

ITE

Institut für die Transformation
des Energiesystems

Technologieüberblick Großwärmepumpen

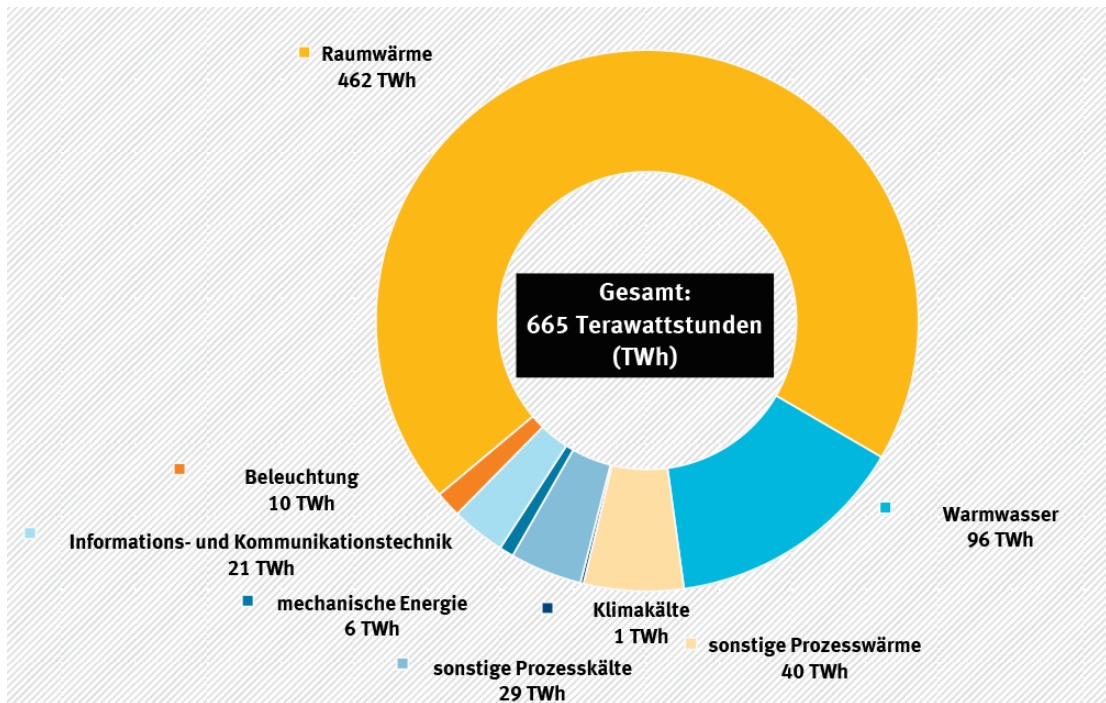
21. EKI-Fachforum „Großwärmepumpen“
09.06.2021

Lernen
mit weitem
Horizont

- Einleitung
- Funktionsprinzip von WP
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Fazit

- **Einleitung**
- Funktionsprinzip von WP
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Fazit

Endenergieverbrauch private Haushalte



- 90% für Heizen und Warmwasser
- 94,4 % für Wärme, Kälte und Warmwasser

Heute: großer Anteil fossiler Energieträger

Morgen: Anstieg Stromverbrauch?

Beispiel:

