

WÄRMEPUMPEN-ANWENDUNGEN IN MFH

IEA HPT Annex 50 - Mit Simulationsstudien zum optimalen konstruktiven Design von Wärmepumpen für den Einsatz in MFH

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

 **IEA Forschungskooperation**
im Rahmen von open4innovation

 **FFG**
Forschung wirkt.

Dieses Projekt 853031 wird im Rahmen der IEA-Forschungskooperation im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie durchgeführt.

INHALT

- Kurz Vorstellung IEA HPT Annex 50 – Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern
- Definition der Anwendungsfälle
- Simulationsrechnungen und Ergebnisse
- Auswahl der optimalen Kreislaufkonfiguration
- Conclusio



IEA HPT ANNEX 50

WÄRMEPUMPEN IN MEHRFAMILIENHÄUSERN FÜR HEIZUNG UND
WARMWASSERBEREITUNG



- Laufzeit: Annex 50 ends 31.12.2020
- Teilnehmerländer:
 - Deutschland (Operating Agent)
 - Österreich
 - Schweiz
 - Die Niederlande
 - UK (not active)
 - Frankreich
 - Italien
 - Dänemark (new)
- Website

www.heatpumpingtechnologies.org/annex50

National AT

- AIT – Austrian Institute of Technology
(Teamleader) Thomas Fleckl, Andreas Zottl



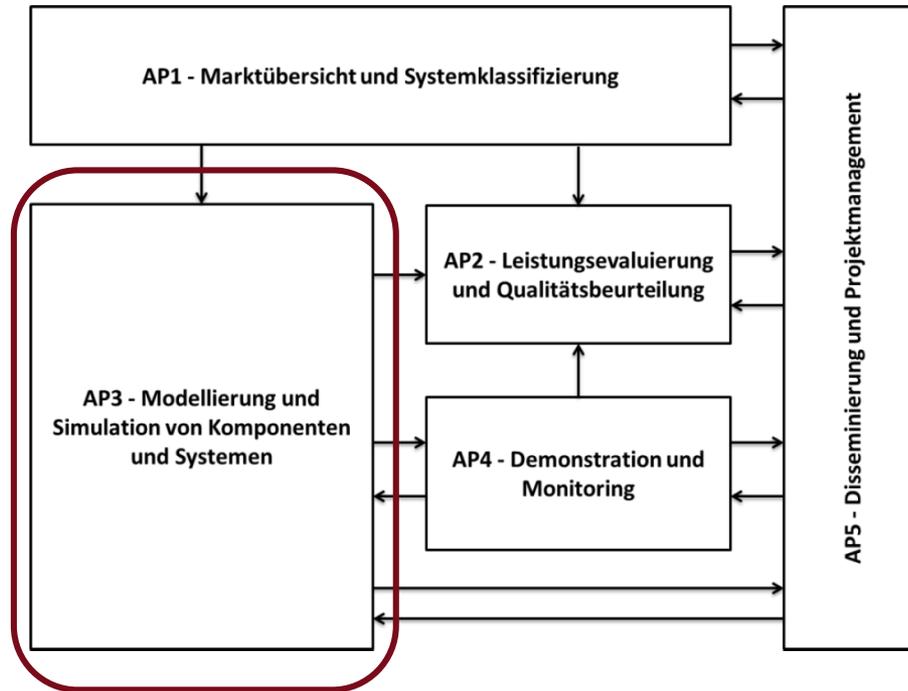
- TU – Graz
Rene Rieberer, Richard Heimrath



- Website

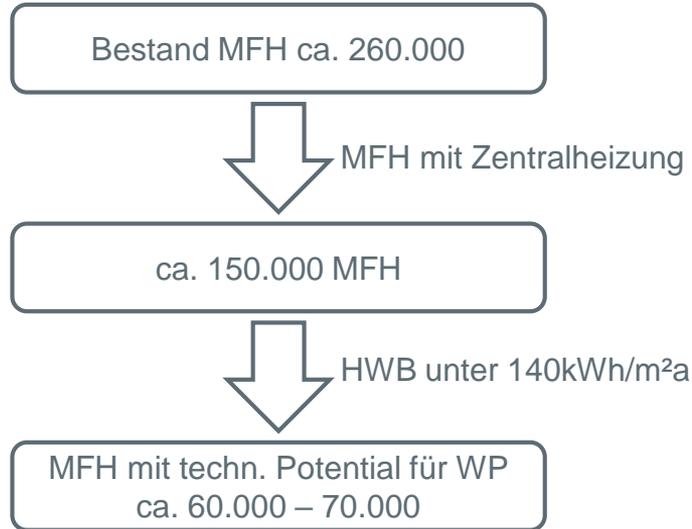
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/hpp/iea-hpp-annex-50.php#publications>

IEA HPT ANNEX 50 – INHALTE/STRUKTUR

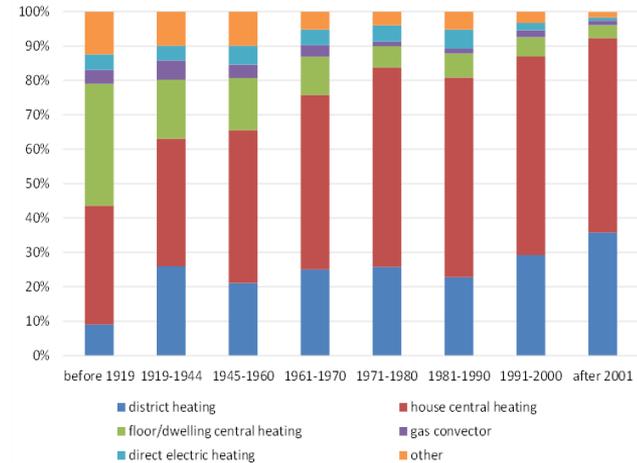


- Österreichischer Beitrag mit Inputs aus den Projekten:
 - GreenHP
 - Silent Air Heat Pump
 - Hot Ice Weiz
 - Hybuild

POTENZIAL FÜR WÄRMEPUMPEN IN MFH



Zzgl. Etwa 8000 MFH pro Jahr durch Sanierung bei einer Sanierungsrate von 3 %



Heating systems in the building stock according to the construction period; data according to Statistik Austria (2016)

OPTIMALEN KÄLTEKREISKONFIGURATION

Identifikation der optimalen Kältekreislaufkonfiguration für Luftwärmepumpen in MFH



Definition

Statistik

Definition Anwendungsfälle

Kältemittel

Kältekreislauf



Simulation

Modellierung

Validierung mit GreenHP

Berechnung der Varianten (Virtueller Prüfstand)



