

---

# DIE ENERGIEFLEXIBLE FABRIK ALS WICHTIGER BAUSTEIN DER ENERGIEWENDE

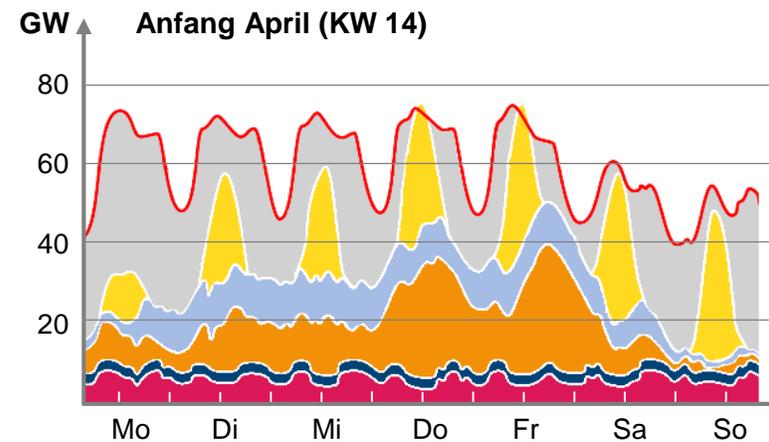
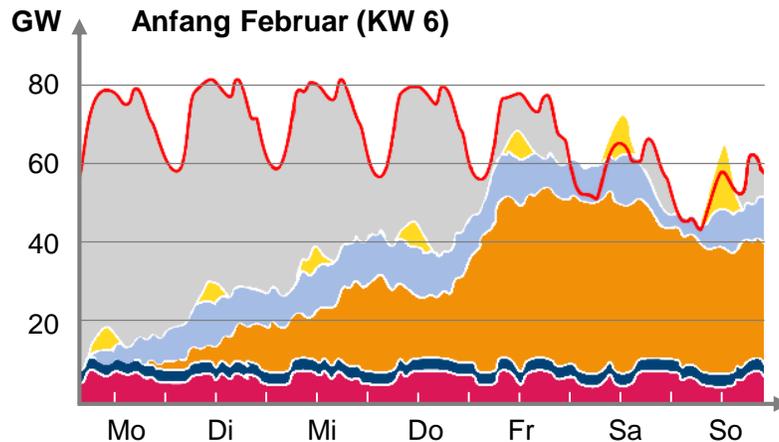
Chancen für Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen durch Industrie 4.0

---



# Herausforderung der Energiewende

## Abweichung zwischen Stromerzeugung und Stromnachfrage



Quelle: Eigene Darstellung  
basierend auf Agora Energiewende 2013

### Mögliche Lösungen

#### ➤ Demand-Side Management

Anpassung der Energienachfrage an das volatile Energieangebot

#### ➤ Energiespeicherung

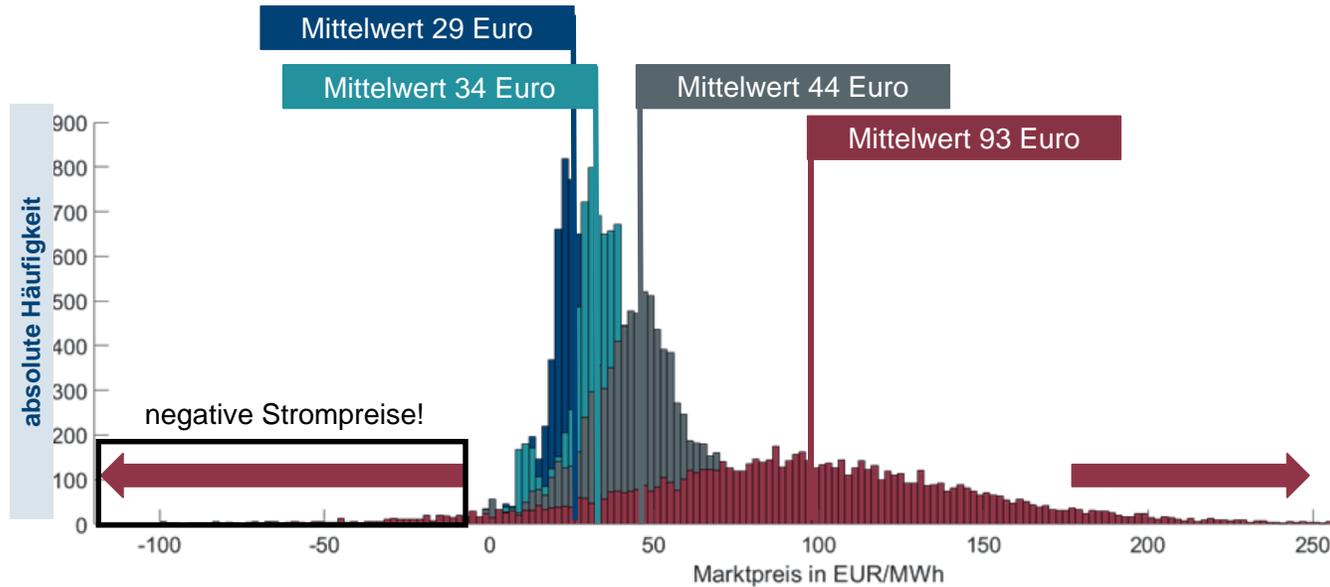
Speicherung von Energie in Zeiten hoher Verfügbarkeit