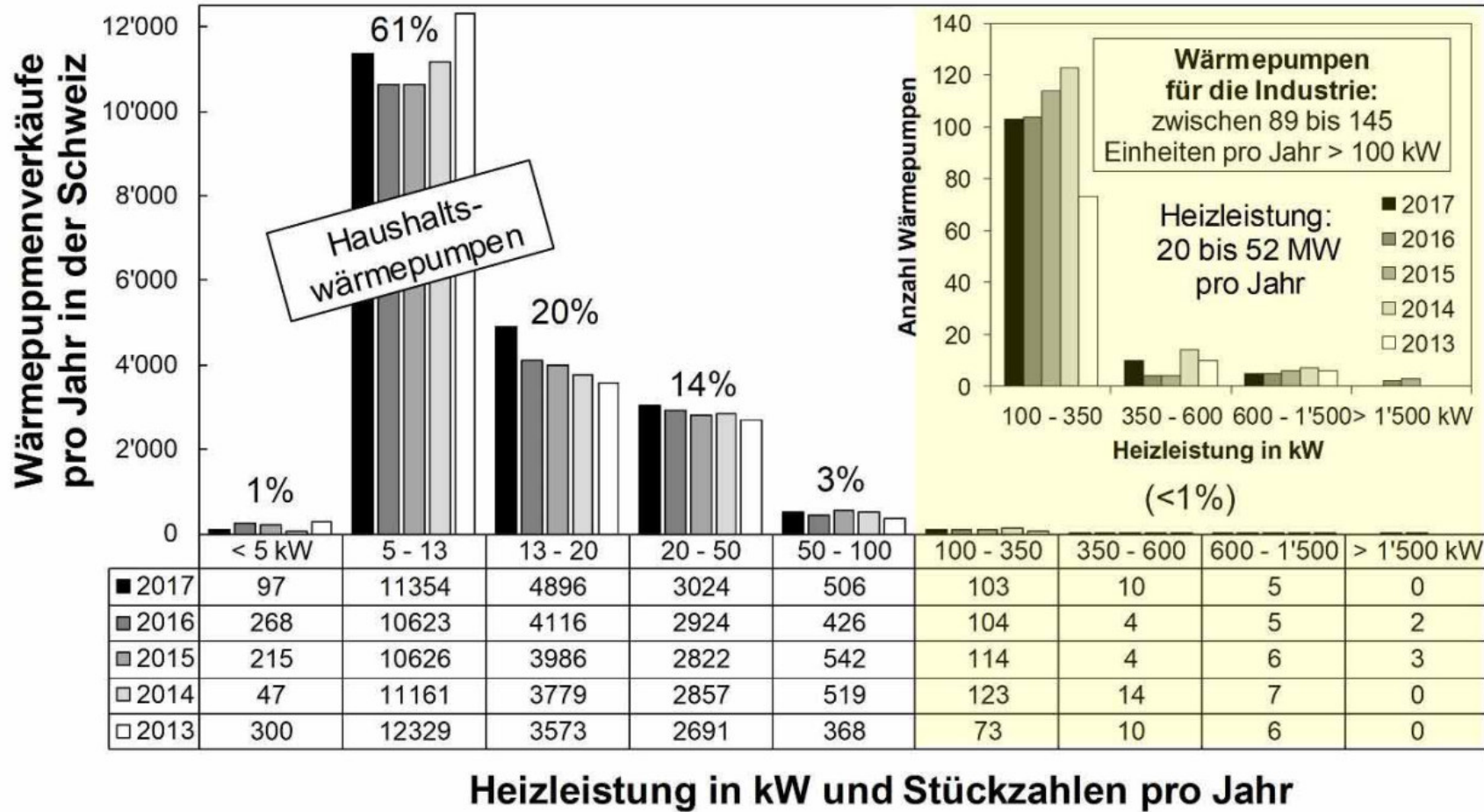
- Bis zu 10-facher Strombedarf bei Ersatz aller Öl- und Gaskessel durch Stromdirektheizungen
- Bis zu 15-facher Strombedarf bei Ersatz von Öl- und Gaskesseln durch Verbrennung von grünem Wasserstoff

→ 20 bis 30 mal so viele Windräder und PV-Anlagen?
(Heute ca. 50% regenerativer Strom)

→ Ist das das AUS für die Wärmewende?

→ Einsatz von (Groß-) Wärmepumpen reduziert den Strombedarf um ca. Faktor 3

Marktdaten von (Groß-) Wärmepumpen



Quelle: Arpagaus [2]