Interpretation

SCOP Berechnungen

Auswahl der effizientesten Variante

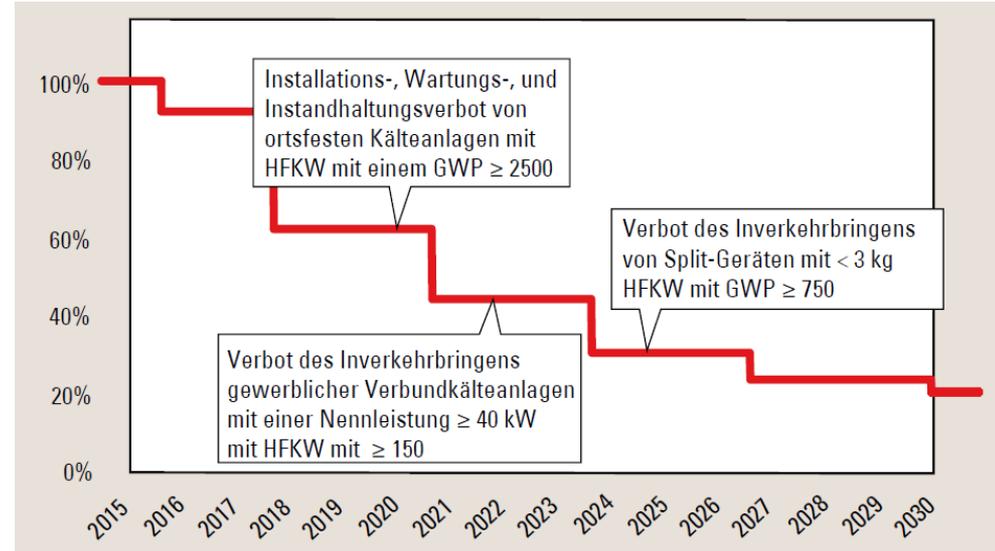
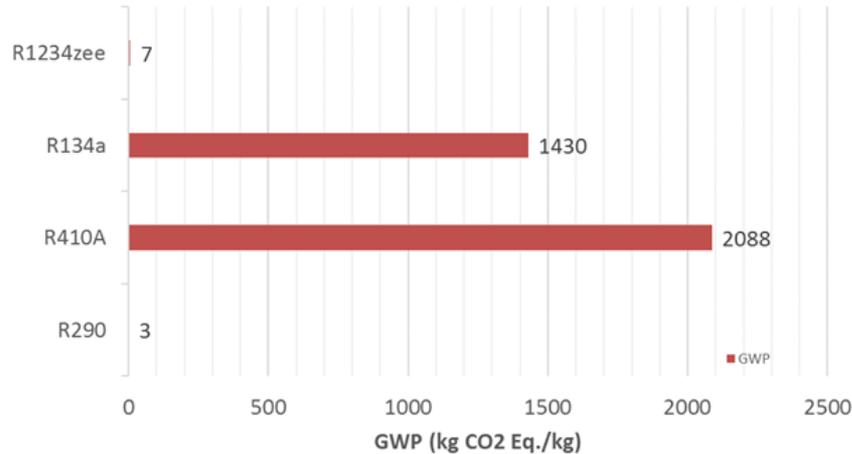
DEFINITION DER ANWENDUNGSFÄLLE

- HPT Annex 50 Task 1-Bericht, GreenHP Projekt
- typisches österreichisches MFH mit 8 bis 10 Wohneinheiten
- Wohnflächen pro Wohneinheit von ca. 70 bis 100 m²

use cases - MFH	heat load	specific heat load	specific heating demand	system supply temperature
-	kW	W/m ²	kWh/m ²	°C
new	20	30	45	35
refurbished	30	50	65	55
unrefurbished	50	80	120	65

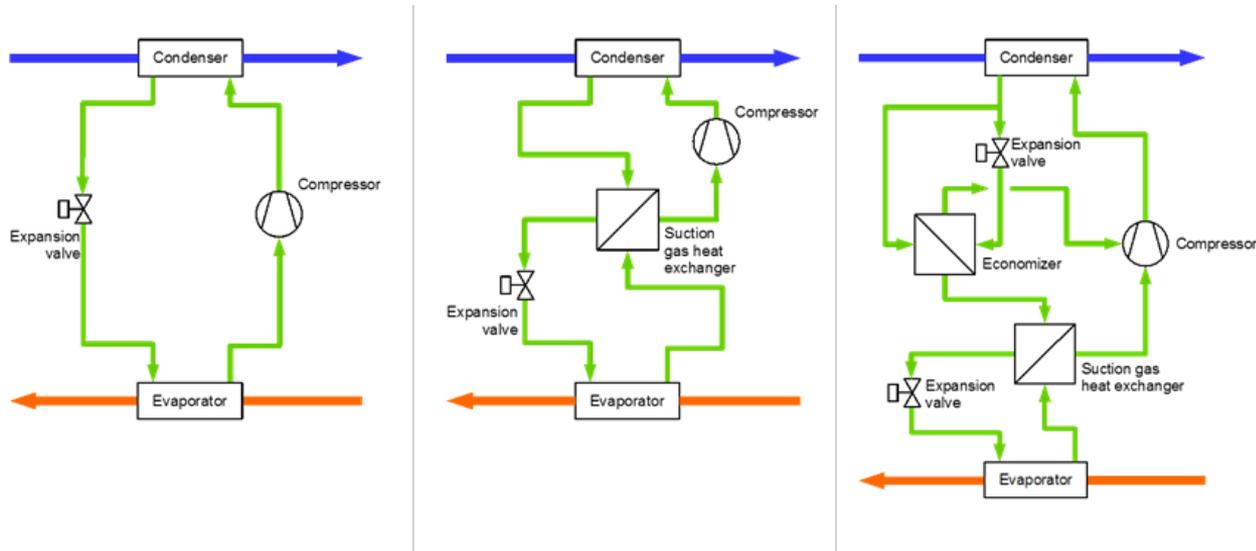
AUSWAHL DER KÄLTEMITTEL UND DEFINITION DER KÄLTEKREISLÄUFE

- ausgewählten Kältemittel: R290, R410A, R134a und R1234zee
- Stand der Technik (R410A und R134a) als Benchmark und Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial (GWP)



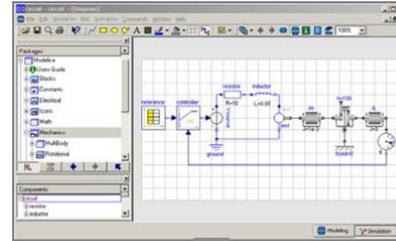
AUSWAHL DER KÄLTEMITTEL UND DEFINITION DER KÄLTEKREISLÄUFE

- Einstufig
- iHX (interner Wärmeübertrager)
- EVI (enhanced vapour injection = Zwischeneinspritzung)



DYMOLA/MODELICA

Grafische Oberfläche für Modelica Modelle



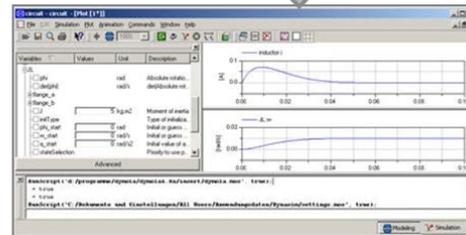
Gleichungsbasierte Beschreibung

```

model circuit
  R;
  Modelica.Electrical.Analog.Basic.Resistor resistor(D=10) B;
  Modelica.Electrical.Analog.Basic.Inductor inductor(L=0.08) m;
  Modelica.Electrical.Analog.Basic.SW sw(1=1) S;
  Modelica.Electrical.Analog.Source.SignalVoltage vsource B;
  Modelica.Electrical.Analog.Basic.Ground ground B;
  Modelica.Blocks.Continuous.Integrator integrator B;
  Modelica.Mechanics.E rotational;
  Modelica.Mechanics.E rotational.FixedGear (ratio=10) B;
  Modelica.Mechanics.E rotational.FixedGear gear B;
  Modelica.Mechanics.E rotational.Inertia I(1)=1) S;
  Modelica.Mechanics.E rotational.Sensor speedSensor B;
  Modelica.Blocks.Sources.CosTableTable reference B;

