

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

-> LC150 - Low Charge **150g** <-

Clemens Dankwerth, Timo Methler, Theresa Paul, Katharina
Morawietz, Lena Schnabel

DKV Jahrestagung Magdeburg, IV.14
18. November 2022



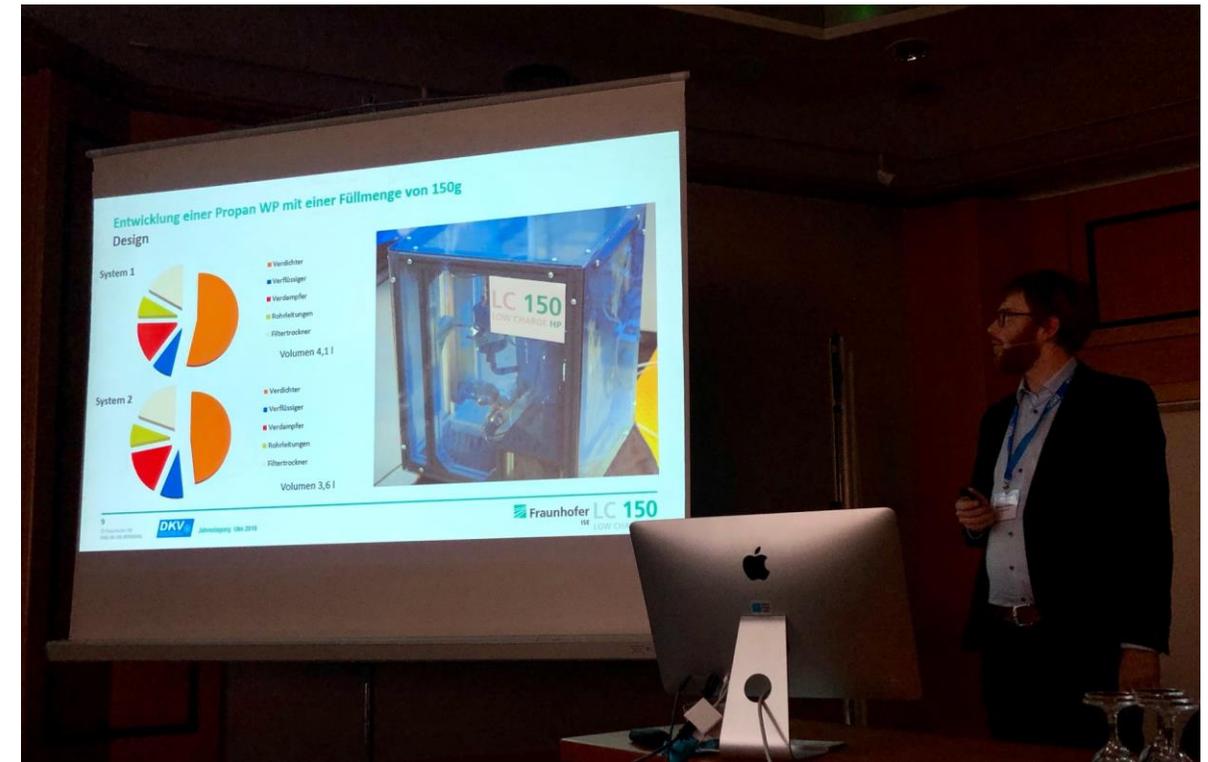
01

Wie alles begann ...

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Wie alles begann?

- 2019
 - Entwicklung der ersten Idee für füllmengenreduzierten R290 Wärmepumpen
 - Aufbau der ersten beiden Prüflinge
 - Vortrag auf der DKV Jahrestagung in Ulm
- 2020
 - Beantragung des geförderten Projektes LC150
 - Start im Oktober mit 2 Wärmepumpen-Herstellern
- 2020-2023
 - Durchführung des Projektes LC150 mit 9 WP-Herstellern
- 2023
 - Start des Folge-Projektes LCR290
 - **Low Charge R290**





02

Motivation, Ziele und Methodik

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ziele

- **R290 Kältekreismodul für Wärmepumpen mit 150 g Füllmenge,**
 - Leistungsbereich 6-12 kW,
 - Arbeitstemperaturen 0 °C bis 75 °C
 - SCOPs über den BAFA-Anforderungen
- **Klares Design** als Basis für große Stückzahlen
- Integriertes **Sicherheitskonzept**
- **Flexibel einsetzbar**, auch in der Kältetechnik/ industriellen Anwendungen

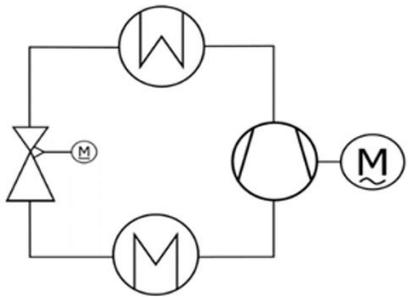


Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Methodik

DESIGN kältemittelreduzierter Kältekreise

- Variation von Kompressoren und Wärmeübertragern
- über 20 Kältekreise identifiziert/ aufgebaut



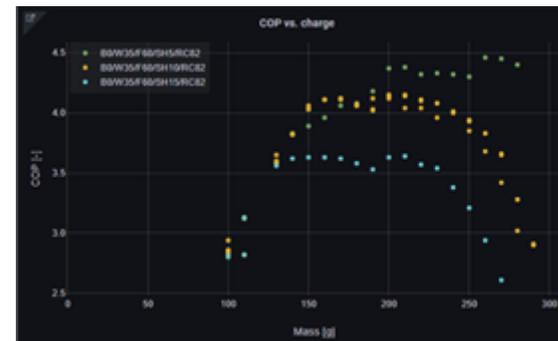
EXPERIMENTELLE CHARAKTERISIERUNG

- Variation der Verdichterdrehzahl, Temperaturen Quelle/Senke, Überhitzung, Kältemittelfüllmenge
- ~ 5d-13d/ Kennfeld



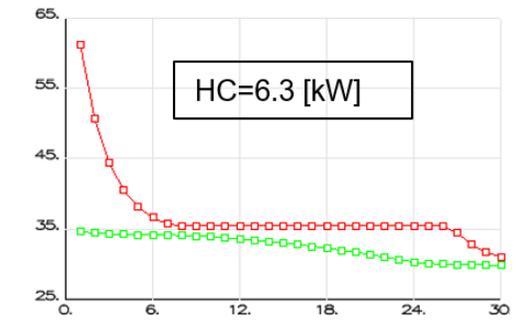
Datenbankbasierte AUSWERTUNG

- Darstellung von COP und Heizleistung als Funktion der Füllmenge für Variationen
- minimal erforderliche Füllmenge, SCOP



Vertiefte ANALYSE

- Vermessung Einzelkomponenten
- Thermographie
- Vergleich Simulation/ Messung
- Verbessertes Auslegungswissen





03

Ergebnisse

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

DESIGN kältemittelreduzierter Kältekreise

- **Reduktion der Ölmenge im Verdichter**
 - Je nach Öl-Typ lösen sich bis zu 30m% KM im Öl
 - Verdichtersumpf sinnvoller auf der Niederdruckseite

- **Volumenreduktion aller Komponenten**
 - Besonderer Fokus auf Bereiche mit hoher KM-Dichte
 - Vermeidung von ungenutzten Volumina in Wüs-Ports/Sensorik/ ...

