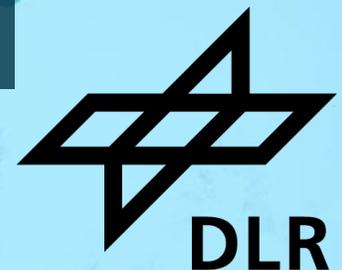


Hochtemperatur-Wärmepumpen für industrielle Prozesswärme

Prof. Dr. Uwe Riedel

Institut für CO₂-arme Industrieprozesse

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

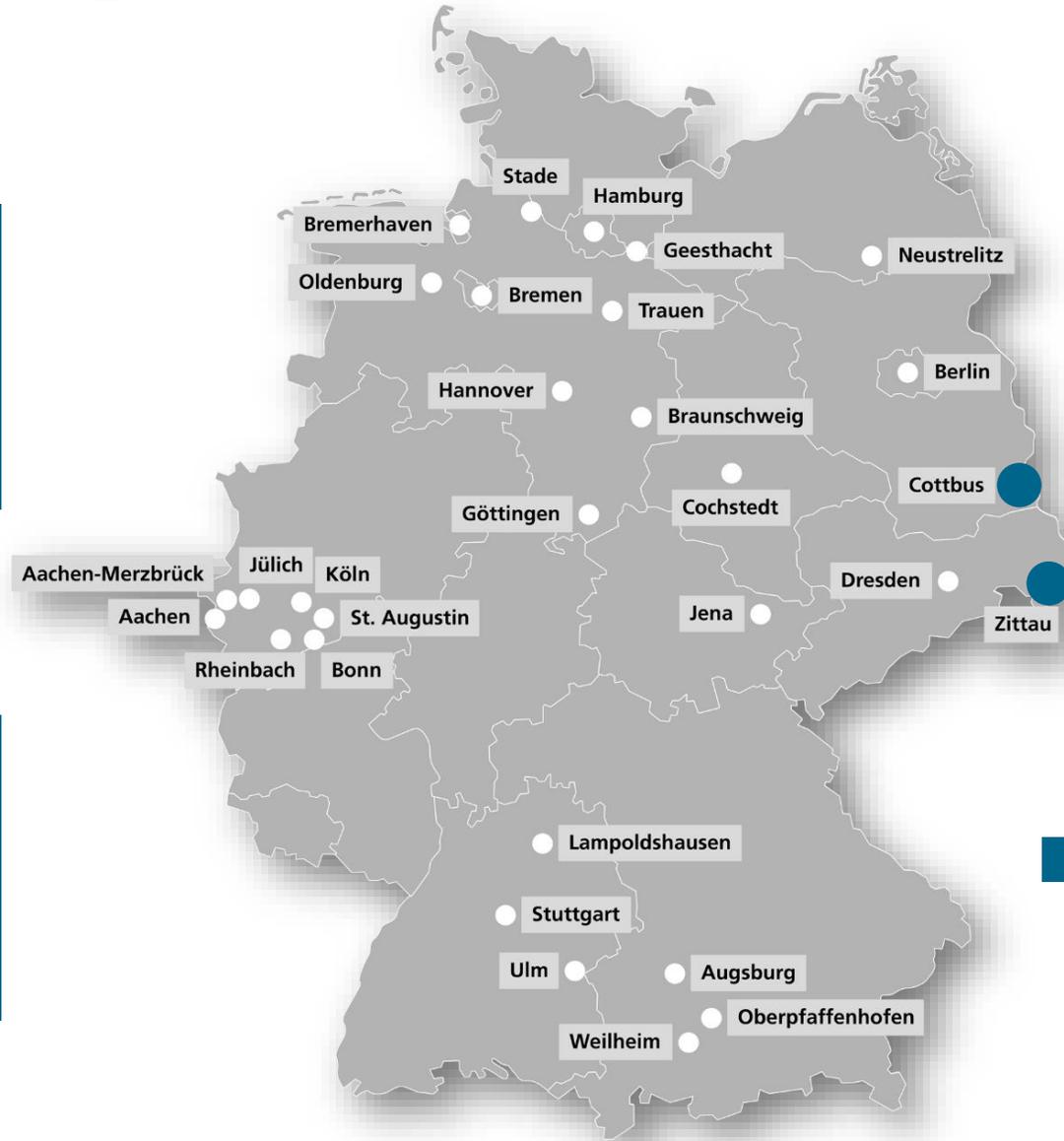


DLR-Institut für CO₂-arme Industrieprozesse



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

Ziel
Minderung von CO₂- und
Schadstoffemissionen aus
industriellen Prozessen und
Kraftwerken



