

# Entwicklung einer Rankine-basierten Hochtemperatur-Wärmepumpe für die industrielle Nutzung

Autoren: Hassan Chahi, Eberhard Nicke, Panagiotis Stathopoulos,  
Enrico Jende

## 7. Dialogplattform Power-to-Heat



Wissen für Morgen



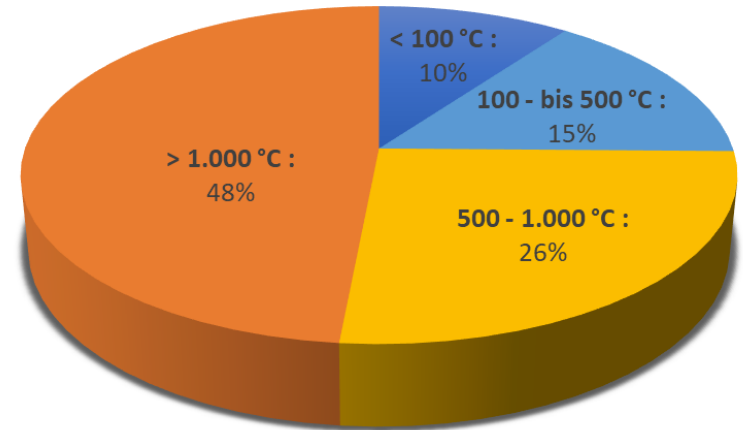
# Inhalt

- Marktanalyse der Wärmepumpen
- DLR-Hochtemperatur-Wärmepumpen (CoBra / ZiRa)
- Versuchsstand Zittauer Rankine Pilot-ZiRa
- Fazit