- **Optimierung der Wärmeübertrager**
 - Fehlverteilung vermeiden

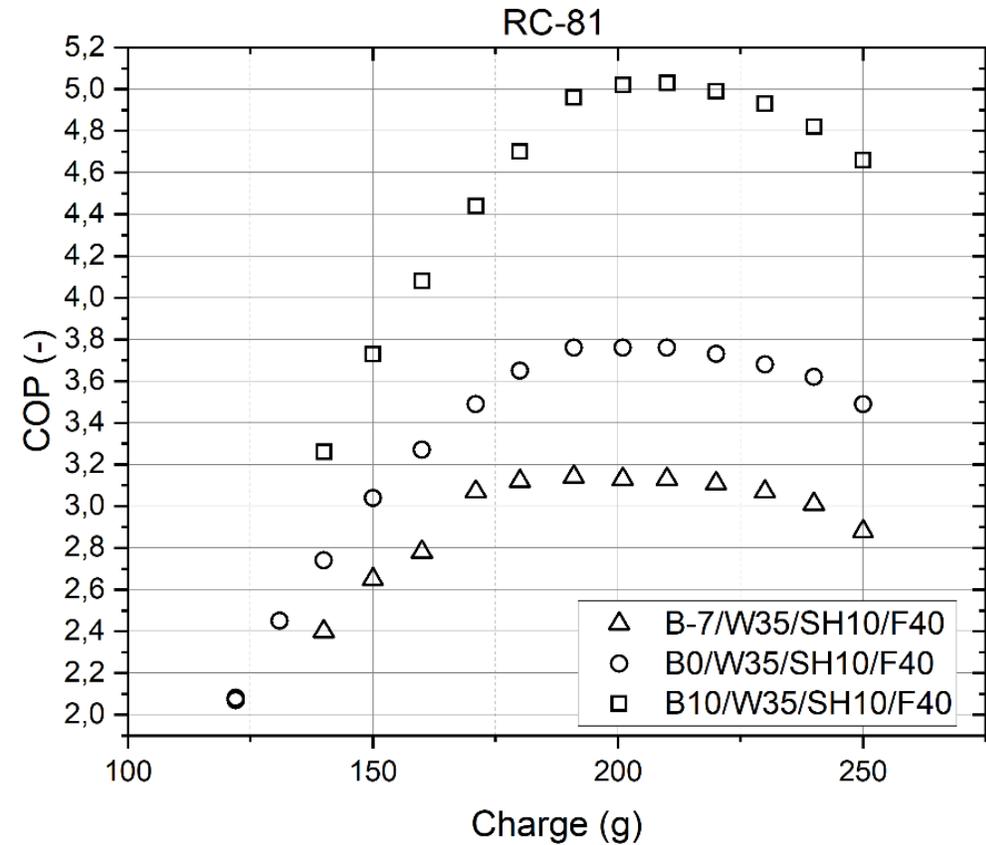
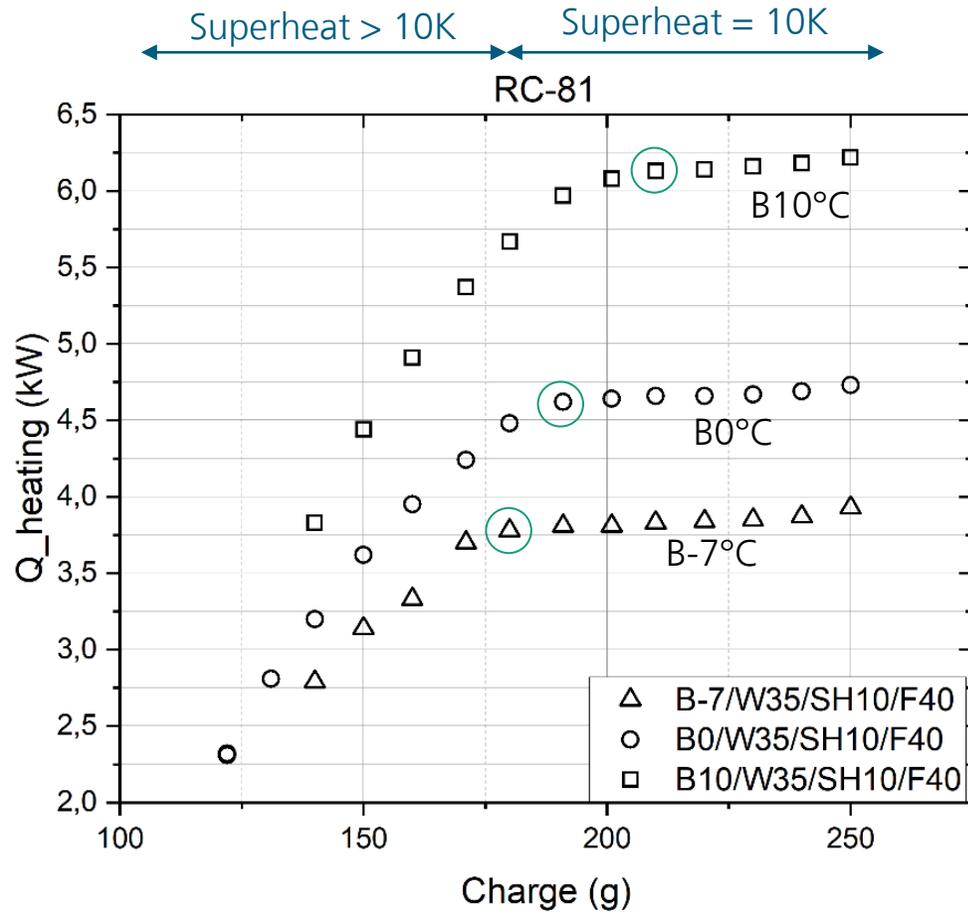
- **Hohe Drehzahl-Modulation des Verdichters**
 - Die gleiche Menge KM wird „öfter“ genutzt

