

Effizienzsteigerung von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen durch einen kältemittelgekühlten Abgaswärmeübertrager

Philipp Wagner, René Rieberer

Institut für Wärmetechnik (IWT)
Technische Universität Graz
Inffeldgasse 25/B, A-8010 Graz
philipp.wagner@tugraz.at

Graz, 15.02.2018

Inhalt

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
 - Kreislaufschema
 - Parameterstudien
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

Motivation

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit

- **Einsatz gasbetriebener Absorptionswärmepumpen zu Heizzwecken**
 - ✓ Effizienz bis ca. 190 %
 - ✓ Hohe Vorlauftemperaturen im Heizungssystem möglich
 - ✓ Geringe Abhängigkeit der Effizienz von der Wärmequellentemperatur
 - ✓ Bestehende Infrastruktur nutzbar
(AT: ca. 40 % der Haushalte heizen mit Gas oder Heizöl)
(Statistik Austria, 2016)

Schema Kompressionswärmepumpe

Einleitung

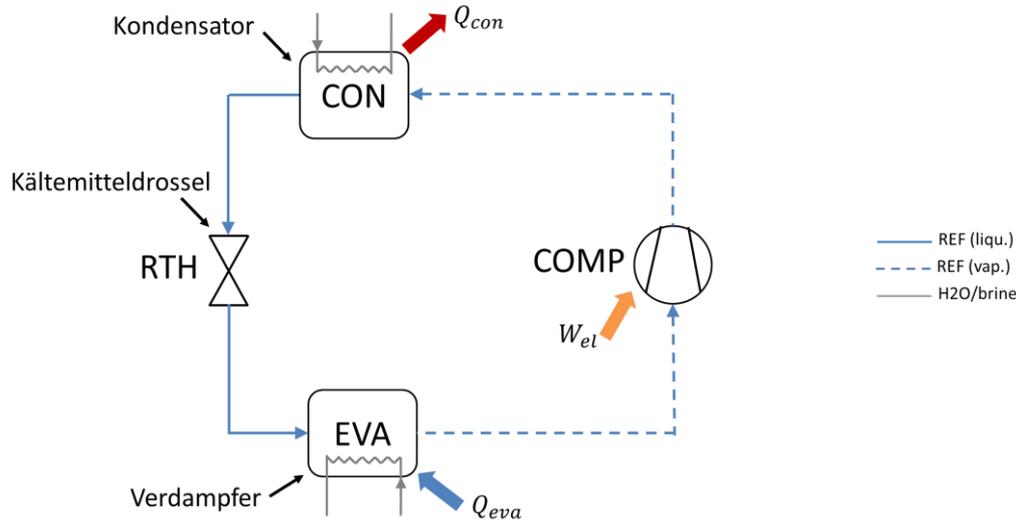
- Herkömmlicher Kältekreislauf
- Einstoffkältemittel oder Gemische

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit



Schema Absorptionswärmepumpe I

Einleitung

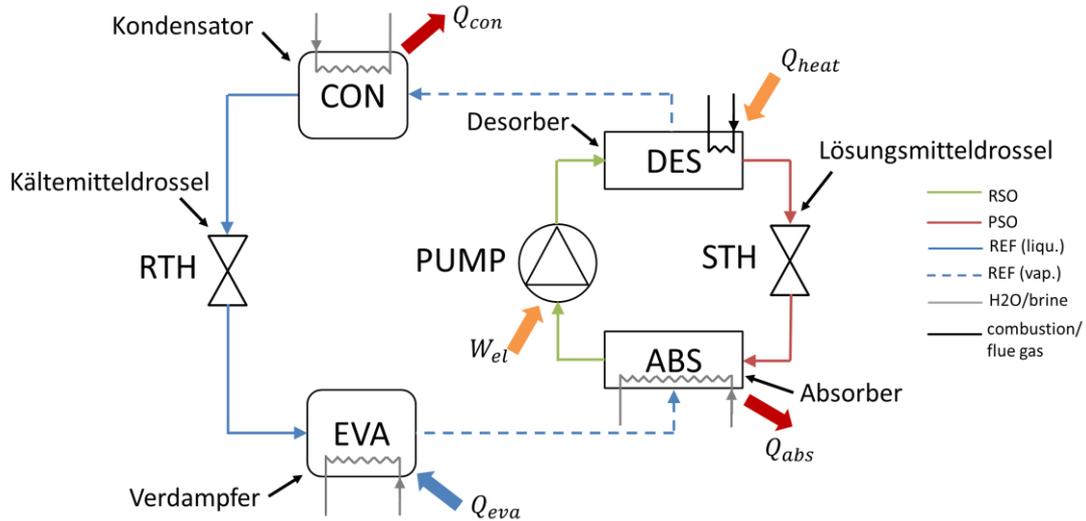
- Kältekreislauf und Lösungskreislauf (thermischer Kompressor)
- Austreiben des Kältemittels notwendig