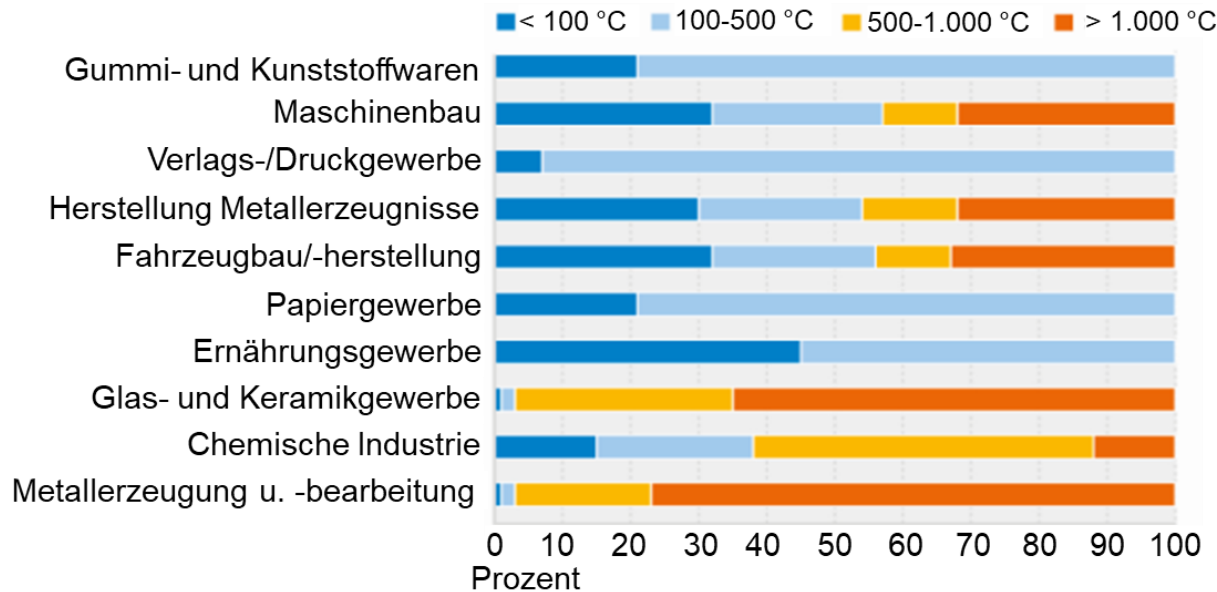


# Marktanalyse

## Temperaturbedarf der Wirtschaftszweige für industrielle Prozesswärme



## Industrieller Wärmebedarf nach Wirtschaftszweigen [Quelle: Ifeu/DLR/ZSW 2010]

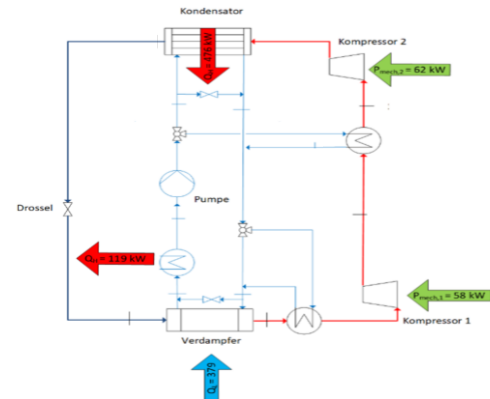
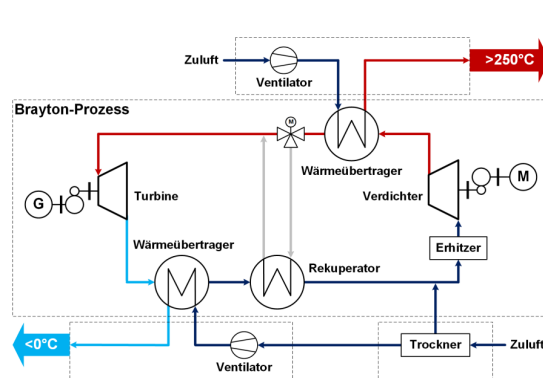


[Kreisdiagramm, eigene Darstellung aus Quelle: Daten von Ifeu/DLR/ZSW 2010 Stand 6/2017 [1]]



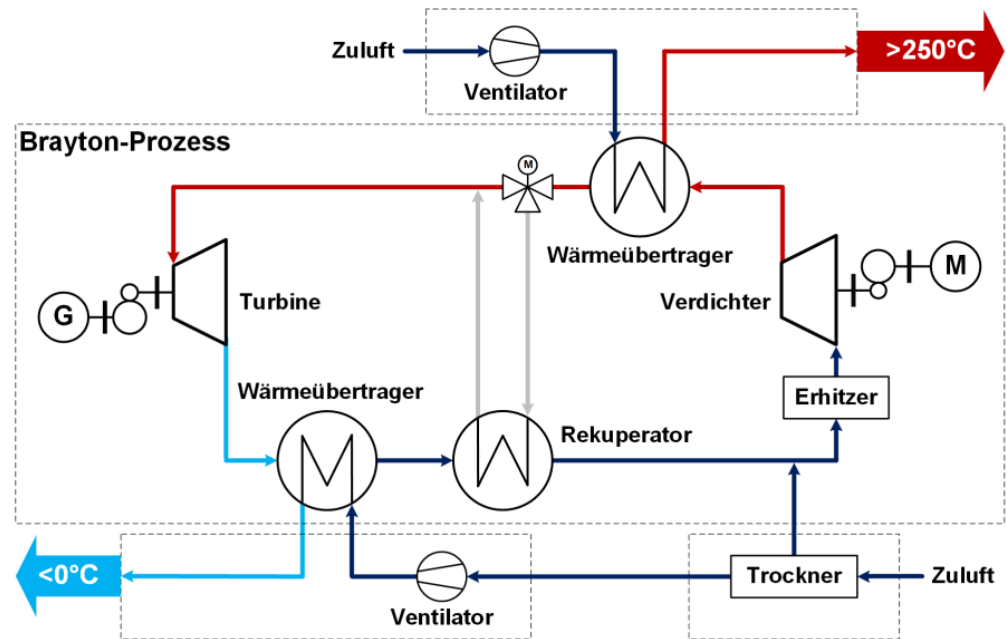
# DLR-Hochtemperatur-Wärmepumpen des Instituts DLR-DI (CoBra / ZiRa)

	CoBra [3]	ZiRa
Standort	Cottbus	Zittau
Prozess	Brayton	Rankine
Arbeitsmedium	Luft / Argon	Wasserdampf
Leistung (thermisch)	120 kW bis 200 kW	476 kW
Zieltemperatur	250 °C bis 350 °C	> 200 °C
Verdichter	Dreistufiger Axialverdichter	Zwei Radialverdichter (mit zwischen Kühlung)



# DLR-Hochtemperatur-Wärmepumpen (Pilot-CoBra)

- Einsatz verschiedener Arbeitsmedien (Luft und Argon)
- Spezielle Entwicklung von Axialturboomaschinen
- Auskopplung von Prozesswärme und -kälte
- Konditionierung des eingesetzten Arbeitsmediums



Pilot-CoBra (weitere Details unter [3])



