

Entwicklung und Simulation einer Hochtemperatur-Wärmepumpe zur Bereitstellung von industrieller Prozesswärme

Enrico Jende, Leander Schleuß, Tom Lorenz, Jens Oliver Gollasch

Institut für CO₂-arme Industrieprozesse
Cottbus/Zittau

03.12.2020



Wissen für Morgen



Gliederung

1. Kurzvorstellung DLR-Institut
2. Warum Hochtemperatur-Wärmepumpen?
3. Entwicklung, Aufbau und Simulation einer Hochtemperatur-Wärmepumpe
4. Zusammenfassung und Ausblick



DLR-Institut
Gegründet Sommer 2019



DLR-Institut für CO₂-arme Industrieprozesse Cottbus/Zittau

Herausforderung: CO₂-Emissionen der Industrie

• Energiebedingte CO₂-Emissionen

- Aus Erzeugung des verwendeten Stroms
- Verwendung von Brennstoffen zur Bereitstellung von Energie
 - z. B. Prozesswärme, Dampf, mechanische Arbeit

• Direkte prozessbedingte CO₂-Emissionen

- Aus nichtenergetischer Verwendung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern und sonstigen Rohstoffen oder aus prozessbedingter Freisetzung

Unsere Mission

- Lösungen im Bereich der Energieforschung und der Energiewende für die Industrie anbieten
- Minderung von CO₂- und Schadstoffemissionen aus industriellen Prozessen und Kraftwerken

Forschungsfelder/ Abteilungen

Hochtemperatur-Wärmepumpen

Simulation and Virtual Design

Kohlenstoffarme Reduktionsmittel



© Stockwerk-Fotodesign/www.stock.adobe.com



Warum Hochtemperatur-Wärmepumpen?

- **Bereitstellung von industrieller Prozesswärme**
 - Hoher Bedarf an Prozesswärme $> 100^{\circ}\text{C}$ in der Industrie
 - Prozesswärme bei $100 - 500^{\circ}\text{C}$ entspricht 30 % des gesamten Heiz- und Kühlenergiebedarfs in Europa *
- **Schlüsselkomponente in thermischen Speicherkraftwerken nach dem Carnot-Batterie-Konzept**
 - Speichertechnologie zum Ausgleich fluktuierender EE
 - Verbesserung der Effizienz von Carnot-Batterien
- **Transformation von Kohlekraftwerken, z.B. Lausitz, Rheingebiet**



Third Life Coal-Fired Power Plant

Zielstellung

Mittelfristig: Entwicklung von Hochtemperatur-Wärmepumpen (HTP) mit hohem Temperatur- und Leistungsniveaus auf Basis von Brayton- und Rankine-Kreisprozessen

Kurzfristig: HTP-Pilotanlagen „CoBra“ (Cottbus) und „ZiRa“ (Zittau)



