

Treiber Energieeinsparpotenziale und neue Technologien

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, 17.01.2023

Die Welt hat sich 2022 drastisch verändert

Für eine sichere Energieversorgung und die Klimaziele sind größere Energieeinsparungen notwendig

1

Stagnierende Treibhausgasemissionen

Ersatz von Erdgas durch fossile Energieträger wie Kohle und Öl

2

Langsamer Ausbau Erneuerbarer Energie

Anteil der Erneuerbaren Energien steigt, aber bei neun von zehn Ausschreibungen konnte die Kapazität nicht ausgeschöpft werden

3

Produktionsrückgänge durch hohe Energiepreise

Energieintensive Industrien könnten sich aus Deutschland zurückziehen

Energieeinsparung durch höhere Energieeffizienz und Energieproduktivität ist entscheidender Erfolgsfaktoren für die multiplen Krisen

Klima- und Umweltschutz sowie die sichere Energieversorgung sind die zentralen Themen. Um hier nicht zu Lasten der Produktionsleistung die Ziele zu erreichen, muss die knappe und teure Ressource „Energie“ bestmöglich eingesetzt werden.

Neben dem Sparen von Energie ist es wichtig, die Produktion und die Energienachfrage so zu flexibilisieren, dass sie der volatilen Energieerzeugung folgt. Es entsteht ein Paradigmenwechsel weg von der unbegrenzten Verfügbarkeit von Energie hin zu einer Verfügbarkeitsplanung und einem Management von Energie.

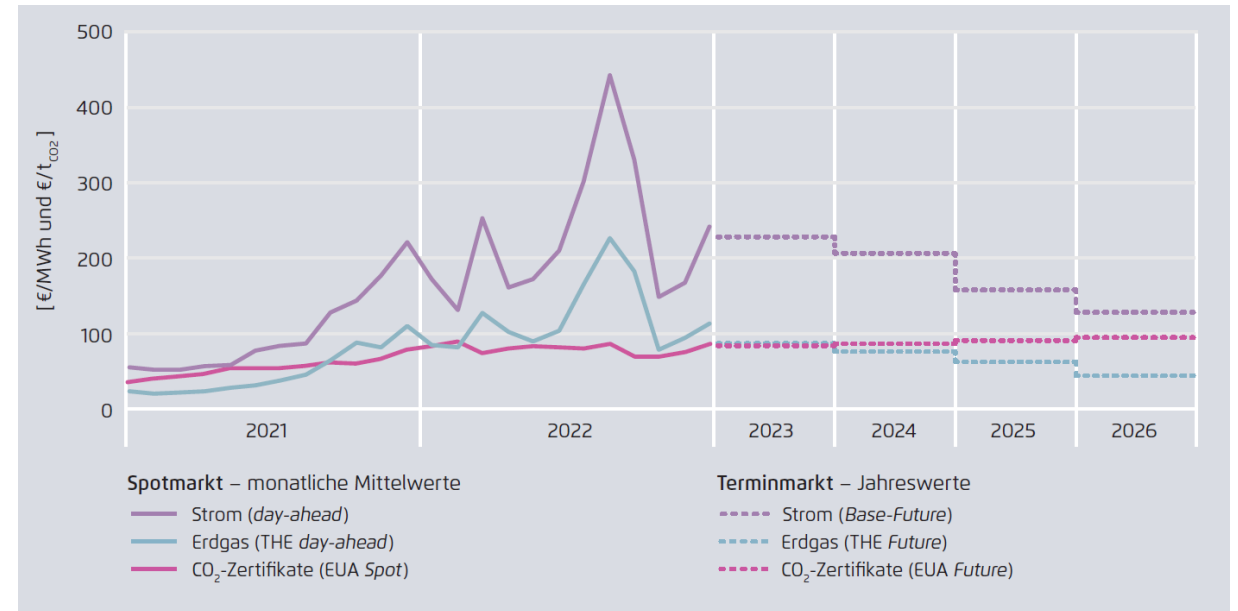
Energiepreise langfristig auf hohem Niveau

CO₂ belastet Energie wird zukünftig teuer bleiben

Nach den Turbulenzen von 2022 werden sich die Energiepreise langsam beruhigen, verharren aber insbesondere bei CO₂ belasteten Energieträgern auf hohem Niveau

Kurzfristig hängt der Energiepreis von der Verfügbarkeit, aber auch von der Nachfrage, die volatil mit dem Wetter sich verändern kann, ab. Mittel- bis langfristig zeigt sich, dass der Effekt höherer Energiepreise bleibt.