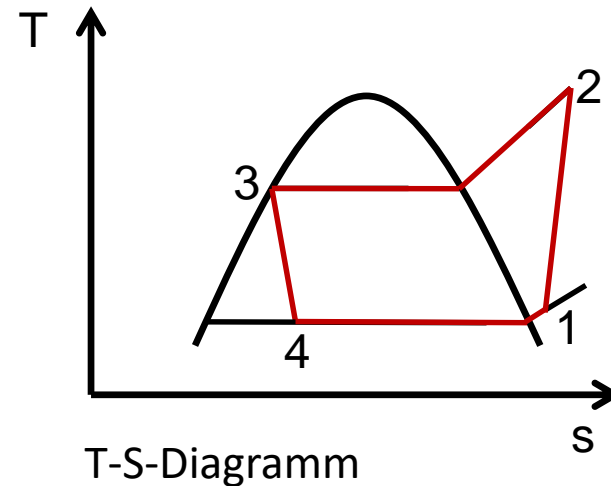
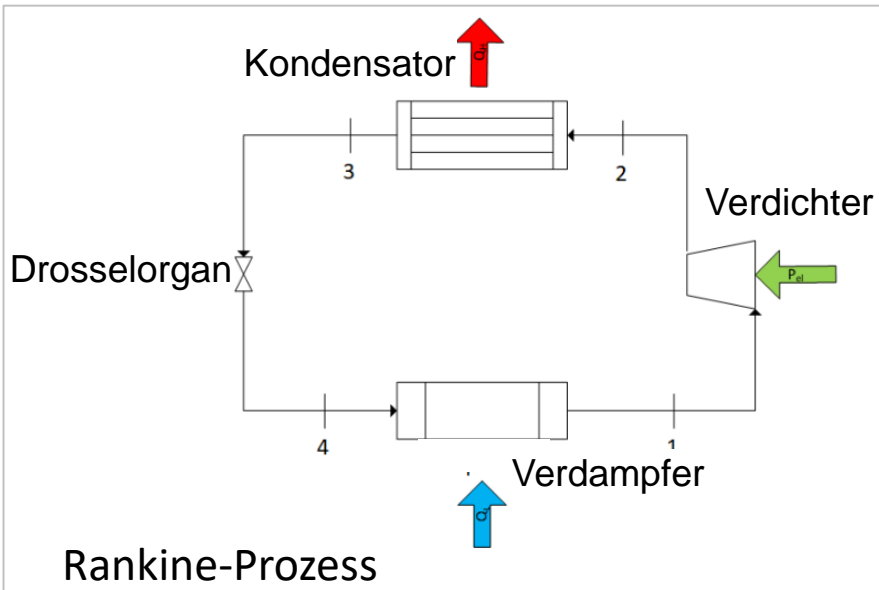
# Prinzip der Rankine-Wärmepumpe