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

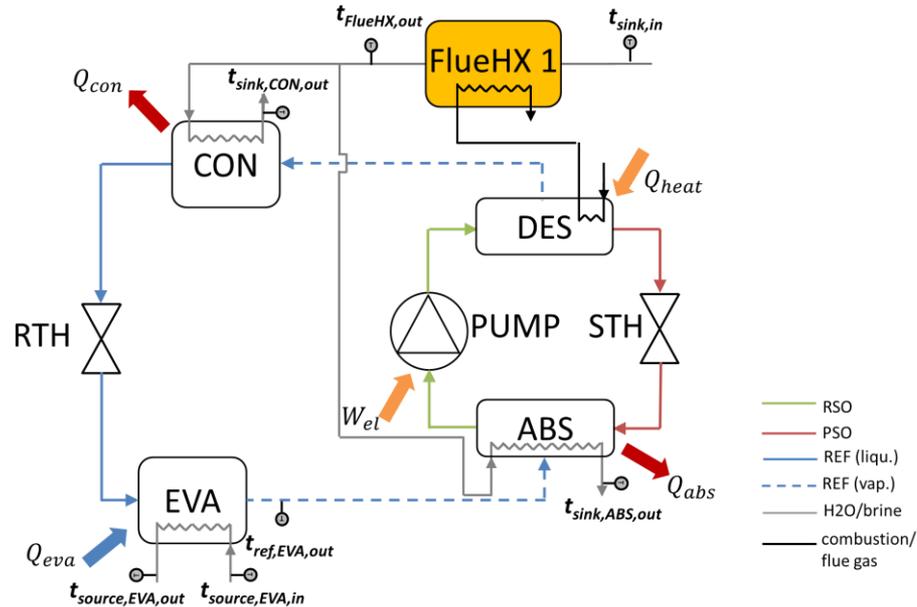
Fazit



Schema Absorptionswärmepumpe II

Gasbetriebene Absorptionswärmepumpe mit senkengekühlten Abgaswärmeübertrager

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit



Brennwerttechnik I

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit

Kondensation von Wasserdampf im Abgas

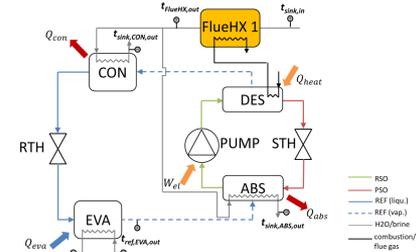
↳ Wesentliche Effizienzsteigerung

- Problematik bei herkömmlichen Abgaswärmeübertragern
 - Abgas muss unter den Taupunkt abgekühlt werden
 - Heizungssystem muss für Brennwerttechnik ausgelegt sein
- AT: ca. 3/4 der Gebäude vor 1990 errichtet
(Statistik Austria, 2016)

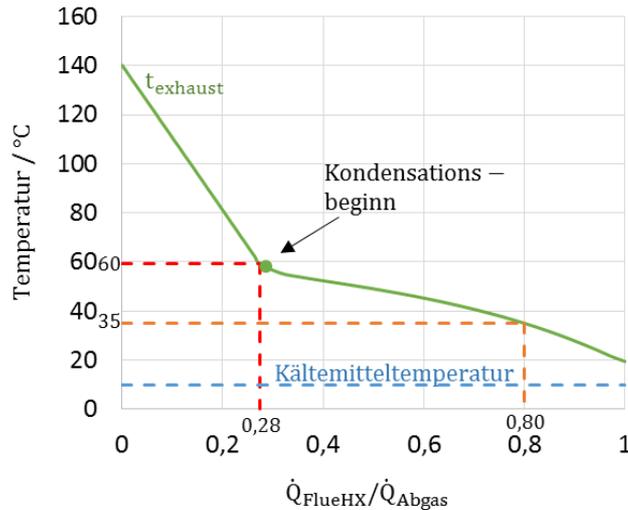
Brennwerttechnik II

- Einleitung
- Brennwerttechnik**
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit

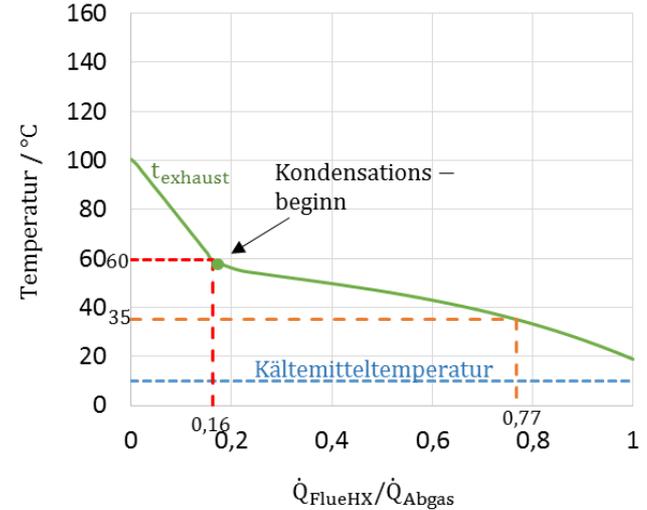
- Höhere Rauchgaseintrittstemperaturen
 - höherer absoluter Wärmestrom
 - höherer Anteil sensibler Wärme



Abgaseintrittstemperatur 140 °C



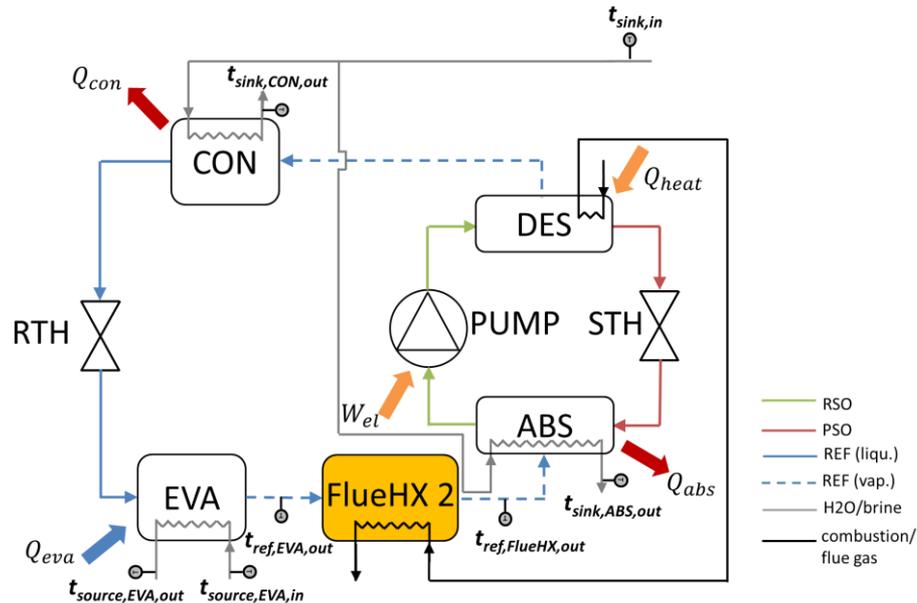
Abgaseintrittstemperatur 100 °C



Schema Absorptionswärmepumpe II

Gasbetriebene Absorptionswärmepumpe mit kältemittelgekühlten Abgaswärmeübertrager

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit



Aufgabenstellung und Zielsetzung I

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit

Simulative Untersuchung eines kältemittelgekühlten Abgaswärmeübertragers im Vergleich zu einem senkengekühlten Abgaswärmeübertrager

- Untersuchung bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen
 - Variation der Wärmequellen-/Wärmesenkentemperatur
- Untersuchung unterschiedlicher Kreislaufvarianten
 - Lösungsgekühlter Absorber und Kältemittelwärmeübertrager

