

HOCHTEMPERATUR-WÄRMEPUMPEN – EINE TECHNOLOGIE FÜR DIE DEKARBONISIERUNG DER INDUSTRIELLEN PROZESSWÄRMEERZEUGUNG

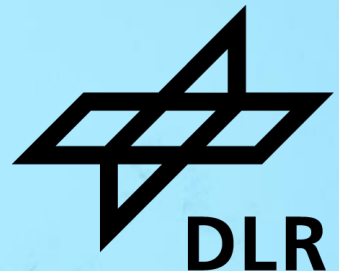
FVEE-Session Wärmepumpe auf den Berliner Energietagen

04. Mai 2023

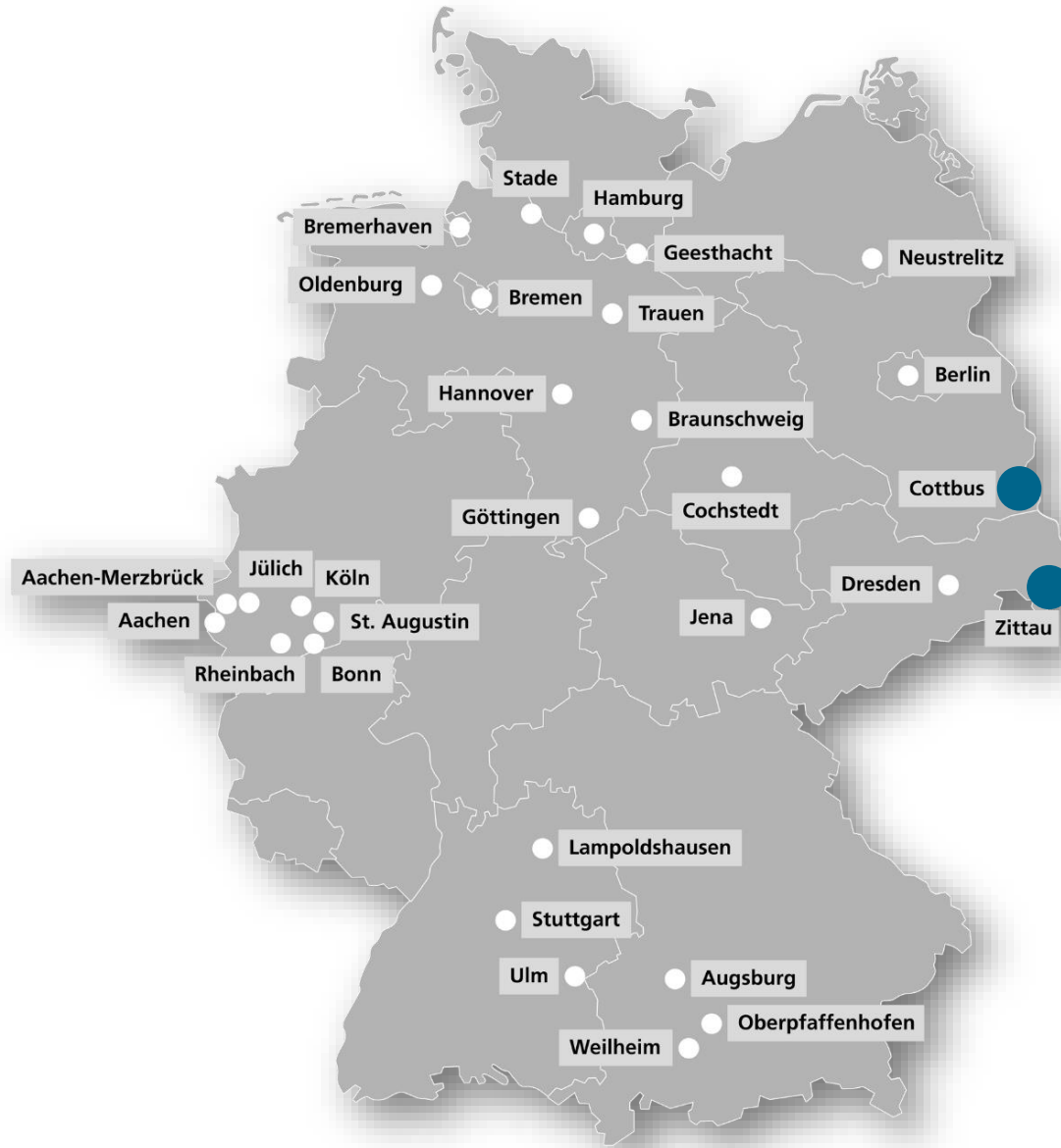
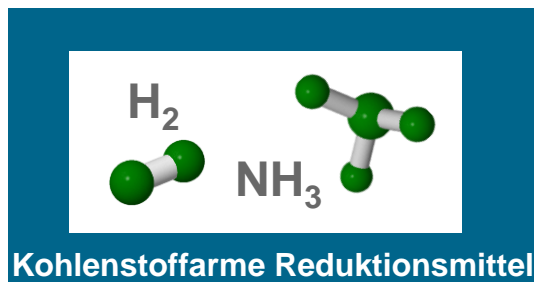
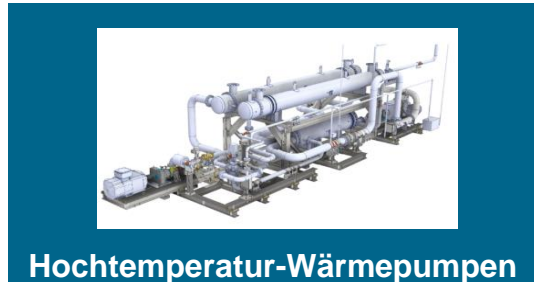
Dr. Eberhard Nicke

