial energy supply systems by the example of a central cooling system

2 ... framework and validation 3 Implementation of DRL algorithm



## DRL algorithm

- Proximal policy optimisation (PPO)
- Neural network topology: MLP
- Hyperparameter tuning
- Training phase

## Reward function

Weighted sum of individual costs

$$R_t = w_T K_T + w_E K_E + w_S K_S + w_O K_O$$

# AUTOMATISIERTE, FLEXIBILISIERTE PRODUKTIONSSTEUERUNG

Maschine	EMAG VLC 100Y Vertikal-Drehmaschine	MAFAC JAVA Reinigungsmaschine	IVA Ofen Einkammer-Retortenofen	EMAG VLC 100 GT Vertikal-Schleifmaschine	MAFAC KEA Reinigungsmaschine
					

Steuerplatte für  
Axialkolben-  
Hydraulik



# AUTOMATISIERTE, FLEXIBILISIERTE PRODUKTIONSSTEUERUNG

Cyberphysische  
Schnittstelle

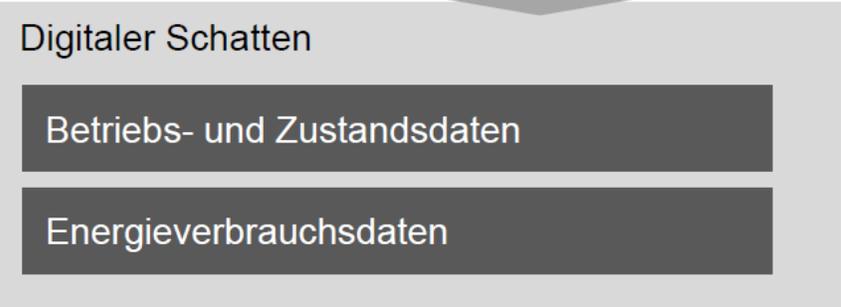


Digitaler Zwilling

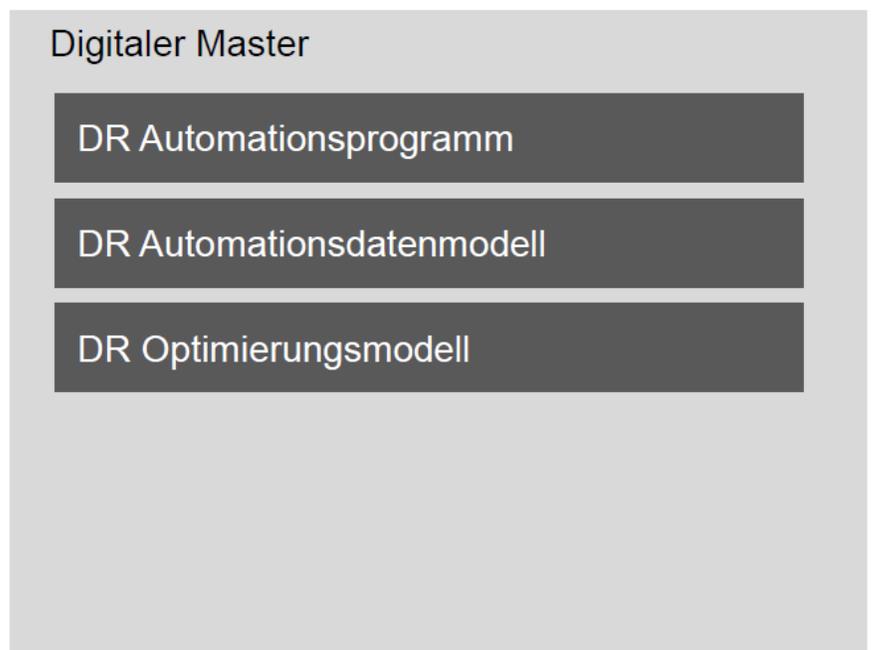
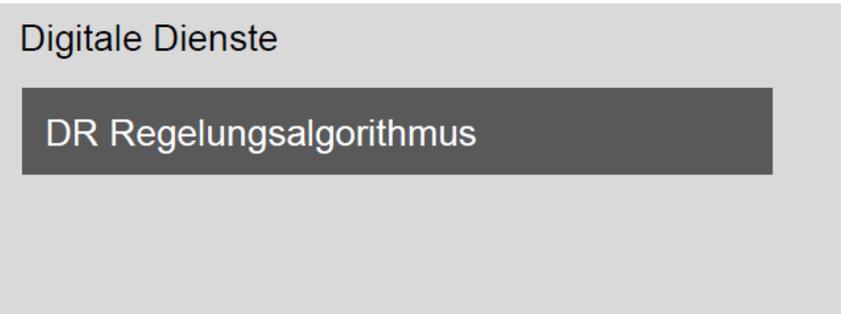
Externe Daten