Modellierung

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

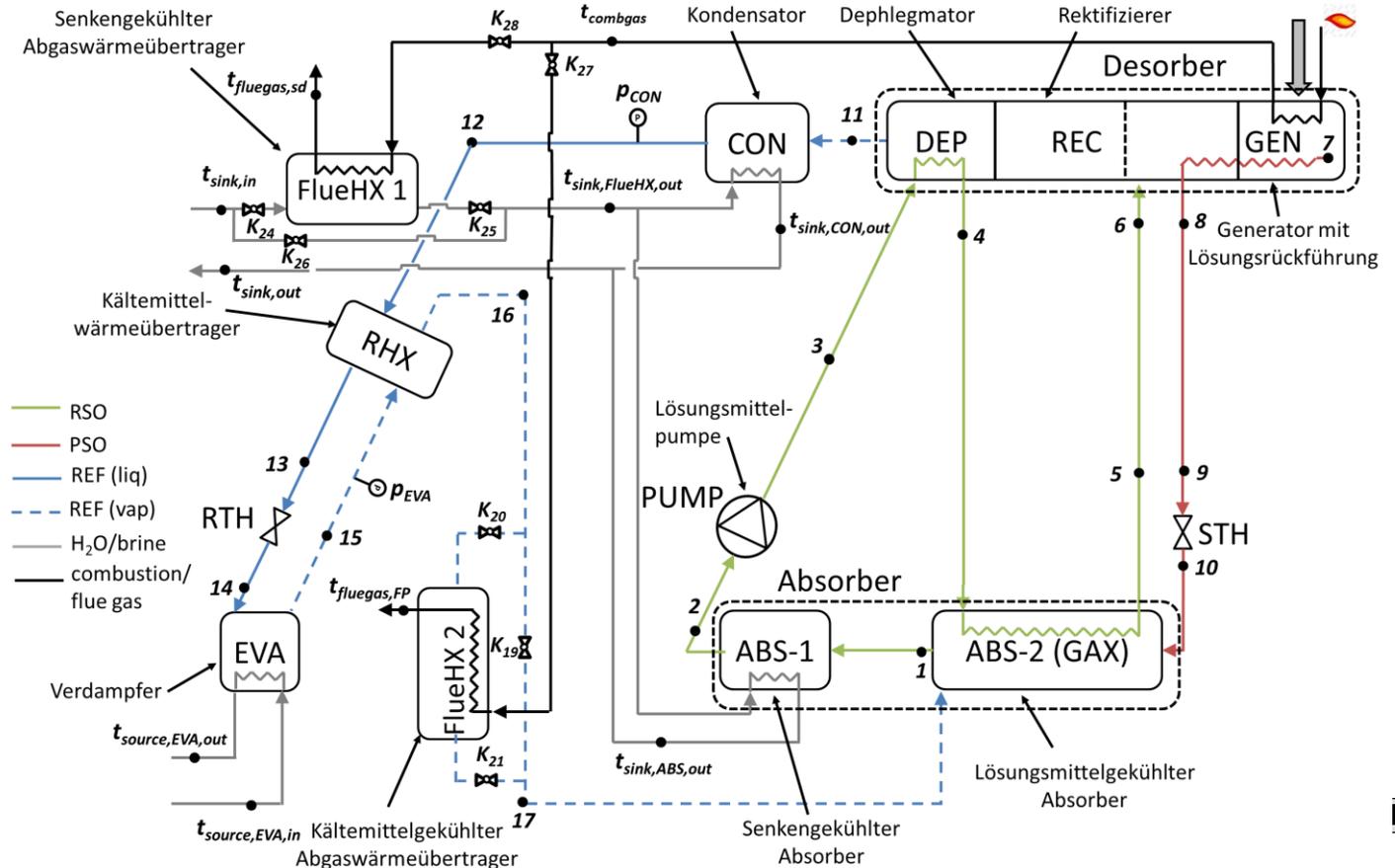
Ergebnisse

Fazit

- Engineering Equation Solver (EES V10.091)
- Arbeitsstoffpaar: Ammoniak/Wasser
- Energie-, Massen- und Stoffbilanzen
- Basis: Messdaten an einem Prototyp

