

CONCEPT STUDY FOR INDUSTRIAL HEAT PUMPS UP TO 250°C HEAT SINK TEMPERATURE USING RADIAL TURBO COMPRESSORS

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

15. - 17. Februar 2023 | Campus Gußhaus | TU Wien

V. Sulzgruber, J. Riedl, J. Unterluggauer



HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPEN BIS ZU 250°C

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

Einleitung

Konzeptbeschreibung

Vergleichsrechnungen & Hochdruckoptimierung

Schlussfolgerungen

HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPEN BIS ZU 250°C

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

Einleitung

Konzeptbeschreibung

Vergleichsrechnungen & Hochdruckoptimierung

Schlussfolgerungen

EINLEITUNG

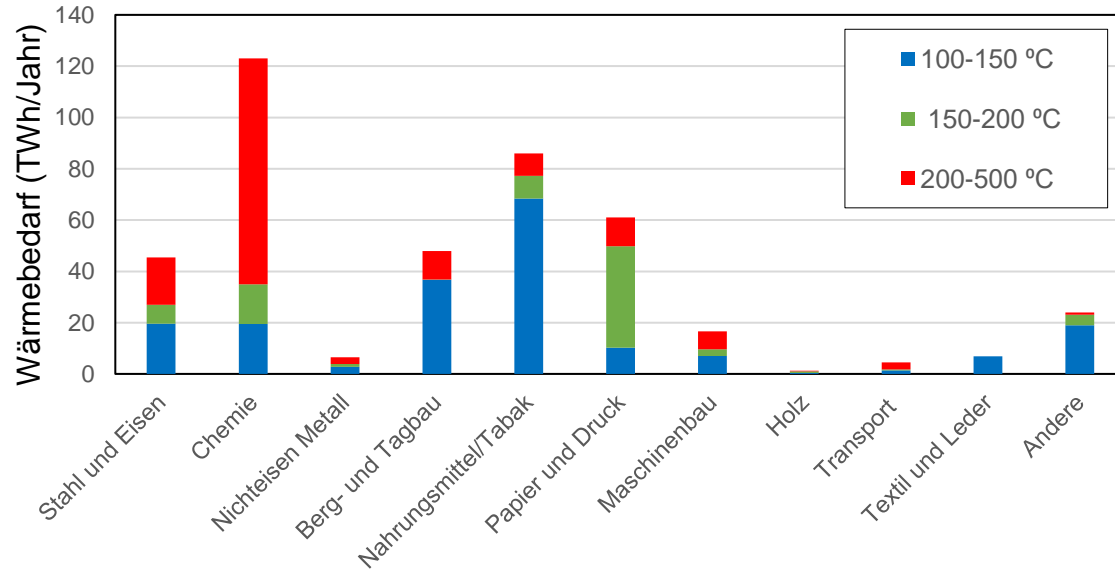
Name: NExt geneRatiOn turbo compressor heat pump

Ziel: Machbarkeitsanalyse für den Einsatz von Turboverdichtern bei Hochtemperatur-Industriewärmepumpen mit Nutzungstemperaturen zwischen 150-250°C und einer Leistungsgröße von ca. 1MW_{th}

Laufzeit: 18 Monate (10/2021 – 03/2023)

FFG-Nr.: 888453





Untersuchung der Machbarkeit von geschlossenen Wärmepumpenkreisläufe:

- mit **ölfreien Turboverdichtern**
- bei **Leistungsgrößen** von ca. 1MW_{th} und **Nutzungstemperaturen** bis etwa 250°C .

HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPEN BIS ZU 250°C

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

Einleitung

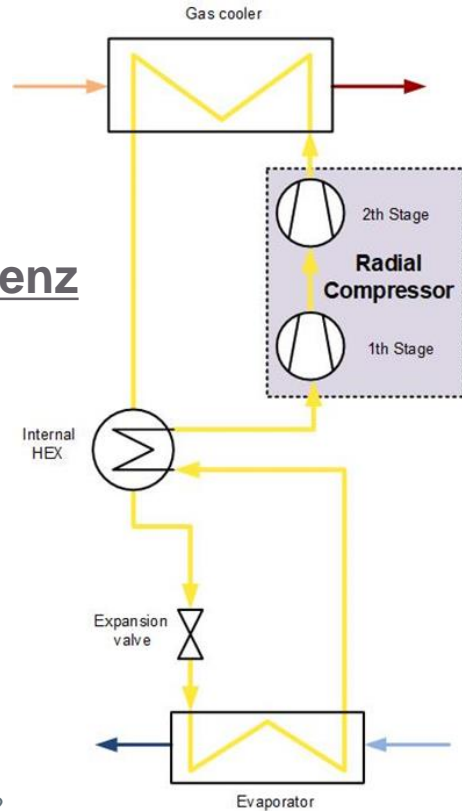
Konzeptbeschreibung

Vergleichsrechnungen & Hochdruckoptimierung

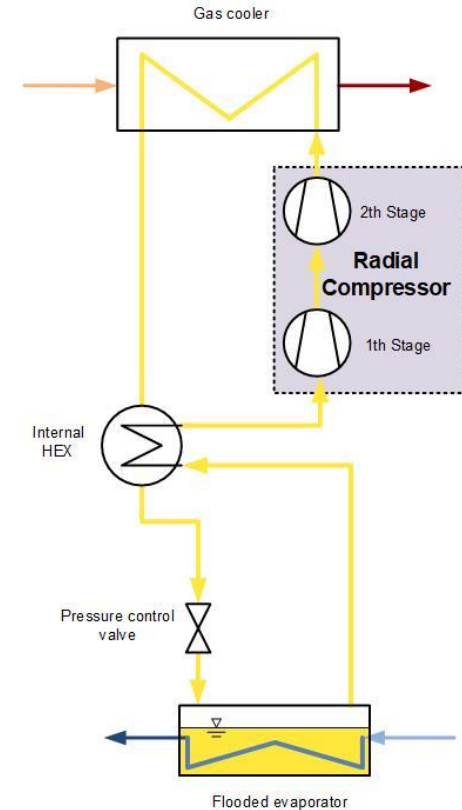
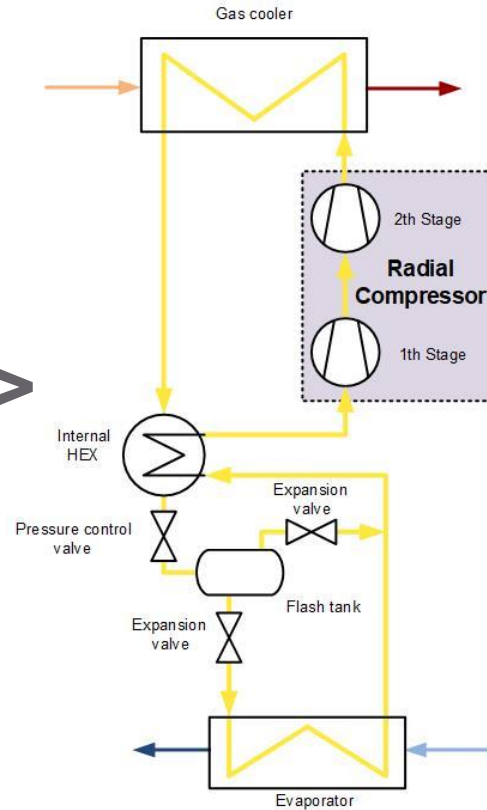
Schlussfolgerungen