## Hauptkomponente:

- Verdichter
- Kondensator
- Drosselorgan
- Verdampfer



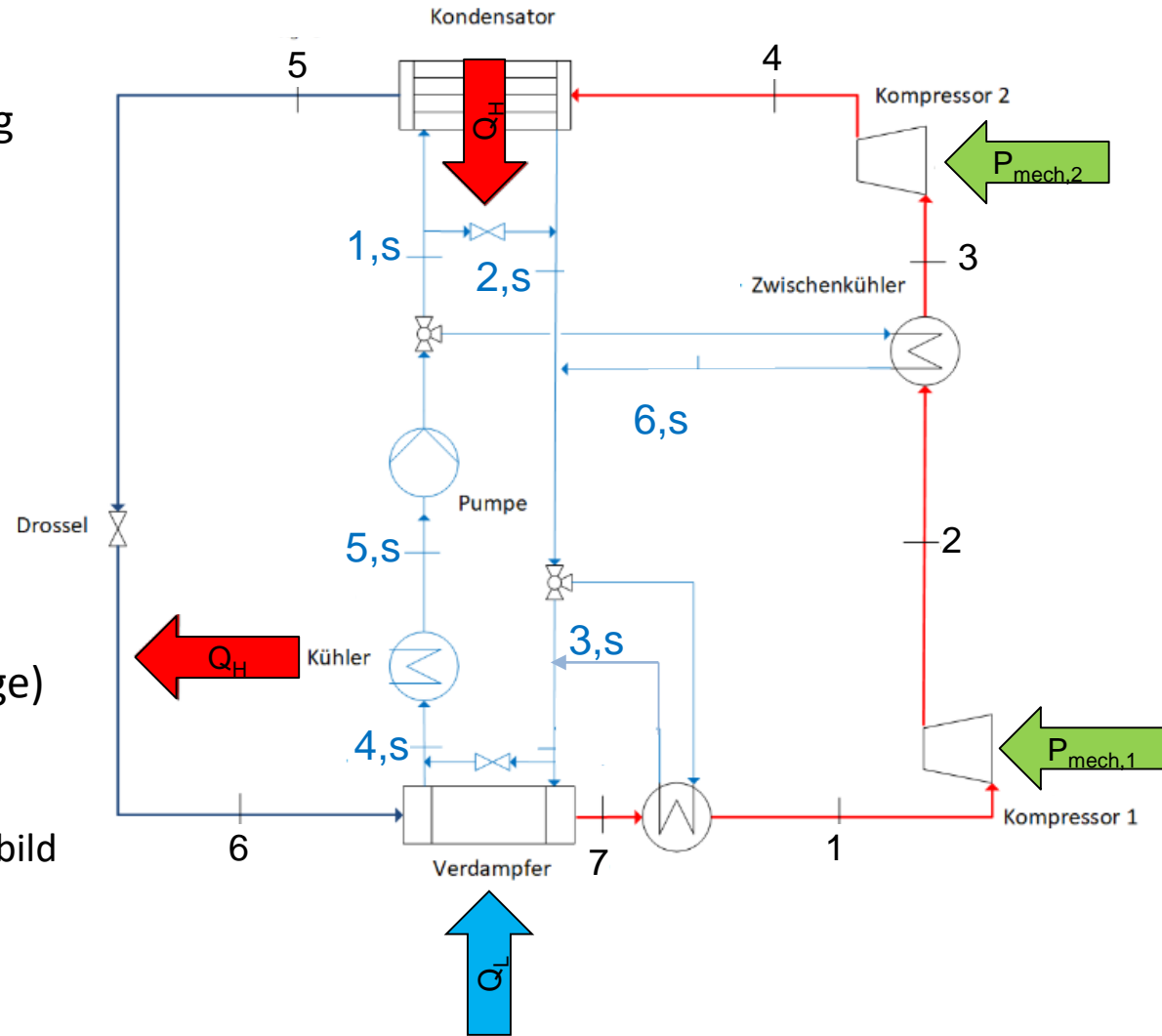
## Funktionsweise einer Wärmepumpe [2]