Die CO₂-Zertifikate sind mit 100 €/t_{CO2} in 2026 noch sehr günstig angenommen. Die „wahren“ Kosten für eine Tonne CO₂ werden derzeit auf rund 700 €/t_{CO2} geschätzt¹. Neue Mechanismen wie Klimafonds können zukünftig die Lücke ausgleichen und Energie zusätzlich verteuern.

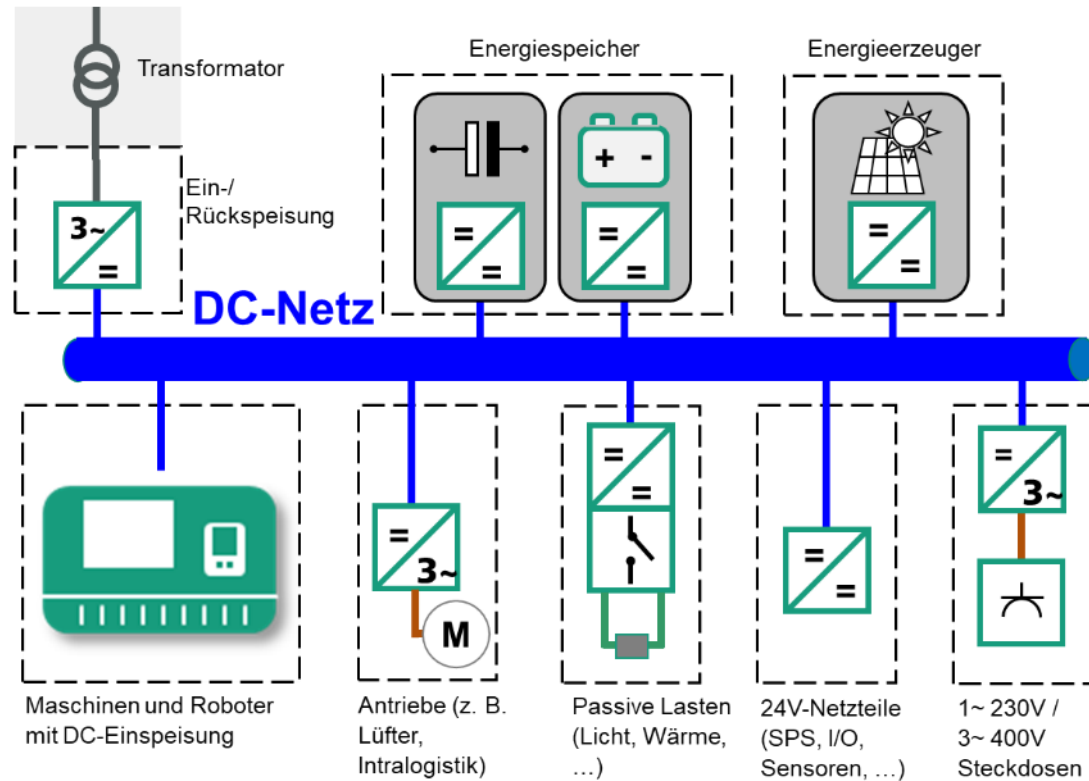


Agora Energiewende: Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2022. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2023. Analyse

¹ Umweltbundesamt: Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen

Die Gleichstromfabrik

Industrielles Stromnetz mit Gleichstrom (DC)



Systemgedanke für Energieversorgung von Produktionsbereichen

- Reduzierung von Übertragungsverlusten
- Reduzierung von Komponentenkosten
- Konzentrierte, reduzierte und effiziente DC-Einspeisung
- Filterung von Netz-Störungen