Universitätsbibliothek Cottbus



Innenstadt Zittau

Herausforderungen der industriellen Dekarbonisierung



1/3 Prozessbedingte
Emissionen

Lange
Anlagenlebensdauer
50 - 70 Jahre

**Emissionen aus
Wärmebedarf**

Verflechtung der
Wertschöpfungsketten

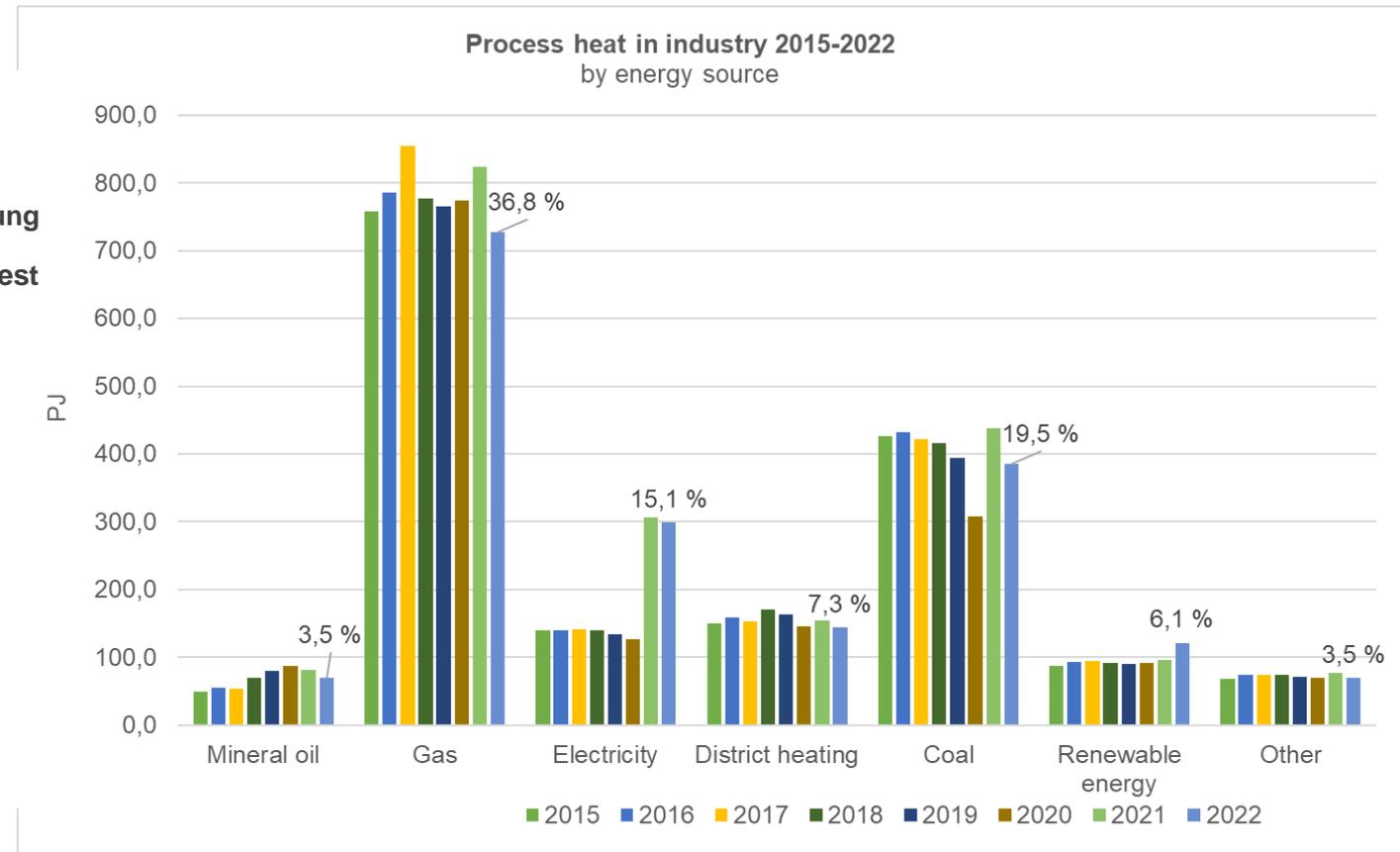
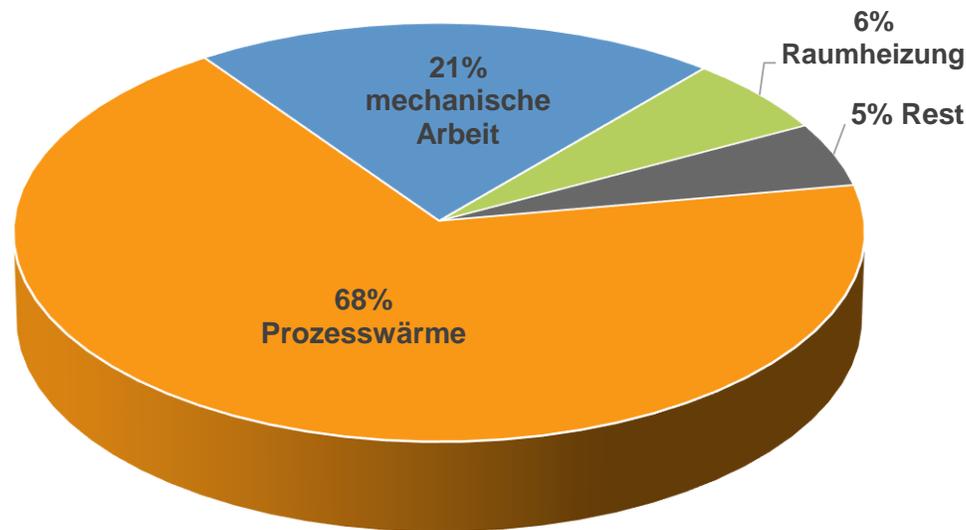
Wettbewerb
Globaler Markt



