



Institut für CO₂-arme
Industrieprozesse

Hochtemperaturwärmepumpen – Schlüsselbaustein der industriellen Wärmewende

150 - 400 °C !

Prof. Dr. Uwe Riedel

Institut für CO₂-arme Industrieprozesse

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



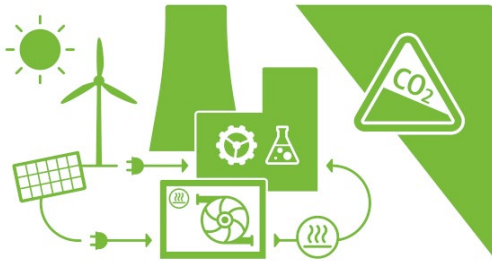
DLR

DLR-Institut für CO₂-arme Industrieprozesse



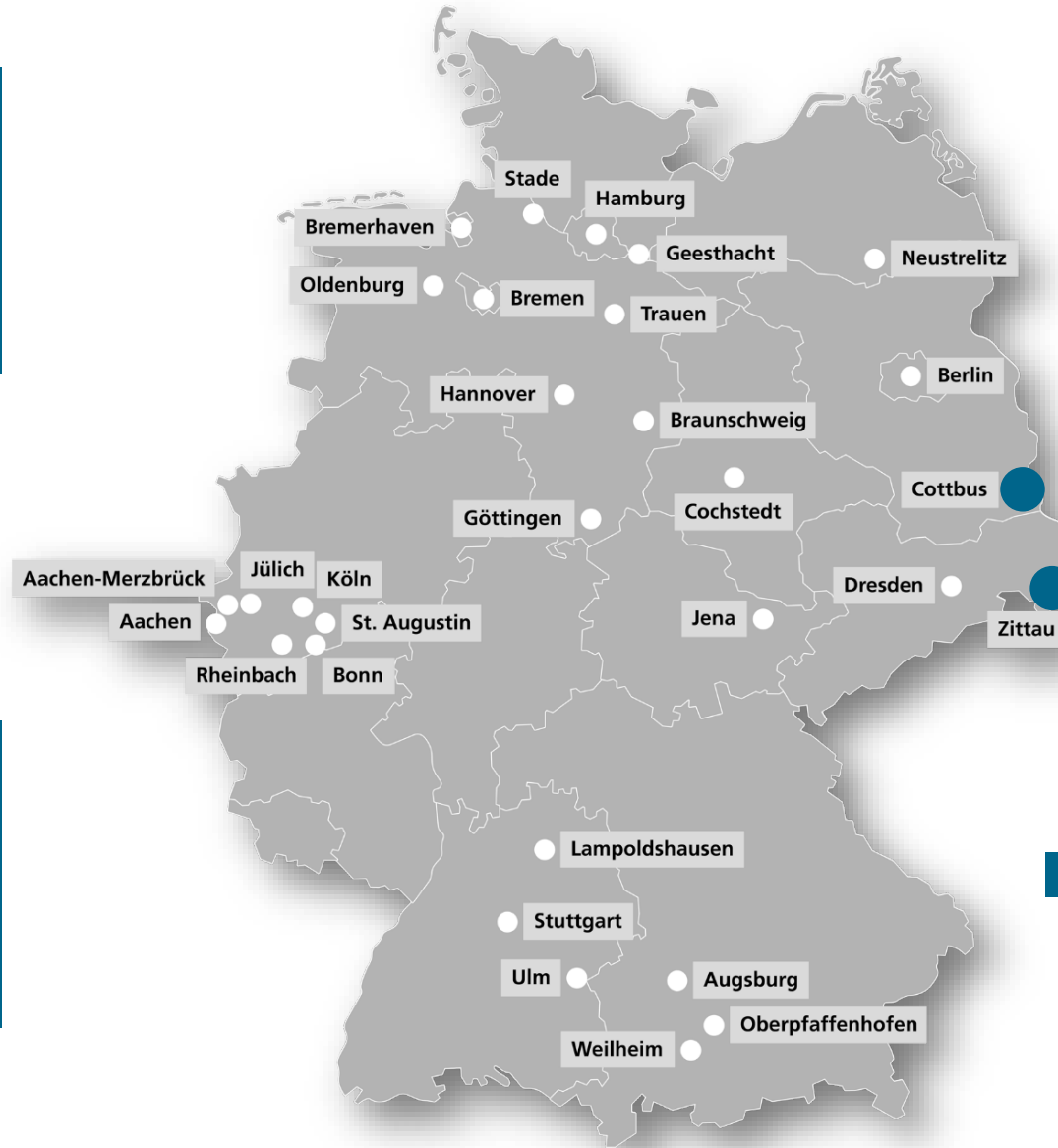
Mission

Lösungen im Bereich der Energieforschung und der Energiewende für die Industrie anbieten