#### ➤ Großregionale Ausgleichsräume

Verschieben von Energie über die Grenzen von Wetterphänomenen hinweg

# Herausforderung der Energiewende

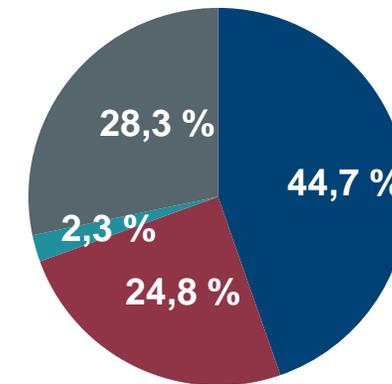
## Abweichungen spiegeln sich direkt in Preissignalen für Unternehmen wider



- Häufigkeitsverteilung Day-Ahead Preise im Jahr 2016
- Häufigkeitsverteilung Day-Ahead Preise im Jahr 2017
- Häufigkeitsverteilung Day-Ahead Preise im Jahr 2018
- Häufigkeitsverteilung Day-Ahead Preise im Jahr 2030 nach Strommarktsimulation mit Annahme des Klimaschutzszenarios des öko-Instituts

Bildquelle: FIM/FIT  
 Datenquelle: Day-Ahead, DE/AT/LU, abgerufen über entso-e  
 Basiert auf Annahmen des Öko KS95

**Stromverbrauch 2019**  
 (520 TWh p.a.)

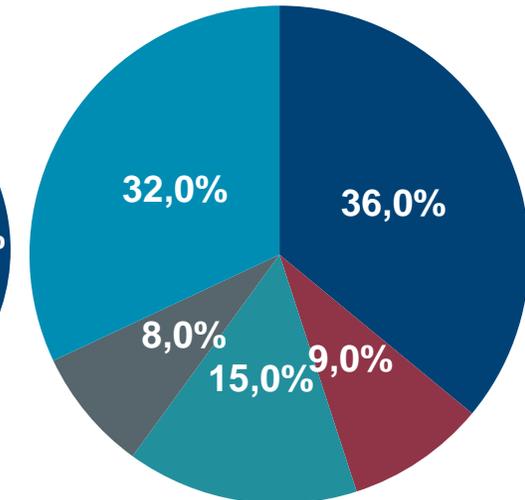


- Industrie
- Haushalt
- Verkehr
- Gewerbe, Handel und Dienstleistung
- Andere

Quelle: BMWi 2020, dena 2018, Öko-Institut 2015, Agora 2020

\* Durchschnittswerte der Szenarien dena EI95, dena TM95, Öko KS95, Agora KN2050; Andere umfasst u.a. Fernwärmeezeugung, Elektrolyse, Direct Air Capture