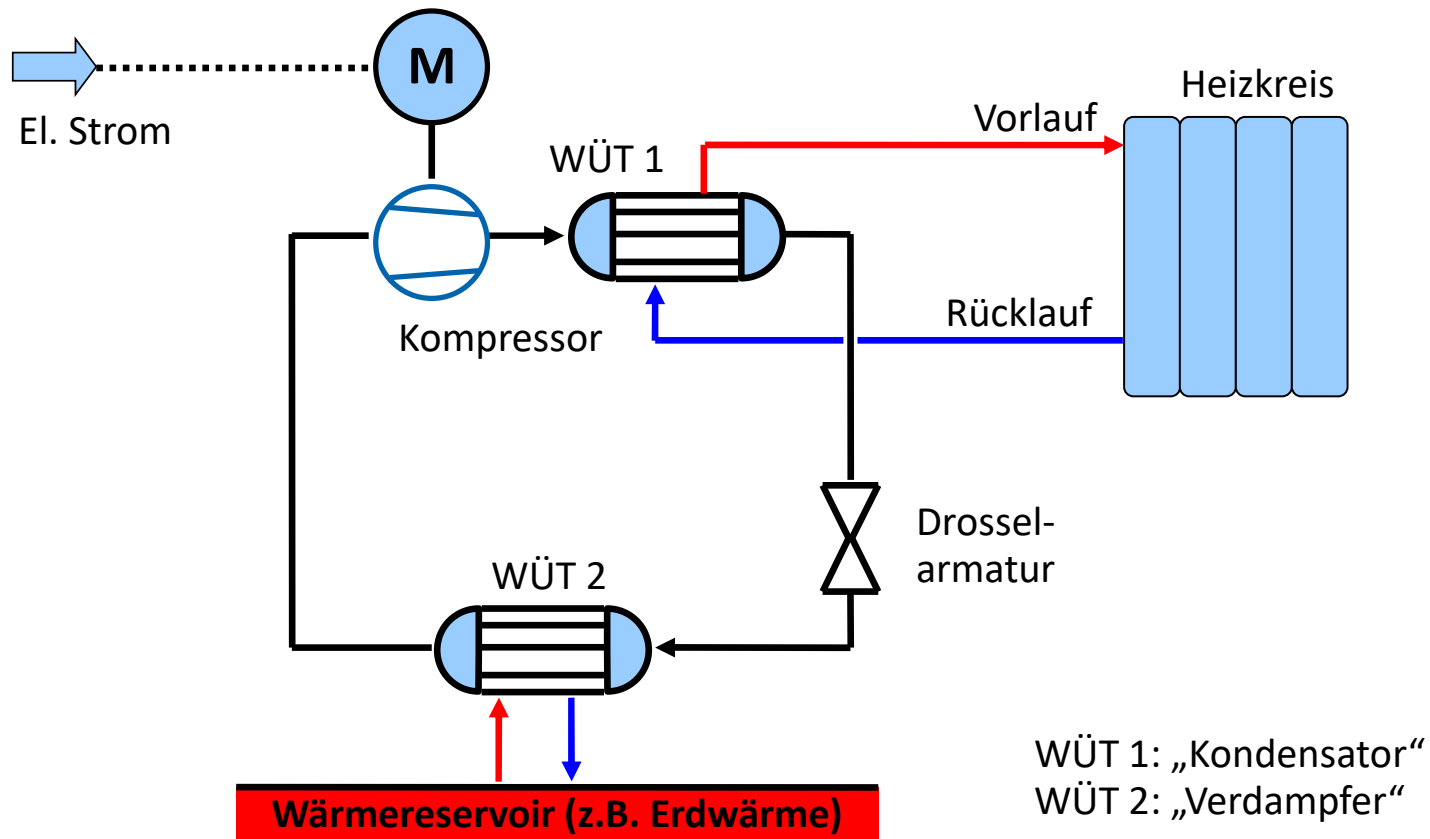
Auswahl an industriellen HTWP mit Vorlauftemp. $\geq 90\text{ }^{\circ}\text{C}$