Ziel

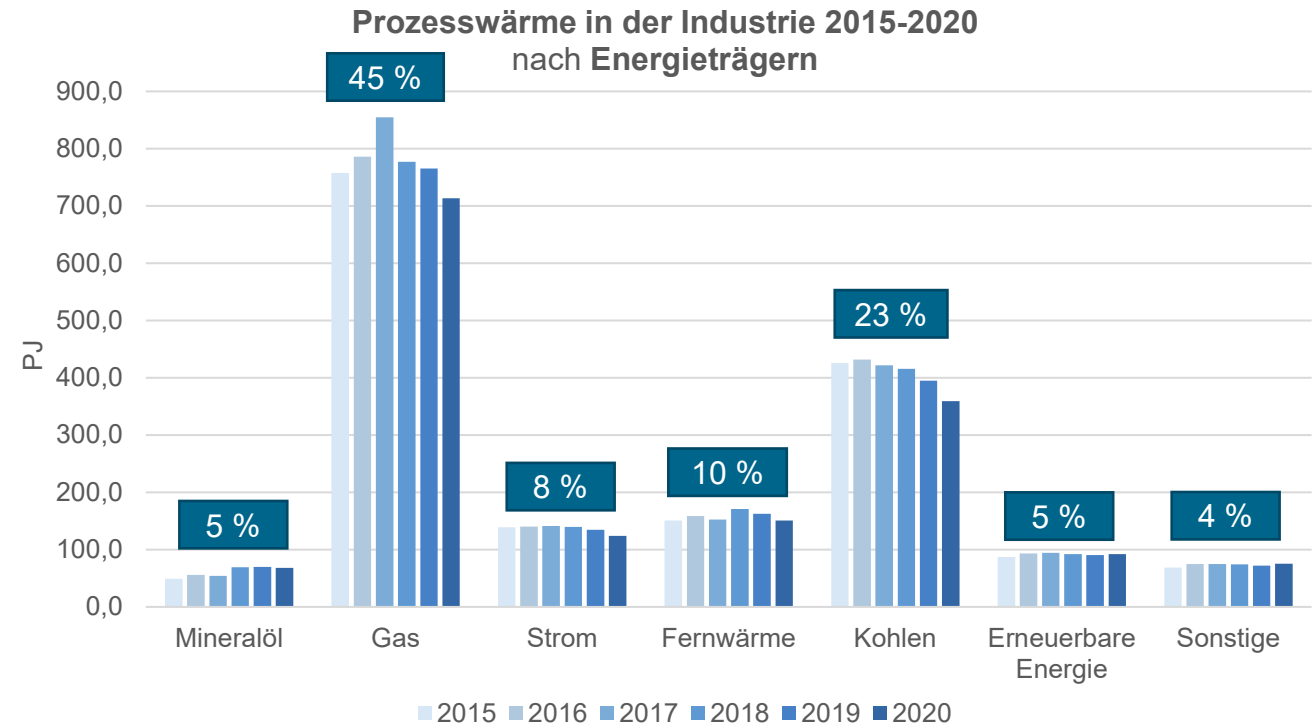
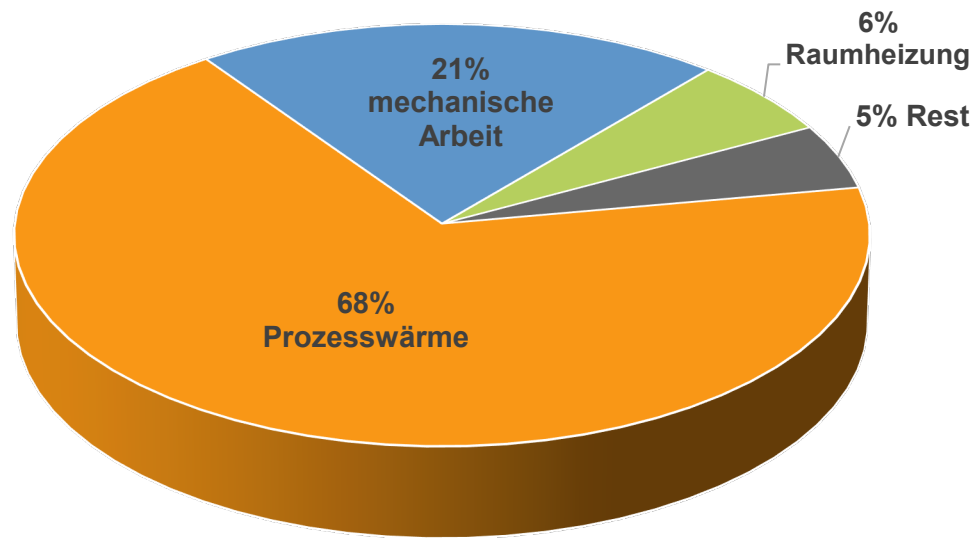
Minderung von CO₂- und Schadstoffemissionen aus industriellen Prozessen und Kraftwerken