KONZEPTBESCHREIBUNG KREISLAUFDESIGNS

Referenz



⇒

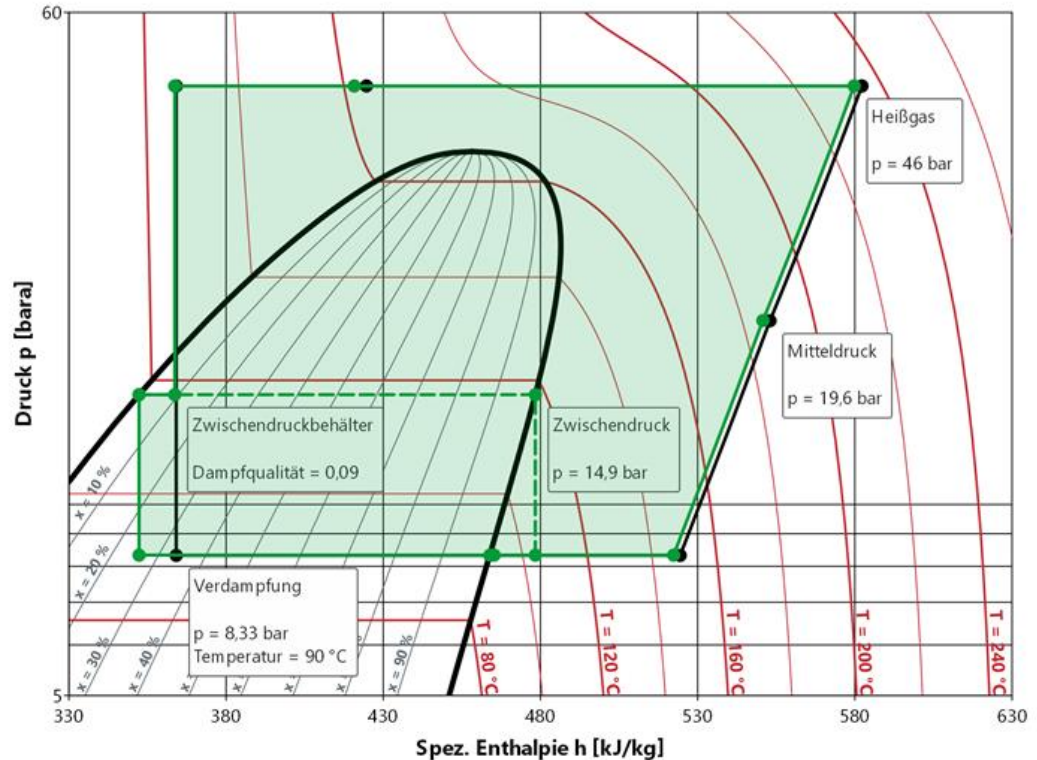


VERGLEICH DER KREISLAUFDESIGNS & PRAKTISCHE ASPEKTE

Referenz VS

Zwischendruckexpansion

- Expansion in Nassdampfgebiet durch Druckhalteventil
- Zwischendruckniveau stellt sich je nach Betriebsbedingungen ein



KONZEPTBESCHREIBUNG KÄLTEMITTELVORAUSWAHL

Bezeichnung	Kritische Temperatur (°C)	ODP	GWP	Sicherheitsklasse	Zerfallstemperatur (°C)
R1233zd(E)	166,4	~0	1	A1	276,84
R1336mzz(Z)	171,3	0	2	A1	>250
R1336mzz(E)	137,7	0	18	A1	>250
R601 (Pentan)	196,5	0	5	A3	376,84
R600 (n-Butan)	152,0	0	4	A3	301,84

KONZEPTBESCHREIBUNG KÄLTEMITTELVORAUSSWAHL

Bezeichnung	Mixtur (%mol)	Kritische Temperatur (°C)	ODP	GWP	Sicherheits- klasse	Zerfalls- temperatur (°C)
Cyclopentane	1	238,5	0	5	-	275
R601 /1234ze(Z)*	0.74/0.26	180.8	0	5.6	(A3)	n.a.
R1233zd(E)/601/ 152a *	0.65/0.25/0.1	165.5	0	14.4	(A3)	n.a.

*Adrián Fernández-Moreno et al.: Optimal refrigerant mixture in single-stage high-temperature heat pumps based on a multiparameter evaluation, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 52, Part A, 101989, 2022

HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPEN BIS ZU 250°C

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

Einleitung

Konzeptbeschreibung

Vergleichsrechnungen & Hochdruckoptimierung

Schlussfolgerungen

VERGLEICHSRECHNUNGEN RANDBEDINGUNGEN

Simulationen auf
Basis des
Kreislaufdesigns
„Referenz“

$$\dot{Q}_H = 200 \text{ kW}$$

$$T_{sink}^{out} = 200 \text{ °C}$$

$$\Delta T_{sink} = 40 \text{ K}$$

$$T_{source}^{in} = 95 \text{ °C}$$

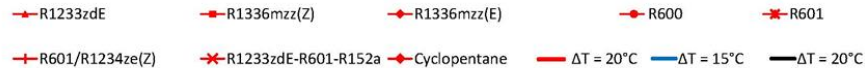
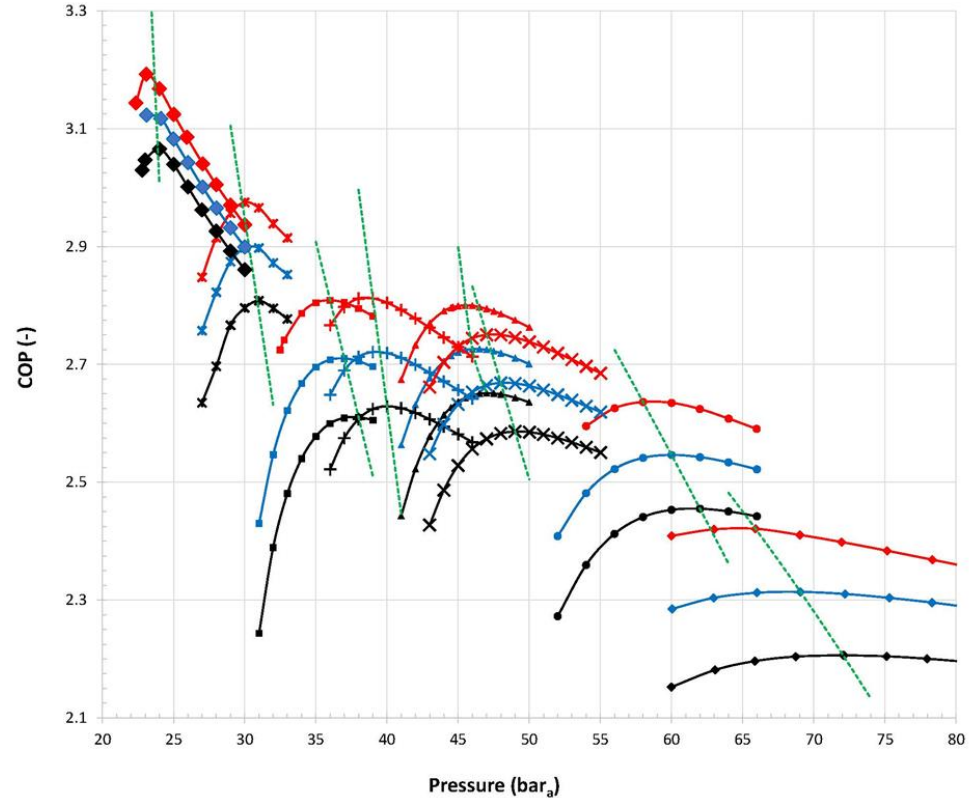
$$\Delta T_{source} = 5 \text{ K}$$