Hersteller	Produkte	Kältemittel	Max. Vorlauf- temperatur	Heizleistung	Kompressor Typ
Kobe Steel (Kobelco steam grow heat pump)	SGH 165	R134a/R245fa	165 °C	70 – 660 kW	Doppelschraube
	SGH 120	R245fa	120 °C	70 – 370 kW	
	HEM-HR90,-90A	R134a/R245fa	90 °C	70 – 230 kW	
Viking Heating Engines AS	HeatBooster	R1336mzz(Z)	160 °C	28 – 188 kW	Hubkolben (4 parallel)
	HeatBooster S4	R245fa	130 °C	92 – 172 kW	
Ochsner	IWWDS R2R3b	R134a/ÖKO1	130 °C	170 – 750 kW	Schraube (TWIN bis 1,5 MW)
	IWWDS ER3b	ÖKO1 (R245fa)	130 °C	120 – 400 kW	
	IWWHS ER3b	ÖKO1 (R245fa oder R1233zd)	95 °C	60 – 640 kW	
Frigopol (& AIT)	HighButane 2.0	R600	130 °C	50 kW	Hubkolben
Hybrid Energy	Hybrid Heat Pump	R717 (NH ₃)	120 °C	0.25 – 2.5 MW	Hubkolben
Mayekawa	Eco Sirocco	R744 (CO ₂)	120 °C	65 – 90 kW	Schraube
	Eco Cute Unimo	R744 (CO ₂)	90 °C	45 – 110 kW	
Combitherm	HWW 245fa	R245fa	120 °C	62 – 252 kW	Hubkolben
	HWW R1234ze	R1234ze(E)	95 °C	85 – 1301 kW	
ENGIE (ex-Dürr thermea)	Thermeco ₂ HHR	R744 (CO ₂)	110 °C	45 – 1'200 kW	Hubkolben (bis zu 6 parallel)
Oilon	ChillHeat	R134a	100 °C	30 – 1'000 kW	Hubkolben
	P60 bis P450	R1234ze(E)			Hubkolben (bis zu 6 parallel)
Friotherm	Unitop 22	R1234ze(E)	95 °C	0.6 – 3.6 MW	Turbo (zweistufig)
	Unitop 50	R134a	90 °C	9 – 20 MW	
Star Refrigeration	Neatpump	R717 (NH ₃)	90 °C	0.35 – 15 MW	Schaube (Vilter VSSH 76 bar)
GEA Refrigeration	GEA Grasso FX P 63 bar	R717 (NH ₃)	90 °C	2 – 4.5 MW	Doppelschraube (63 bar)
Johnson Controls	HeatPAC HPX	R717 (NH ₃)	90 °C	326 – 1'324 kW	Hubkolben (60 bar)
	HeatPAC Screw	R717 (NH ₃)	90 °C	230 – 1'315 kW	Schraube
	Titan OM	R134a	90 °C	5 – 20 MW	Turbo
Mitsubishi	ETW-L	R134a	90 °C	340 – 600 kW	Turbo (zweistufig)
Viessmann	Vitocal 350-HT Pro	R1234ze(E)	90 °C	148 – 390 kW	Hubkolben (2 bis 3 Stück parallel)

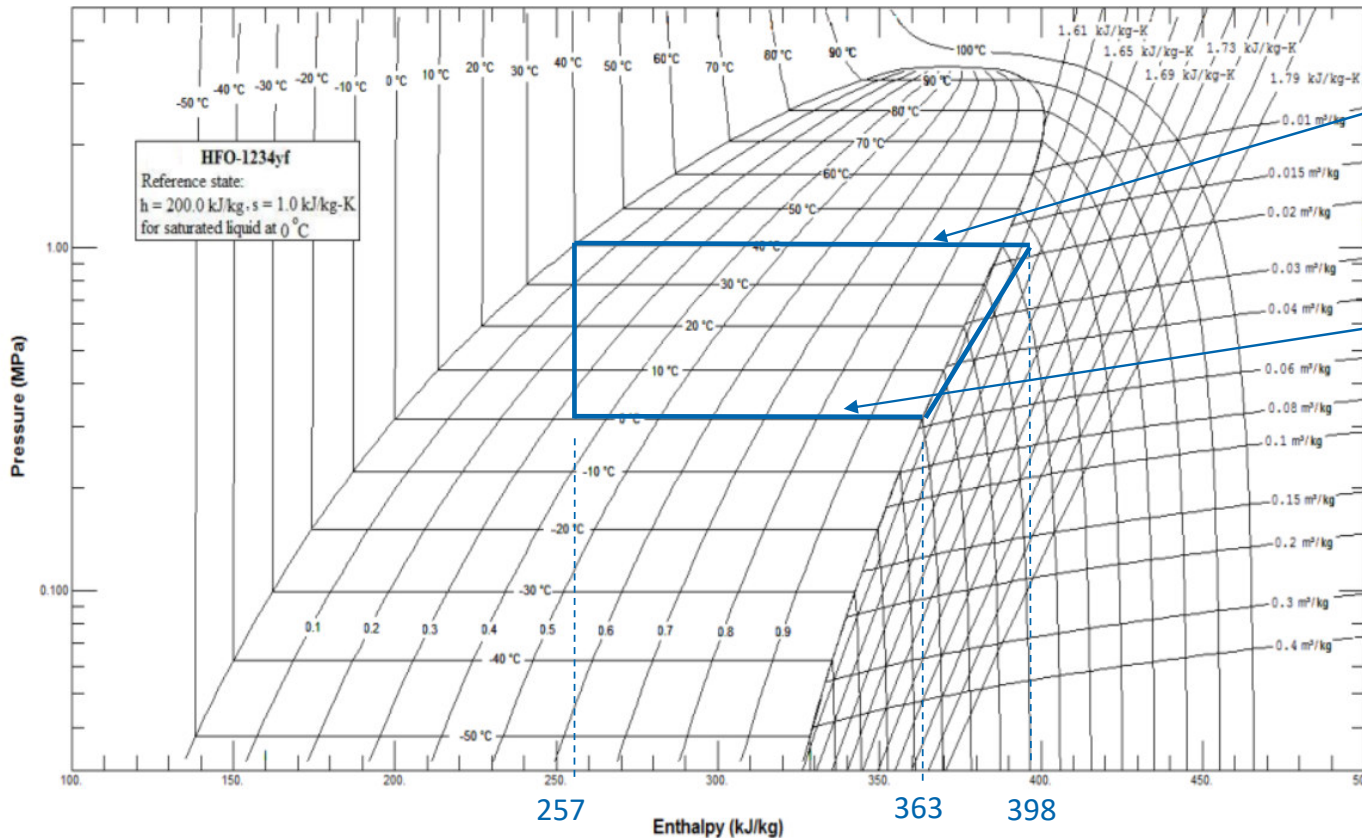
Quelle: [2]