# Pilot-ZiRa

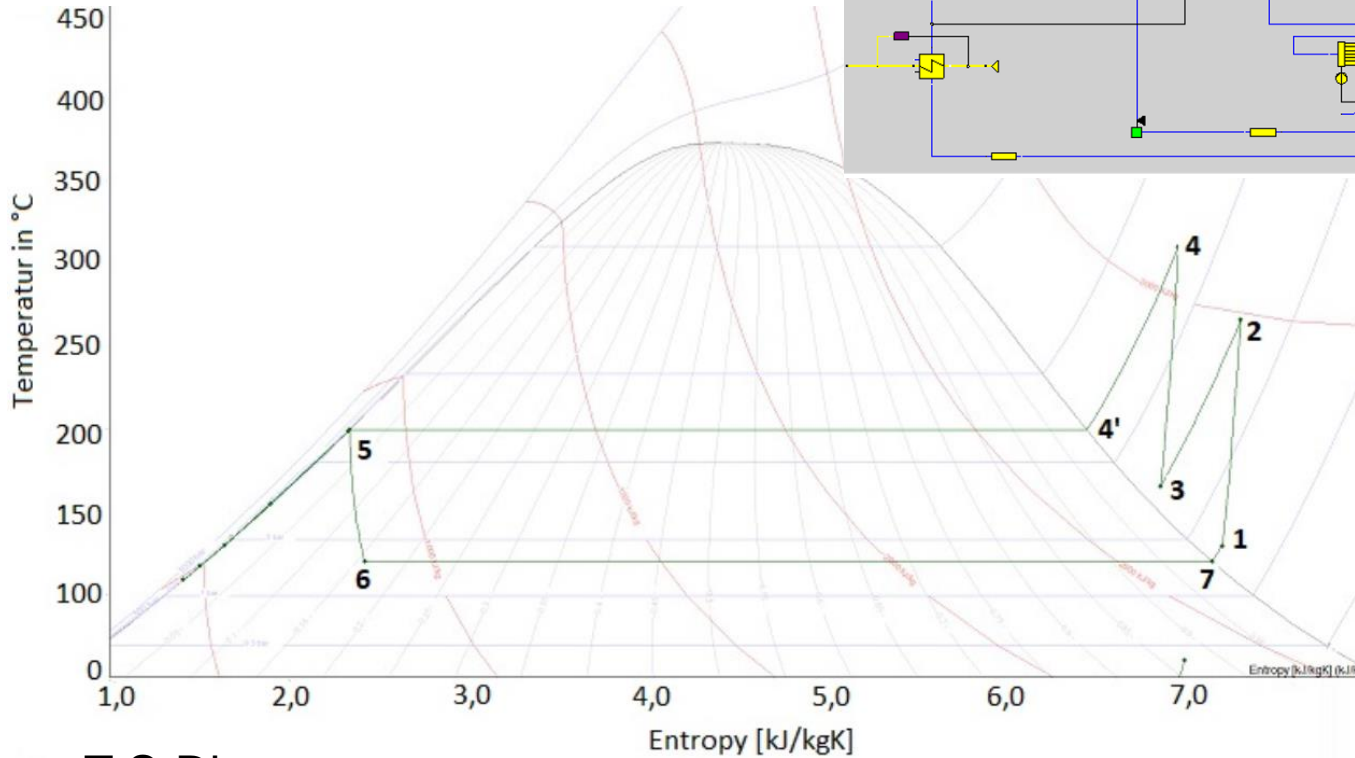
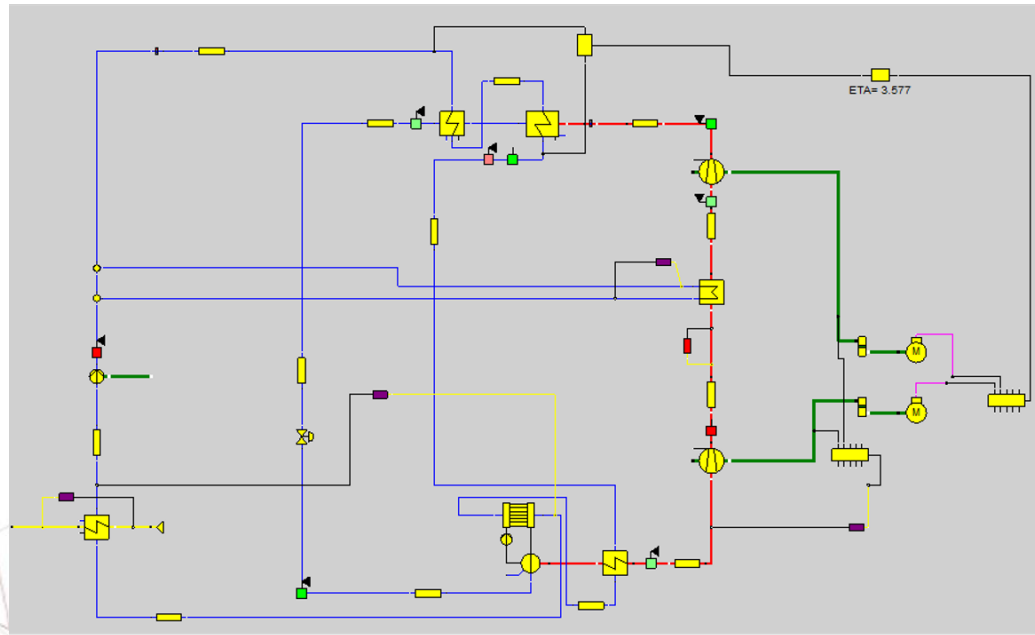
- Zweistufige Dampfverdichtung mit Zwischenkühlung
- Arbeitsmedium für den Primärkreis Wasser / Wasserdampf
- Entwicklung spezieller Turbomaschinen für den Dampfeinsatz
- Kopplung von Prozesswärme (Kondensator mit Verdampfer im Rahmen der Versuchsanlage)