Industrielle Prozesswärme

Herausforderungen

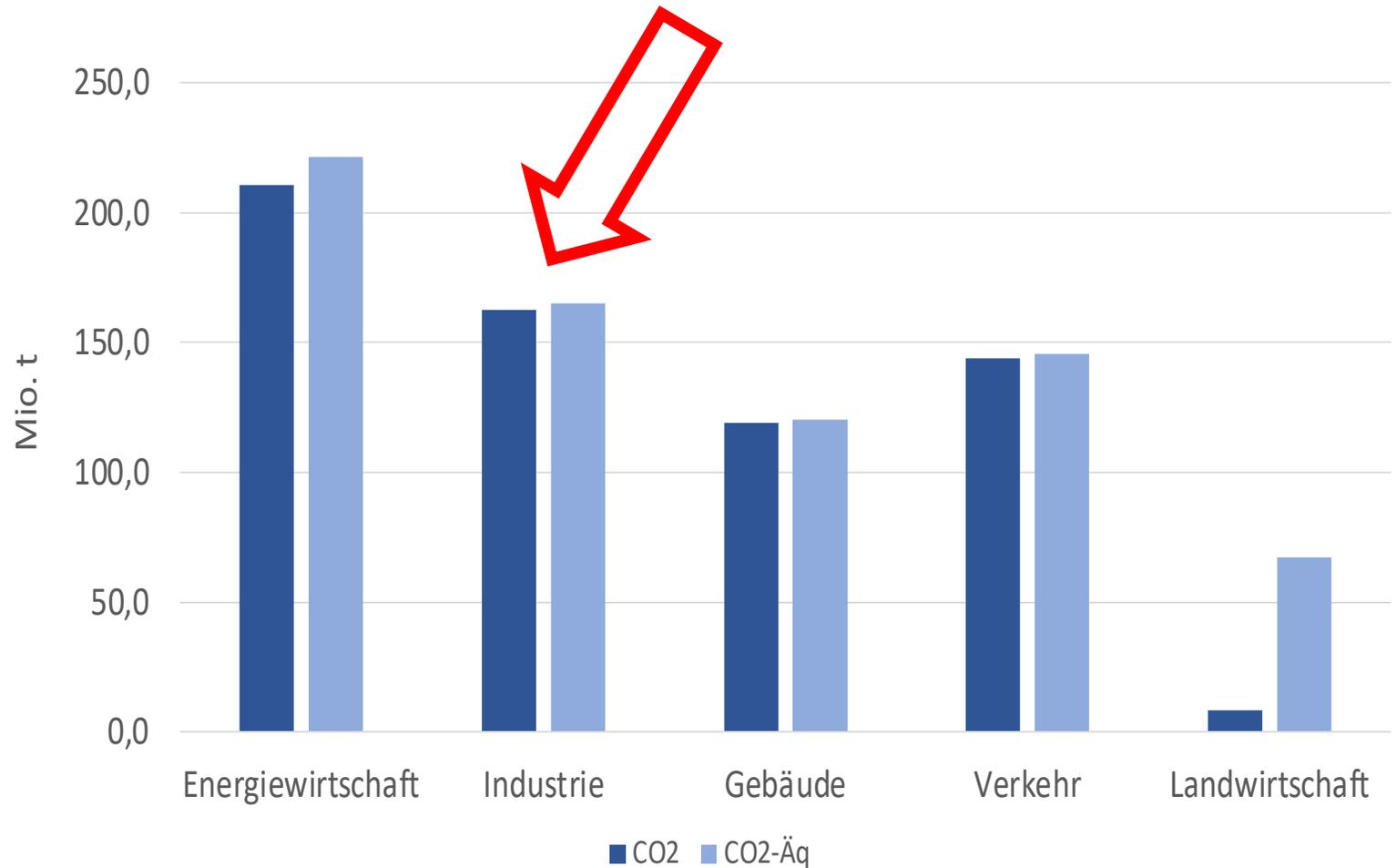
- Energiebedarf der Industrie besteht zu ca. **70% aus Wärmebedarf**