Versorgung von Anlagen direkt aus dem DC-Netz

- Nutzung rekuperierter Energie

Einspeisung erzeugter Energie (z. B. aus PV) in das DC-Netz

- Reduzierung Wandlungsverluste
- Direkte Nutzung CO₂-freien Stroms

Intelligente Steuerung des DC-Netzes

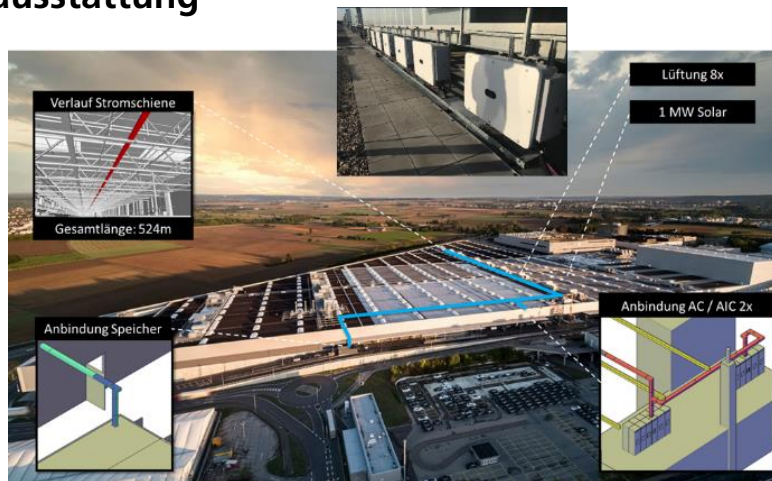
- Vereinfachte, dezentrale Steuerung aktiver Teilnehmer, z. B. zur Lastspitzenreduzierung, Absicherung der Produktion oder Energieflexibilität
- Robuste Steuerung ohne zusätzliche Kommunikationsinfrastruktur

Beispielhafte DC-Anwendungen

Übergang der DC-Technologie aus der Forschung in die industrielle Anwendung erfolgt

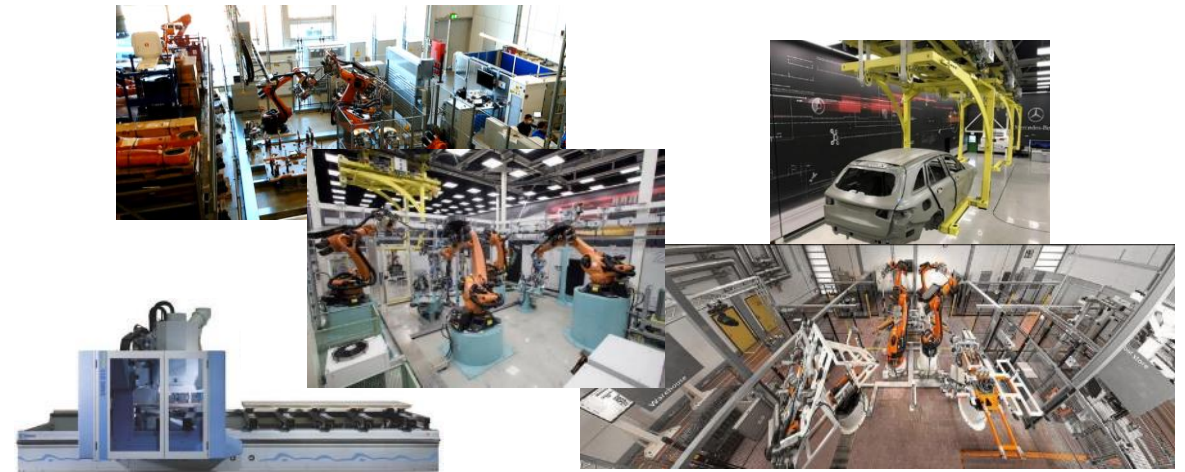
DC in der Halleninfrastrukturversorgung (Mercedes-Benz Factory 56)

- Einbindung von PV, Lüftungsanlage, Speicher und zukünftig Beleuchtung
- Einsparungen zwischen 2 % und 19 % sind möglich
- **Ziel: Energieflexibilität, Energieeffizienz im robusten, intelligenten Versorgungssystem und der technischen Gebäudeausstattung**