	Hersteller, vermessen	Komponenten vermessen	Hersteller, in Gespräch
Verdichter	4	5	8
Kondensator	6	10	6
Verdampfer	5	11	5

Verdichter		Kondensator		Verdampfer	
Hersteller, vermessen	4	Hersteller, vermessen	6	Hersteller, vermessen	5
Komponenten vermessen	5	Komponenten vermessen	11	Komponenten vermessen	10
Scroll vert.	2	Dimple	1	Dimple	1
Scroll hori.	1	Fischgräte, sym.	6	Fischgräte, sym.	5
D- Rollkolben	1	Fischgräte, asym.	2	Fischgräte, asym.	3
		sonder	1	sonder	1
		multipass asym	1		

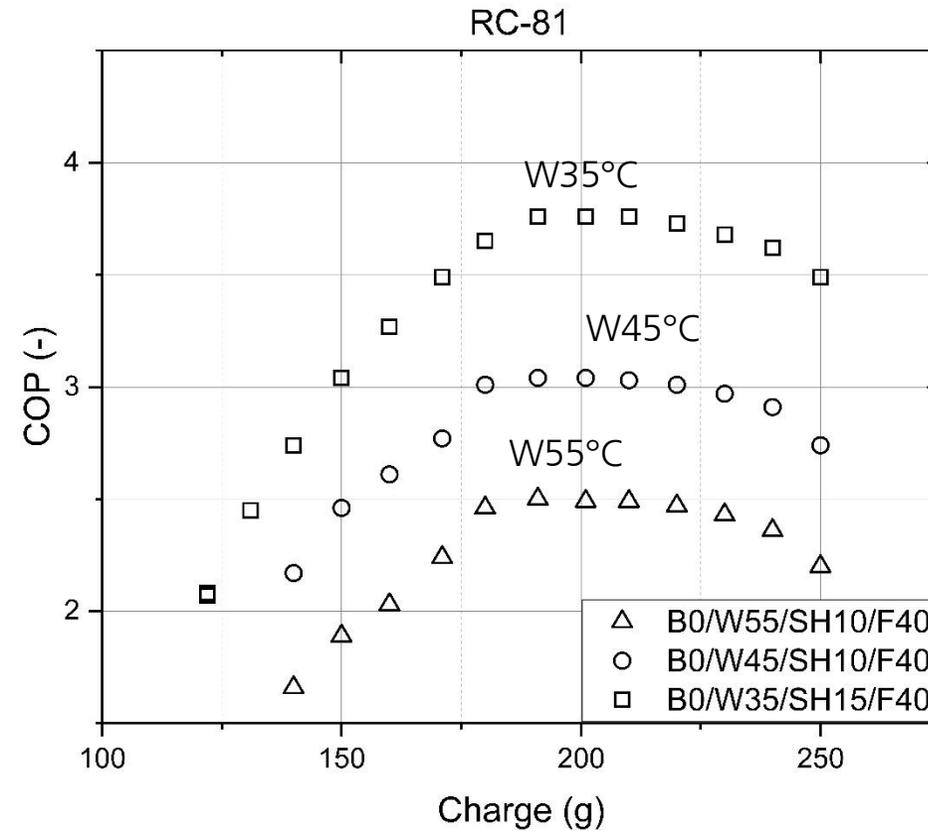
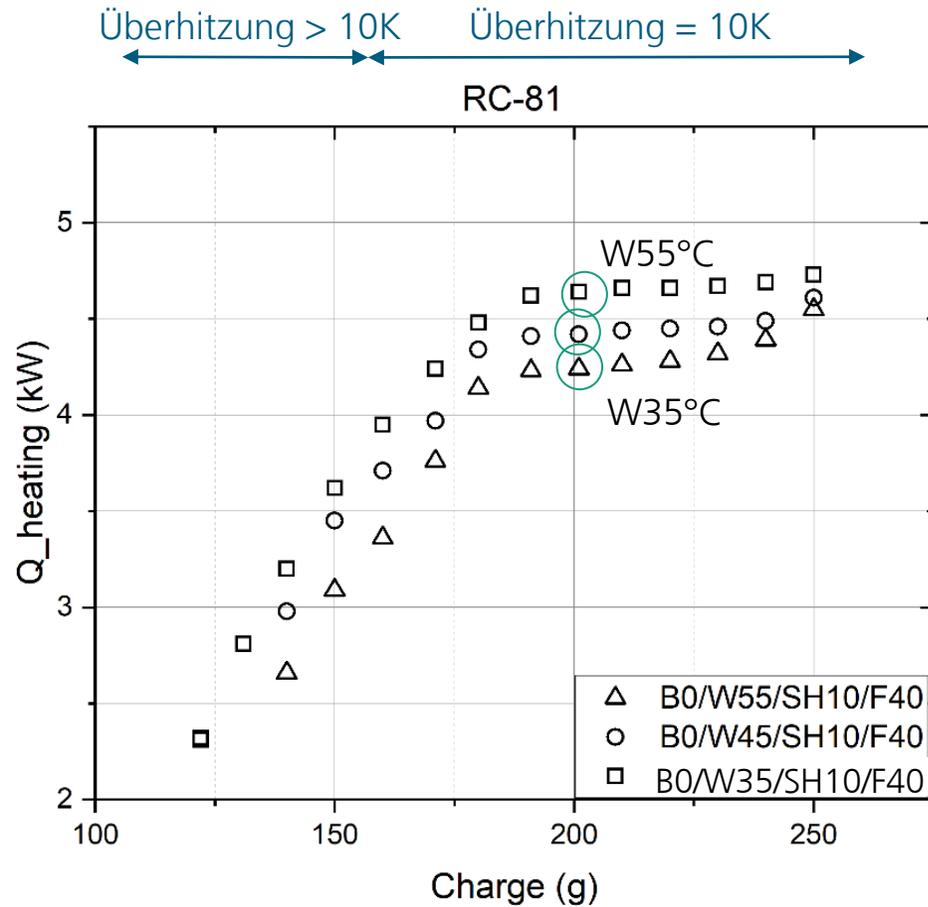
Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ergebnisse – Füllmenge in Abhängigkeit der Quelltemperatur