- Einleitung
- **Funktionsprinzip von WP**
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Fazit

Funktionsprinzip



Abschätzung COP (Sole-WP)



Haus mit Fußbodenheizung:
VL-Temperatur 35°C
→ KM-Temperatur 40°C

Erdkollektor:
Erdreich-Temperatur 6°C
→ KM-Temperatur 0°C

$$COP = \frac{398 - 257}{398 - 363} = 4,03$$

Die JAZ kann mit 4 abgeschätzt werden, da das Erdreich oft wärmer als 6°C ist.

- Einleitung
- Funktionsprinzip von WP
- **Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen**
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Fazit

- Markt für Groß-WP im Moment klein
- Zwei prinzipielle Varianten
 - „Regalware“: CE Zertifiziert, günstiger, wenig Anpassungen an Gegebenheiten möglich
 - „Anlagenbau“: Anpassung an Gegebenheiten, effizienter, teurer
- Strengere Auflagen für Kältemittel, da verfüllte Mengen größer
- Wärmequelle ist immer ein komplexes Thema
 - Erdsonden/Kollektoren/Wärmekörbe: Oft Platzproblem
 - Luft: neben geringerem COP (Lüfter, Abtauen), ist Schallemission ein Thema
 - Gewässer: Neuland für Behörden / Genehmigungen