**Stromverbrauch 2050\***  
 (876 TWh p.a.)



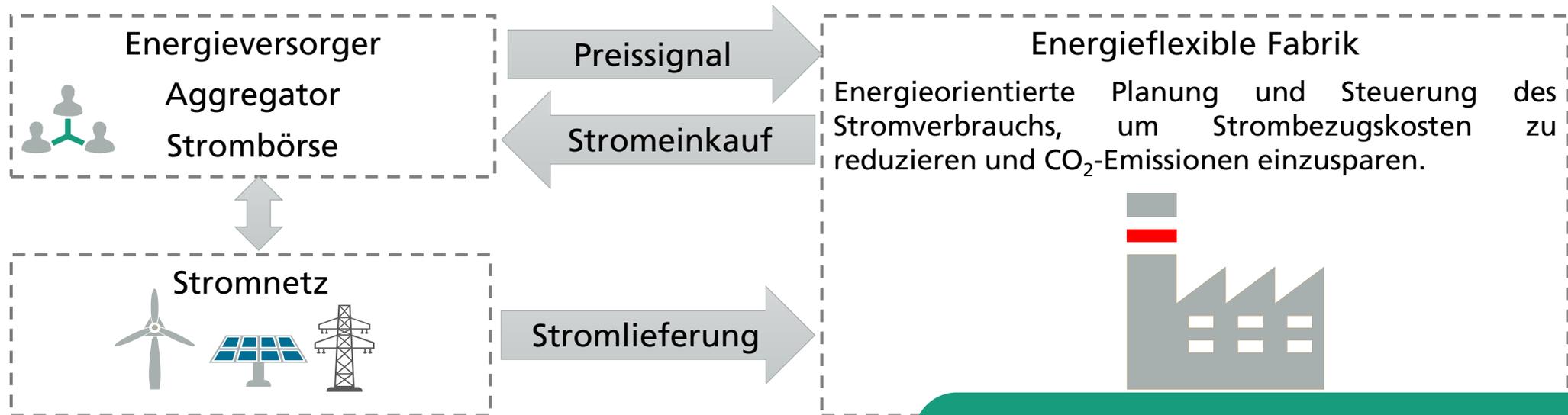
# Die Energieflexible Fabrik

## Strompreissignale effektiv ausnutzen

GEFÖRDERT VOM

KOPERNIKUS  
SynErgie >>> PROJEKTE  
Die Zukunft unserer Energie

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Schultz et al. (2016): Die PSS für eine energieflexible Fabrik

- Kosteneinsparung durch Lastspitzenvermeidung und Ausnutzung von Strompreisschwankungen
- Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und damit der hiermit einhergehenden Kosten

### Energieflexibilität

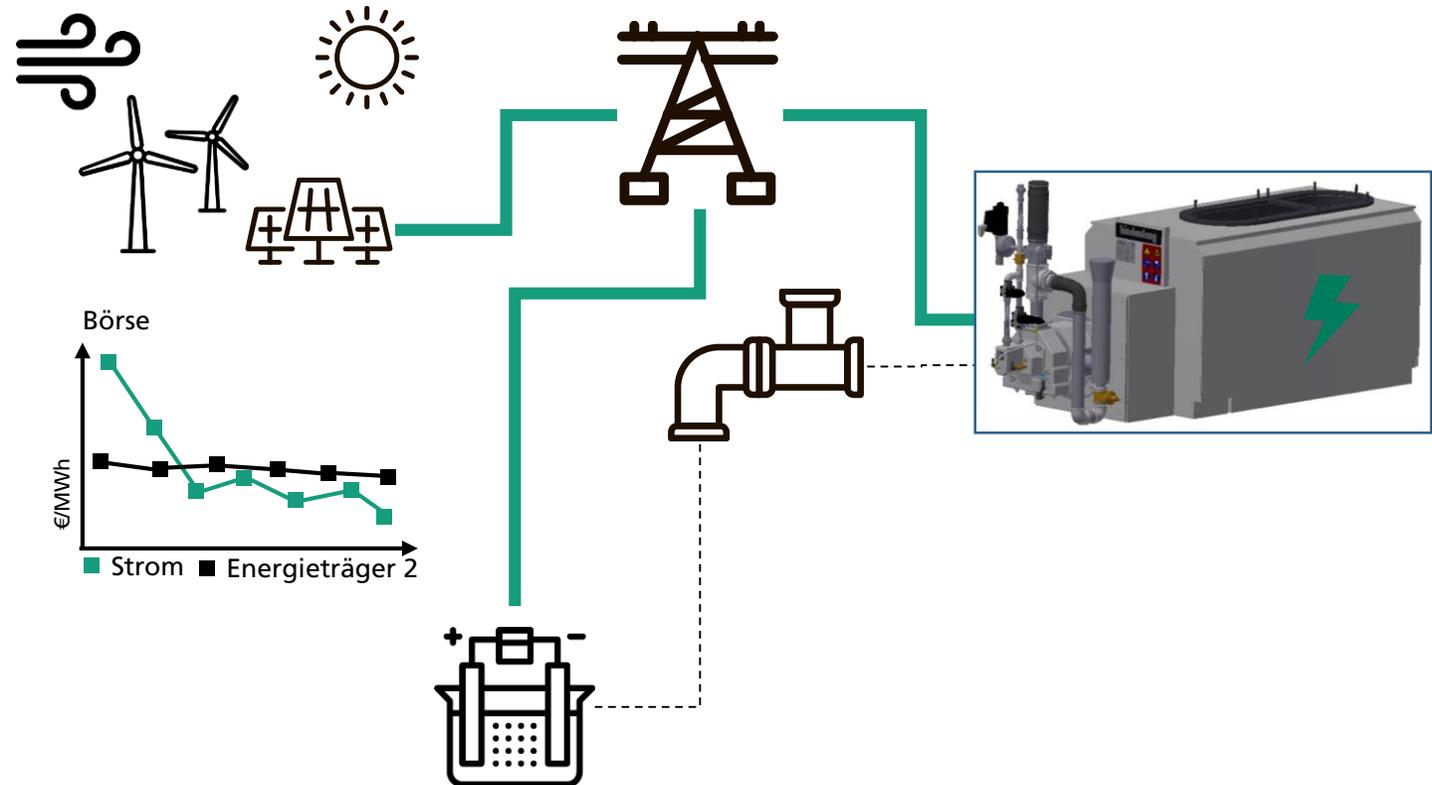
„Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und prozesseffizient an Änderungen des Energiemarkts anzupassen.“