$$T_{evap} = 90 \text{ °C}$$

$$\eta_{is} = 0,76$$

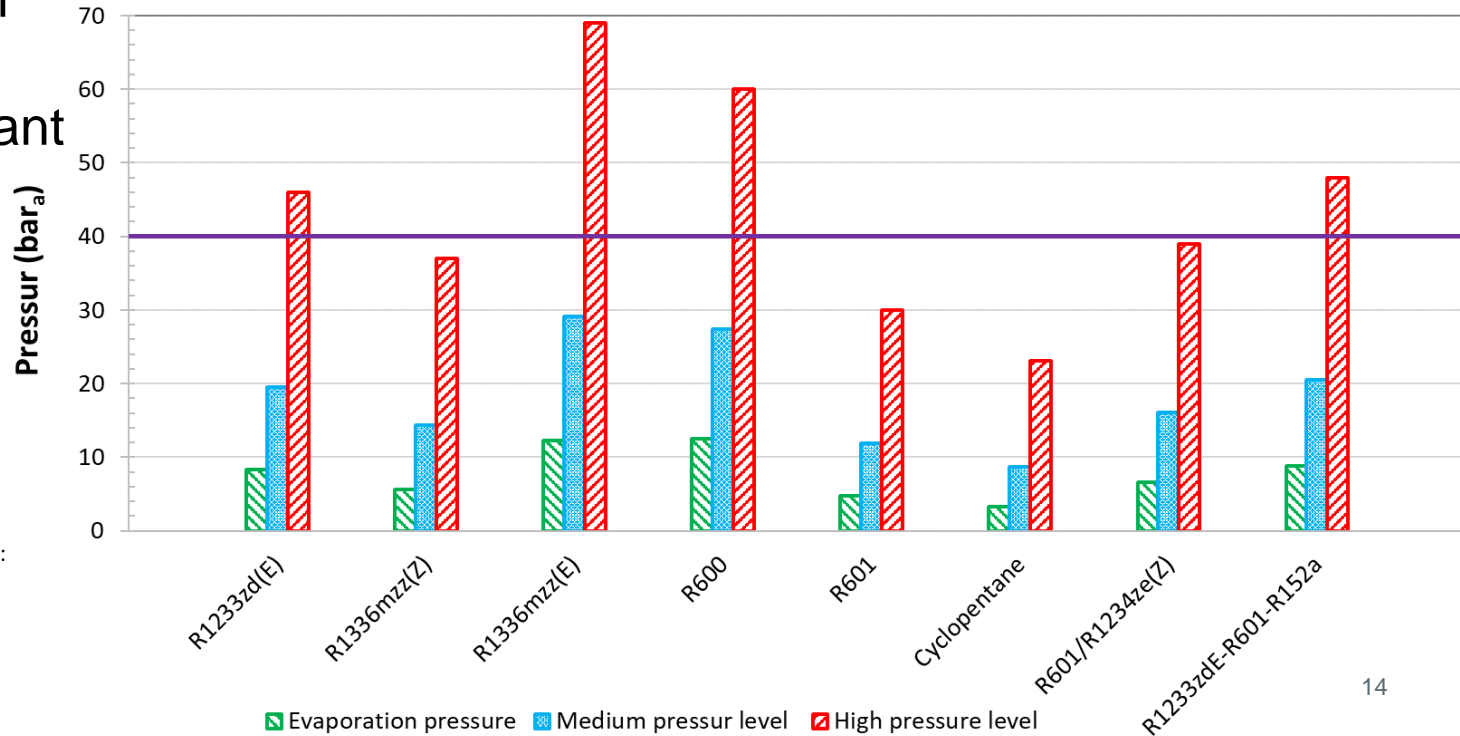
VERGLEICHSRECHNUNGEN IDEALER HOCHDRUCK

Variation der
Grädigkeit im
interner
Sauggasüberhitzer



VERGLEICHSRECHNUNGEN DRUCKNIVEAUS

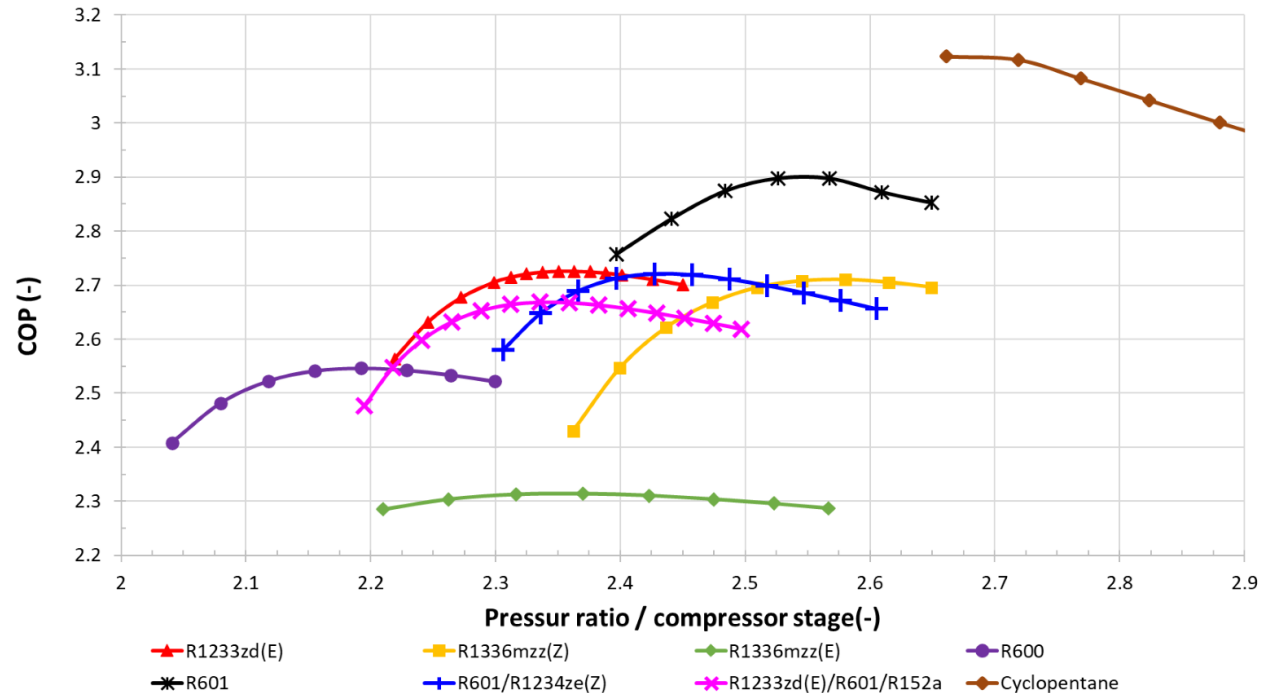
Komponenten
werden ab
40bar signifikant
teurer *



* Pachai, A.C.; Arpagaus, C.; Hafner, A.:
Screening for new future-proof
refrigerants for high-temperature
heat pumps. Dresden, 2021