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

Institut für CO₂-arme Industrieprozesse – Abteilung Hochtemperatur-Wärmepumpen



DLR-Institut für CO₂-arme Industrieprozesse





Ziel

Minderung von CO₂- und Schadstoffemissionen aus industriellen Prozessen und Kraftwerken

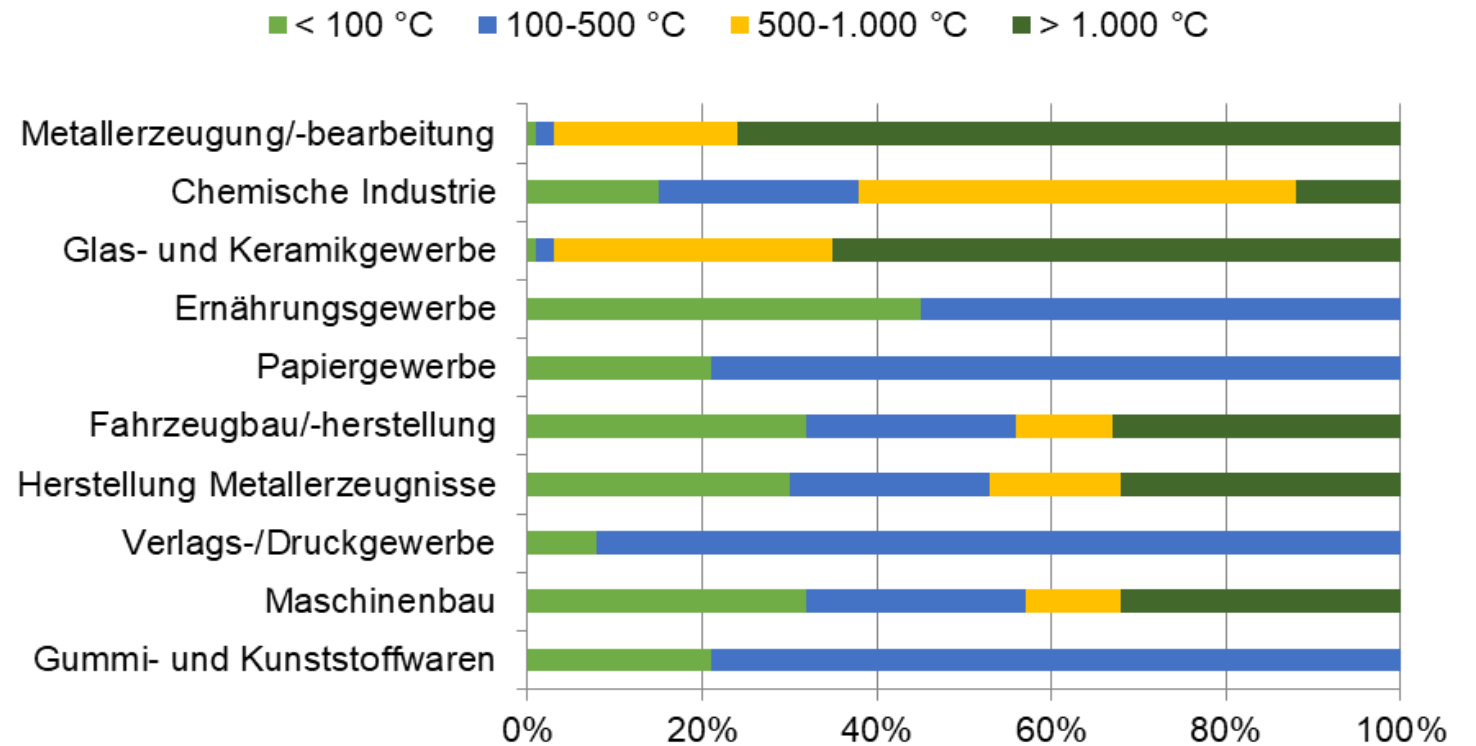
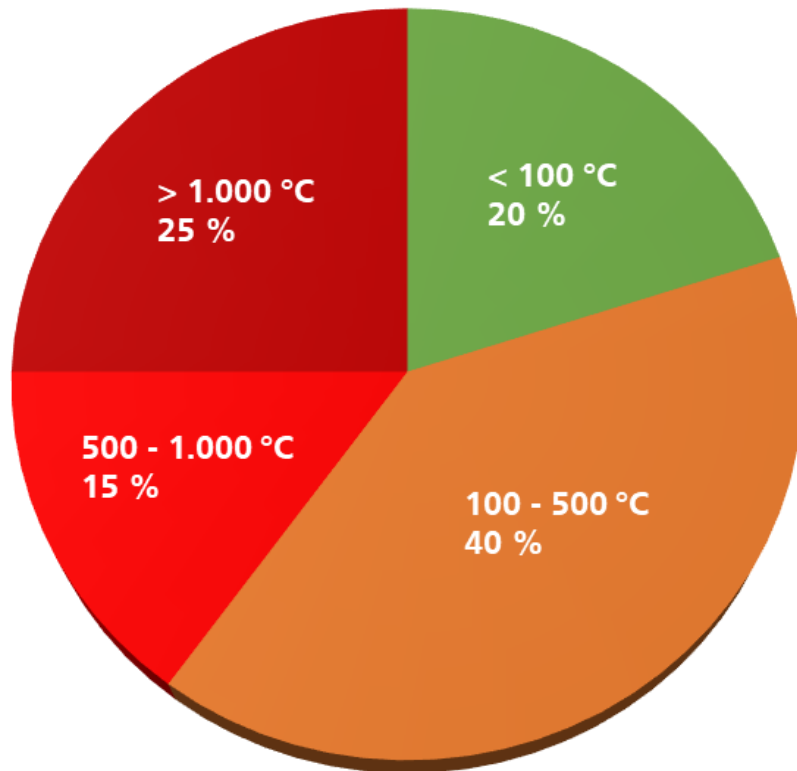
Mission