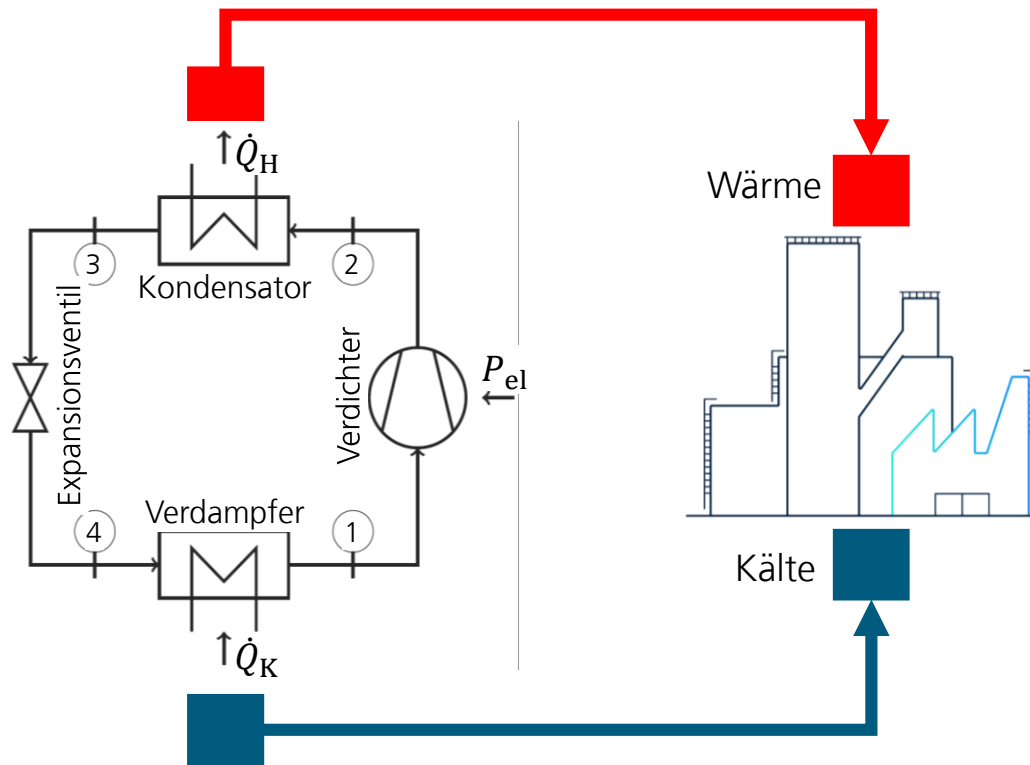
Produktionsanlagen Robotik, Werkzeugmaschinen und Fördertechnik (BMW, Mercedes-Benz, KUKA, HOMAG)

- Robotiksysteme bis zu 15 % Energieeinsparung
- Bearbeitungszentren bis zu 5,5 % Einsparung
- Übertragungsverlusteinsparung rund 2 % pro 100 m
- Reduzierung dezentrale Gleichrichtleistung um bis zu 60-80%
- **Ziel: Energieeffizienz in der Produktionstechnik, Sicherung der Energieversorgungsqualität**



(Hochtemperatur)-Wärmepumpen

Elektrifizierte Wärme- und Kältebereitstellung für industrielle Prozesse



Potenziale in der Industrie

- Betrieben mit Grünstrom Möglichkeit = CO₂-neutrale Wärmebereitstellung
- Möglichkeit zur Abwärmenutzung & zum gleichzeitigen Heizen und Kühlen
- Möglichkeit zur Reduktion des Primärenergieeinsatzes durch Betriebsprinzip
- Aus heutiger Sicht Temperaturen von bis zu 160°C möglich (z. B. für Prozessdampf)