Moderne Kältemittel

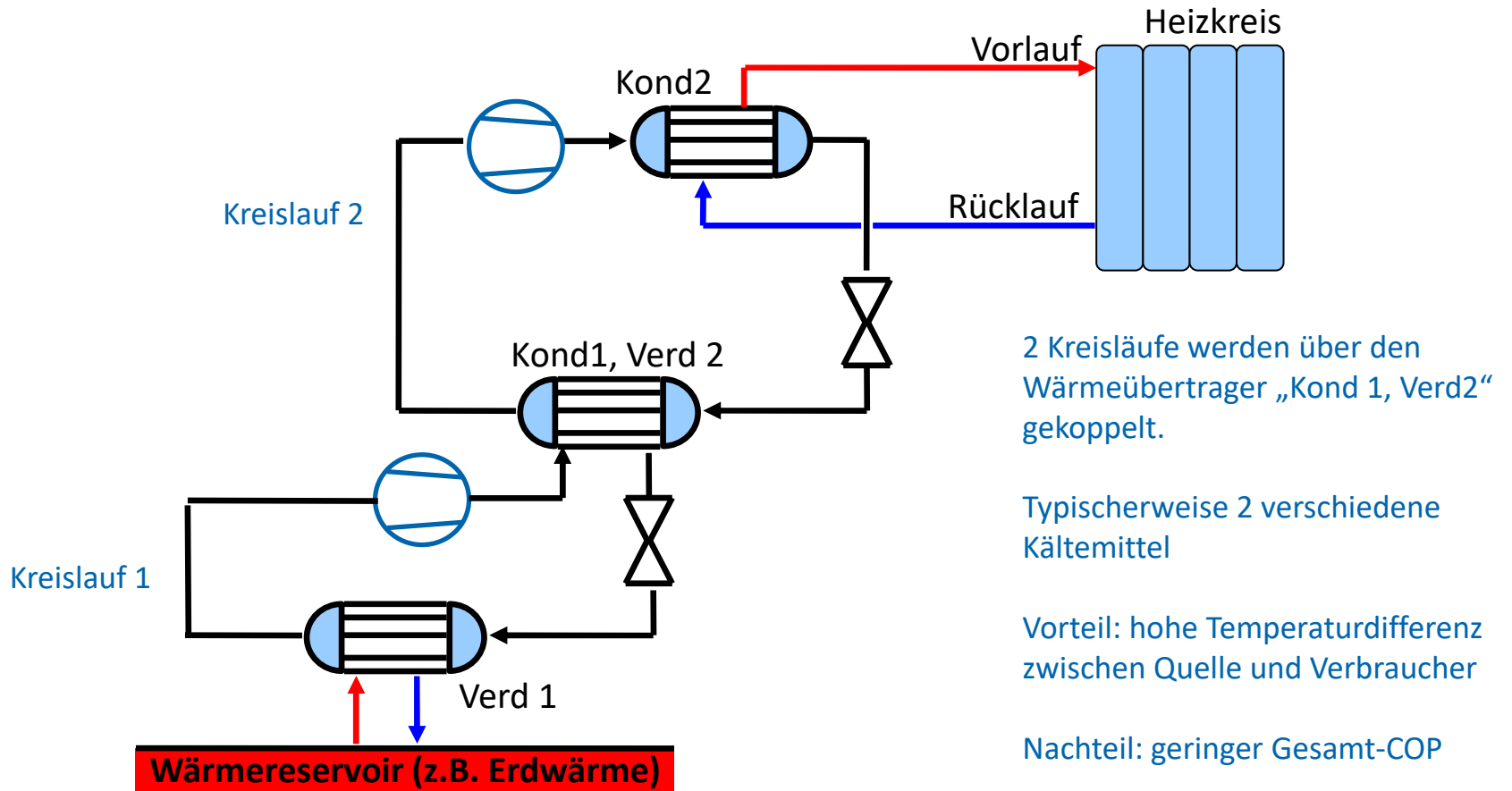
	HFKW Kältemittel	GWP	natürliche Kältemittel	GWP	
Heute (leider) noch häufig verwendet nach dem Verbot von R134a	R134a (HFC)	1430	R744 CO ₂	1	Nicht brennbar aber gesundheitsschädlich
	R404A (HFC)	3922	R717 Ammoniak NH ₃	0	
	R407C (HFC)	1774	R290 Propan	3	
	R410A (HFC)	2088	R600a Isobutan	3	
Brennbar aber schwer entzündlich	R422D (HFC)	2729			Brennbar und leicht entzündlich
	R32 (HFC)	675			
	R1234yf (HFO)	4			
	R245fa (HFC)	1,03			
	R1336mzz-Z (HFO)	2			

GWP = „global warming potential“ (als Vielfaches von CO₂)

HFC = Hydrofluorocarbon; HFO = Hydrofluoroolefin

Quellen: [4], [5]