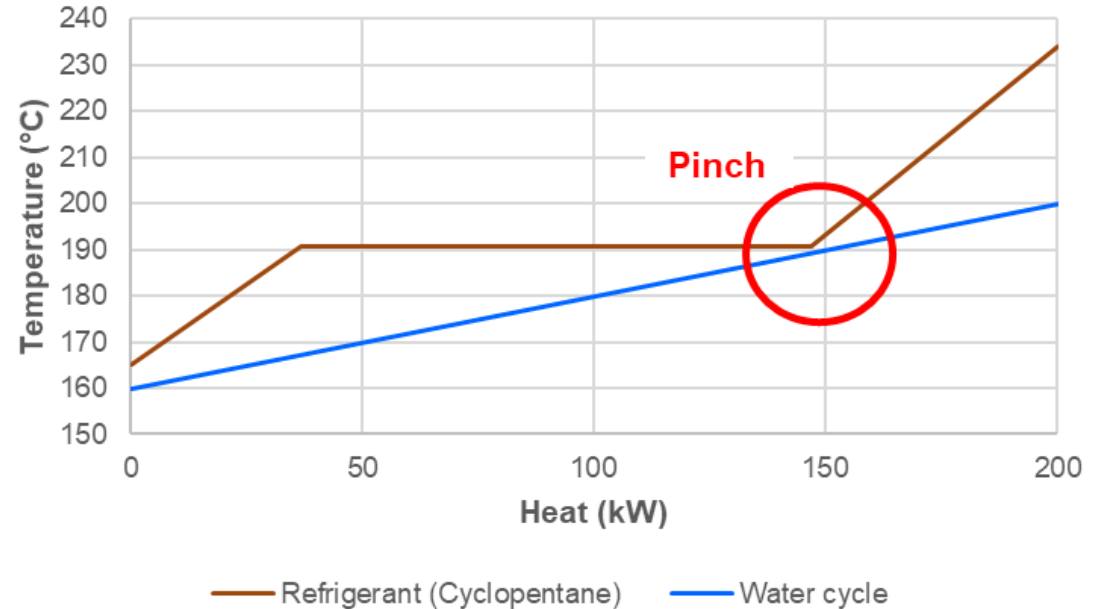
VERGLEICHSRECHNUNGEN COP & DRUCKVERHÄLTNISBEREICHE

Grädigkeit im
internen Sauggas
überhitzer = 15 K



VERGLEICHSRECHNUNGEN SONDERSTELLUNG CYCLOPENTAN

- Subkritischer Prozess
- Pinch-Problematik im Kondensator
- Hochdruck nicht beliebig wählbar



HOCHTEMPERATURWÄRMEPUMPEN BIS ZU 250°C

THERMODYNAMISCHE MACHBARKEITSANALYSE

Einleitung

Konzeptbeschreibung

Vergleichsrechnungen & Hochdruckoptimierung

Schlussfolgerungen

- **Druckverhältnisse** bei zweistufiger Verdichtung im technisch machbaren und sinnvollen Bereich (Pentan R601 und R1336mzz(Z) und besonders Cyclopentan grenzwertig)
- **R1233zd(E)** am vielversprechendsten (Augenmerk auf R601 Pentan und Cyclopentan)
- **Optimalhochdruckauswahl** zeigt Effizienz- & Einsatzbereich sowie Drucksensitivitäten
- **Referenzkreislauf** ist **realisierbar** (mit überflutetem/berieselndem Verdampfer oder als Zwischendruckexpansionsschaltung)

SCHLUSSFOLGERUNGEN & OFFENE PUNKTE

- **Teillastverhalten** (Verdichtermmodell für R1233zd(E), TU Wien)
- Preliminary 3D Design für erste CFD-Analysen
- Maschinenbauliche Aspekte (therm. Belastung, Wellendichtung, etc.)
- Genauere Betrachtung eines Verdichters für Pentan und Cyclopentan
- Analyse von Anwendungsgebieten

AUTOREN

Verena Sulzgruber



Johannes Riedl



Julian Unterluggauer



Diese Publikation wurde im Rahmen des Projektes „NERO“ (FFG Projektnummer 888453) erarbeitet. Projektpartner: TU Wien, Institut für Energietechnik und Thermodynamik

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Energieforschungsprogramms 2020 durchgeführt.

Dankeschön!



Verena Sulzgruber

verena.sulzgruber@ait.ac.at

AIT Austrian Institute of Technology

Center for Energy - Sustainable

Thermal Energy Systems