VDI 5207 – Blatt 1

# Die Energieflexible Fabrik

## Beispiel: Bivalenztechnologien

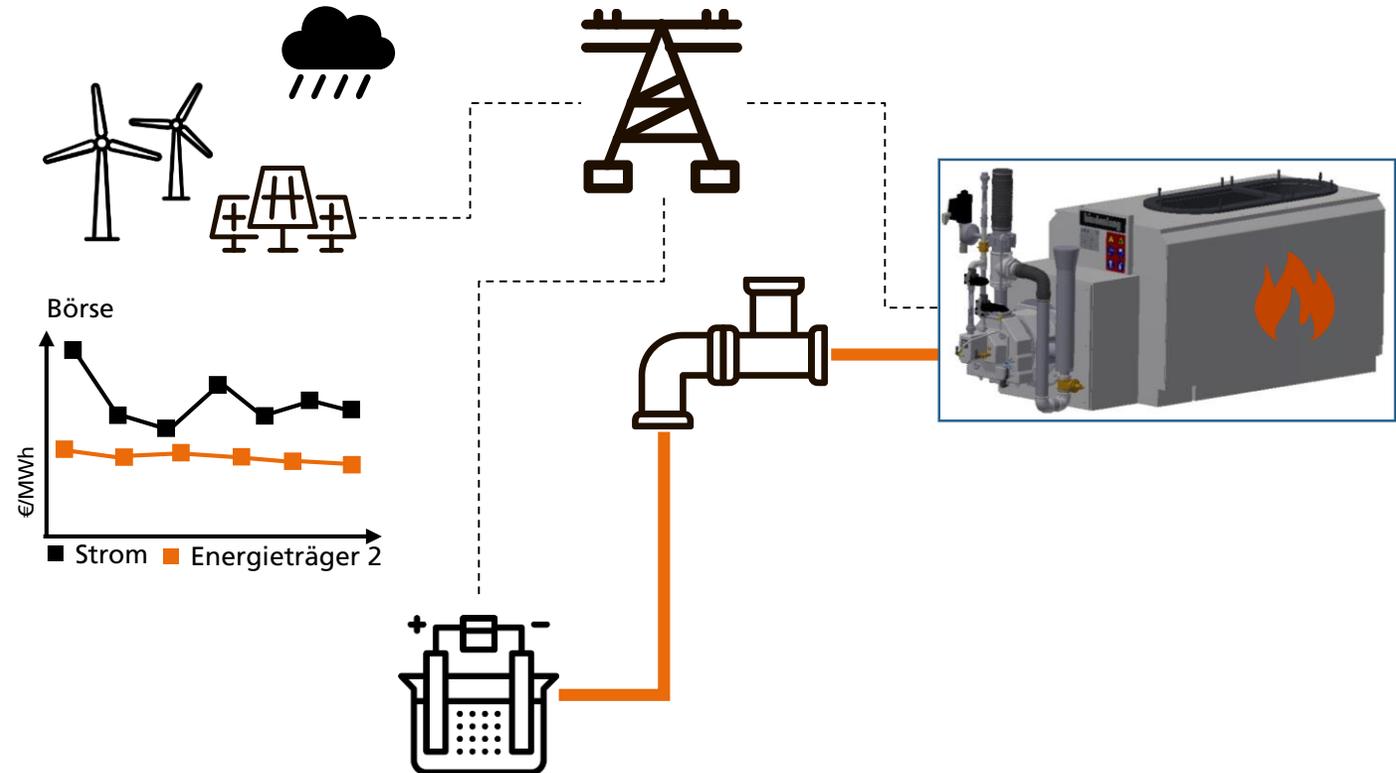
- Bivalenz umfasst zwei Betriebsmodi
  - Ein hoher Anteil Erneuerbarer Energien im Strommix wird effizient genutzt