Industrielle Prozesswärme

Herausforderungen

- Energiebedarf der Industrie besteht zu ca. **70% aus Wärmebedarf**
- Wird zu mehr als **90% aus fossilen Energieträger** erzeugt
- 2015-2020: kein Trend hin zu erneuerbarer Energie erkennbar

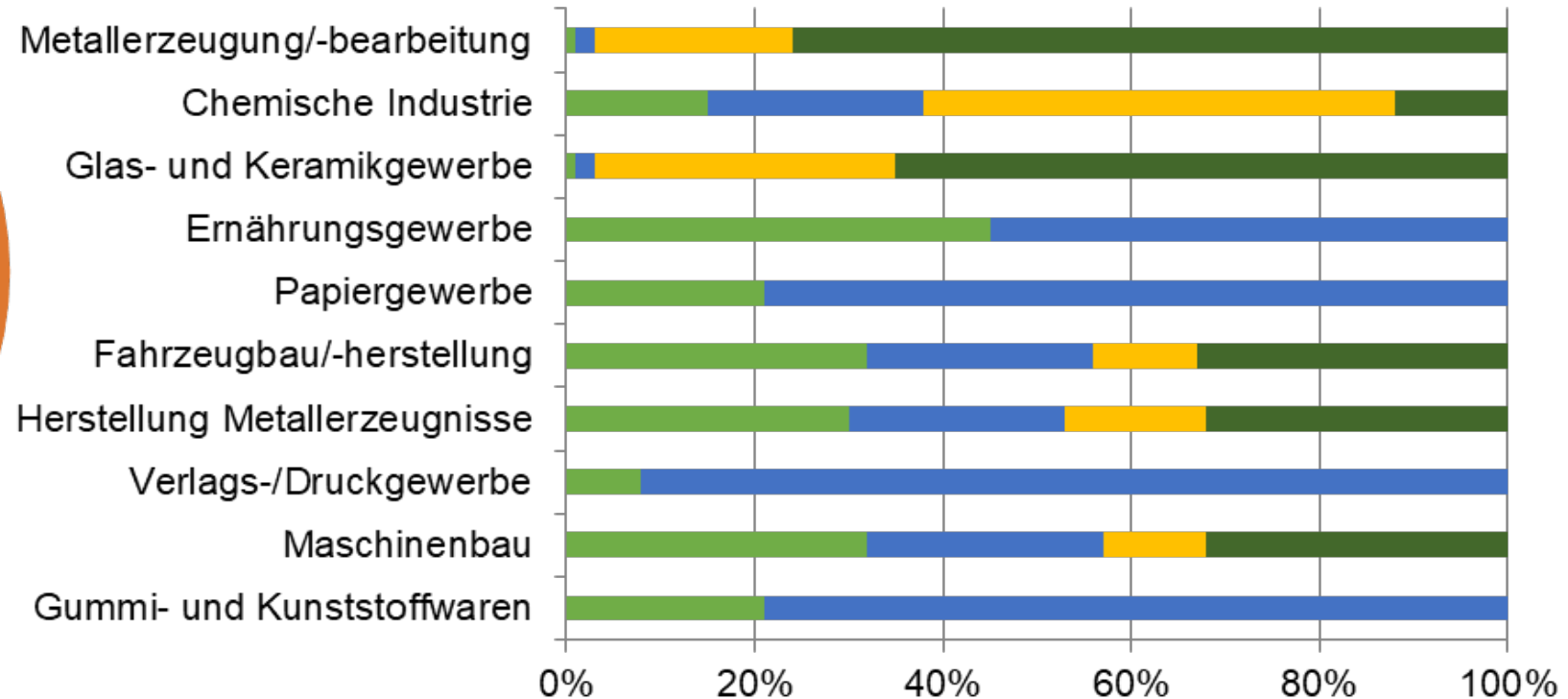
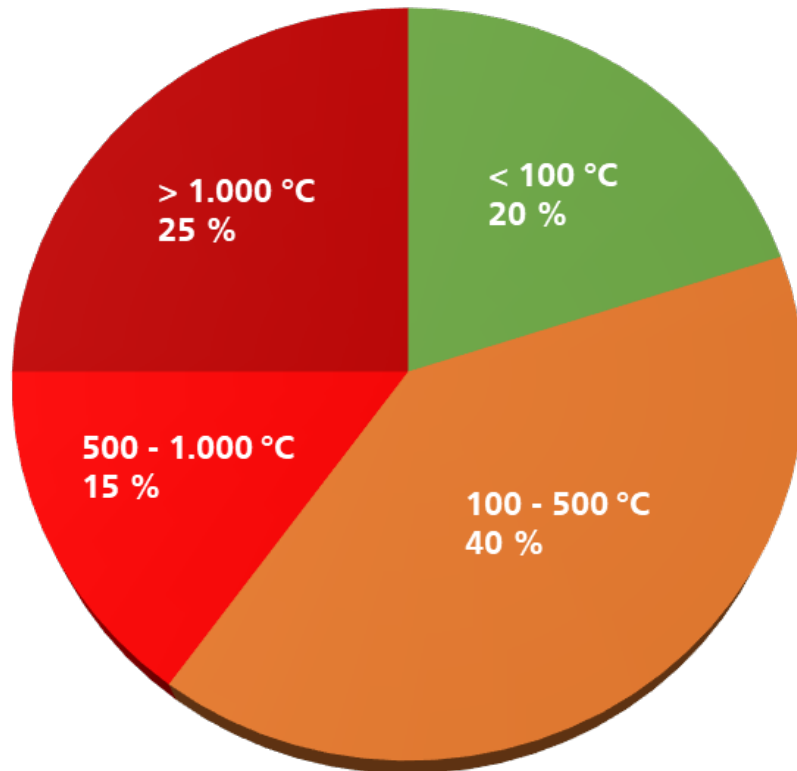