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



Prozesswärmebedarf der Industrie

Beispiel 2019: 1675 PJ, bei einem Bruttostromverbrauch in D: 1800 PJ

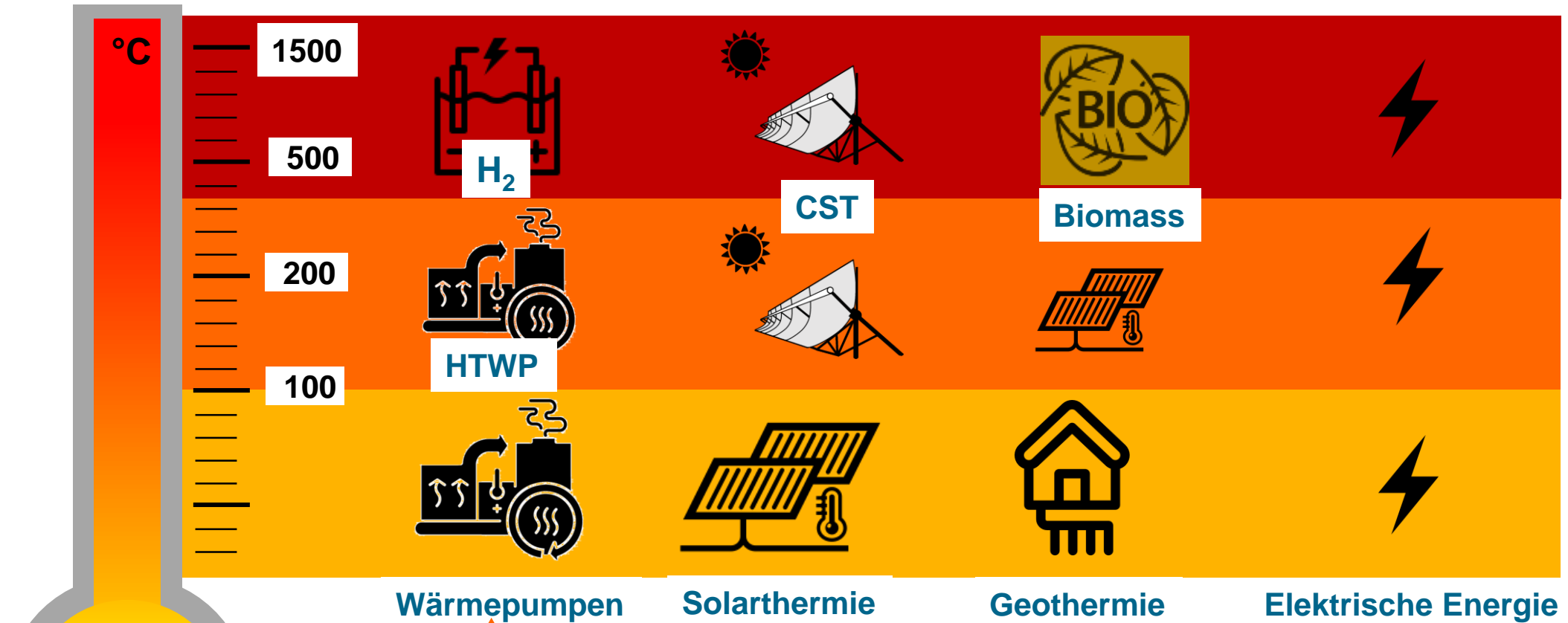


Wärme hat viele Gesichter



- Temperatur und Zuführung der Wärme sind sehr unterschiedlich
- Häufig im Hochtemperaturbereich kombiniert mit stofflicher Nutzung
- Abwärme ist sehr wichtig und nicht wirklich dokumentiert