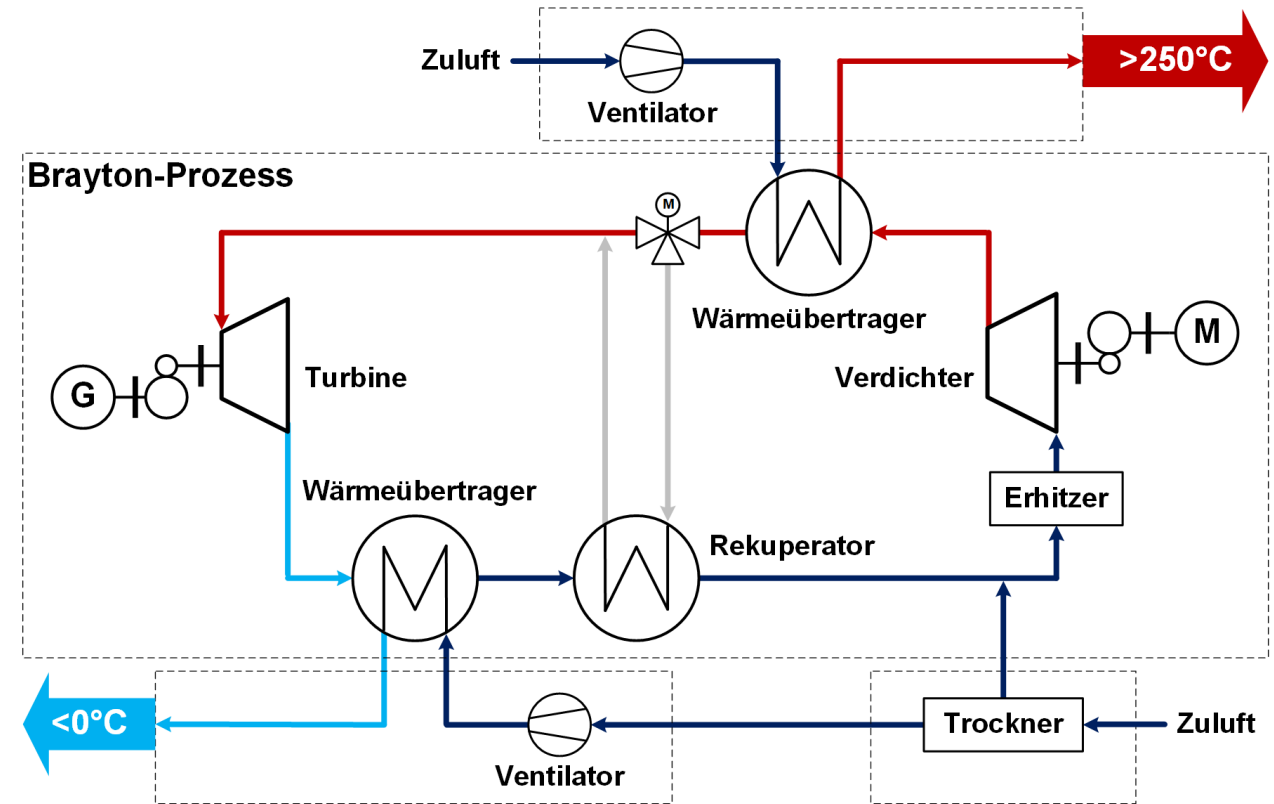
Entwicklung der Hochtemperatur-Wärmepumpe (Brayton)

Konzept der Pilotanlage „CoBra“

- Auslegung auf verschiedene Arbeitsmedien (Luft, Argon)
- Speziell entwickelte Axialturbinomaschinen
- Auskopplung von Prozesswärme und -kälte
- Peripherie zur Konditionierung des Arbeitsmediums

Zielstellungen

- Aufbau der Pilotanlage in Cottbus
- MSR des gesamten Wärmepumpe-Prozesses
- Teillast und transientes Betriebsverhalten
- Modulares Design und Möglichkeit von Komponententests



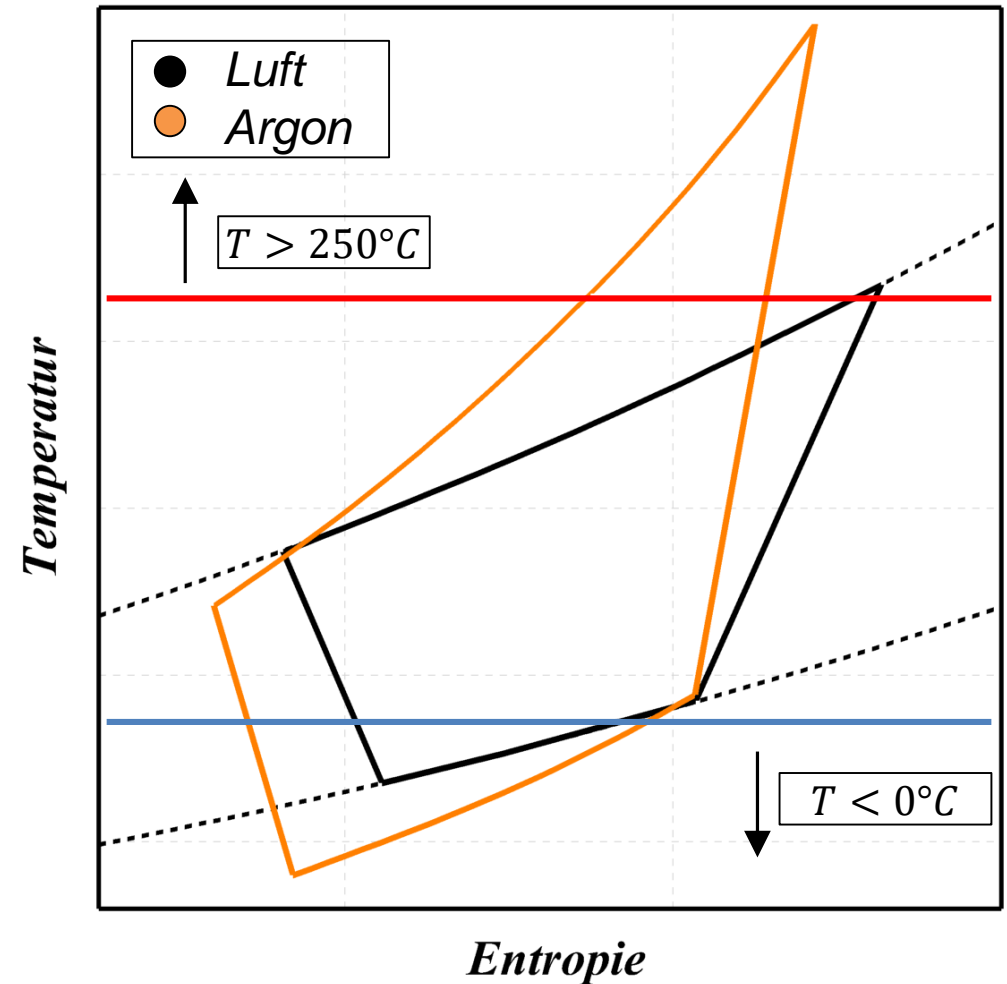
Vereinfachtes Schema der Hochtemperatur-Wärmepumpe (Brayton)