Datenquelle: AGE B e.V.

Prozesswärmebedarf der Industrie



■ < 100 °C
 ■ 100-500 °C
 ■ 500-1.000 °C
 ■ > 1.000 °C



- Temperatur und Zuführung der Wärme sind sehr unterschiedlich
- Hochtemperaturbereich: Oft energetische und stoffliche Nutzung kombiniert
- Abwärmennutzung: Hohes Potential, aber leider nicht wirklich gut dokumentiert

Hochtemperatur-Wärmepumpen – Schlüsselbaustein der Wärmewende der Industrie

- 3-fache Rolle
 - **Wärmeerzeugung** – Effiziente Bereitstellung
 - COP > 1, besser als direkte Nutzung von Strom
 - **Wärmespeicher** – Effiziente Beladung
 - **„Wasserstoffeinsparmaschine“**
 - H_2 nur in Bereichen einsetzen, in denen Alternativen fehlen
- Forschungs- und Entwicklungsbedarf:
 - Deutliche Erhöhung des *Temperaturniveaus* und des *Leistungsbereichs* von Wärmepumpen



Pilotanlage „CoBra“ (Cottbus Brayton)

„First of its kind“ – Pilotanlage

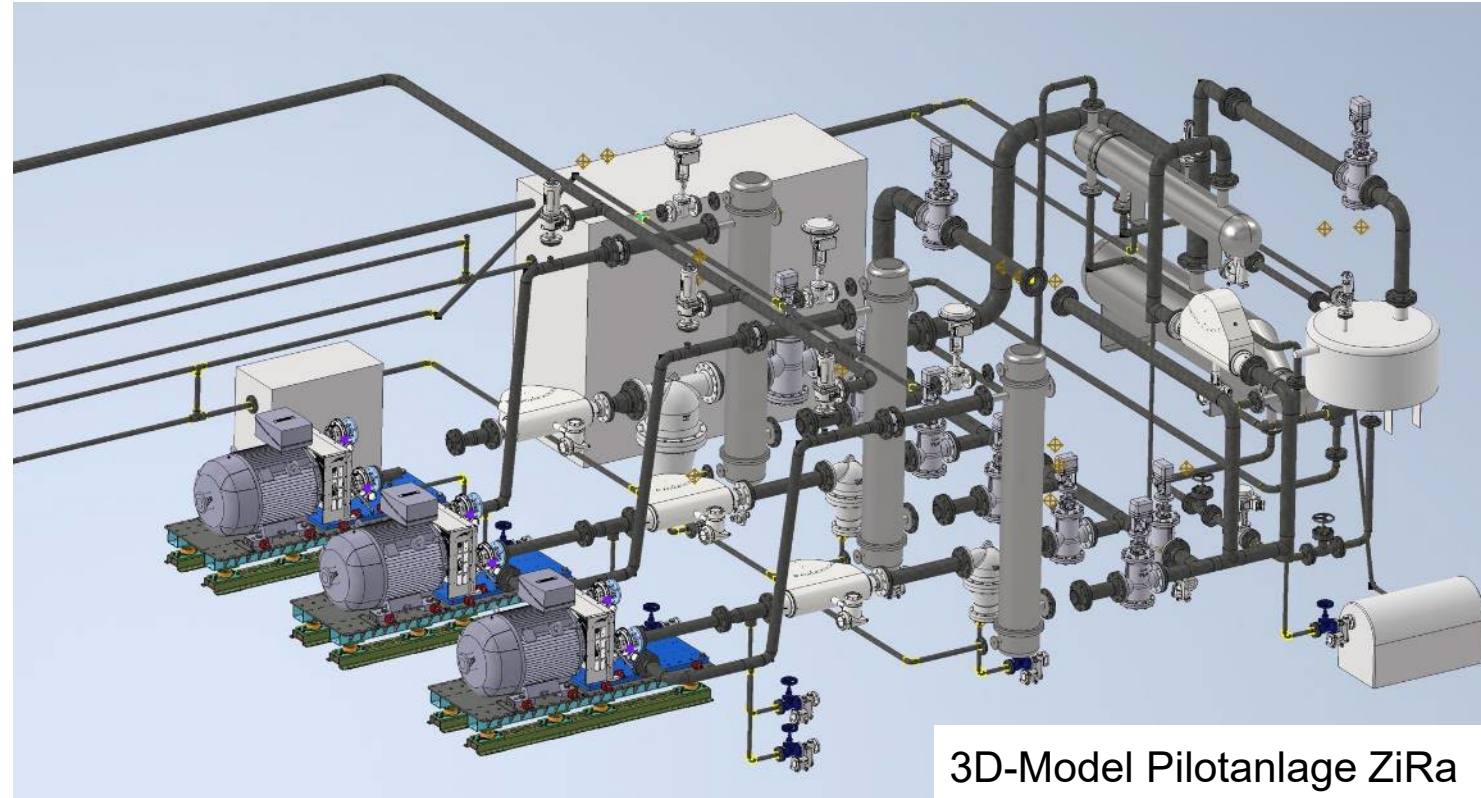
- Leistungsdaten
 - 300 °C
 - 250 kW_{th}
 - Arbeitsmedium Luft
 - Auch Kälte!
 - - 40 °C
 - 60 kW



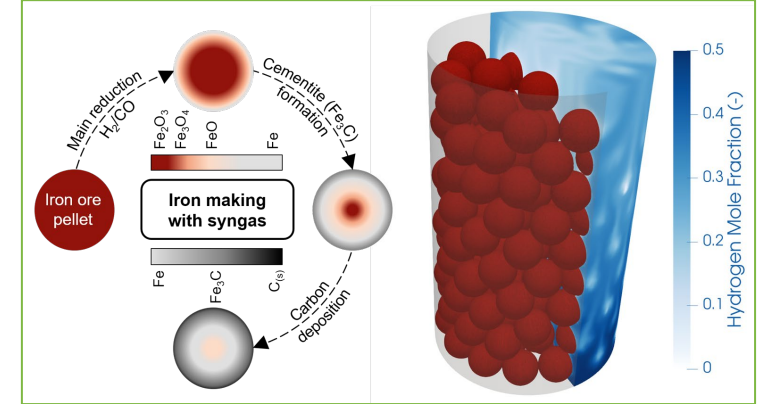
Pilotanlage „ZiRa“ (Zittau Rankine)

„First of its kind“ – Pilotanlage

- Leistungsdaten
 - 200 °C
 - 860 kW_{th}
 - COP = 3.5
 - Arbeitsmedium Wasserdampf



Abteilungen und Großthemen des Instituts



**Hochtemperatur-
Wärmepumpen**

**Simulation und
Virtuelles Design**

**Kohlenstoffarme
Reduktionsmittel
(H_2 , NH_3 , Metalle, ...)**

Hochtemperatur-Prozesswärme
und -dampf

Digitaler Zwilling
Risikominimierung
Effizienzsteigerung

Neue Prozesse zur
Minderung von
prozessbedingtem CO_2

**Integration von HTWP
in Industrieprozesse**

**Integration
in Dekarbonisierungsstrategien**



Institut für CO₂-arme
Industrieprozesse

Hochtemperaturwärmepumpen – Schlüsselbaustein der industriellen Wärmewende

150 - 400 °C !