Integration erneuerbarer Energien

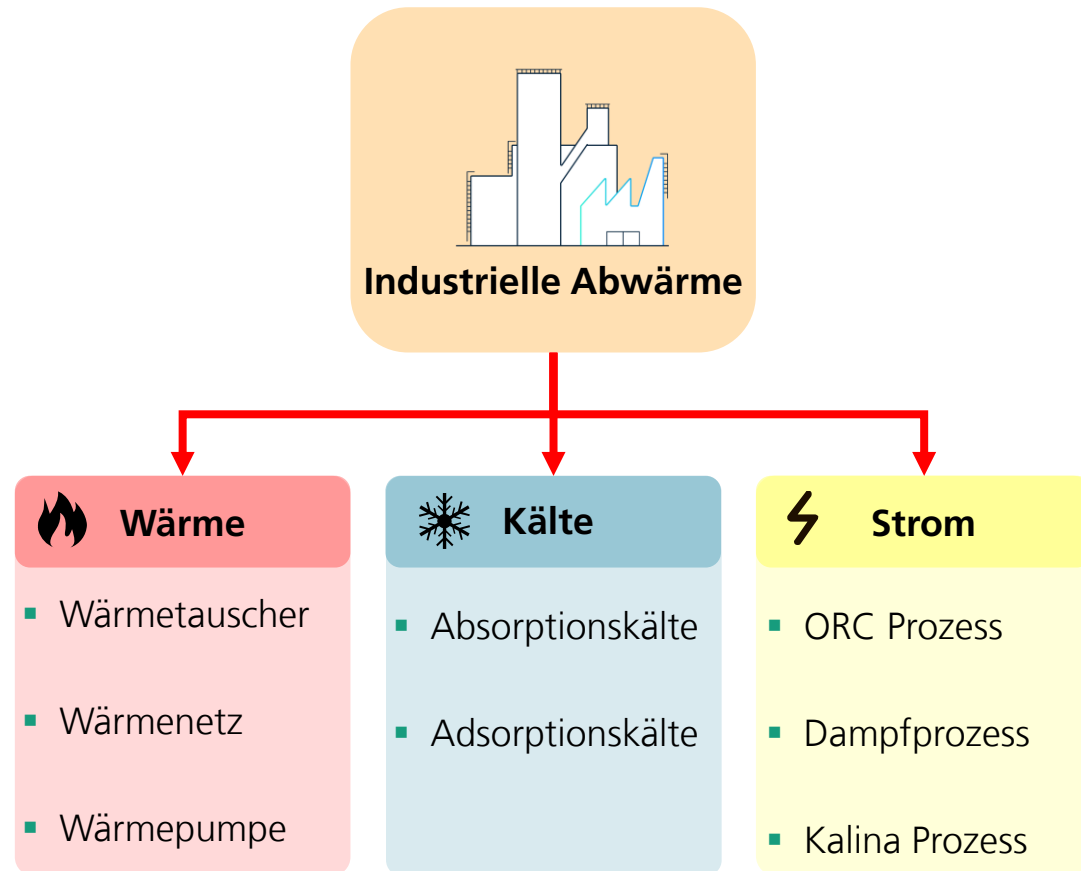
- sektorenkoppelnde Betriebsweise
- Mit Eigenerzeugungsanlagen (z. B. PV) autarke und CO₂-neutrale Wärmebereitstellung

Intelligente Steuerung des Wärmepumpensystems

- Durch Betriebsprinzip energie- und temperaturflexible Betriebsweise möglich
 - Lastspitzenreduzierung
 - Interaktion mit Energie- und Flexibilitätsmärkten
 - Optimaler Betrieb bei dynamischen Lasten

Industrielle Abwärmenutzung

Identifikation und Nutzung von Abwärme



Abwärmenutzung hat ein hohes Potenzial

- 29 % des jährlichem Wärmebedarfs gehen als Abwärme verloren
- Nur ein kleiner Teil der Industrie nutzt das Potenzial der eigenen Abwärme vollständig aus
- 26 % Energieeinsparungspotenzial bei Abwärme >60°C
- CO₂-Einsparungspotenzial von jährlich bis zu 28 Mio t_{CO2} möglich

Systematisches Vorgehen bei der Umsetzung von Abwärmenutzung

- Vermeidung: Untersuchung ob Abwärme vermieden werden kann
- Reduzierung: Umsetzung von Maßnahmen zur Senkung der anfallenden Abwärme
- Nutzung: Verschaltung von Quellen und Senken durch Technologien wie Wärmetauscher, Adsorptionskältemaschinen oder Einspeisung in Wärmenetz
- Herausforderung: Gleichzeitigkeit der vorhandenen Quelle und des Bedarfes an der Senke