# Die Energieflexible Fabrik

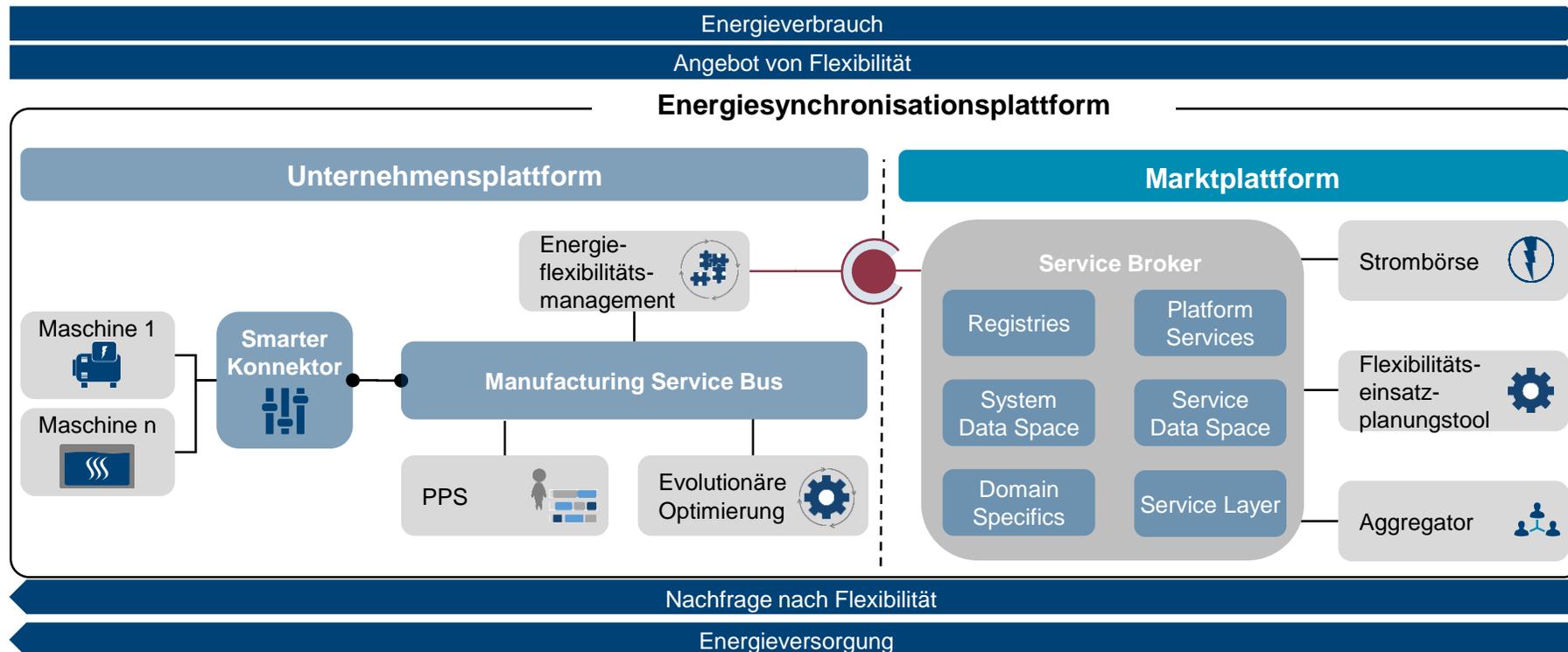
## Beispiel: Bivalenztechnologien

- Bivalenz umfasst zwei Betriebsmodi
  - Ein hoher Anteil Erneuerbarer Energien im Strommix wird effizient genutzt
  - Eine Flaute Erneuerbarer Energien kann durch den 2. Energieträger gedeckt werden
- Erhöhung der Versorgungs-, Planungs- und Ausfallsicherheit
- Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Footprints



# Die Energiesynchronisationsplattform zur Flexibilitätsvermarktung

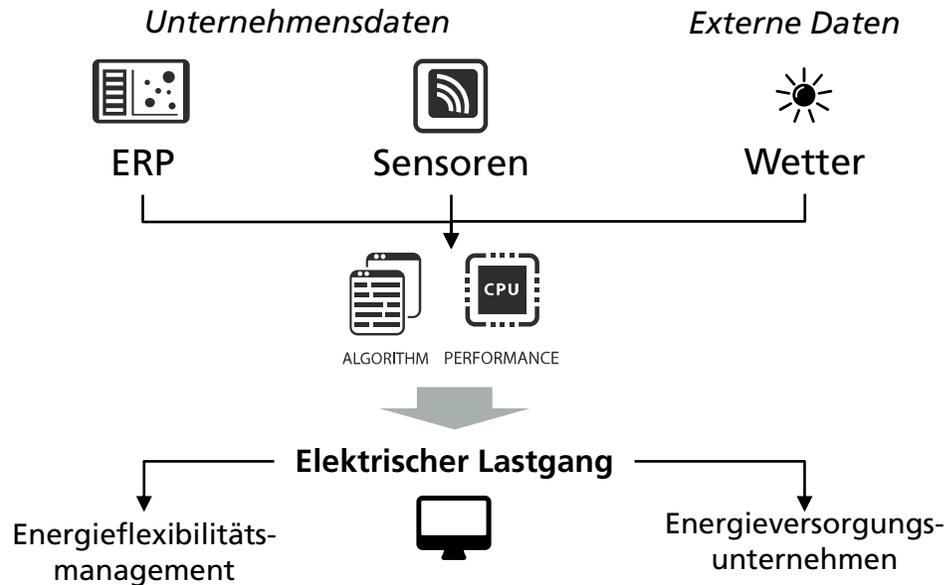
## Ein Plattform-Ökosystem bringt Flexibilitätsanbieter und -nutzer zusammen