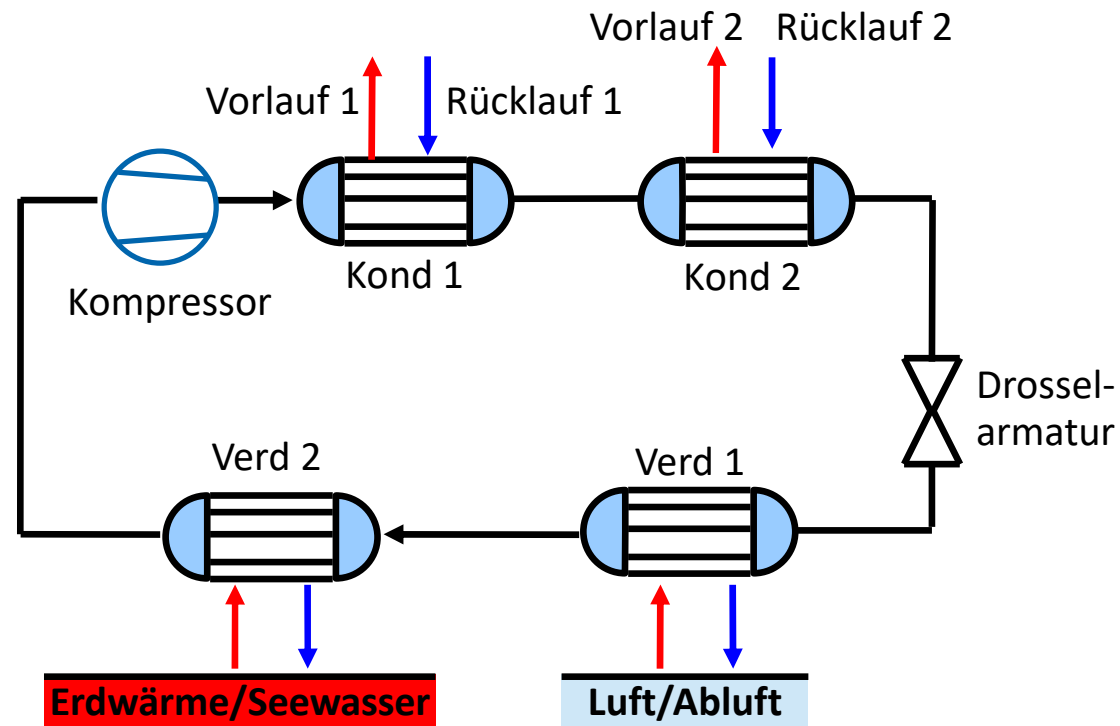
- Einleitung
- Funktionsprinzip von WP
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- **Technische Konzepte der Kreisprozesse**
- Projektbeispiele
- Zusammenfassung und Fazit



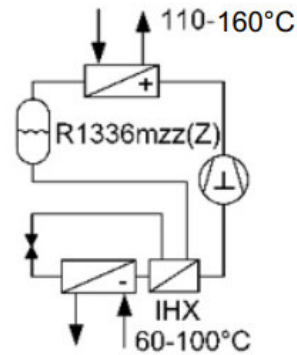
Mehrere Quellen und Senken

Hochtemperatur
Wärmeverbraucher:
z.B. Hochtemperatur-Fernwärme

Niedertemperatur
Wärmeverbraucher:
z.B. Niedertemperatur-Fernwärme



Viking Heat Engines
HeatBooster S4 [75], [76]

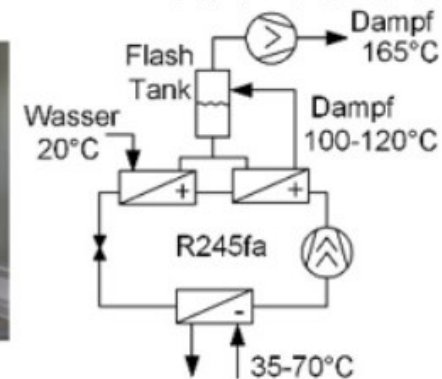


$T_o/T_s (\Delta T_{Hub})$	COP_H
100/140 (40)	4.7
80/120 (40)	4.3
100/150 (50)	4.1
90/140 (50)	4.0
70/120 (50)	3.6
90/150 (60)	2.9
80/140 (60)	2.8
60/120 (60)	2.1