Prozess- &  
Energie-  
informationen



Stellsignale



B. Grosch, D. Fuhrländer-Völker, J. Stock and M. Weigold, Cyber-physical production system for energy-flexible control of production machines, 2022

# DATENRÄUME

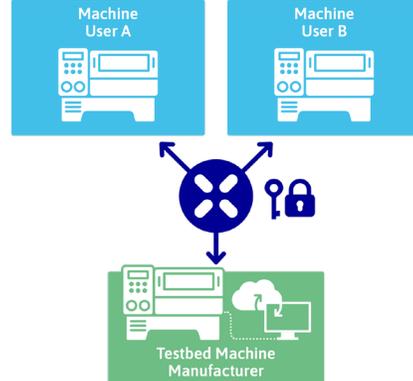
➔ LEUCHTTURMPROJEKT

➔ DATEN-ÖKOSYSTEM

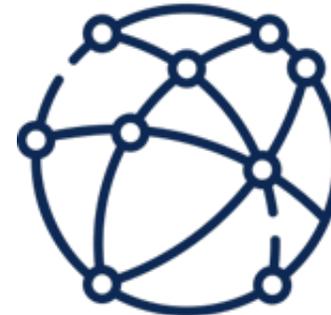


# EuProGigant – Das Leuchtturmprojekt

Unternehmensübergreifendes Wertschöpfungsnetz  
in einem plattformunabhängigen Ökosystem