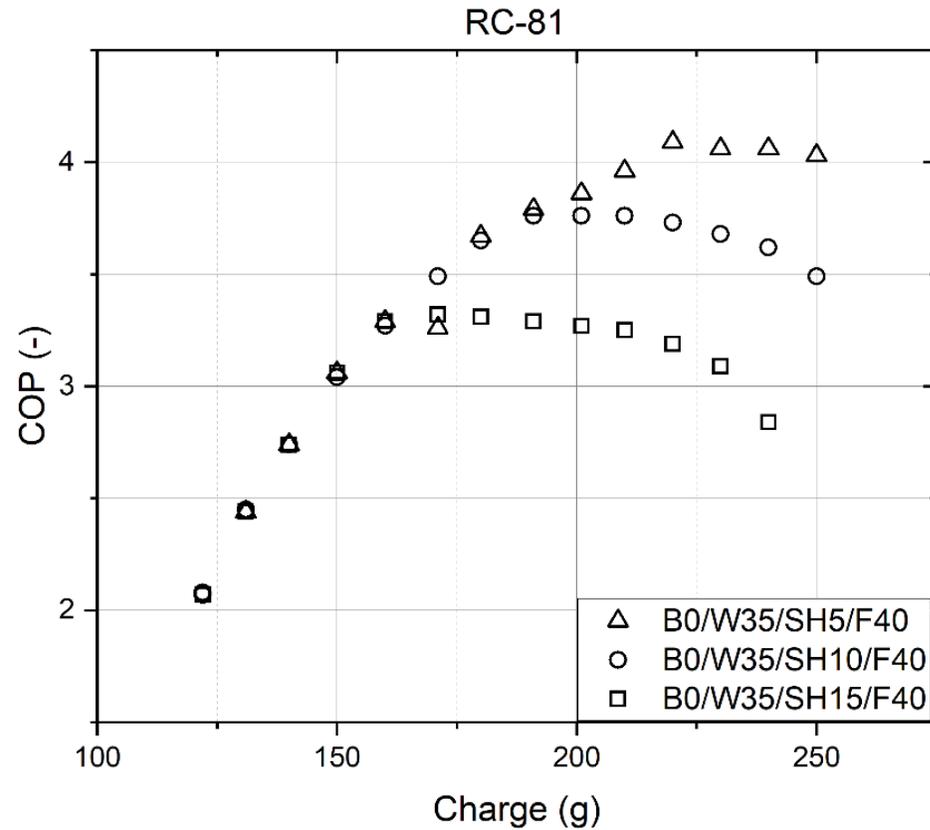
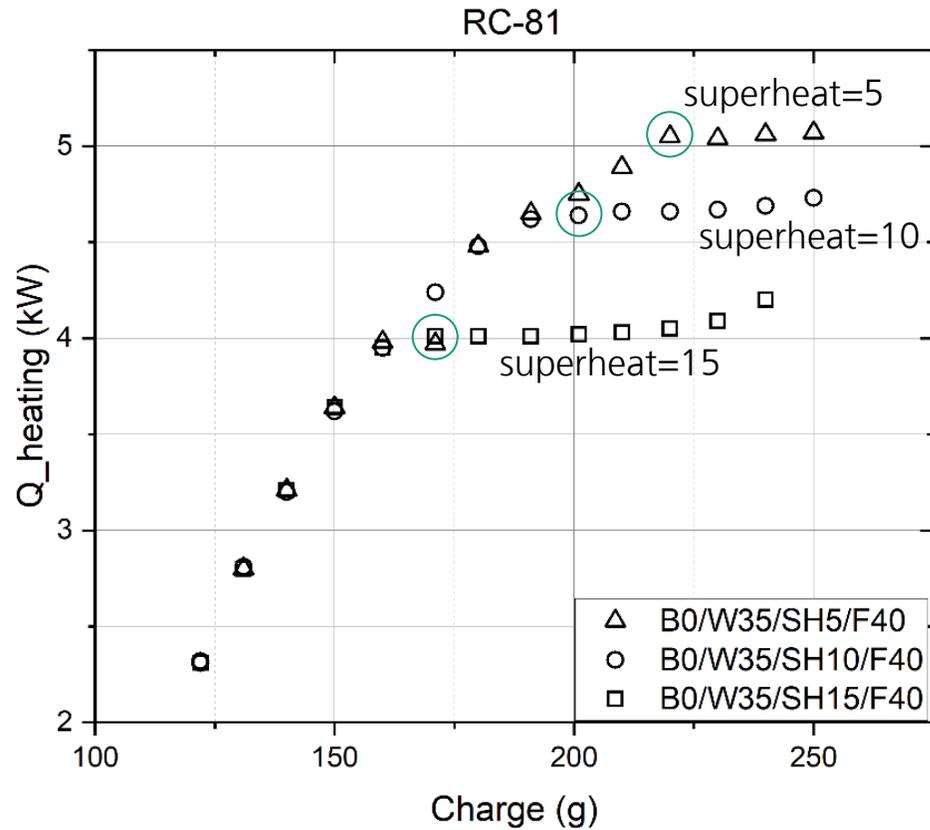
Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ergebnisse – Füllmenge in Abhängigkeit der Senkentemperatur



Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

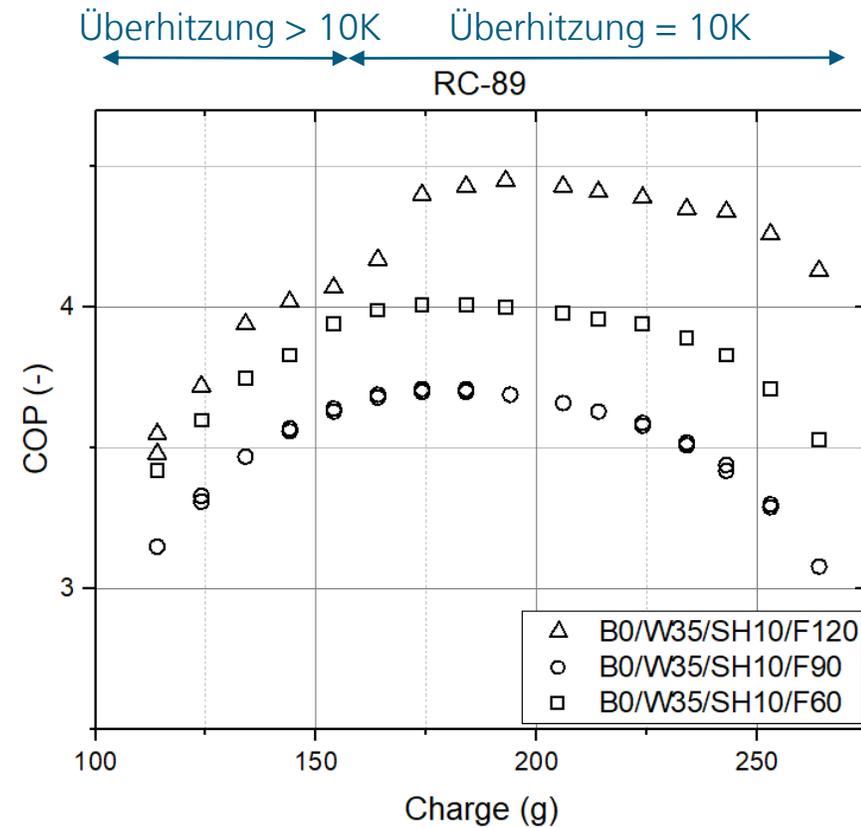
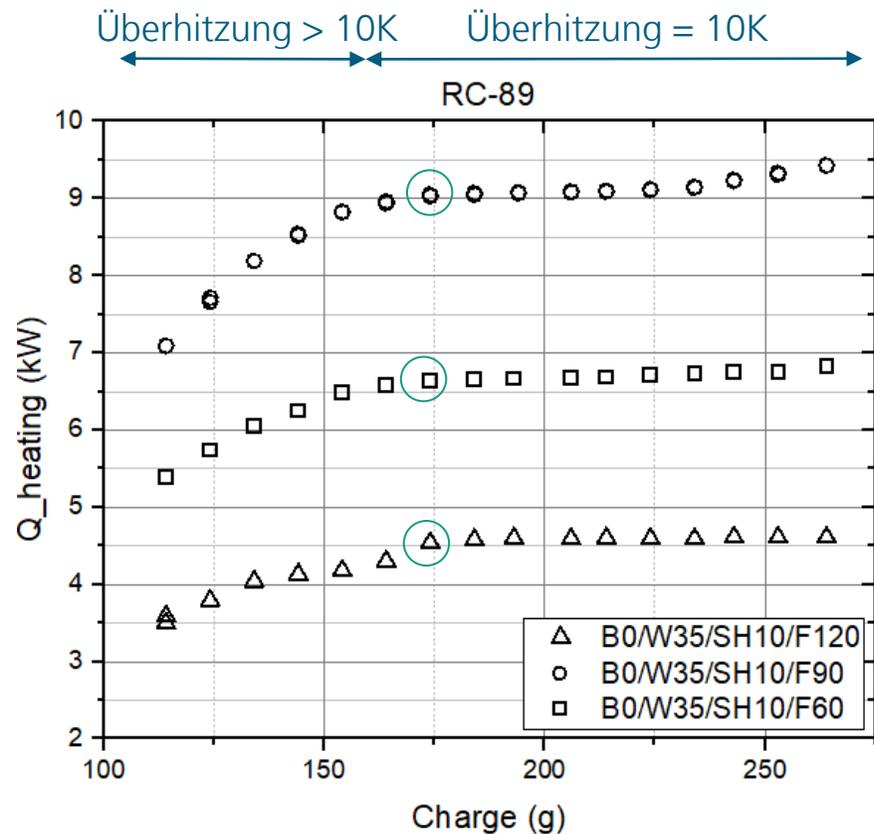
Ergebnisse – Füllmenge in Abhängigkeit der Überhitzung



superheat: 5K to 15K

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ergebnisse – Füllmenge in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl



compressor speed: 60Hz to 120Hz

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

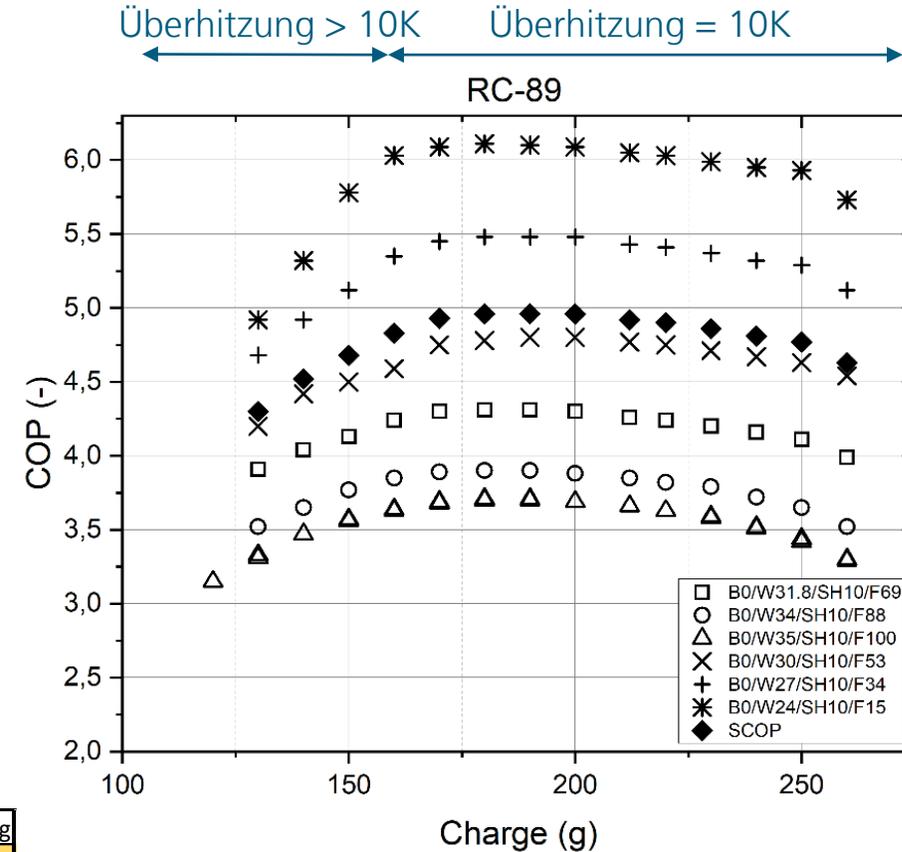
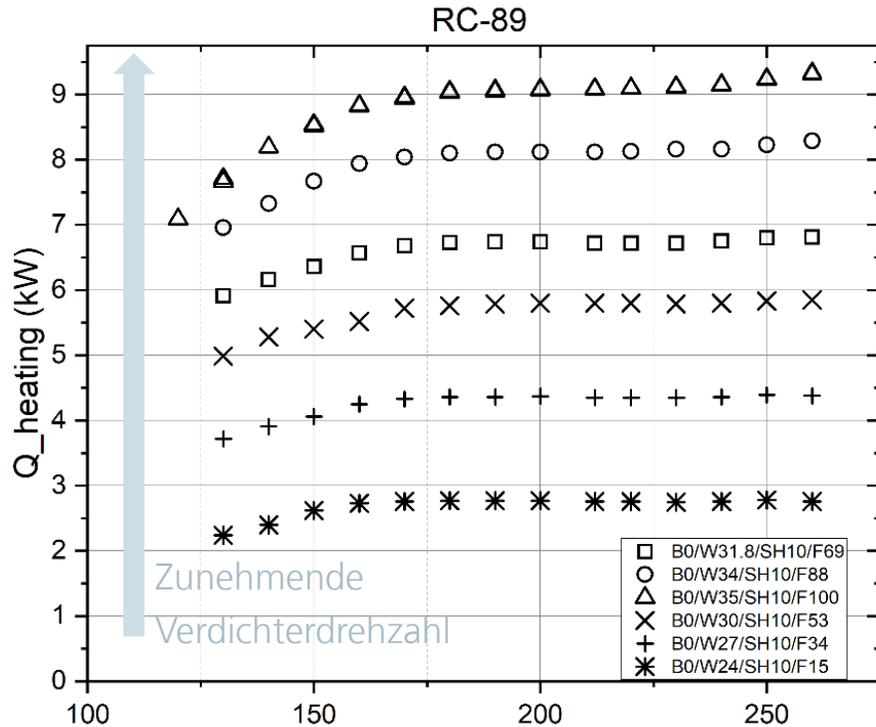
Ergebnisse – Einfluss einzelner Parameter auf die Kältemittel-Füllmenge