- Wird zu ca. **90% aus fossilen Energieträgern** erzeugt



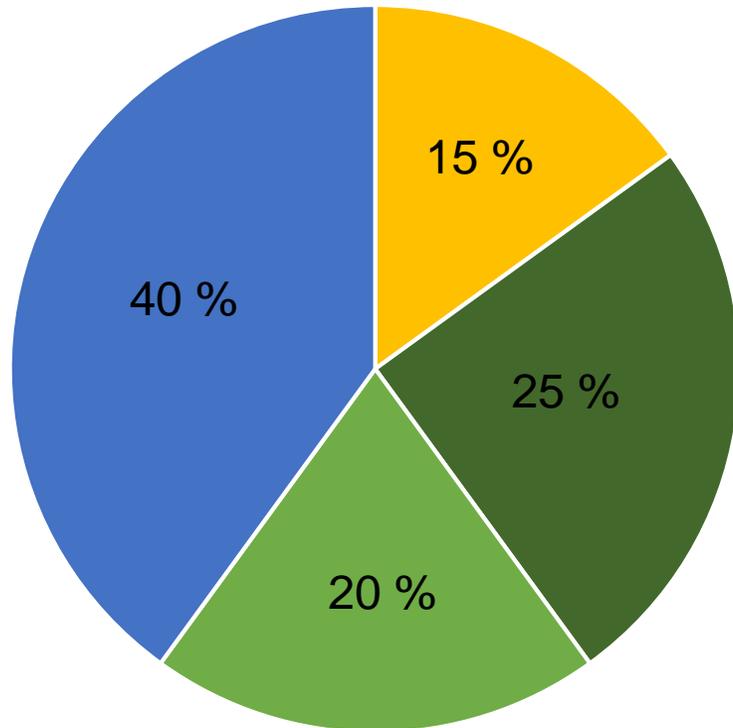
CO₂- und CO₂(Äq)-Emissionen nach Sektoren