Kreislaufschema

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit



Parameterstudie

Einleitung
Brennwerttechnik
Modellierung
Ergebnisse
Fazit

Parameter

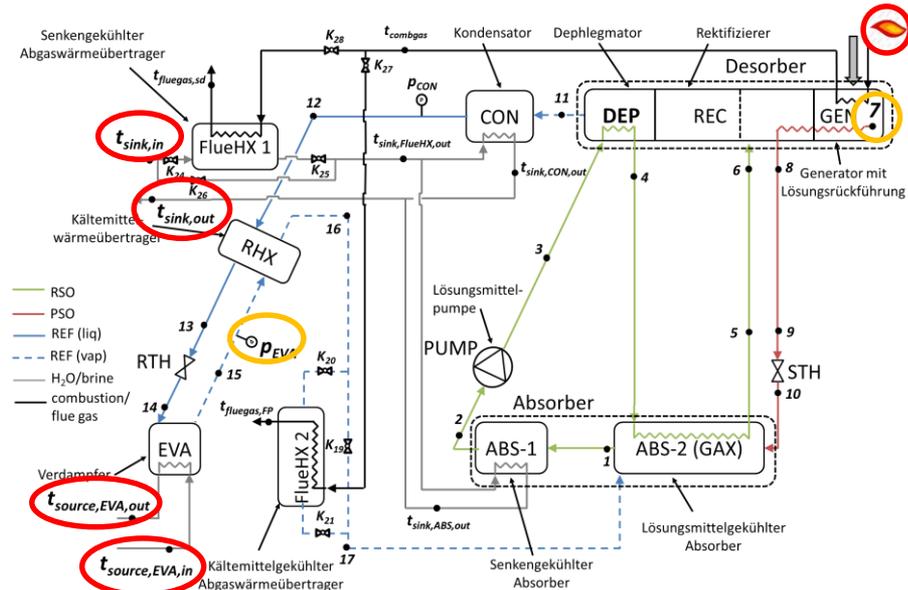
Brennerleistung (H_i) in kW
 Quellentemperaturen Ein/-Austritt in °C
 Senkentemperaturen Ein/-Austritt in °C

Vorgabewerte

12,5
 +8/+5, -9/-12
 30/35, 45/50, 55/70

Freiheitsgrade:

- Austrittstemperatur der armen Lösung (t_7)
 → Lösungspumpe
- Niederdruck (p_{EVA})
 → Kältemitteldrossel



Beurteilung der Ergebnisse

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit

- Effizienzvergleich mittels GUE

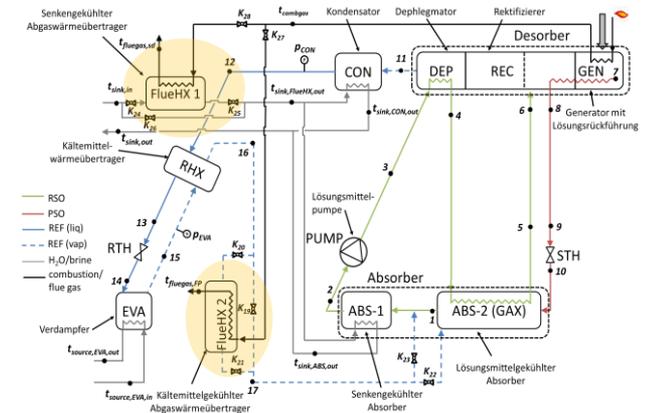
- Senkengekühlt:
$$GUE_{FlueHX1} = \frac{\dot{Q}_{sink,FlueHX1}}{\dot{Q}_{fuel}} = \frac{\dot{Q}_{CON} + \dot{Q}_{ABS-1} + \dot{Q}_{FlueHX1}}{\dot{Q}_{fuel}}$$

- Kältemittelgekühlt:
$$GUE_{FlueHX2} = \frac{\dot{Q}_{sink,FlueHX2}}{\dot{Q}_{fuel}} = \frac{\dot{Q}_{CON} + \dot{Q}_{ABS-1}}{\dot{Q}_{fuel}}$$

- $$\Delta GUE = \frac{GUE_{FlueHX2} - GUE_{FlueHX1}}{GUE_{FlueHX1}} \cdot 100 \%$$

- GUE_{max} durch Variation:

- Der Austrittstemperatur der armen Lösung (t_7)
- Des Niederdrucks (p_{EVA})