# Service: Lastprognose

## Effizientes Lastmanagement auf dem Weg zur energieflexiblen Fabrik

### Beschreibung



- Aufbau von Lastprognosen
- Mit Machine-Learning-Modellen werden hochdimensionale Inputdaten automatisiert verarbeitet und zur Prognoseberechnung miteinbezogen.

### Ziele

Aufbau eines Prognose-Benchmarks

Aufbau eines Prognoseservices für Echtzeitvorhersagen des elektrischen Lastgangs am Netzübergabepunkt

- Hoher Automatisierungsgrad bei Inbetriebnahme und Betrieb
- Hohe Prognosegüte

Automatisierte Validierung der verbesserten Prognosegüte durch

- Hochaufgelöste Echtzeitdaten bis auf Maschinenebene
- Produktionsplanungsdaten
- Innovative KI-Modelle

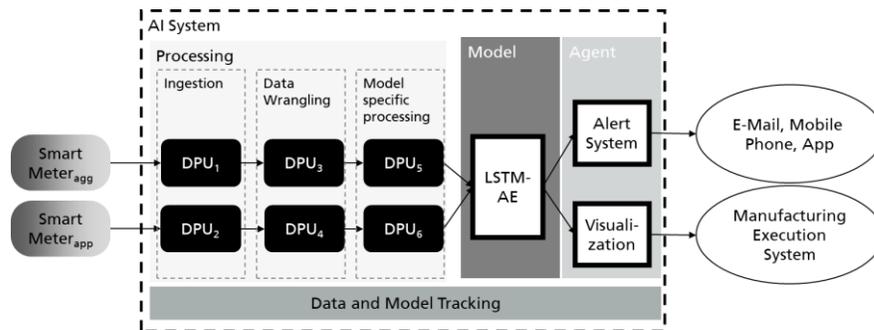
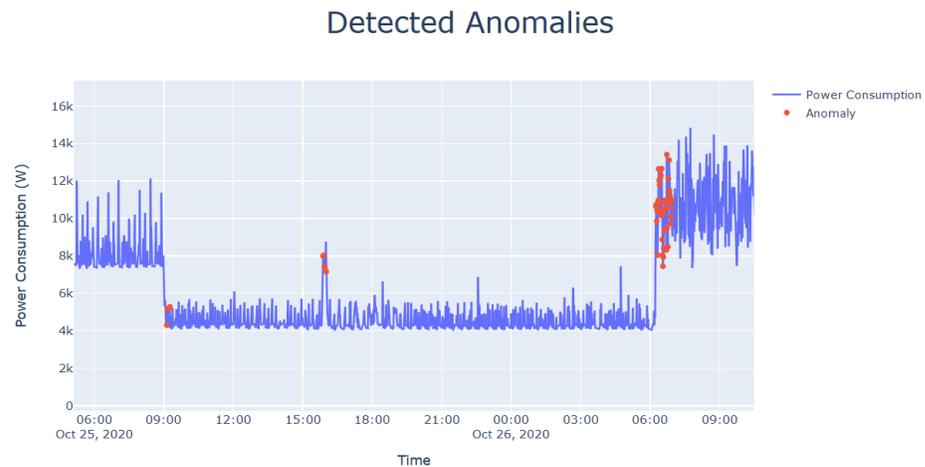
### Mehrwert

- Lastprognose schafft die Voraussetzung für Energieflexibilität als neue Einnahmequelle
- Unser Prognose-Benchmark zeigt Ihnen die Qualität Ihrer Lastprognosen und weitere Einsparpotenziale auf
- Mit erhöhter Prognosegüte werden Kosten durch verminderte Abweichungen eingespart, bspw. Lastmanagement

# Service: Anomalieerkennung

## Energetische Anomalieerkennung durch KI

### Beschreibung



### Ziel

- Erkennung von Anomalien in Energieflüssen der Produktionslinie, die vom Normalzustand abweichen.
- Systeme und Lösungen aufbauen, nicht nur Algorithmen
- Entwurf und Identifizierung relevanter Anomalien (z. B. übermäßiger Energieverbrauch, produktspezifische Anomalien)
- Validierung anhand von spezifischen Energieflüssen in bestehenden Produktionslinien