R & I-Fließbild



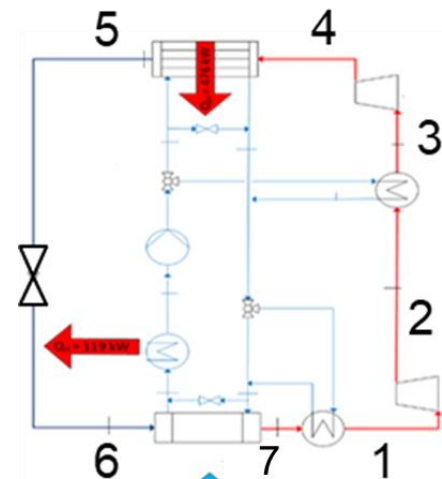
# Pilot-ZiRa

## Simulation der Pilot-ZiRa



T-S-Diagramm

Epsilon-Modell

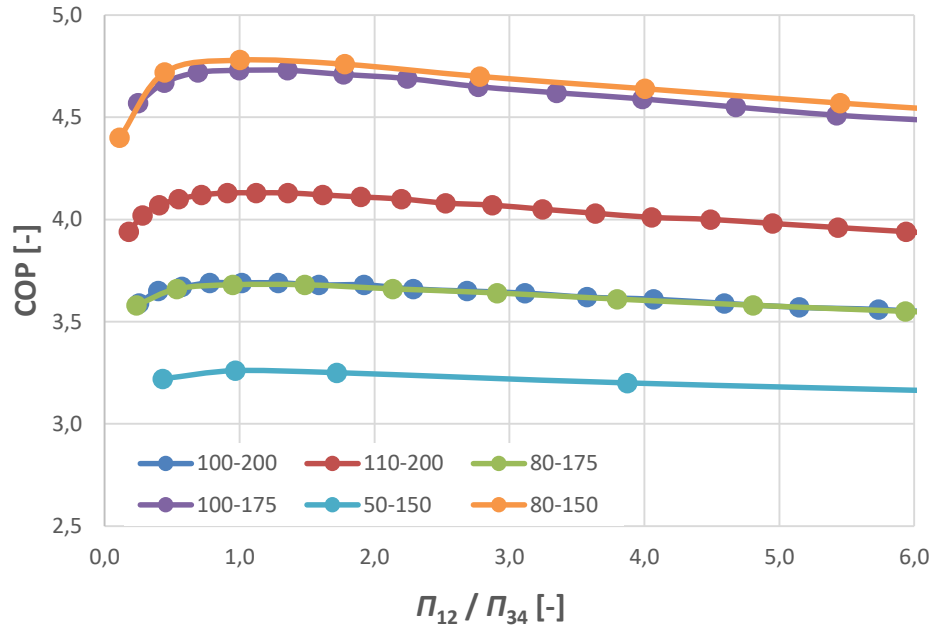


R&I Fließbild





# Optimierung der COP



- COP steigt mit sinkender Temperaturerhöhung
- Maximaler COP beim Druckverhältnis ( $p_{12}/p_{34} = 1$ )

COP-Wert als Funktion des Druckverhältnisses der Verdichterstufen



# Fazit

- Versuchsstandes CoBra in Cottbus
  - Konzept abgeschlossen
  - Aufbau im vollen Gange; Inbetriebnahme Q2 2022
- Versuchsstandes ZiRa in Zittau
  - Konzept abgeschlossen
  - Aufbau im vollen Gange; Inbetriebnahme Q2 2022
- Interesse an der Zusammenarbeit und Entwicklung gemeinsamer Projekte



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Fragen?



# Kontakt

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)**

**German Aerospace Center**

Institut für CO<sub>2</sub>-arme Industrieprozesse (DI)

Institute of Low-Carbon Industrial Processes | Cottbus/Zittau | Germany

M. Eng. Hassan Chahi | High temperature heat pumps

[Hassan.Chahi@dlr.de](mailto:Hassan.Chahi@dlr.de)

Telephone +49 3583 58545 16

Schwenninger Weg 1 (Haus Z7 HS Zittau/Görlitz); 02763 Zittau

[www.DLR.de](http://www.DLR.de)



# Quellen

[1] Christina Hülsken, Philip Vorher (V.i.S.d.P), „ERNEUERBARE ENERGIE FÜR DIE INDUSTRIE:PROZESSWÄRME AUS BIOENERGIE SORGT FÜR UNABHÄNGIGKEIT UND KLIMASCHUTZ“, RENEWS KOMPAKT, AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN, Ausgabe 38, 23.06.2017

[2] <https://www.ochsner.com/de-de/die-waermepumpe/einsatzgebiete-funktionsweise/>

[3] Enrico Jende; Dr. Leander Schleuß; Dr. Tom Lorenz; Jens Oliver Gollasch, „Entwicklung und Simulation einer Hochtemperatur-Wärmepumpe zur Bereitstellung von industrieller Prozesswärme“, 6. Dialogplattform Power-to-Heat, 03.12.2020. <https://www.vde.com/de/etg/arbeitsgebiete/v1/6--dialogplattform-power-to-heat->