```

Übersetzung in C-Code, Simulation, Scripting



JModelica.org

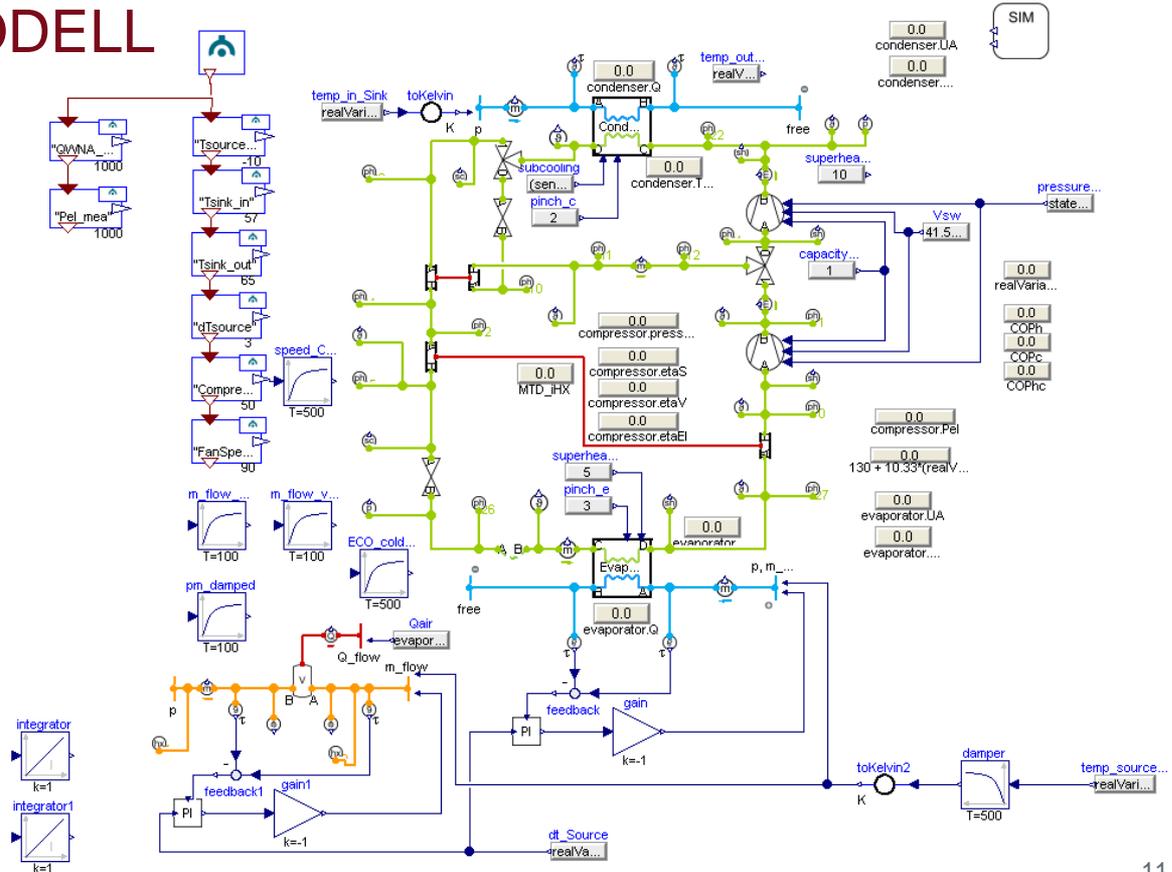


JModelica.org



NUMERISCHES MODELL

- Dymola/Modelica
- TIL-Library
- adaptiver Kältekreis

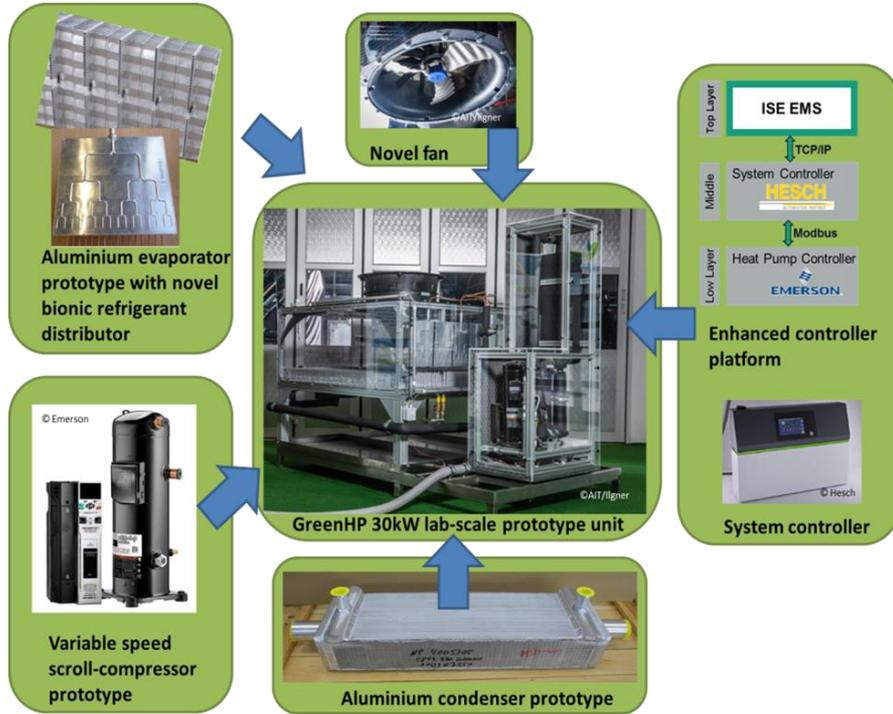


VARIANTEN

- 24 Varianten á 25 Prüfpunkte → 600 Simulationsrechnungen als Grundlage für die SCOP Berechnung

Neubau	Saniert	Unsaniiert
Einstufig R290	Einstufig R290	Einstufig R290
iHX R290	iHX R290	iHX R290
EVI R290	EVI R290	EVI R290
Einstufig R410A	Einstufig R134a	Einstufig R134a
iHX R410A	iHX R134a	iHX R134a
EVI R410A	EVI R134a	EVI R134a
	Einstufig R1234zee	Einstufig R1234zee
	iHX R1234zee	iHX R1234zee
	EVI R1234zee	EVI R1234zee

GREEN HP PROTOTYPE



SYSTEM LEVEL

interaction with smart electric grids, other energy systems and components as well as control of different system components

HEAT PUMP UNIT

developing, assembling and testing of a 30 kW lab-scale air/water pilot heat pump under stationary and transient conditions



COMPONENT LEVEL

Refrigerant

charge reduction and the use of refrigerants with low GWP

Evaporator

brazed aluminum micro-channel heat exchanger with high performance fin designs offering good defrosting and optimized refrigerant flow distribution

Compressor

modulating compressor with a large turndown ratio and low oil charge

Fan and air duct

high efficiency, low noise air duct for the evaporator including an advanced fan concept

Condenser

brazed aluminum shell and tube heat exchangers based on MPE tubes

GREEN HP PROTOTYPE



Specifications	State-of-the-art*	GreenHP unit planned	GreenHP prototype
Carnot efficiency factor	40-45%	55-60 % (increased by 15%)	54 %
COP (A7/W55)	2.5	3.5	3.0
SCOP ** (based on EN14825)	2.1	3.1	3.3
Primary Energy Ratio (PER)*** (kWh useful energy/kWh primary energy)	0.84	1.24	1.32
CO₂ Emissions *** (g CO₂/kWh usable energy)	294	200	187
Refrigerants used	primarily HFC	natural refrigerant or HFO	natural refrigerant
GWP of refrigerants used	>1300	<150	3
Refrigerant charge range (g refrigerant / kW heating)	200 – 500	30 (hydrocarbons) 60 (HFOs)	65
Defrost Energy Used	about 10 %	<5%	<10 %
Smart grid integration	N	Y	Y