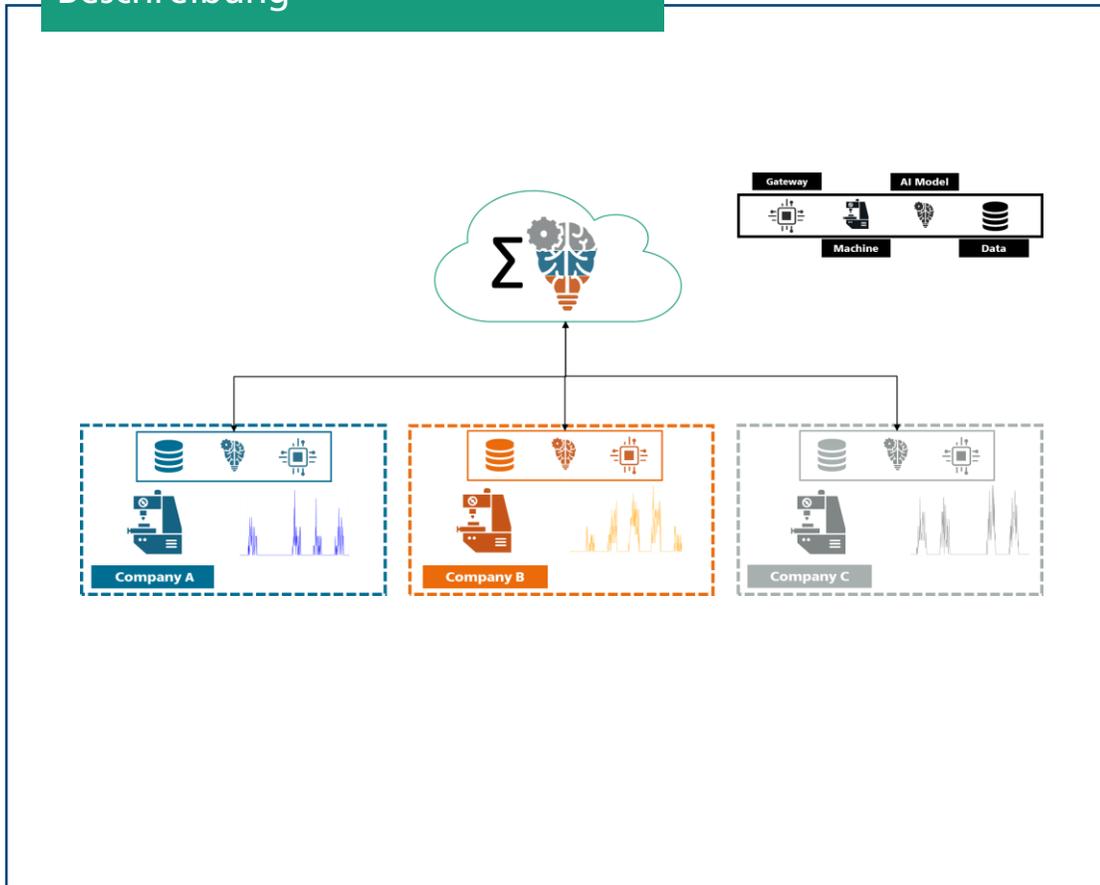
### Mehrwert

- Erkennung von Anomalien reduziert Energiekosten
- Klassifizierung und Erkennung von Ausschussursachen durch Analyse der Energieflüsse
- Erkennung von Messfehlern