		Füllmenge	COP	Heizleistung
Quellentemperatur	↑	↑	↑	↑
Senktemperatur	↑	0	↓	↓
Überhitzung	↑	↓↓	↓	↓
Verdichterzahl	↑	↓	↓	↑↑

- Die niedrigste Füllmenge für einen Sole/ Wasser Kältekreis wird erreicht, wenn:
 - Soletemp. **niedrig** / Wassertemp. - / Verdichterzahl **hoch** / Überhitzung **hoch**
- Der höchste COP für einen Sole/ Wasser Kältekreis wird erreicht, wenn:
 - Soletemp. **hoch** / Wassertemp. **niedrig** / Verdichterzahl **mittel** / Überhitzung **niedrig**

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ergebnisse – SCOP Messungen



R290	114g	124g	134g	144g	154g	164g	174g	184g	194g	206g	214g	224g	234g	243g	253g	264g
B0/W35/F120/SH10	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
B0/W34/F108.46/SH10	0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	0
B0/W31.8/F89.23/SH10	0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
B0/W30/F73.85/SH10	0	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
B0/W27/F54.62/SH10	0	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0
B0/W24/F35.38/SH10	0	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Ergebnisse – Übersicht aller Messungen in der Kreuzevaluation

ID	min opt. charge	SCOP @B0/W24-35	heating capacity @B0/W35/SH10
RC8-01	185g	4,08	6,59 kW
RC8-02	174g	-	8,50kW
RC8-06	174g	4,41	6,75 kW
RC8-09	164g	4,79	8,12 kW
RC8-10	164g	4,26	6,61 kW
RC8-14	164g	4,06	6,83kW
RC8-16	145g	4,06	8,20 kW
RC8-17	148g	4,21	6,95 kW
RC8-18	174g	4,6	4,39 kW
RC8-21	124g	4,70	12,80 kW
RC8-22	174g	4,69	9,40 kW
RC8-24	154g	4,78	13,31 kW
RC8-25	178g	4,33	6,70 kW
RC8-26	177g	4,27	6,51 kW
ecoGEO+	150g	4,64	5,80 kW*
HP Keymark**	kA	4,73	kA

* SH unbekannt
Quelle: Datenblatt

** verschiedene KM
unterschiedliche Füllmengen
innen aufgestellt (Mittelwert)

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Vertiefte ANALYSE - Plattenwärmeübertrager

- Füllmengenbestimmung und Fehlverteilung in Plattenwärmeübertragern

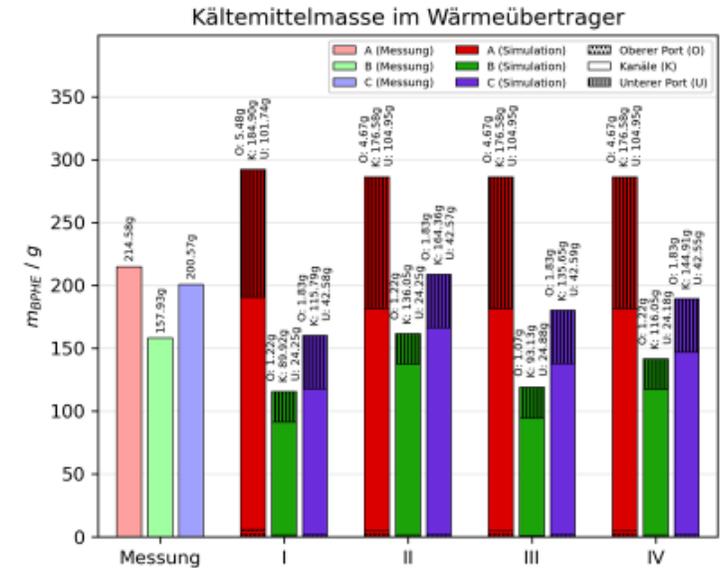
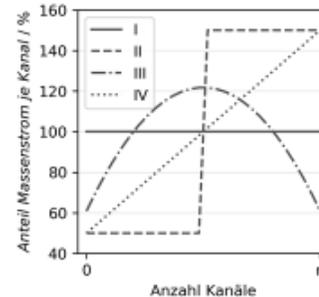
Analyse der Füllmengenberechnung von Plattenwärmeübertragern

Torsten Will
DKV Tagung 2022, II.2.11
Magdeburg, 18.11.2022
www.ise.fraunhofer.de

Simulation des Plattenwärmeübertragers

Variation der Verteilung

- Homogenes Volumendampfgehaltmodell
- Konstanter Wärmeübergangskoeffizient
- Ungleichmäßige Verteilung der Kältemittel- und Wassermassenströme
 - Gleichmäßige Verteilung (I)
 - Stufenform (II)
 - Quadratische Form (III)
 - Lineare Form (IV)