Temperaturbereiche und technologische Möglichkeiten



Wärmepumpen

Solarthermie

Geothermie

Elektrische Energie

HTWP – Neue Generation von Hochtemperatur-Wärmepumpen des DLR

bis zu ~500 °C: neue Lösungen und Produkte müssen entwickelt werden

Breitgefächerte Anforderungen, Energiebedarfe und Anwendungen:

- Industrielle Wärmenetze (z. B. Standorte der chemischen Industrie)
- Trocknungsprozesse
- Lebensmittelindustrie
- ...

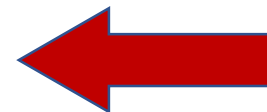
→ Nutzung von Strom oder E-Fuels

- Nicht oder weniger effizient
- Nicht das ökonomische Optimum

Forschung und Entwicklung:

- Hochtemperatur-Wärmepumpen
- konzentrierende Solarthermie
- Speichertechnologien
- Hybride Systeme / neue Art der Sektorenkopplung
- Systemintegration und -Optimierung

Niedriger TRL



Demonstratoren im industriellen Umfeld notwendig, um das Risiko für den Fertiger und den Anwender zu minimieren

Nutzung von Wasserstoff und Biomasse

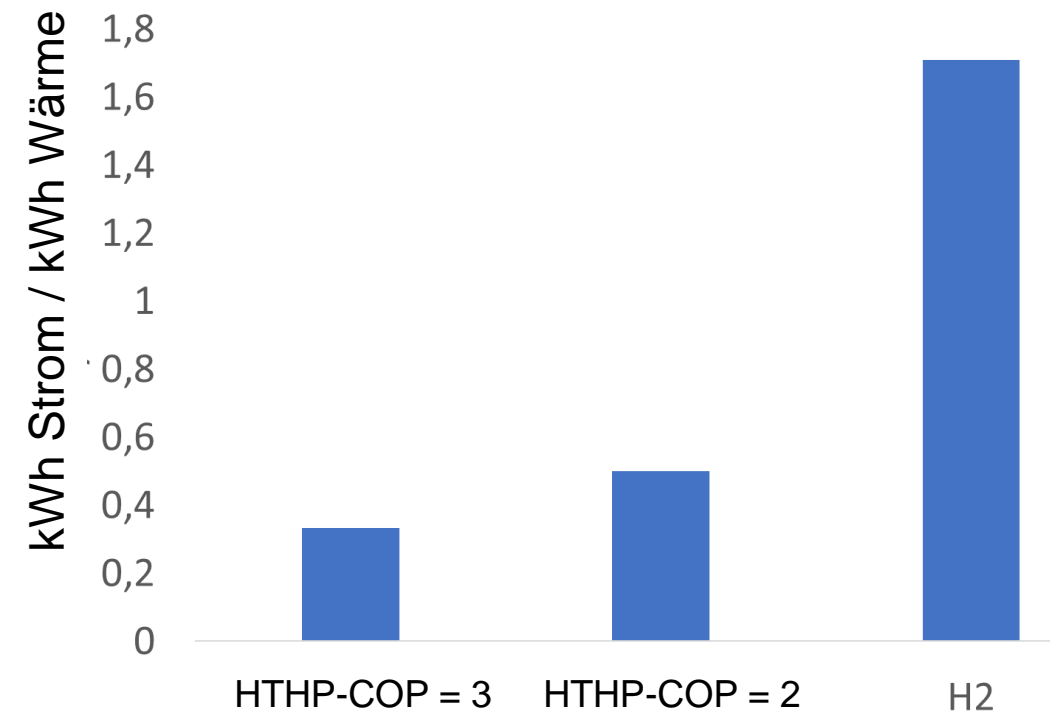


Thesen:

- Grüner Wasserstoff wird der teuerste Energieträger der Energiewende
- Biomasse ist nur begrenzt verfügbar, deren bevorzugte stoffliche Nutzung sorgfältig abgewogen werden muss

Mittlerer Temperaturbereich:

- Die hier diskutierten und in der Entwicklung befindlichen Technologien werden helfen den Einsatz von Wasserstoff und Biomasse zu reduzieren