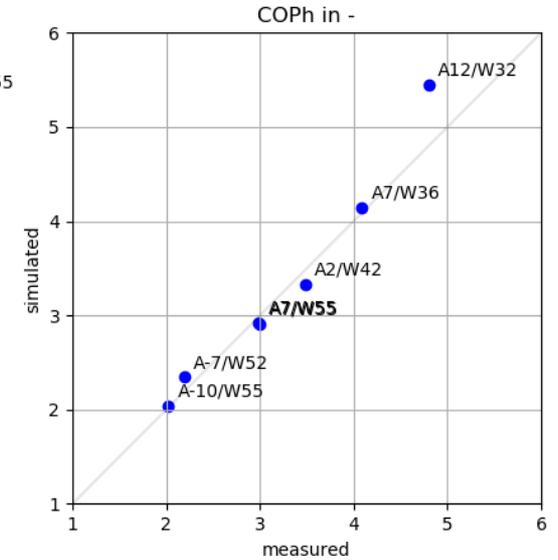
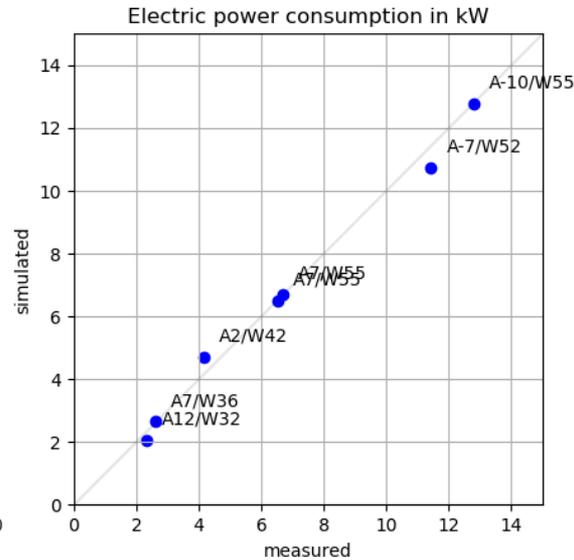
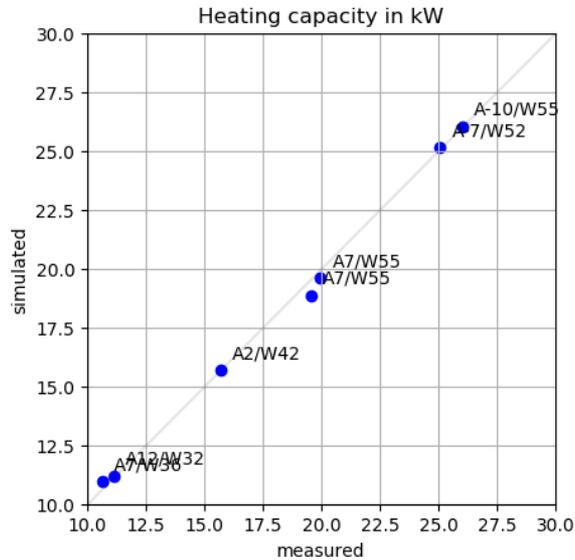
* State-of-the-art relates to most advanced air/water heat pumps available on the market 2012

** Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) calculated based on EN 14825

*** Based on EU UCTE-Mix; PEF=2.5; EN 15603: CO₂-UCTE-Mix = 617g CO₂/kWh final energy

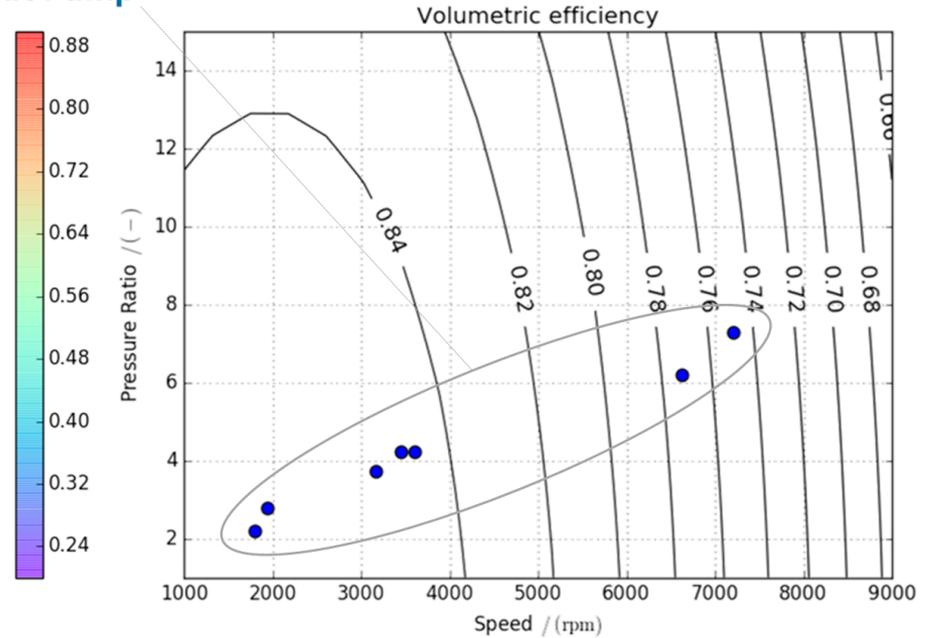
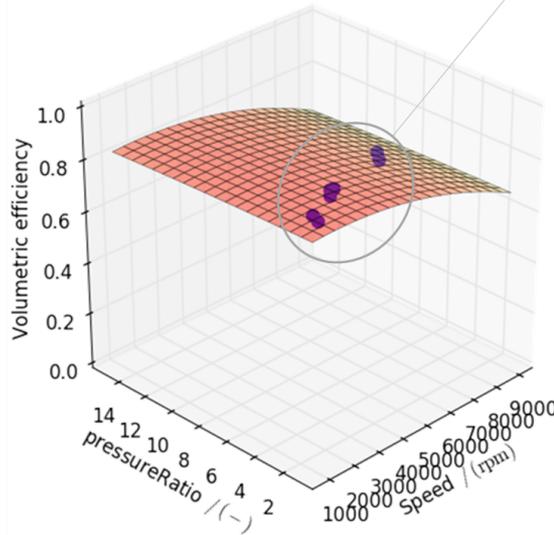
VIRTUELLER PRÜFSTAND

- Messung vs. Simulation



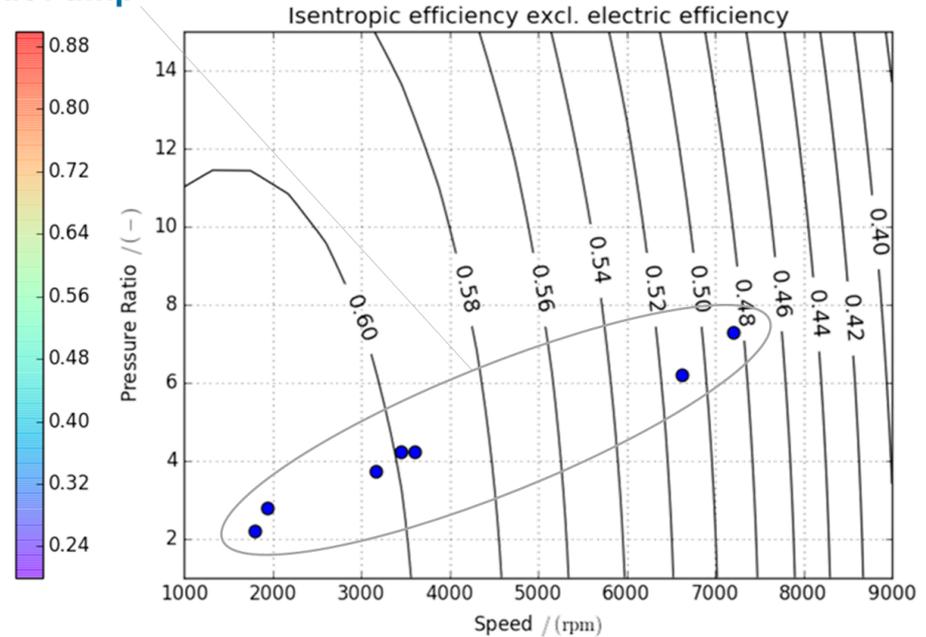
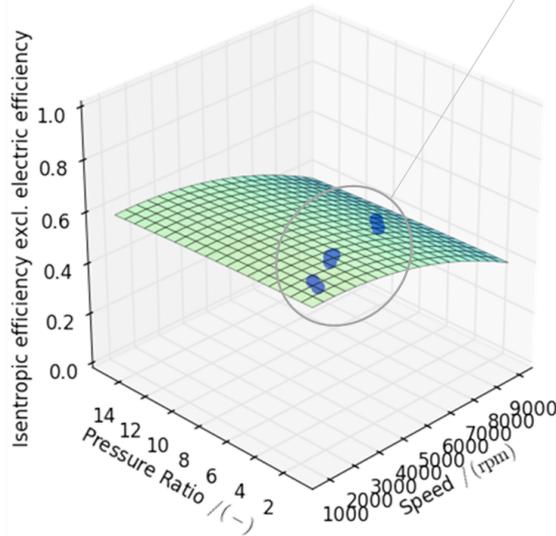
KERNKOMPONENTE VERDICHTER