Prof. Dr. Uwe Riedel

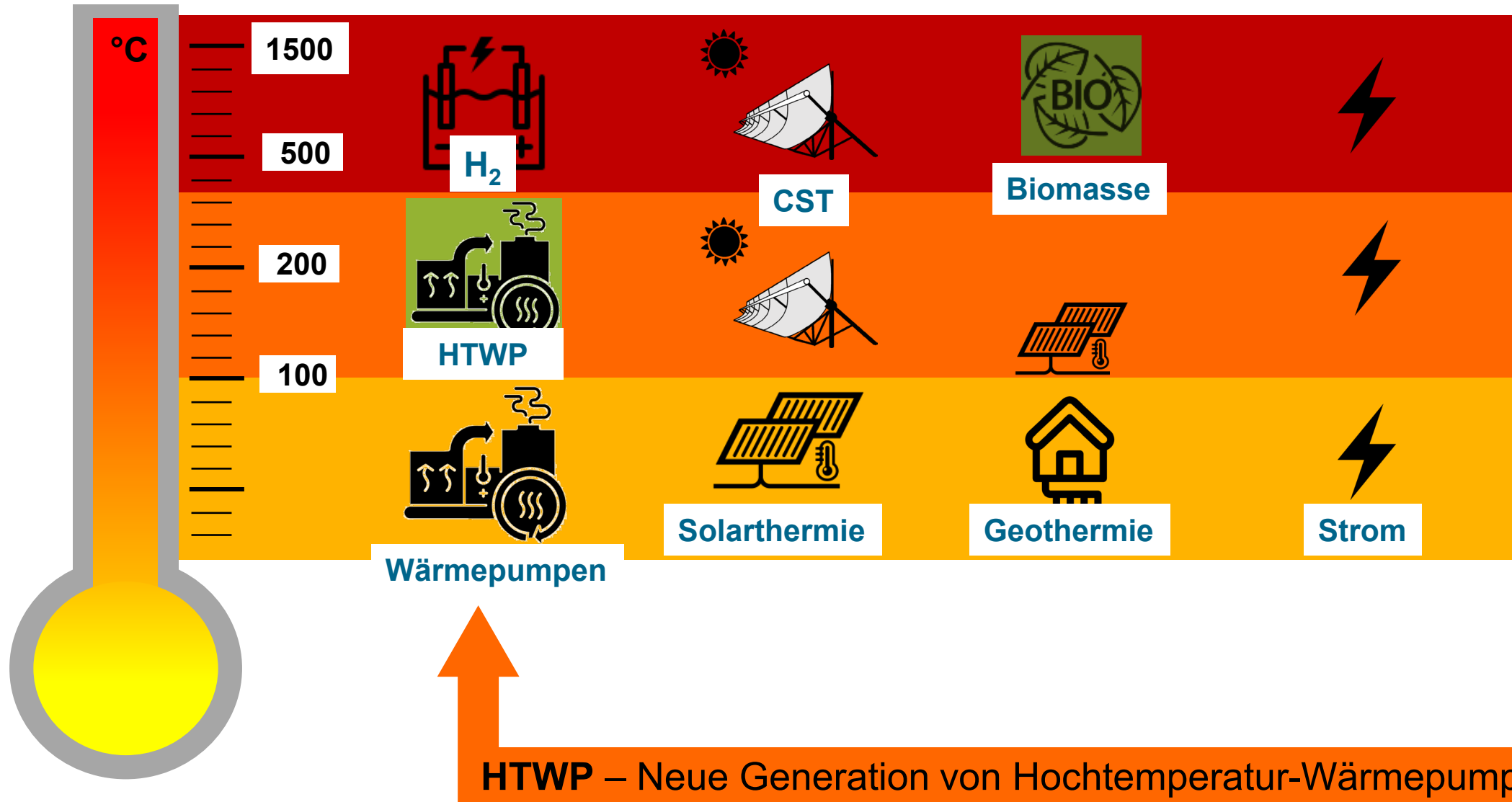
Institut für CO₂-arme Industrieprozesse

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



DLR

Temperaturbereiche und technologische Möglichkeiten



DLR-Hochtemperatur-Wärmepumpen

Prinzip: Verdichter und Turbine
bekannte Komponenten aus der Luftfahrt