Geleitet von  
Anwendungsfällen

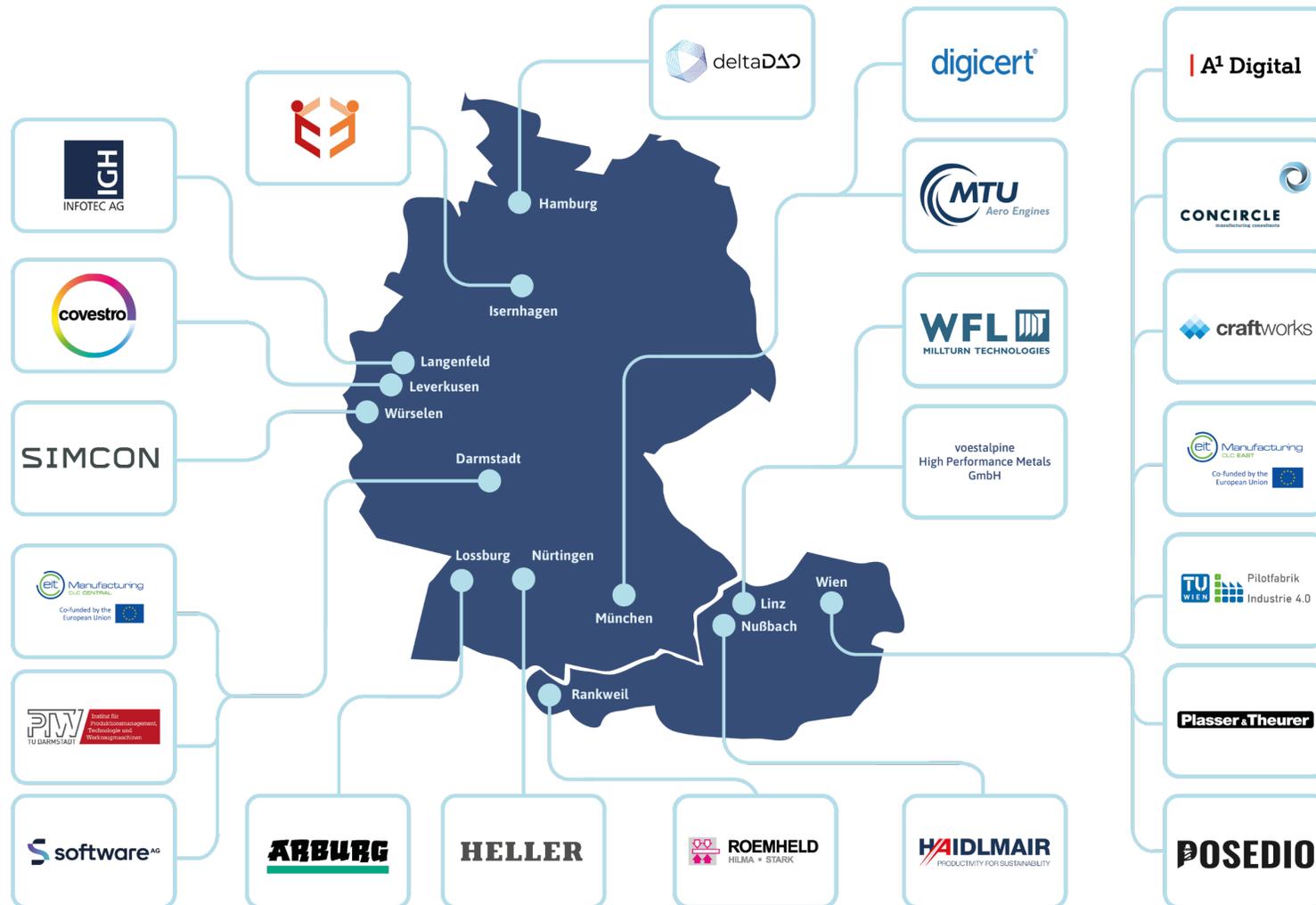


Ein offenes &  
Multi-Cloud  
Ökosystem



Trust &  
Compliance  
Framework

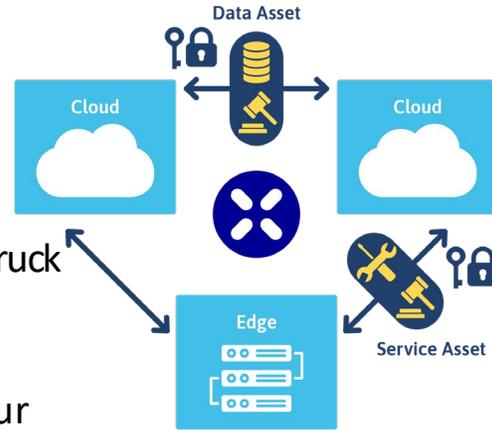
# EuProGigant Projektpartner



# Ausgewählte Anwendungsfälle

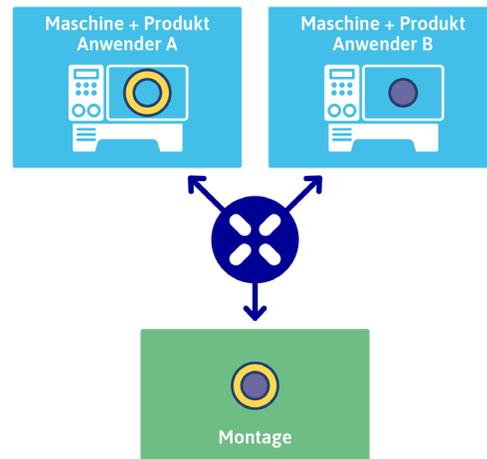
## CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Produktentstehung

Wie können Abschätzungen zu Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck bereits in der Design-Phase durch portable Daten und interoperable Software-Tools bereitgestellt und zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen genutzt werden?



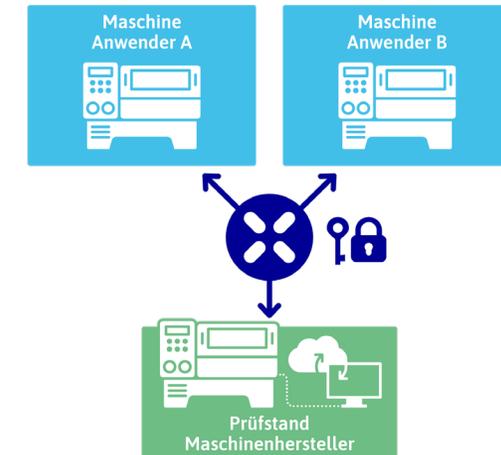
## Ideales Bauteilmatching

Wie können Gaia-X Konzepte instrumentalisiert werden um ressourcenoptimiert zu fertigen und zu assemblieren?