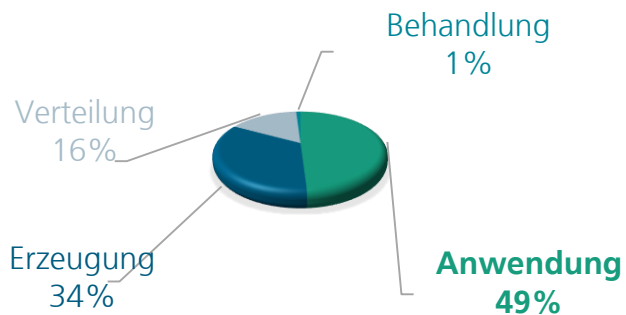
Fallbeispiele aus der Forschung

Steigerung der Energieeffizienz von CAS mit maschinellem Lernen

Druckluftsysteme haben große Einsparpotenziale

- CAS verbrauchen 3 % (16 TWh p.a.) des gesamten Energiebedarfs in Deutschland
- Leckagen verursachen hohe Kosten: Leckageraten in der Industrie reichen von 15 % bis 60 %

Einsparpotenziale:



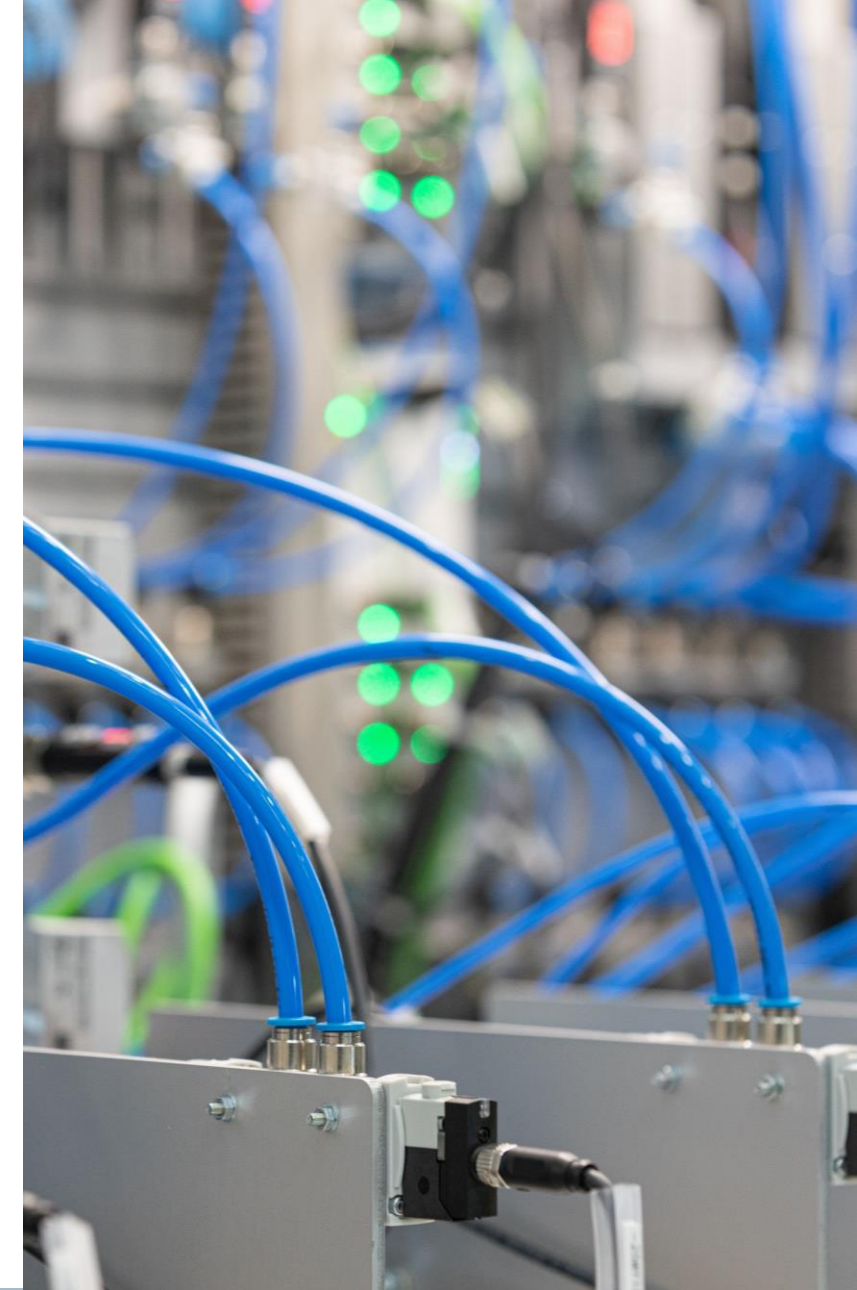
Quelle: Intelligenter Sensor erkennt Leckagen, <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/intelligenter-sensor-erkennt-leckagen.html>