Entwicklungsziel: Industrierelevante Leistungsdaten

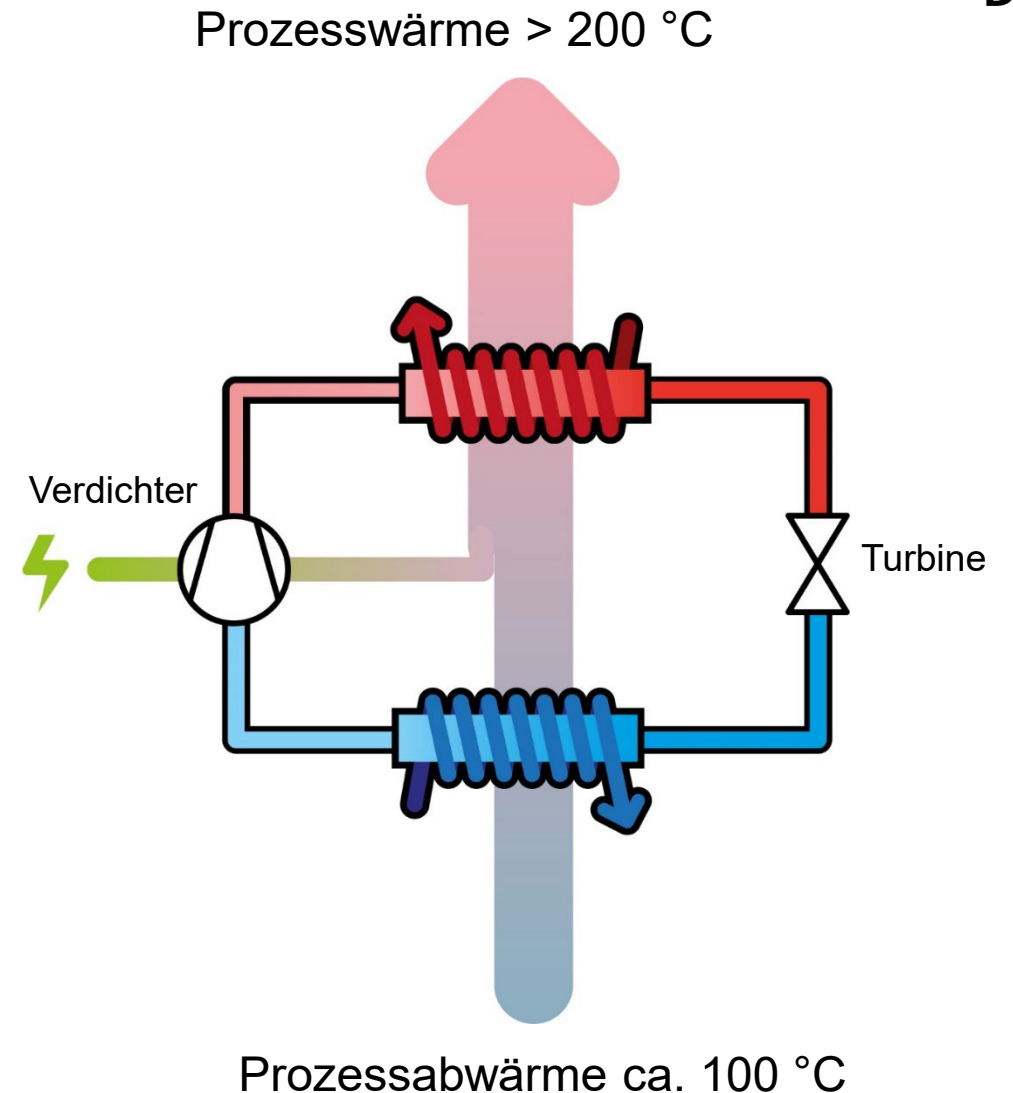
- Leistung: ca. 100 kW - 10 MW
- Nutzttemperatur: 150 - 400 °C
(Sonderfälle bis 600 °C, 100 MW)

Effizienz hängt ab von:

- Temperaturdifferenz
- Temperatur der Abwärme

Natürliche Kältemittel (mit/ohne Phasenwechsel):