- Liefergrad



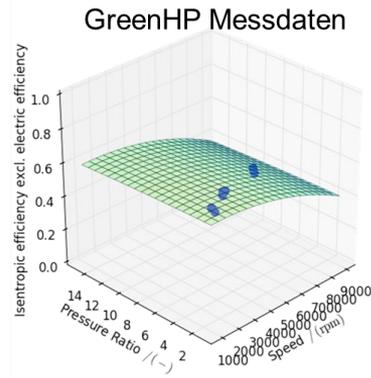
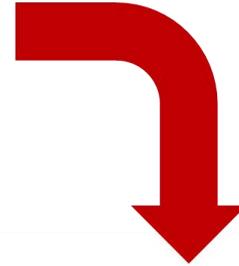
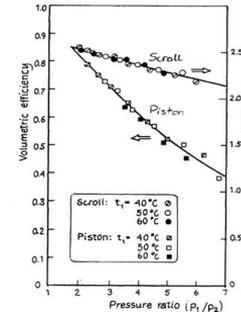
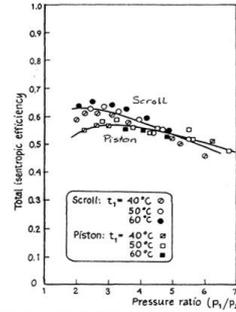
KERNKOMPONENTE VERDICHTER

- Gütegrad

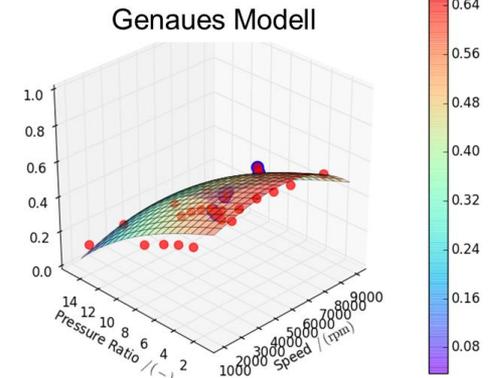


KERNKOMPONENTE VERDICHTER

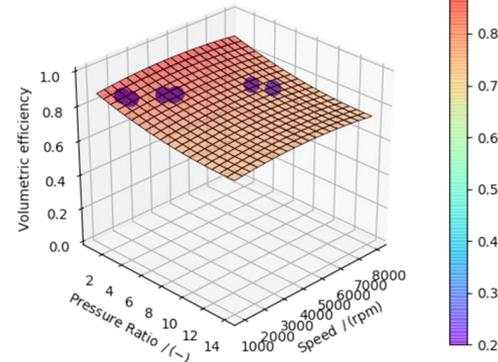
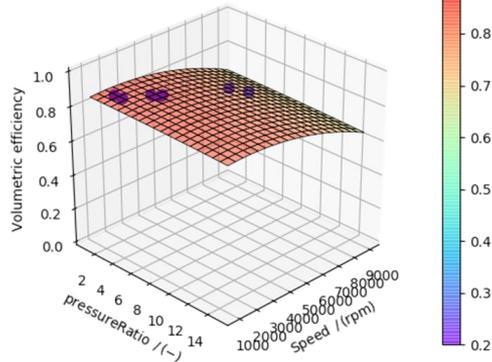
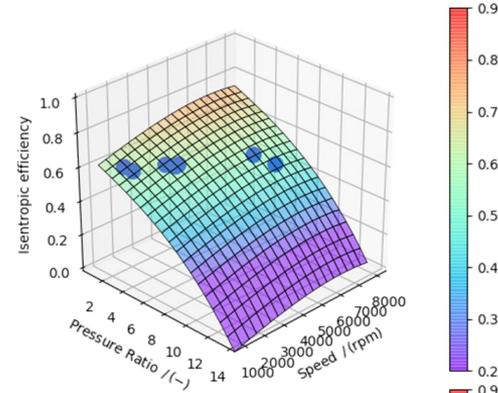
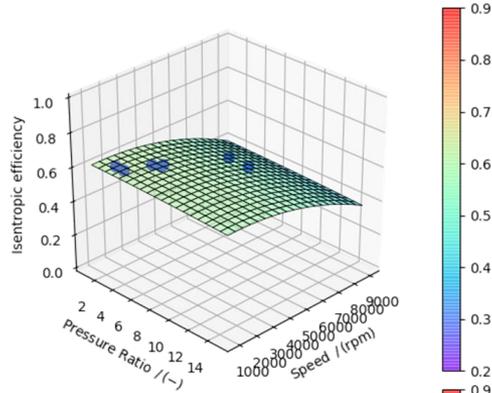
- Erweiterung der Messdaten mit Hilfe von Literaturdaten