## Validierungsplattform

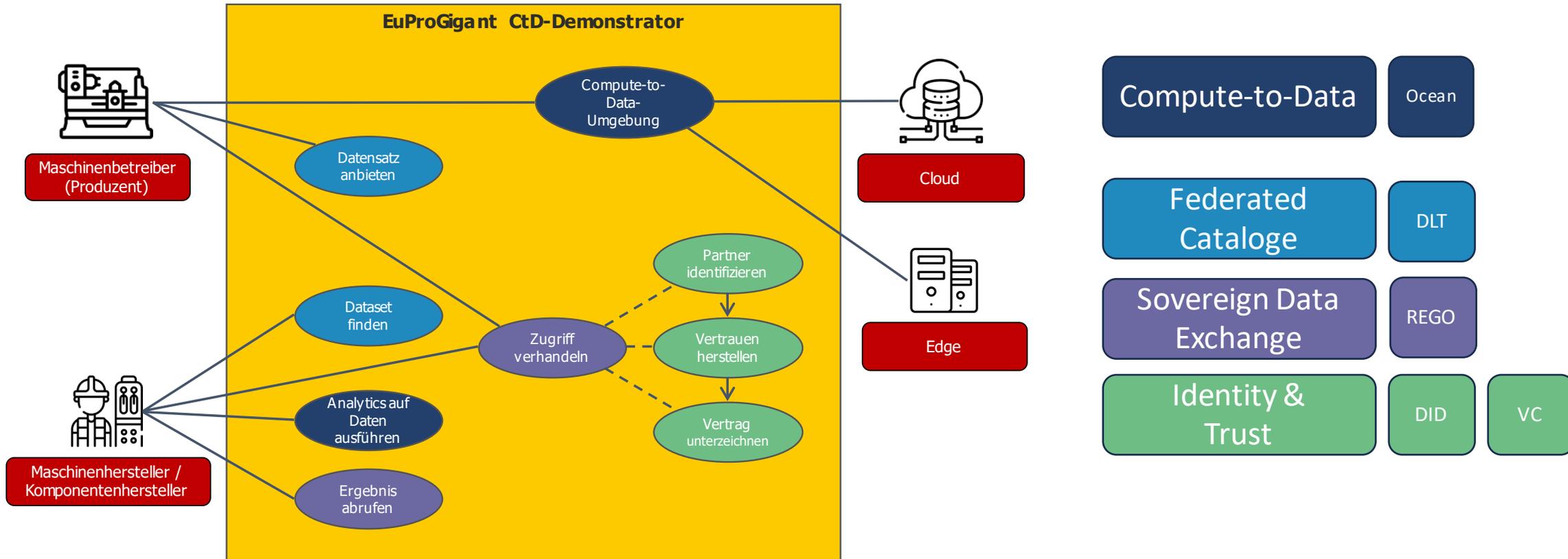
Wie können kleine Unternehmen Maschinen und Baugruppen überwachen, ohne eine große Datenbasis bereitstellen zu müssen?



# Anwendungsfall Validierungsplattform

## Ziel:

(Verschleiß-)Analyse anhand von Maschinendaten beim Maschinenbetreiber ohne dessen Datensouveränität aufzugeben