- Herausforderung für alle Sektoren!
- Fokus: **CO₂**!
- Ausnahme Landwirtschaft
 - Methan, Lachgas

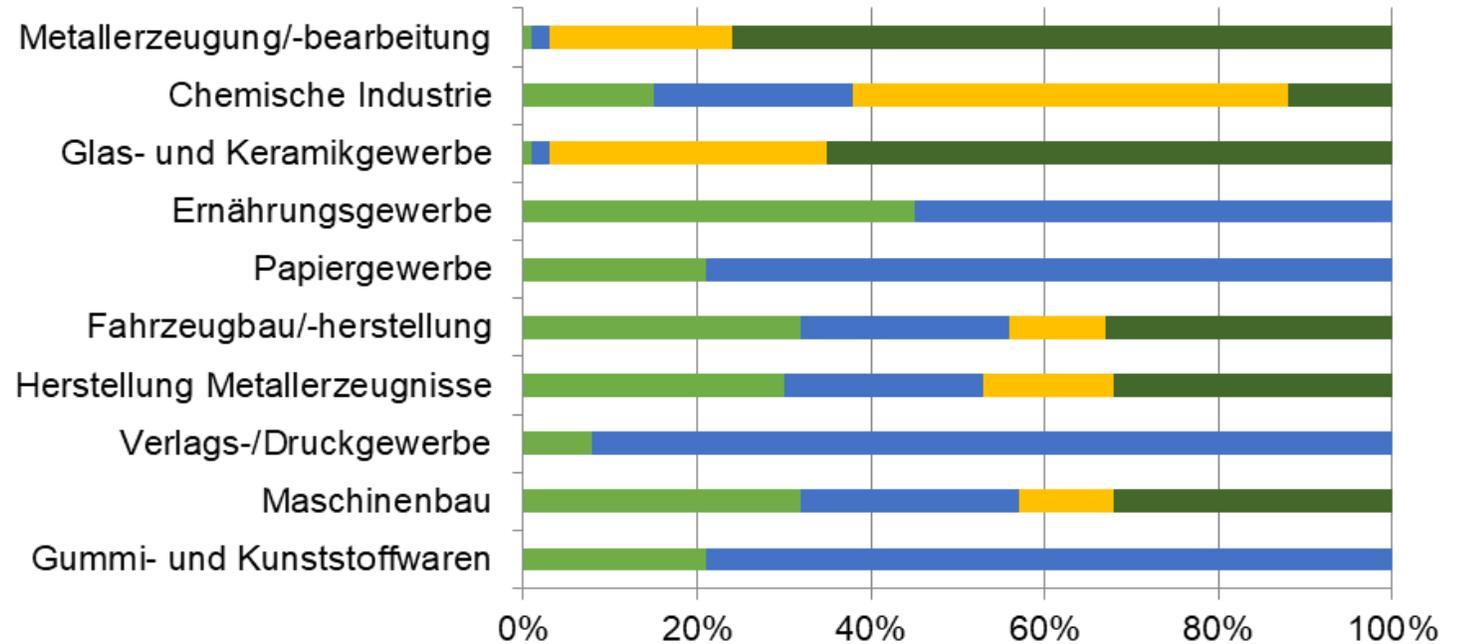
Industriesektor:
Zweitgrößter Emittent in Deutschland