Konzeptstudie der Hochtemperatur-Wärmepumpe

Erste Ergebnisse der Prozesssimulationen

- Performance-Simulationen
 - Bei Verwendung von Argon und gleichem Druckverhältnis:
 - Höhere Temperaturdifferenzen
 - Tiefe Temperaturen für Kälteprozesse erreichbar
- Wahl des Arbeitsmediums hat wesentlichen Einfluss auf die Prozessparameter

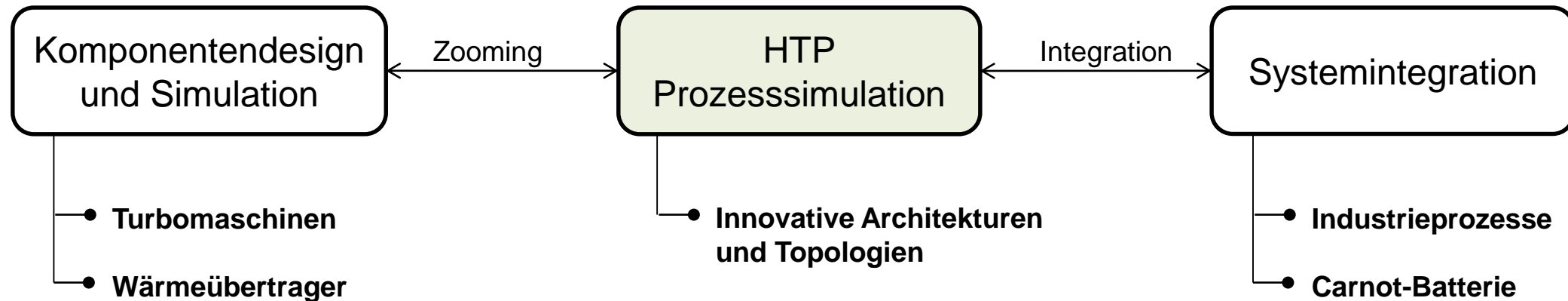


Umgekehrter Brayton-Kreisprozess mit Luft und Argon

Simulation von Hochtemperatur-Wärmepumpen

Schwerpunkte

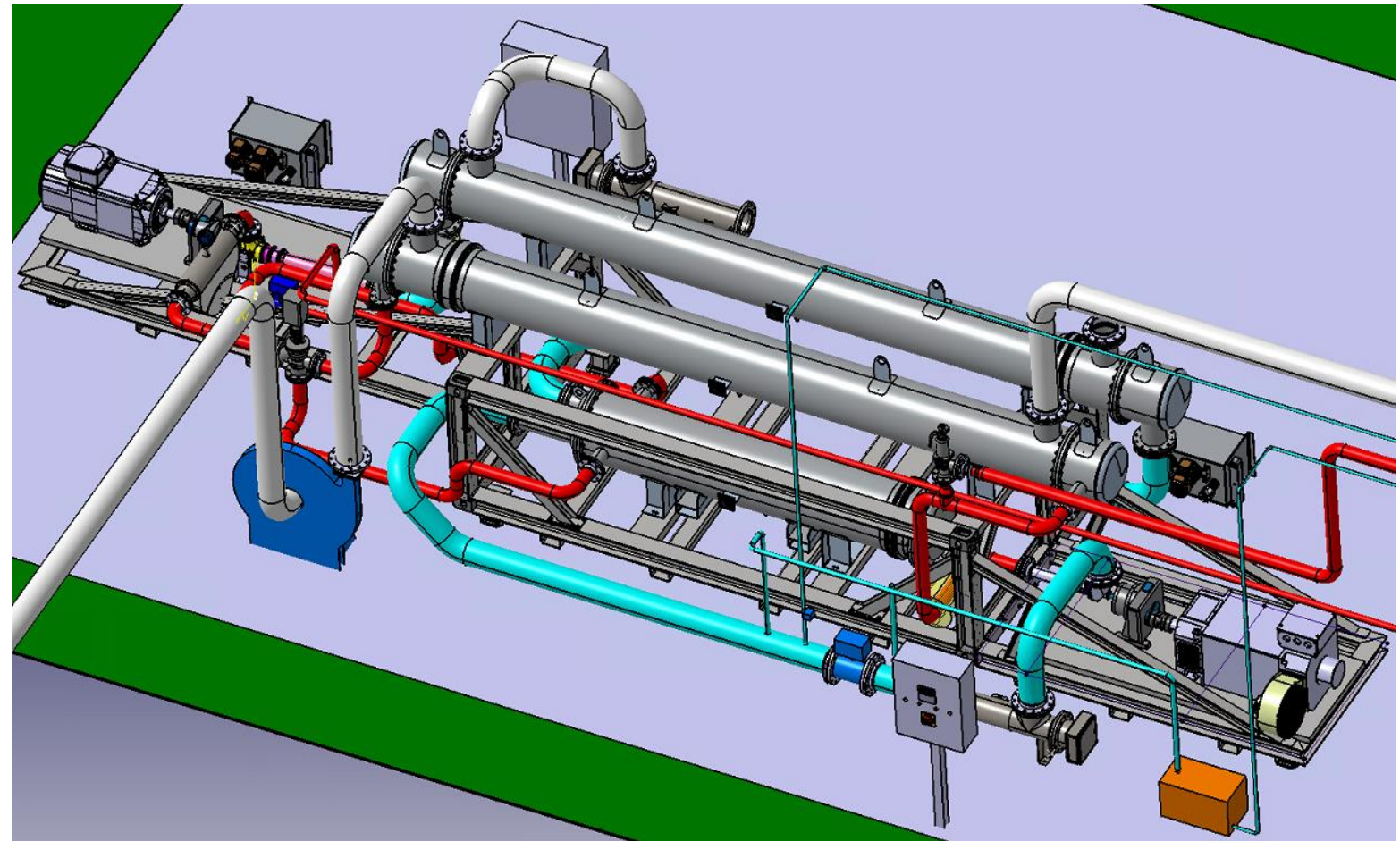
- Entwicklung innovativer Wärmepumpenkonzepten
- Simulation der Wärmepumpenprozesse und –komponenten (Digitaler Zwilling)
- Optimierung von Prozessparameter, -architekturen und Komponenten
- Integration der HTP in industrielle Prozesse und thermische Speicherkraftwerke (Carnot-Batterien)



Status quo der Pilotanlage „CoBra“

Pilotanlage „CoBra“

- Arbeitsmedium: Luft
- Maximale Temperatur: ~ 350 °C
- Minimale Temperatur: ~ -80 °C
- Druckdifferenz: 6 - 7 bar
- Max Leistungsaufnahme
Verdichter: 200 kW



CAD-Modell der Pilotanlage „CoBra“

Zusammenfassung und Ausblick

Pilotanlage „Cobra“

- Design Freeze erreicht
- Komponenten in der Beschaffung
- E- und MSR-Technik in Planung
- Anfang 2021 Beginn des Aufbaus
- Ende 2021 Beginn des Versuchsbetriebs

Ausblick

- Entwicklung und Aufbau der Pilotanlage „ZiRa“ in Zittau auf Basis des Rankine-Kreisprozesses
- Entwicklung und Aufbau von Großanlagen (Technikumsmaßstab)

Zielstellung und Nutzen der Hochtemperatur-Wärmepumpe als P2H-Technologie

- Reduzierung energiebedingter CO₂-Emissionen in der Industrie
- Bereitstellung von Prozesswärme (Pilotanlagen: > 250°C, Ziel: > 500°C)
- Effizienter P2H-Energiewandler, z.B. in thermischen Speicherkraftwerken



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Kontakt

Dr.-Ing. Enrico Jende
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für CO₂-arme Industrieprozesse Cottbus/ Zittau

E-Mail: enrico.jende@dlr.de

Internet: www.dlr.de/DI