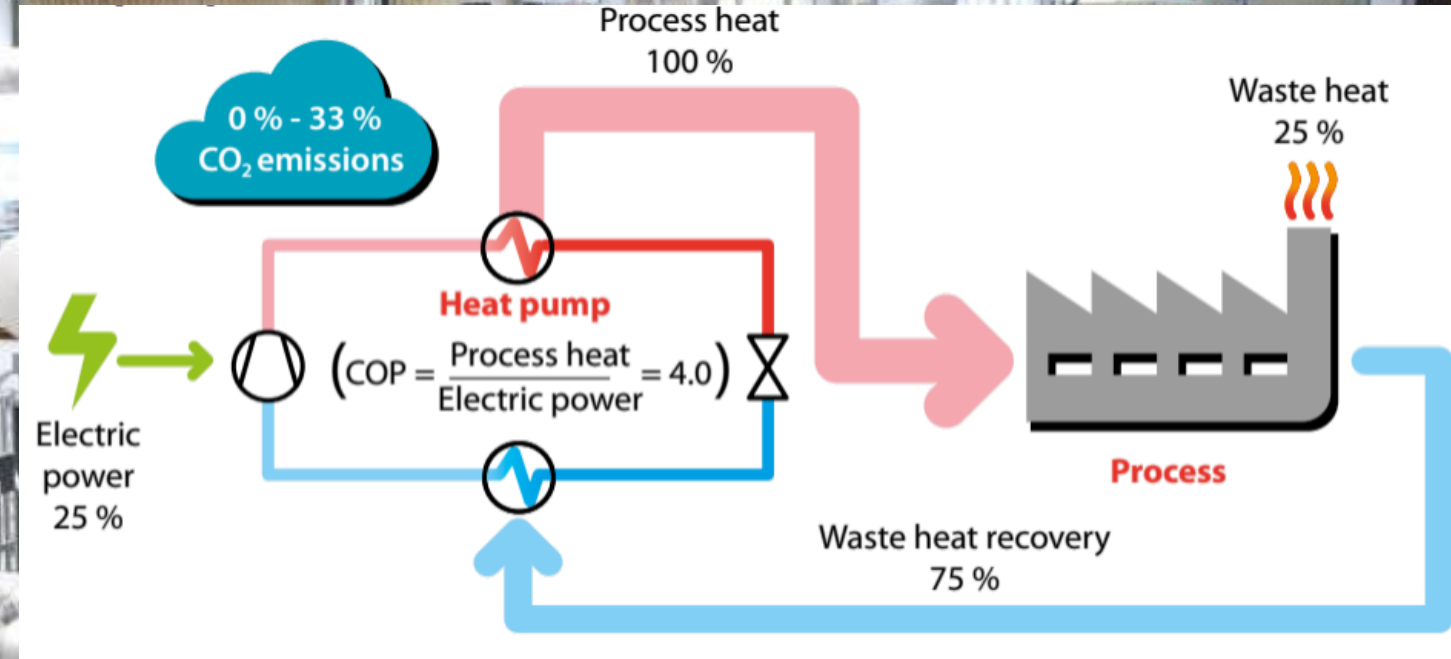
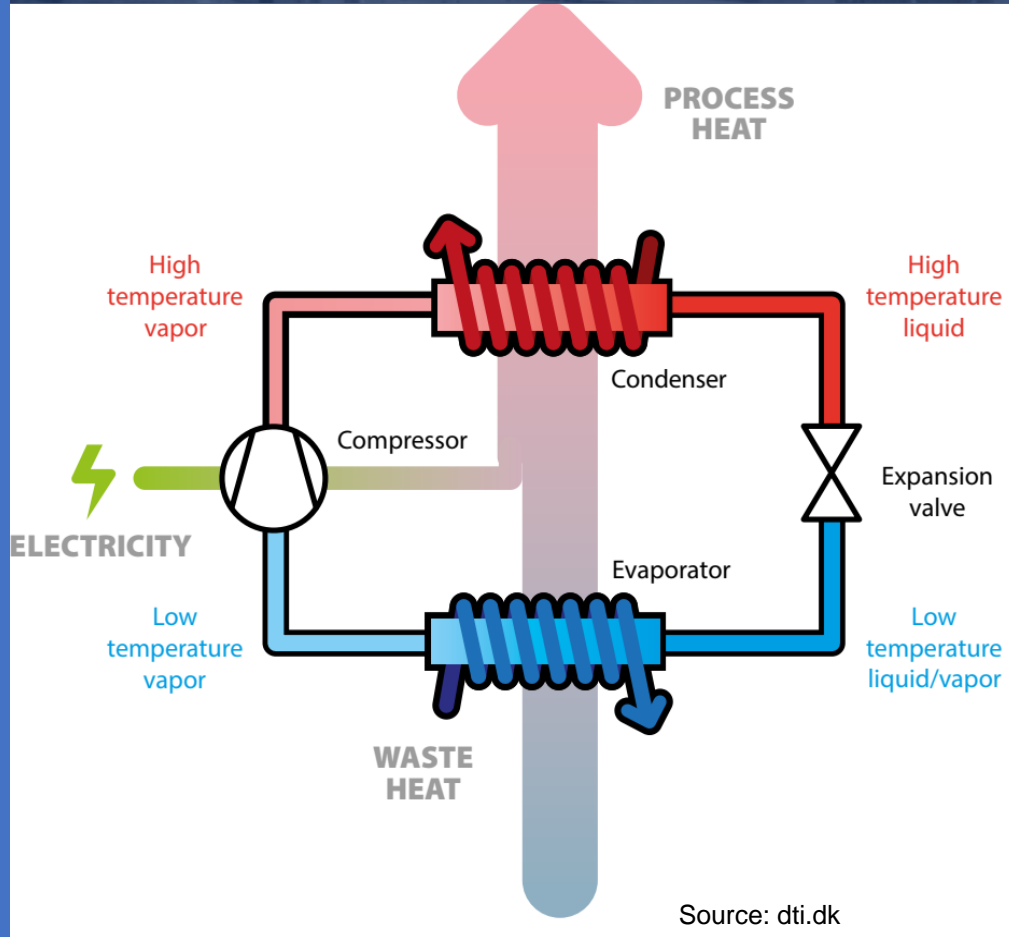