Prozesswärmebedarf der Industrie



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



■ 500°C-1000°C ■ >1000°C ■ <100°C ■ 100-500°C

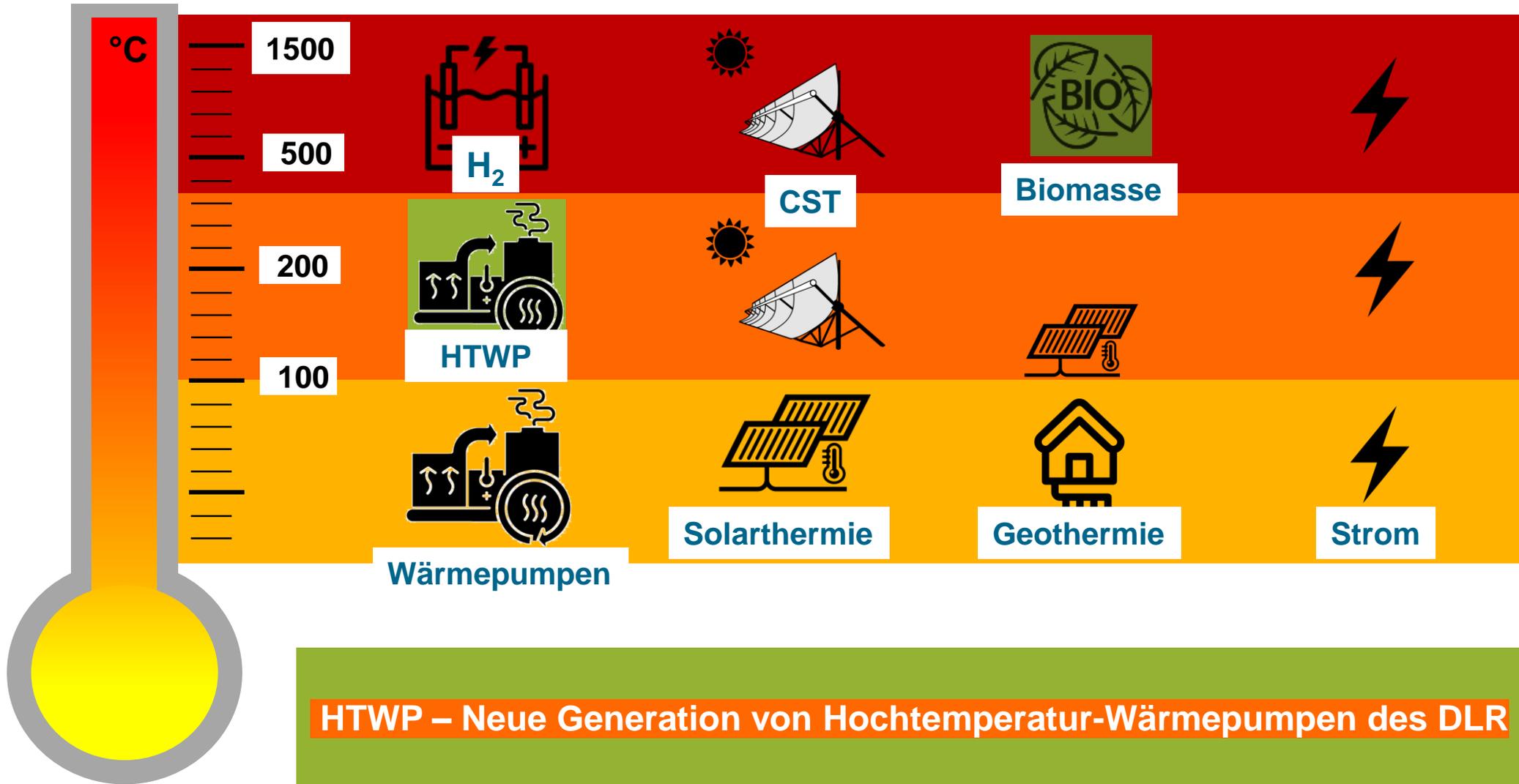
40 % des Wärmebedarfs liegen im Bereich 100 – 500 °C

Schlüsselfrage:
Was ist die effizienteste Art der Bereitstellung?