# Demonstrator Validierungsplattform

---



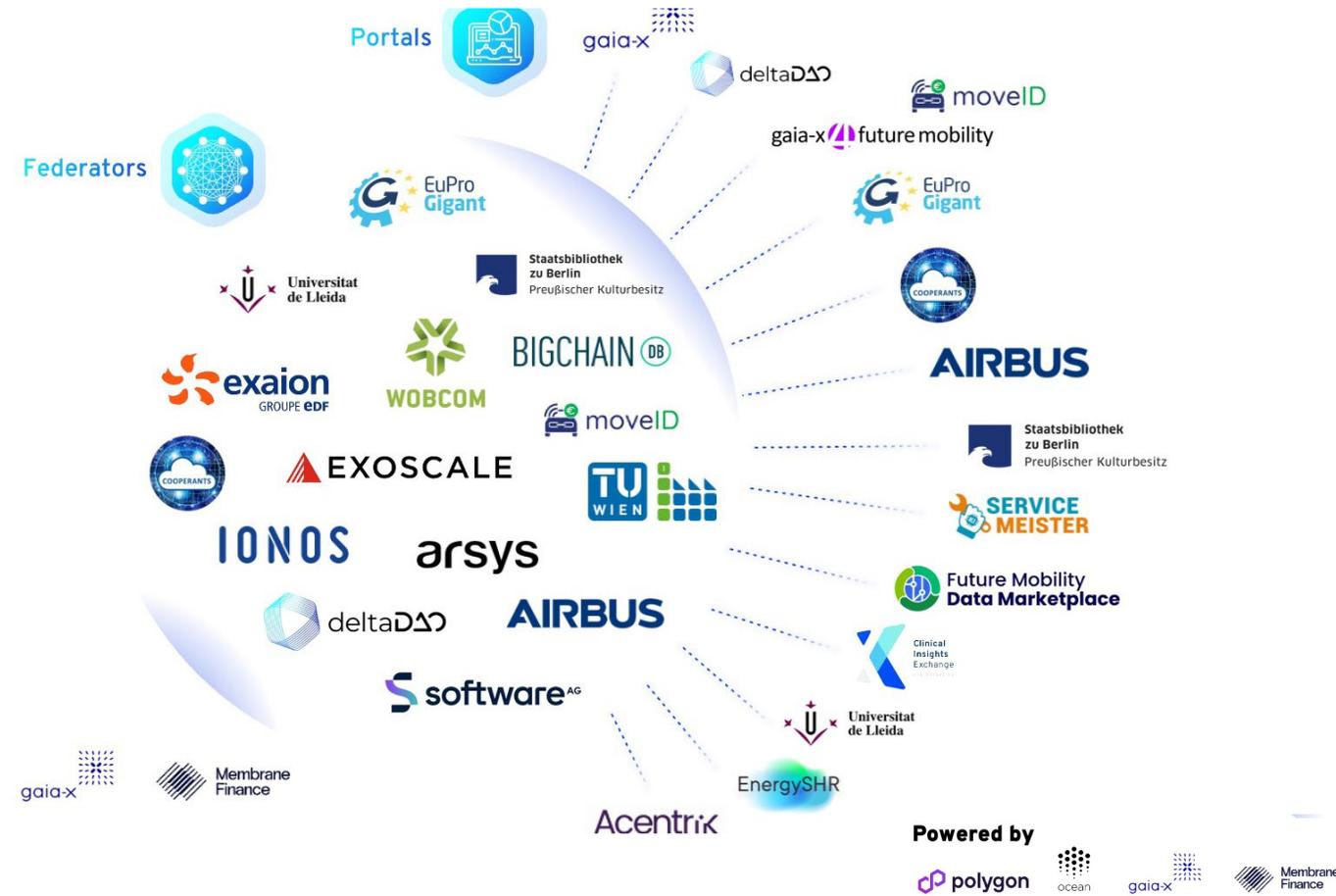
# Daten-Ökosystem



## EuProGigant Ökosystem



## Pontus-X: Gaia-X Web3 Ecosystem



# FAZIT



ZUNEHMENDE **DIGITALISIERUNG UND VERNETZUNG** SOWIE  
IMMER STÄRKERE BETONUNG DER **NACHHALTIGKEIT**  
WANDELT KLASSISCHE WERTSCHÖPFUNGSPROZESSE  
HIN ZU KOLLABORATIVEN **WERTSCHÖPFUNGSNETZEN**



DIE **DIGITALE TRANSFORMATION DER EUROPÄISCHEN**  
**WIRTSCHAFT ZUKUNFTSFÄHIG GESTALTEN:**  
**DIGITALE GESCHÄFTSMODELLE** UNTER  
BERÜCKSICHTIGUNG VON **IMMATERIELLEN**  
**PRODUKTIONSFAKTOREN** UND  
**NACHHALTIGKEITSASPEKTEN** AUFBAUEN





## INFO



[ptw.tu-darmstadt.de](http://ptw.tu-darmstadt.de)



## NEWS



[linkedin.com/  
company/12990810/](https://linkedin.com/company/12990810/)



## VIDEOS



[youtube.com/  
@PTW-TUDarmstadt](https://youtube.com/@PTW-TUDarmstadt)

INSTITUT FÜR PRODUKTIONSMANAGEMENT,  
TECHNOLOGIE UND WERKZEUGMASCHINEN  
TU DARMSTADT

OTTO-BERNDT-STREET 2  
64287 DARMSTADT

TEL +49 6151 16-20102  
FAX +49 6151 16-20087

INFO@PTW.TU-DARMSTADT.DE  
WWW.PTW.TU-DARMSTADT.DE