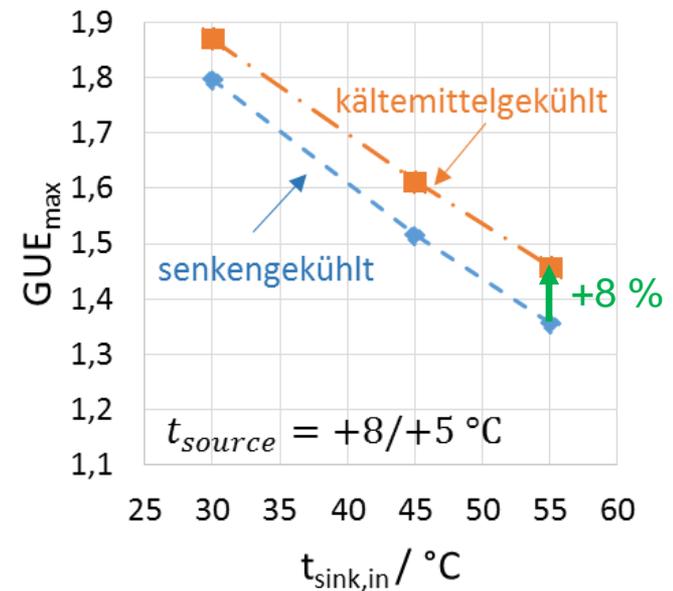
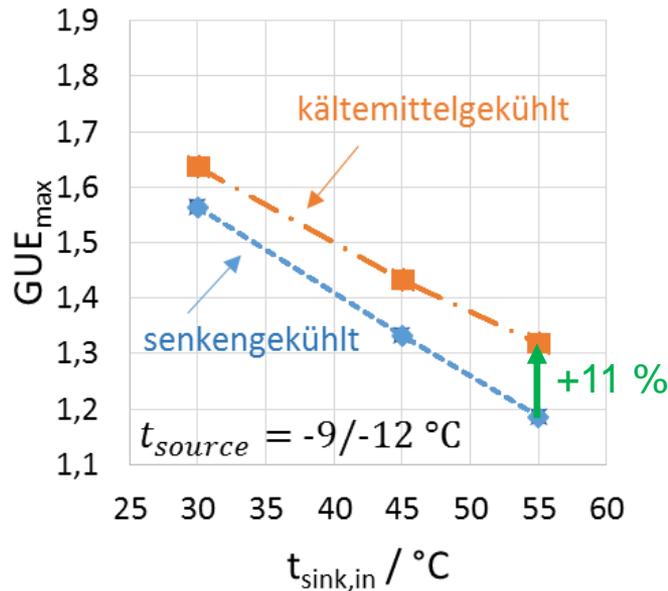
Effizienzvergleich I (ABS-2 & RHX)

- Einleitung
- Brennwerttechnik
- Modellierung
- Ergebnisse
- Fazit

- $t_{sink,in} \uparrow \rightarrow GUE \downarrow$
- $t_{source} \uparrow \rightarrow GUE \uparrow$
- ΔGUE bis zu 11 %
- $t_{source} \downarrow / t_{sink} \uparrow \rightarrow \Delta GUE \uparrow$

Parameter

- $\dot{Q}_{fuel} = 12,5 \text{ kW}$
- $\epsilon_{DEP} = 0,2$
- $\Delta t_{sink} = 5 \text{ K}$



Zusammenfassung

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit

- Effizienzsteigerungsmaßnahme von gasbetriebenen Absorptionswärmepumpen (bis zu 11 %)
 - ✓ Verkleinerung der kostenintensiven Wärmequelle
 - ✓ Verringerung der Wärmegestehungskosten durch verminderten Brennstoffeinsatz
 - ✓ Reduktion der Treibhausgasemissionen
- Vorteil vor allem bei hoher Temperatur im Heizungssystem
- Wesentlich höhere Kältemitteltemperatur am Eintritt in den Absorber → Veränderung des Absorptionsverhaltens

Ausblick

Einleitung

Brennwerttechnik

Modellierung

Ergebnisse

Fazit

- Detaillierte experimentelle Untersuchung der Absorption von heißem Sorptiv anhand unterschiedlicher Betriebsbedingungen
 - Kältemitteltemperatur bis 85 °C
 - Veränderung des Niederdrucks
 - Einfluss auf die Drosselstellungen (RTH, STH)
 - Einfluss auf den Lösungsmittelumlauf
- Simulationsmodell Absorption



Danksagung

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projekts „FluePump – Effizienzsteigerung durch kältemittelgekühlten Rauchgaskondensator für gasbefeuerte Absorptionswärmepumpen“ (FFG-Projekt Nr. 853579). Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Energieforschungsprogramms durchgeführt. Ein besonderer Dank gilt dem Projektpartner E-SORP GmbH durch deren Unterstützung diese Arbeit ermöglicht wurde.

Kontakt

Philipp Wagner

Institut für Wärmetechnik (IWT)

Technische Universität Graz

Inffeldgasse 25/B, A-8010 Graz

philipp.wagner@tugraz.at