Schlüssel zur Dekarbonisierung

- Anpassung der Wärmebereitstellung
- Option „Elektronen“ → erfordert grünen Strom
- Option „Moleküle“ → erfordert grüne Brennstoffe (H₂)

Temperaturbereiche und technologische Möglichkeiten



DLR-Hochtemperatur-Wärmepumpen

Prinzip: Verdichter und Turbine
bekannte Komponenten aus der Luftfahrt

Entwicklungsziel: Industrierelevante Leistungsdaten

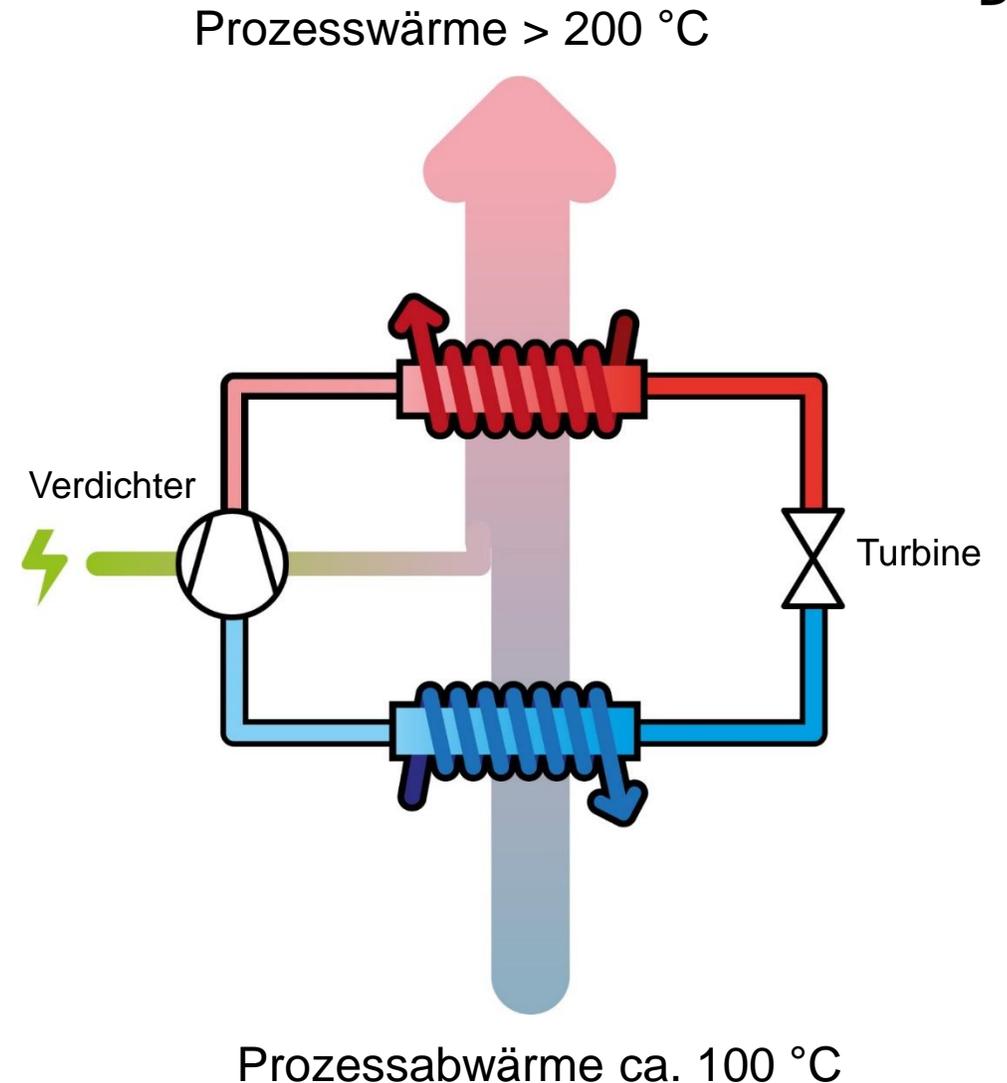
- Leistung: ca. 100 kW - 10 MW
- Nutztemperatur: 150 - 400 °C
(Sonderfälle bis 600 °C, 100 MW)

Effizienz hängt ab von:

- Temperaturdifferenz
- Temperatur der Abwärme

Natürliche Kältemittel (mit/ohne Phasenwechsel):

- Luft, Argon, Wasser, CO₂



DLR-Pilotanlage CoBra: Bereitstellung von CO₂-neutraler Hochtemperatur-Prozesswärme in für die Industrie