Mittlerer Temperaturbereich: Hochtemperatur-Wärmepumpen



Pilot Cobra (Brayton-Prozess)

Mittlerer Temperaturbereich: Hochtemperatur-Wärmepumpen



Forschungsziel des DLR:

- Wärmesenke: Temperaturen über $> 300\text{ °C}$ (zukünftig bis zu 500 °C ?)
- Leistung: im Megawattbereich

Mittlerer Temperaturbereich: Hochtemperatur-Wärmepumpen

Industrierelevante Leistungsdaten

- Leistung: 100 kW – n * 10 MW
- Nutztemperatur: 200 °C; > 300 °C (Sonderfälle bis 500 °C?)
- Entwicklung des Systems und
- der Hauptkomponenten

Verdichter und Turbine

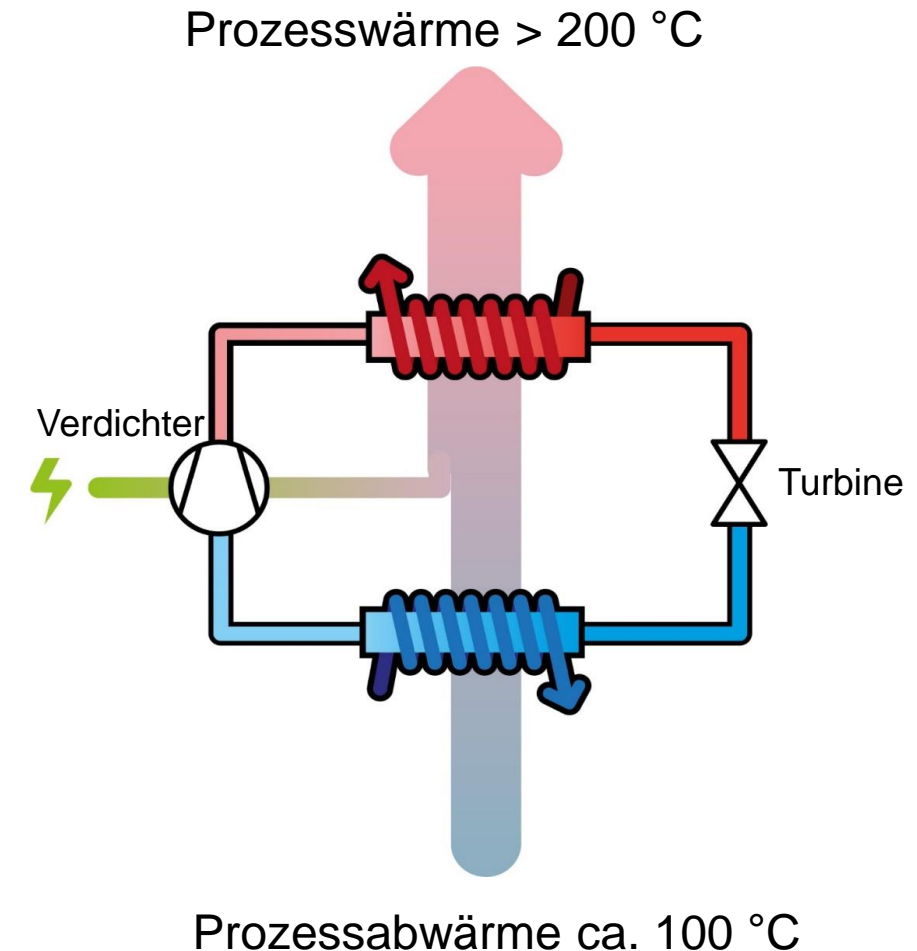
- bekannte Komponenten z. B. aus der Luftfahrt als Basis

Effizienz hängt ab von

- Temperaturdifferenz
- Temperatur der Abwärme

Natürliche Kältemittel (mit/ohne Phasenwechsel)