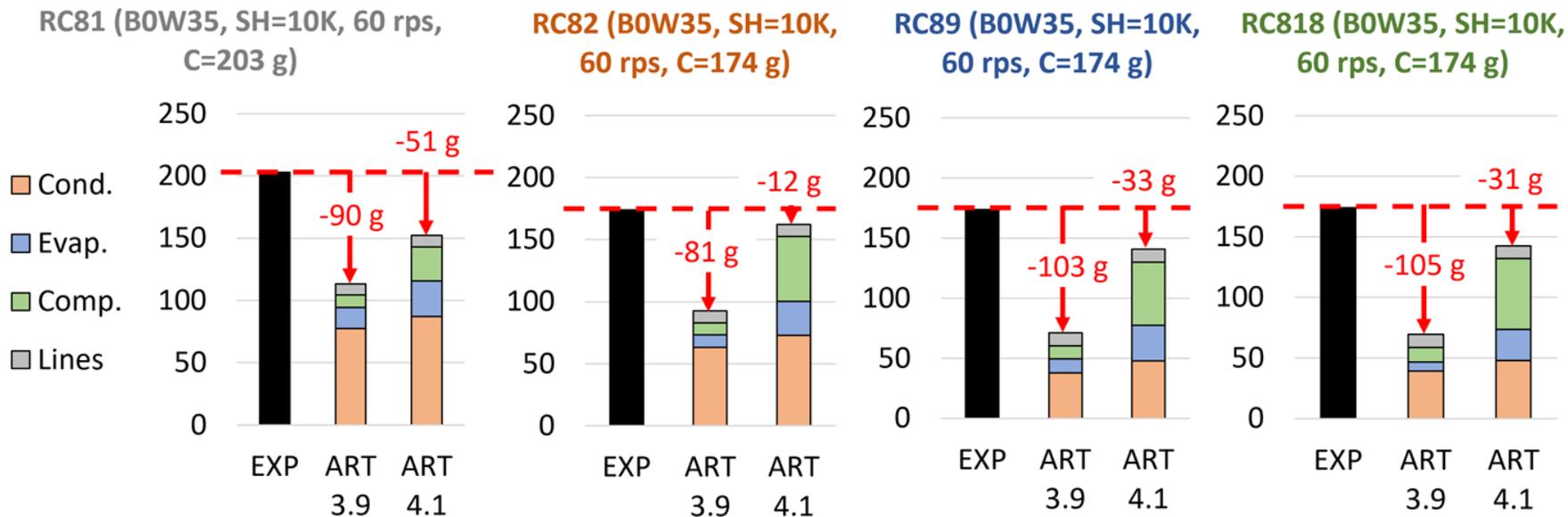
16
© Fraunhofer ISE
DKV-Tagung 2022, Magdeburg, II.2.11

Fraunhofer ISE

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Vertiefte ANALYSE – Abbildung der Kältekreise in IMST ART

- Nutzung von IMST-Art als Simulationsumgebung
- Parallele Simulation aller Kältekreise
- Sehr gute Abschätzung der Performance Werte
- Füllmengenabschätzung verbessert, „v.3.9“ (-81- -105g) -> „v. 4.1“ (-12 - -51g)
 - Größte Änderungen, Öl Absorptionsmodell, Portmodelle



BOW35, SH=10 K, 60 rps				
COP [-]				
	RC81	RC82	RC89	RC818
EXP	3.76	4.16	4.40	4.20
ART	3.74	4.19	4.31	4.00
DEV [%]	-0.58	0.80	-1.96	-4.85
Heat capacity [kW]				
EXP	4.66	4.31	4.54	4.36
ART	4.65	4.32	4.42	4.06
DEV [%]	-0.20	0.20	-2.55	-6.83
T _{evap} [°C]				
EXP	-8.56	-8.56	-7.23	-9.10
ART	-8.54	-8.39	-7.24	-9.09
DEV [K]	0.02	0.17	0.00	0.01
T _{cond} [°C]				
EXP	35.07	34.73	34.38	34.38
ART	35.91	35.53	35.05	35.00
DEV [K]	0.84	0.80	0.67	0.61