„First of its kind“ – Pilotanlage

- Leistungsdaten:
 - 280 °C
 - 300 kW
 - Arbeitsmedium Luft
- Einmalig auch:
 - Kälte bei -60 °C
 - Kälteleistung 50 kW



CoBra – Cottbus Brayton Cycle

DLR-Pilotanlage ZiRa

„First of its kind“ – Pilotanlage

- Leistungsdaten:

Stage 1	Stage 2
140 °C	200 °C
260 kW _{th}	860 kW _{th}
COP 6,4	COP 3,5

- Arbeitsmedium Wasser/-dampf
- Dreistufige Dampfverdichtung

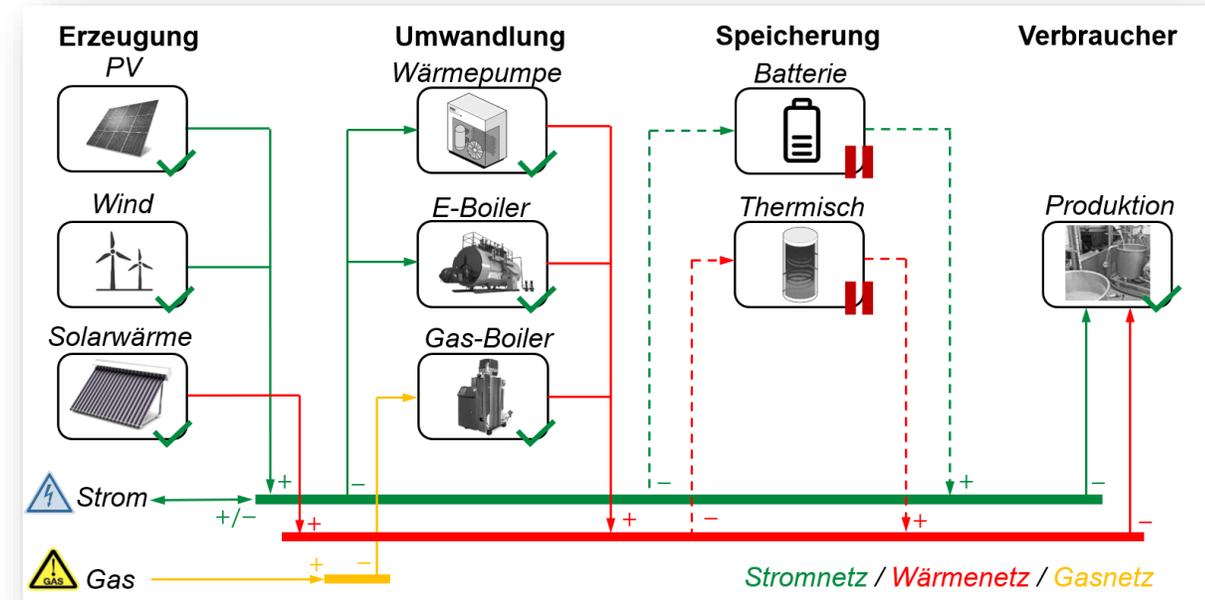


ZiRa – Zittau Rankine Cycle

Integration von HT-Wärmepumpen

Dekarbonisierungskonzepte für Produktionsstandorte

- **Ziel:** Emissions- und kostenoptimierte Umstellung des Produktionsprozesses
- Simulation des Gas-/Wärme-/Stromnetzes und der Prozessschritte am Standort
- Designoptimierung des Produktionsprozesses (Art, Kombination und Größe der Komponenten) zur Dekarbonisierung
- **NEU:** Berücksichtigung des lastflexiblen, saisonalen Betriebs in der optimalen Auslegung



Hochtemperatur-Wärmepumpen – Schlüsselbaustein der Wärmewende der Industrie

- Doppelrolle
 - Wärmeerzeugung – Effiziente Bereitstellung
 - Wärmespeicher – Effiziente Beladung

Forschungs- und Entwicklungsbedarf:
Deutliche Erhöhung des Temperaturniveaus und
des Leistungsbereichs von Wärmepumpen

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

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