- Luft, Argon, Wasser, CO₂



nach dem Rankine-Prozess

Herausforderungen

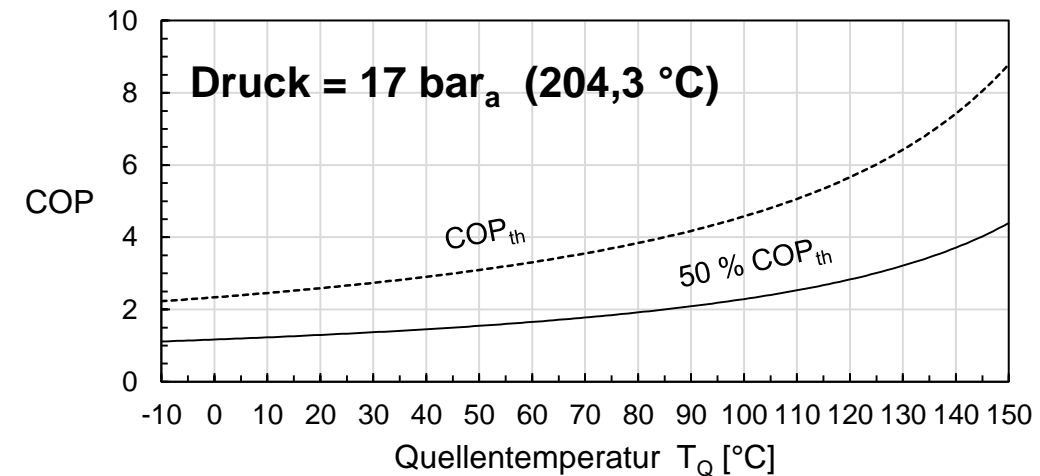
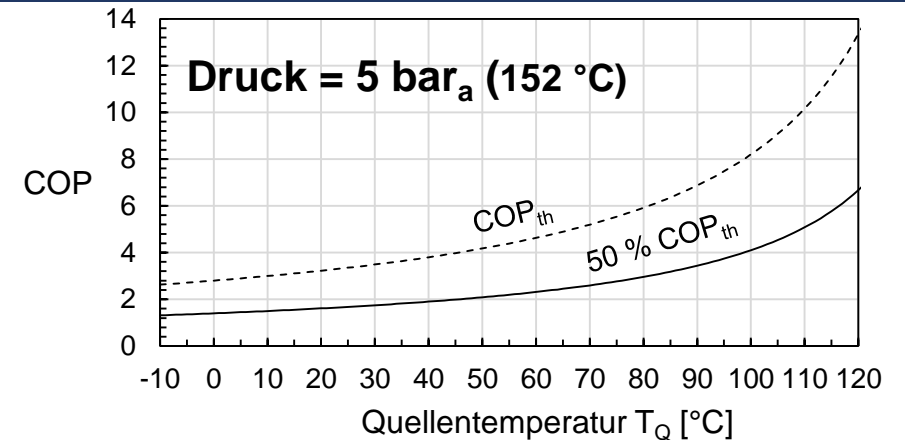
- Verdichtung des „leichten“ Gases – Wasserdampf
- Relativ geringe Druckverhältnisse pro Stufe bei hoher Überhitzung

Stand der Technik

- mechanischen Dampfverdichtung (MVR):
 $\Delta T = 10K-20K$
- Produkte für sehr hohe Massenströme

Forschung und Entwicklung

- Verdichterstufen mit: $\Delta T \geq 35 K$
- Reduzierung der Stufenzahl
- Wärmesenke bei Temperaturen über 250 °C



Leistungszahl (COP) für Dampfnetze

Aufbau der Versuchsanlagen:

Ingenieursarbeiten

**Strukturmechanik
und
Rotordynamik**

Messtechnik

CAD

Verrohrung



**Aerodynamik /
Thermodynamik**

**Anlagensicherheit
und -Konformität**

**Steuerung /
Regelung**

**Versuchshalle /
Infrastruktur**

Eingesetzte Simulationstechniken am Beispiel des Anfahrprozesses der Pilotanlage CoBra