# Service: Föderierte Anomalieerkennung

## Federated Learning für industrielle Maschinen und Anlagen

### Beschreibung



### Ziel

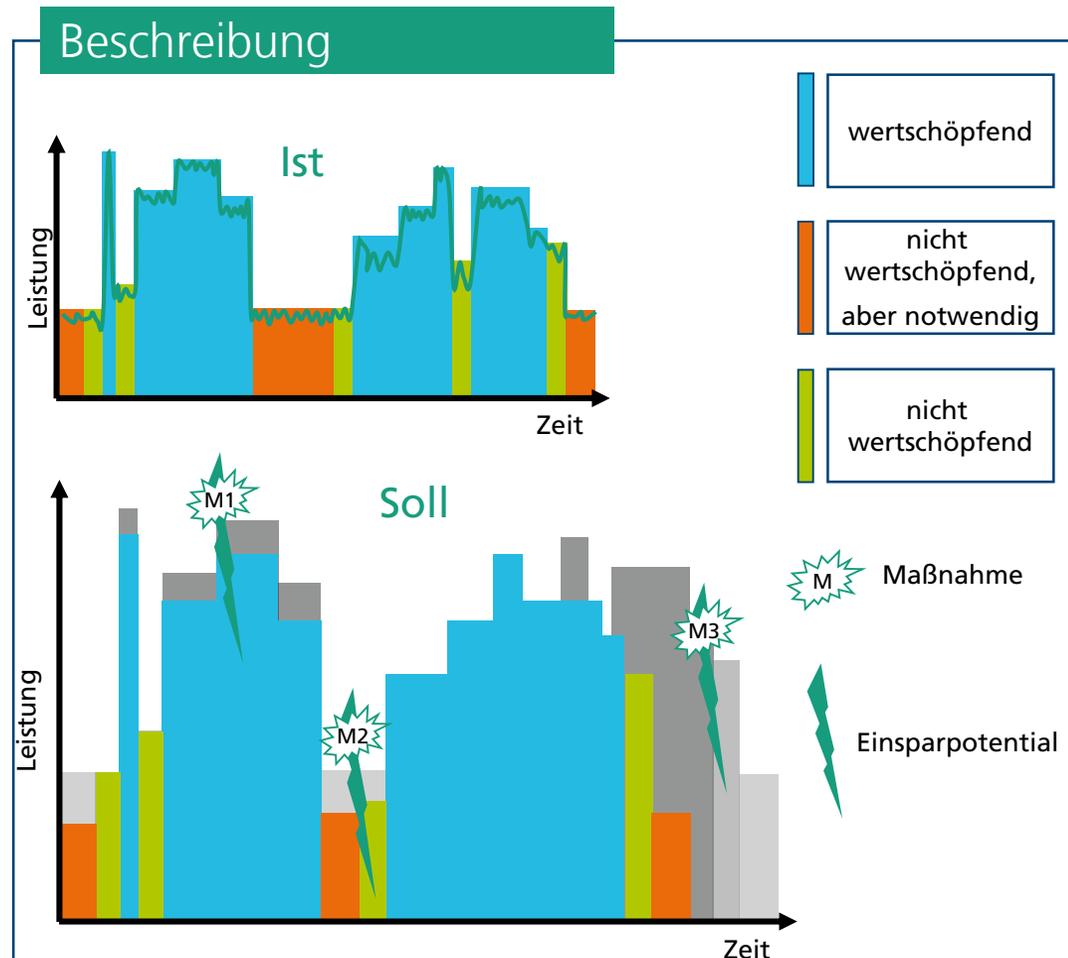
- Einsatz von KI-Modellen zur Überwachung von Energieflüssen industrieller Maschinen und -anlagen (z. B. Wärmepumpen) bei unterschiedlichen Kunden
- Reduzierung von Datenschutzbedenken und Sicherheitsrisiken durch den Einsatz von Federated Learning für sensible Daten
- Energieeffiziente Nutzung von Methoden aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz durch Reduzierung der Datenübertragung zwischen Maschinen und Cloud

### Mehrwert

- Kombination von Cloud- und Edge-Technologien zur Überwachung von Energieflüssen
- Reduktion des Datentransfers zwischen Industriemaschinen und anderen Systemen
- Direkter Mehrwert für Kunden durch Verbleib der Daten vor Ort → Datenschutz und Datensicherheit

# Service: Energiekennzahlen und Benchmarking

## Potentiale zur Produktivitätssteigerung aus dem Energieverbrauch ableiten



### Ziele

Entwicklung von Kennzahlensystemen für die Bewertung der Energieeffizienz und -flexibilität von produzierenden Unternehmen u.a. nach ISO 20140



Ableitung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung

Nutzung von Energiedaten zur Bildung der Kennzahlen zur

- Identifikation von Produktivitätssteigerungspotenzialen
- Entwicklung von Energieeffizienzmaßnahmen

### Mehrwert

- Vergleichbarkeit zwischen Fertigungslinien oder Werken, beispielsweise durch Cockpits
- Benchmarking zwischen Branchen
- Rückschlüsse auf Produktivitätssteigerungspotentiale
- Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen quantifizieren

# Fraunhofer IPA

## Ihr Ansprechpartner



Dennis Bauer, M.Sc.  
Gruppenleiter Energieflexible Produktion &  
Energiedatenanalyse  
Abteilung Industrielle Energiesysteme

Telefon +49 711 970-1355  
dennis.bauer@ipa.fraunhofer.de

[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)  
[www.wir-produzieren-zukunft.de](http://www.wir-produzieren-zukunft.de)  
[www.die-uebermorgen-macher.de](http://www.die-uebermorgen-macher.de)

---

## Wir produzieren Zukunft

Nachhaltig. Personalisiert. Smart.

## Sie bleiben wettbewerbsfähig

Nachhaltig. Flexibel. Wirtschaftlich.