Literatur

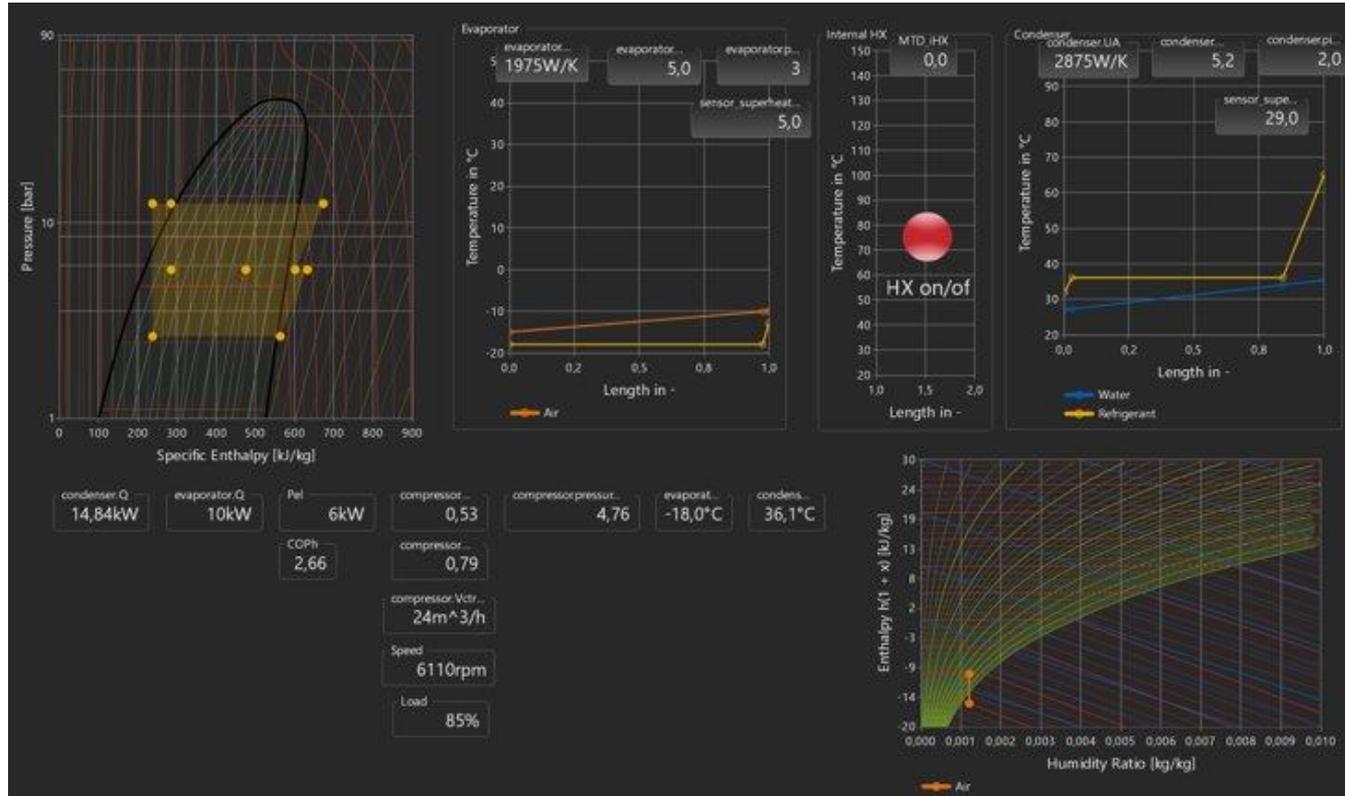


KERNKOMPONENTE VERDICHTER



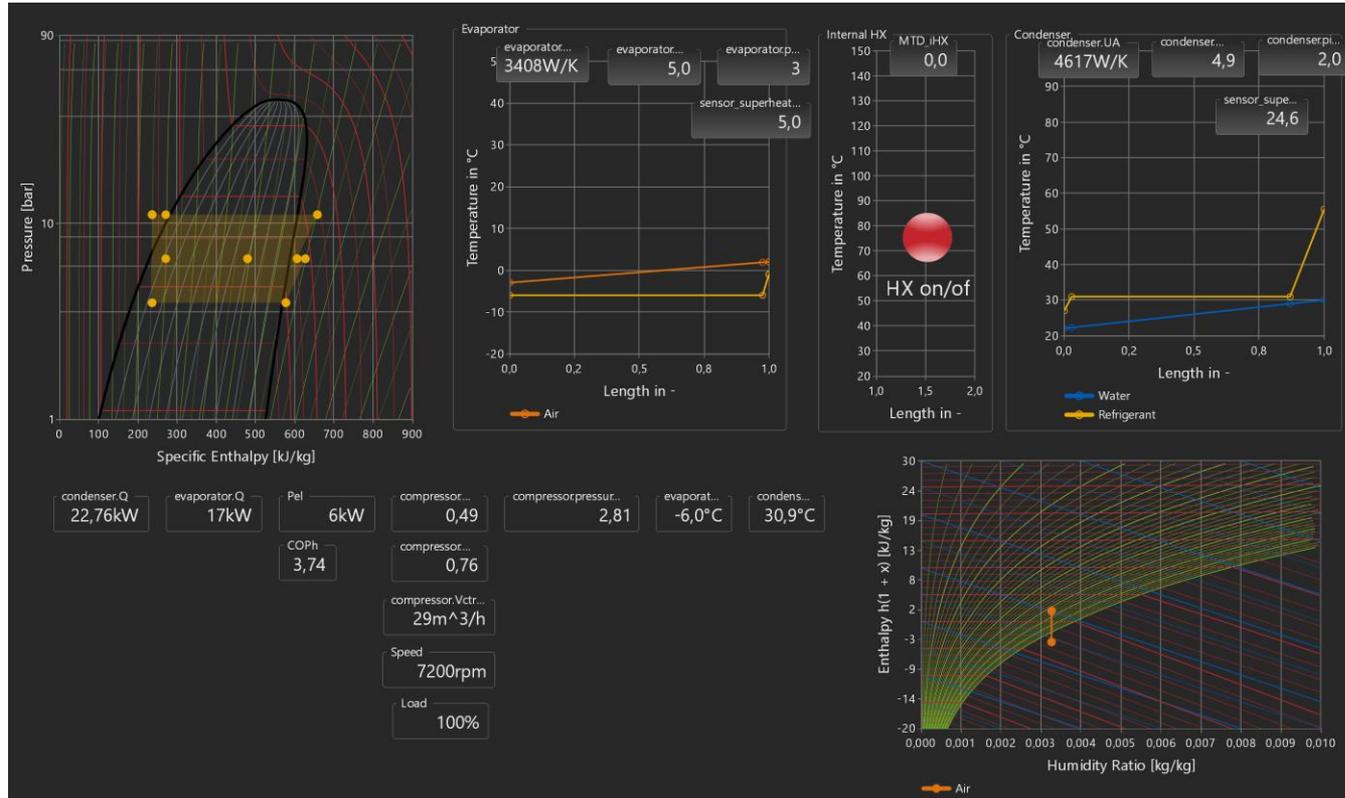
SIMULATIONSERGEBNISSE

Analyse



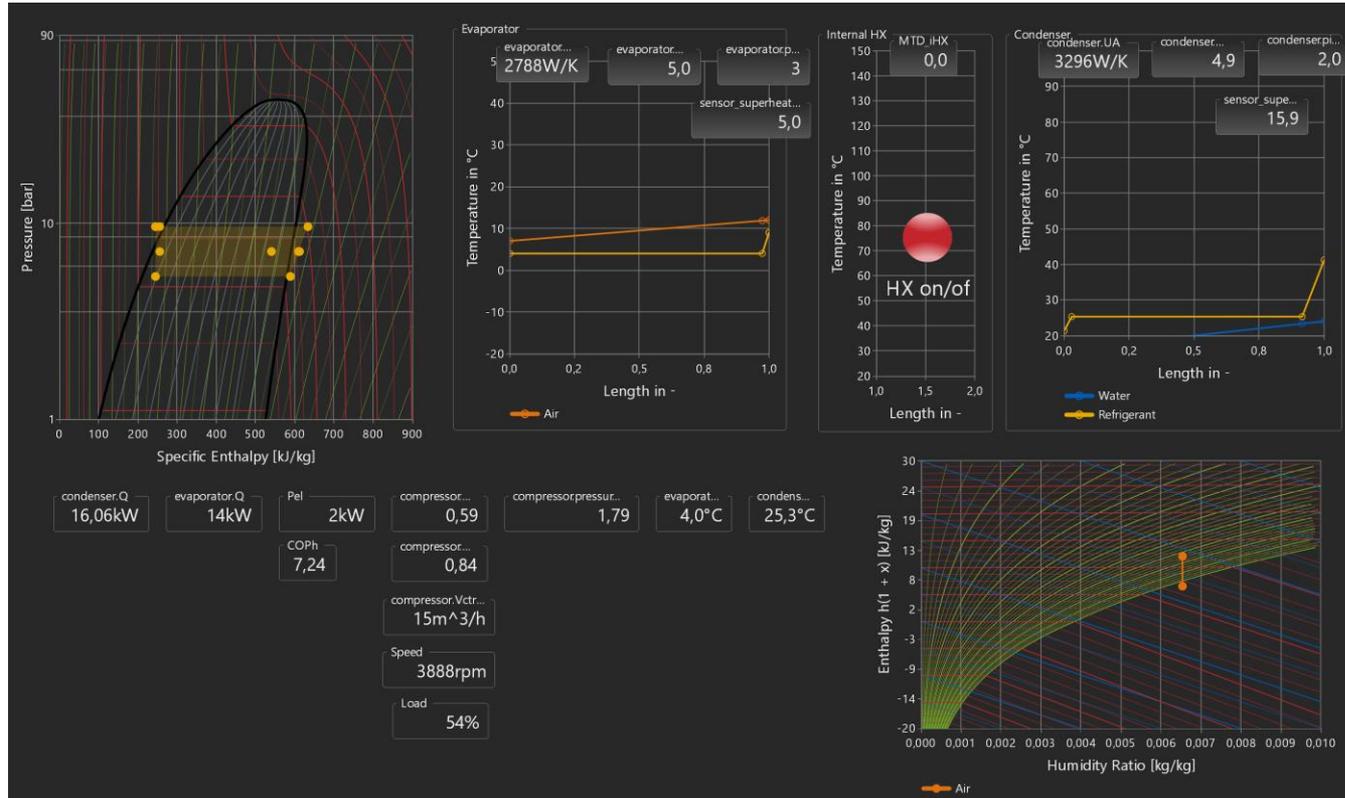
SIMULATIONSERGEBNISSE

Analyse



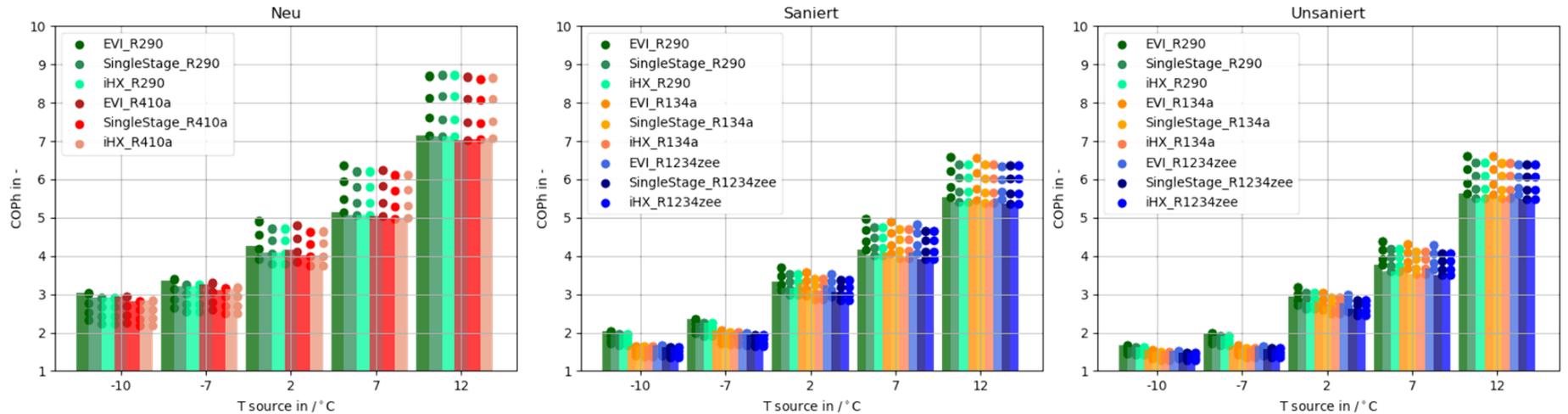
SIMULATIONSERGEBNISSE

Analyse



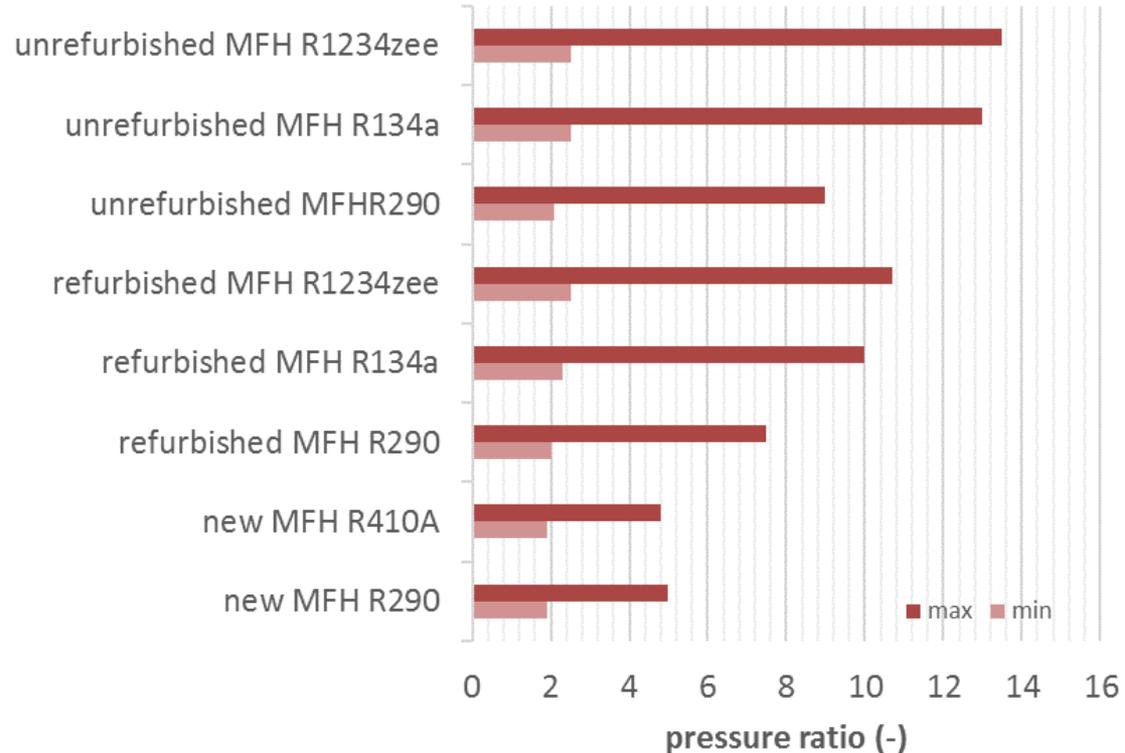
SIMULATIONSERGEBNISSE

COP