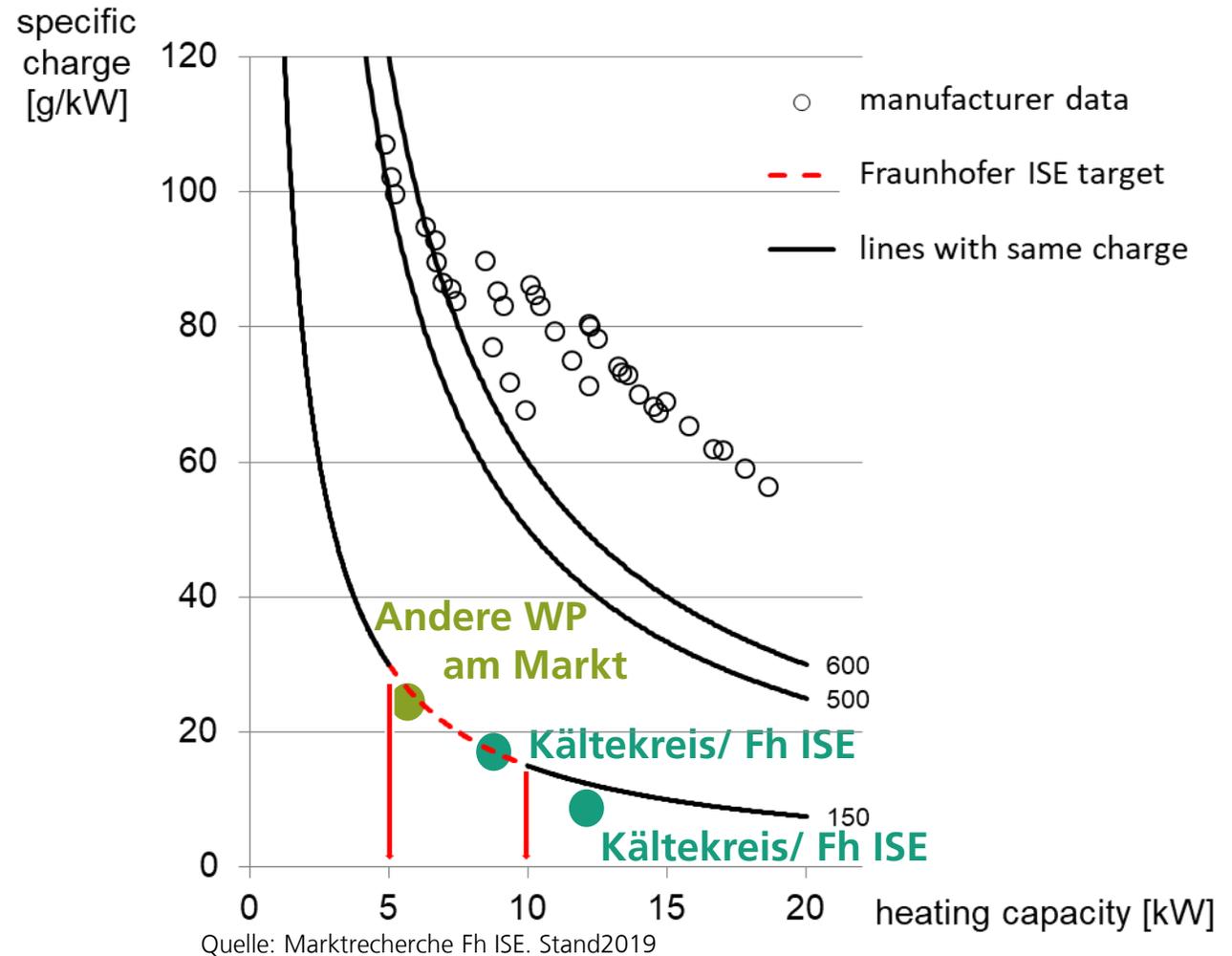
04

Zusammenfassung

Erstellung eines Benchmarks für Propan Wärmepumpen

Zusammenfassung

- **Reduktion Kältemittelfüllmenge bis zu 75%:**
 - Kältekreise mit 150g R290 und einer Heizleistung von 8-12kW und guten Effizienzen (SCOP > 4,3)
- **Umfassende Datenbasis für Komponenten**
 - Charakterisierung und Auswertung vieler Kältekreise
- **Automatisierter Betrieb von Testständen mit automatischer Füllmengenvariation**
 - Automatisierte Auswertung und Darstellung aller aufgenommenen Daten
- **Ausblick bis zum Ende des Projektes:**
 - Langzeitmessungen von den besten Komponenten
 - Weitere Verbesserung der Simulationsumgebung
 - Demonstrationsobjekt in einer Wärmerückgewinnungsanwendung für Industrieprozesse





05



Ausblick

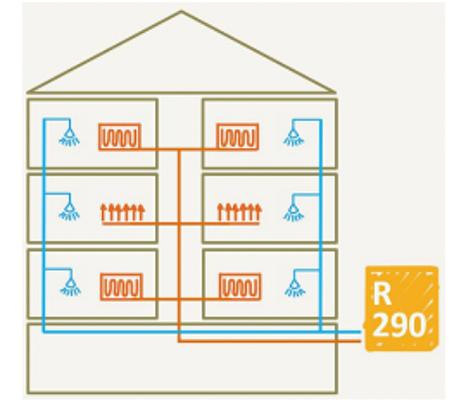
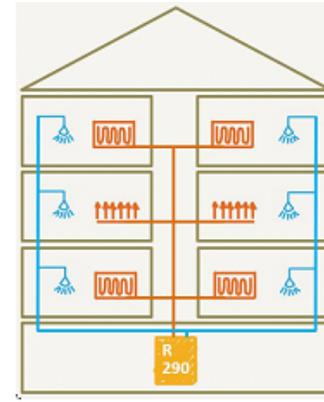
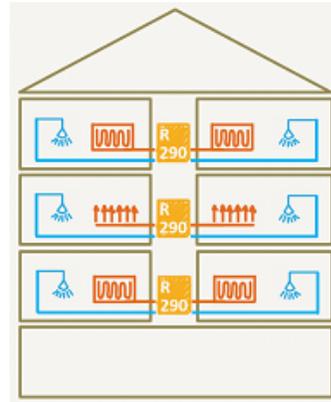
© renderbaron, Düsseldorf

Folgeprojekt LCR290

Wärmepumpenlösungen für die Substitution von Gas- und Ölbrennern (in MFH) unter Verwendung der
 — LC 150 Ergebnisse

LCR290

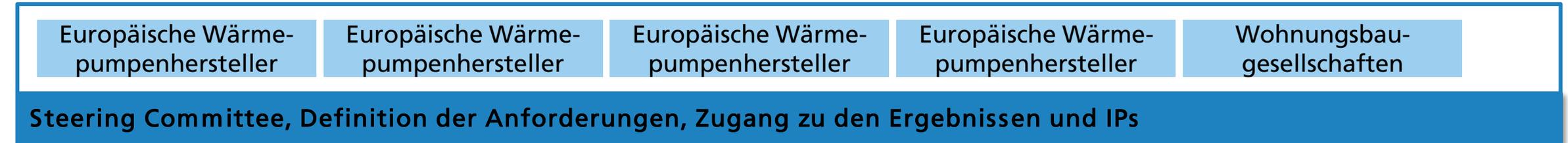
LOW CHARGE SOLUTIONS



NAME:	Innen/ Etage (MFH)	Innen/ Keller	Außen
GEBÄUDETYP:	MFH/ Etagenlösung, Bestand	EFH und MFH, Bestand	EFH und MFH, Neubau und Bestand
WÄRMEQUELLE	Luft (indirekt), Erdreich, NT-Netz	Luft (indirekt), Erdreich, NT-Netz	Luft (direkt)
THERMISCHE LEISTUNG	bis 10 kW	10-80 kW	10-80 kW

Projektskizze LCR290

Neben Wärmepumpenherstellern auch Wohnungsbaugesellschaften Teil des „Steering Committee“



1,4 Mio. € (~1-4% des Gesamtvolumens bezogen (bezogen auf Marktumsatz))

LC R290 PLATFORM ENTWICKLUNG VON FÜLLMENGEN REDUZIERTEN WÄRMEPUMPENSYSTEM FÜR GEBÄUDE MIT R290

7 Mio. € Projektbudget; 2,5 years; 01.01.2023 – 30.06.2025

- Entwicklung und Auswertung von technischen Lösungen für innen und außen aufgestellte R290 Wärmepumpen (Etagenwärmepumpen, zentrale Wärmepumpen innen/ außen)
- Konzeptfindung für Quellenintegration, Installation und effizienten Betrieb
- Standardisierung von Sicherheitskonzepten und Auswertungsmethoden
- Netzwerk für Wärmepumpenhersteller



5,6 Mio. €
(80 % Förderrate)





Contact

Clemens Dankwerth

Tel. +49 761 4588-5449

clemens.dankwerth@ise.fraunhofer.de

www.lc150.eu

www.ise.fraunhofer.de