- Luft, Argon, Wasser, CO₂



Konventionelle Wärmepumpe

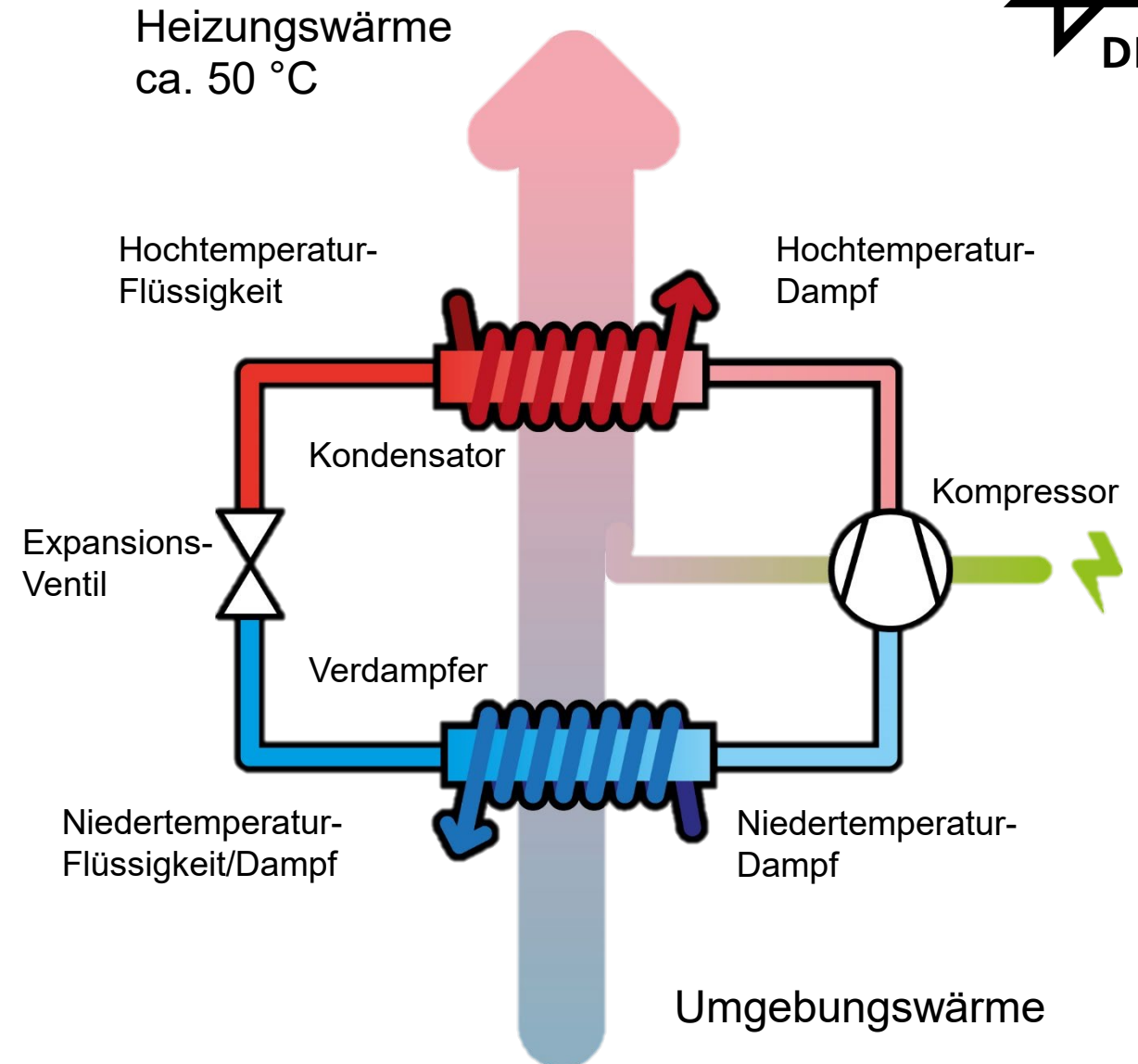


Klassische Wärmepumpe

- Kreisprozess mit Kältemittel
- Strom treibt Kompressor an

Hohe Effizienz der Stromnutzung

- Leistungszahlen 4 – 6 im Consumer-Bereich
- d. h. 1 Einheit Strom (€ !) und Umgebungswärme (0,00 €) werden zu 4 - 6 Einheiten Nutzwärme



Eigene Darstellung, aufbauend auf TNO-Report Robert de Boer et al.

Zusammenfassung

“Grüne Wärme“ ist ein Schlüsselement für die Dekarbonisierung der Industrie

DLR Hochtemperatur-Wärmepumpe ist

- erste Technologie, die Temperaturbereiche $> 200\text{ °C}$ mit hoher Effizienz erreicht
- So „grün“ wie der verwendete Strom

Bezug zu Wasserstoff:

Einsparung von Wasserstoff für die Bereiche, in denen es keine Alternative gibt