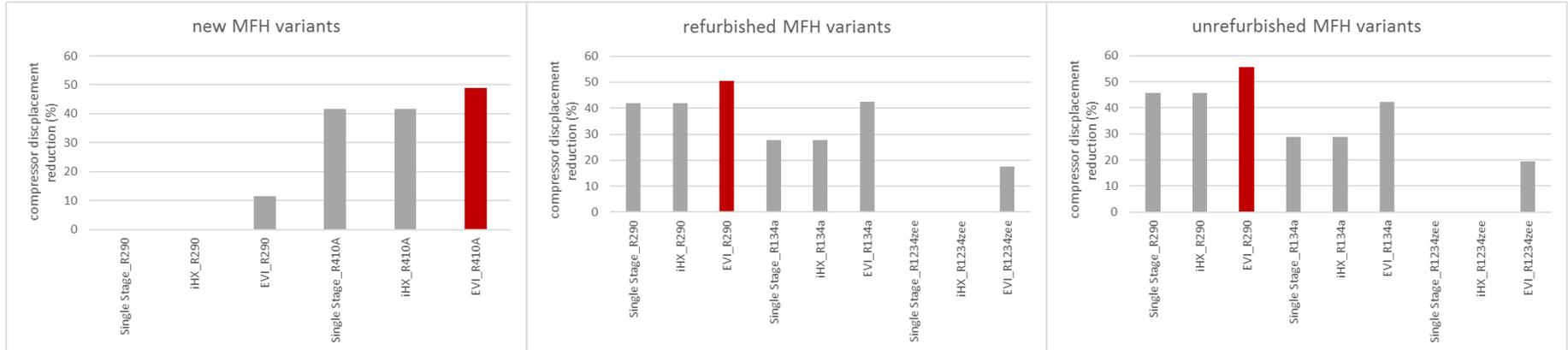
SIMULATIONSERGEBNISSE

Druckverhältnis



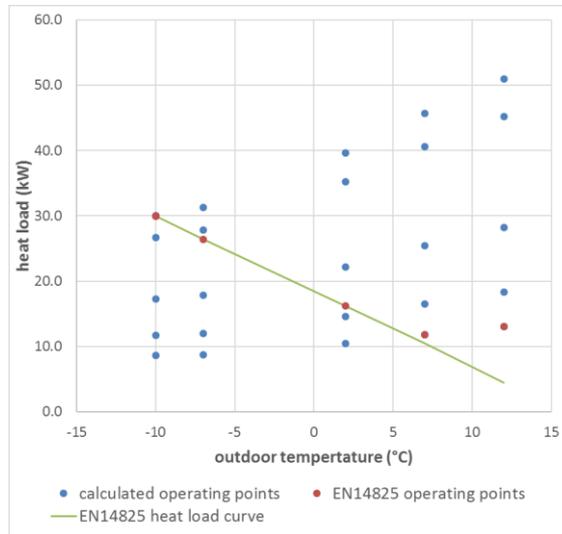
SIMULATIONSERGEBNISSE

Fördervolumen → Füllmenge



SCOP BERECHNUNG

- Der SCOP stellt die jahreszeitliche Effizienz gemäß EN14825 dar
- Im Gegensatz zum COP wird hier nicht nur die Effizienz eines einzelnen Betriebspunktes betrachtet, sondern das gesamte Betriebsverhalten einer Saison