Ermittlung und Beachtung der Betriebsgrenzen im Anfahrprozess

Verdichterpumpen

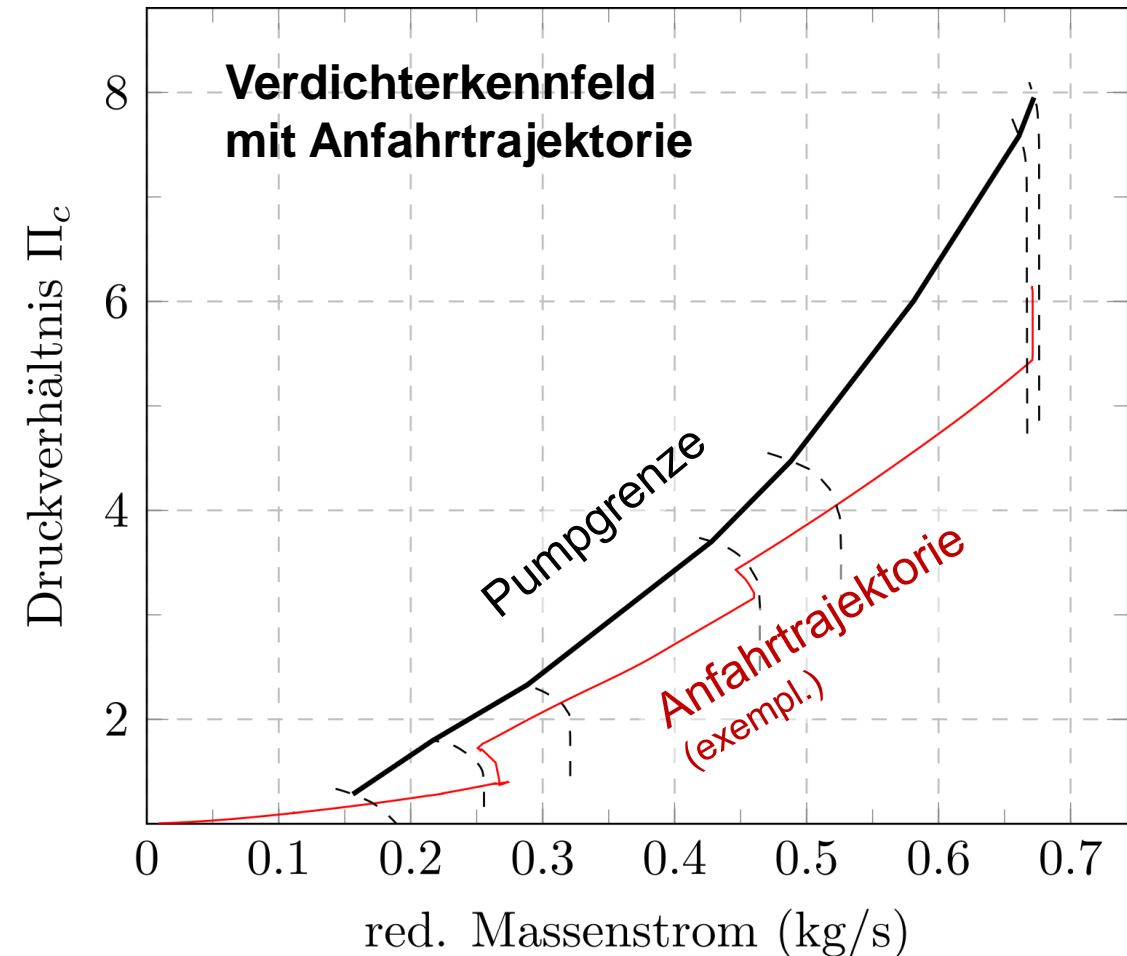
- Instabile Verdichterströmung
- Gegenmaßnahme: Bypassventil

Eigenfrequenzen

- Vibration der Welle oder Schaufeln
- Gegenmaßnahme: Vermeidung der EF

Thermische Spannungen

- Thermische Ausdehnung der Wärmeübertrager
- Gegenmaßnahme: kontrolliertes Anfahren



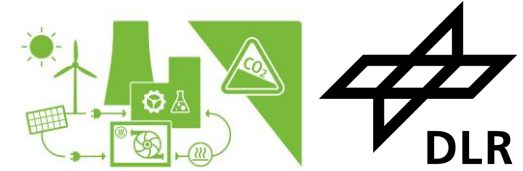
Dekarbonisierung der Industrie erfordert einen Fokus auf die Prozesswärme

- Die Lösung muss maximal auf die Produktion (Menge und Qualität) ausgerichtet sein
 - Beachtung aller Randbedingungen – einschließlich des Standortes
 - Die HTWP - eine Schlüsselkomponente für den CO₂-neutralen Umbau der Industrie
 - Sie wird kein Massenprodukt
 - Kundenangepasste Lösungen zur Bedienung aller Bedarfe: Wärme, Strom, auch Kälte
- ➔ Neue Art der Sektorenkopplung

Forschung und Entwicklung

- Neue Technologien (z. B.: HTWP, Speicher, CSP, CST)
 - Hybride Systeme
 - Pilotanlagen: Aufbau und Versuchsprogramm
 - Analyse der Industrieprozesse für passgenaue Konzepte zur deren Dekarbonisierung
- ➔ Der nächste wichtige Schritt: Demonstrator unter industriellen Randbedingungen

Kontakt



Walther-Pauer-Straße 5
03046 Cottbus

Mandauhöfe, Haus 9
Äußere Oybiner
Straße 14/16
02763 Zittau

Institut für CO₂-arme
Industrieprozesse
Deutsches Zentrum
für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR)

Prof. Dr. Uwe Riedel
Institutsdirektor
Uwe.Riedel@dlr.de
+49 355 355645 01

Dipl.oec. Karin Eichentopf
Administrative Leiterin
Karin.Eichentopf@dlr.de
+49 30 67055 320