Leckageerkennung mit intelligenten Durchflusssensoren

- Selbstlernender Algorithmus wertet Druck, Temperatur und Durchflussmenge aus
- Intelligenter Durchflusssensor erkennt und lokalisiert Leckagen im CAS

Vorausschauendes Abschalten von Teilnetzen des Druckluftsystems

- Algorithmus prognostiziert Bedarf und steuert Ventile just-in-time
- Leckageverluste außerhalb der Produktionszeiten können automatisch vermieden werden (z.B. an Wochenenden)

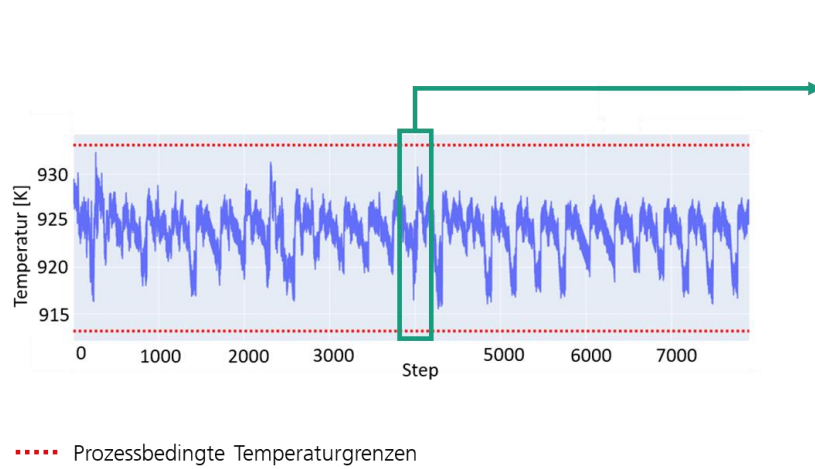


Fallbeispiele aus der Forschung

ML-Agent verschiebt Spitzen und vermeidet teure Energiepreise

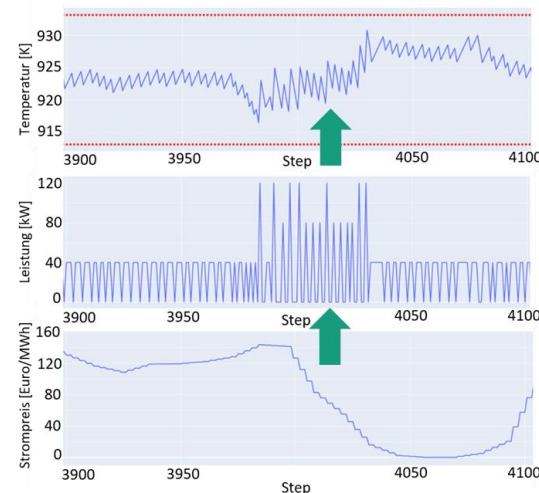
Schmelzöfen als Energiespeicher

- Schmelzöfen können innerhalb eines Toleranzbereichs betrieben werden
- Obere und untere Temperaturgrenzen dürfen nicht überschritten werden
- Öfen können elektrisch beheizt werden



Flexibler ML-Agent spart Geld

- Der Agent stellt die Leistung des Ofens auf der Grundlage einer Preisprognose ein
- Der Agent optimiert den Betrieb, indem er hohe Energiekosten vermeidet



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Tel. +49 711 970 1100

thomas.bauernhansl@ipa.fraunhofer.de

Institutsleitung

Fraunhofer IPA

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

www.ipa.fraunhofer.de