Calculation of energy efficiency - Average climate

Product reference	
Manufacturer	
Product reference	
Type of heat pump	outdoor air-to-water
Operating mode	heating only
Temperature application	55 °C
Water flow	variable
Water outlet temperature	fixed
Capacity control	variable
Backup heater	electricity

Reference conditions	
Climate	average
T _{design,h}	-10 °C
P _{design,h}	
T _{biv}	
TOL	
H _{he}	2066 hours
Q _h	
Proportion backup efficiency	%

Calculate Reset

Energy Efficiency			
SCOP _{on}	SCOP	η_h	Q _{HE} (kWh)

11.46
-6
-10

Performance data									
Condition	Outdoor air T/C	Part load ratio (%)	Part Load (kW)	inter/outlet water temperatures (forecasting)	Declared Capacity (kW)	Declared COP _p	C _{th}	CR	COP _{th}
A	-7								
B	2								
C	7								
D	12								
E(TOL)									
F(T _{biv})									

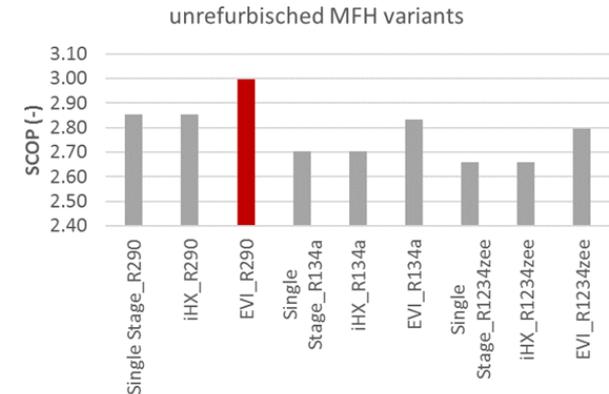
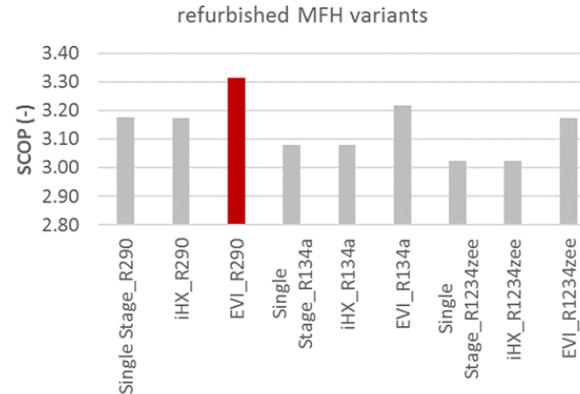
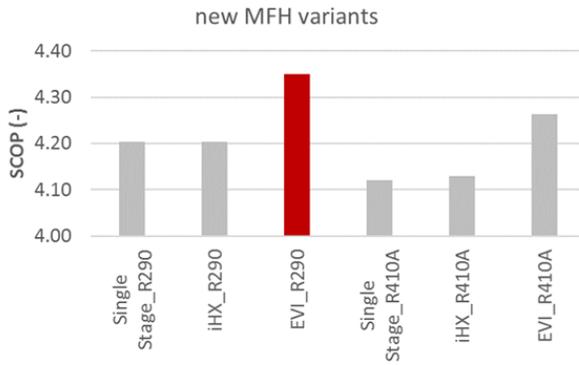
9.55	3.26	0.90
11.17	4.00	0.90
12.66	4.91	0.90
14.30	5.50	0.90
7.80	2.60	0.90
9.70	3.30	0.90

Auxiliary power consumptions			
Operating modes for heating only			
	Hours	Power input (W)	P * h (kWh)
Thermostat off	178		
Standby	0		
Off mode	3672		
Crankcase heater	3850		

Operating modes for reversible units			
	Hours	Power input (W)	P * h (kWh)
Thermostat off	178		
Standby	0		
Off mode	0		
Crankcase heater	178		

SCOP ERGEBNISSE

use cases - MFH	heat load	system temperature	variant	SCOP
-	kW	°C	-	-
new	20	35	EVI_R290	4.35
refurbished existing	30	55	EVI_R290	3.32
unrefurbished	50	65	EVI_R290	3.00



CONCLUSIO

- Für neue, sanierte und unsanierte MFH-Gebäude konnten mittels Kältekreislaufsimulationen in Dymola/Modelica und SCOP-Berechnungen optimierte Kältekreislaufkonfiguration für Luft-Wasser-Wärmepumpen für die jeweilige Gebäudekategorie ermittelt werden.
 - Dazu wurden für die Modellierung 3 verschiedenen Kältekreislaufvarianten spezifiziert und die Kältemittel R290, R410A, R134a und R1234zee für die numerischen Vergleiche ausgewählt.
 - Die Kältemittelkreislaufvarianten wurden in der Simulationsumgebung Dymola/Modelica modelliert und mit Ergebnissen aus experimentellen Untersuchungen validiert.
 - Basierend auf Berechnungen der jahreszeitlichen Leistungszahl (SCOP) wurden die effizientesten Kältemittelkreislaufvarianten zusammen mit dem am besten geeigneten Kältemittel ausgewählt
- Es stellte sich heraus, dass Kältemittelkreisläufe mit dem Kältemittel R290 die höchsten SCOP für alle untersuchten Anwendungen (neue, unrenovierte bestehende, renovierte bestehende MFH) erreichen.
- Kältekreislaufvarianten mit EVI führen insbesondere bei den Anwendungen mit höheren Vorlauf-Temperaturen zu den höchsten SCOPs
- Neben der Effizienz bietet R290 aufgrund seiner thermodynamischen Eigenschaften die Möglichkeit, die Menge der Kältemittelmenge zu reduzieren.

WEITERE TERMINE – ANNEX 50

Innovative Akustik-Gadgets für die Praxis und die dafür benötigten HighTech-Messverfahren

30.09.2020, 16:00 bis 17:00

Wärmepumpen-Anwendungen in MFH - Status Quo und Ausblick:

14.10.2020, 16:00 bis 17:00

Einflüsse auf die Wärmepumpen-Akustik und davon abgeleitete Optimierungsmaßnahmen:

28.10.2020, 16:00 bis 17:00

Mit Simulationsstudien zum optimalen konstruktiven Design von Wärmepumpen für den Einsatz in MFH:

11.11.2020, 16:00 bis 17:00

Erfahrungsbericht zu einer Wärmepumpenanwendung in einem MFH mit Eisspeicher & Solarthermie:

25.11.2020, 16:00 bis 17:00

Vorstellung des Online-Tools „Solution-Finder“ mit Fallbeispielen von aktuellen Wärmepumpen-Anwendungen in MFH:

16.12.2020, 16:00 bis 17:00

HERZLICHEN DANK

Michael Lauermaun und Andreas Zottl, 11.11.2020