WP als Dampferzeuger

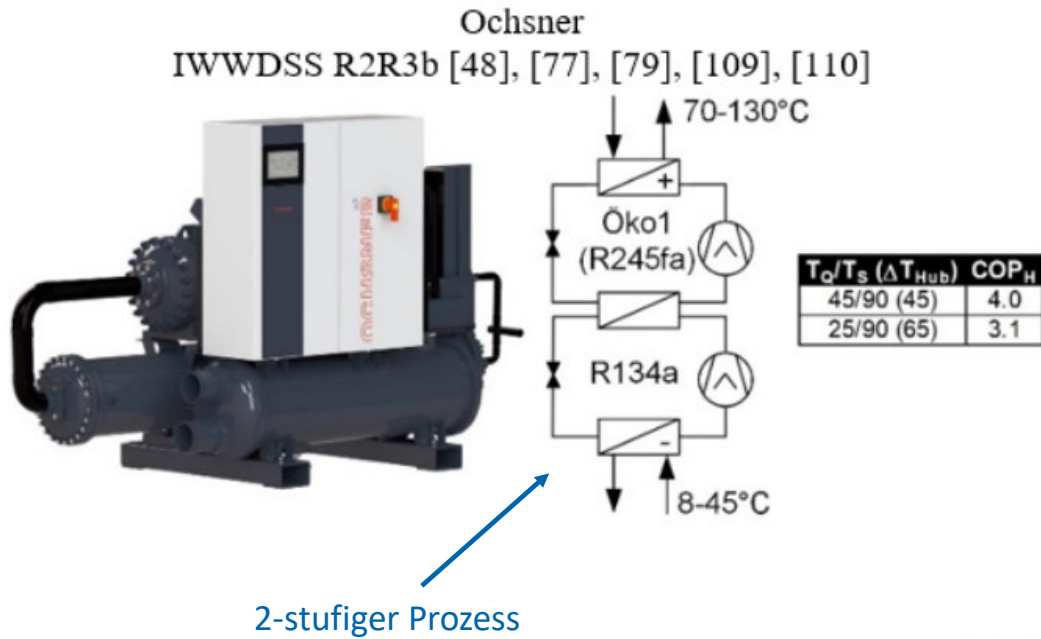
Interner Wärmetauscher (IHX) ist mittlerweile Standard (auch bei kleineren WP)

Kobe Steel
Kobelco SGH 120/165 [8], [18], [73], [74]



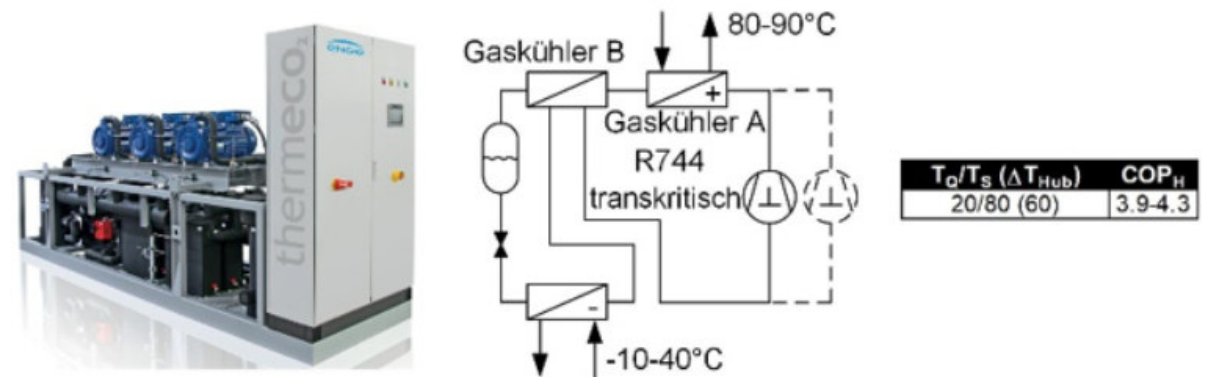
$T_o/T_s (\Delta T_{Hub})$	COP_H
65/120 Dampf (55)	3.5
55/120 Dampf (65)	3.1
45/120 Dampf (75)	2.7
35/120 Dampf (85)	2.3
25/120 Dampf (95)	2.0
70/165 Dampf (95)	2.5
60/165 Dampf (105)	2.2
50/165 Dampf (115)	2.0
35/165 Dampf (130)	1.6

Quelle: [2]



Nutzung von überkritischen und transkritischen Zuständen

ENGIE (ex-Dürr Thermea), thermeco₂ HHR1000
mit 6 Hubkolbenverdichtern bis 1100 kW [8], [85], [86]



Quelle: [2]

- Einleitung
- Funktionsprinzip von WP
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- **Projektbeispiele**
- Zusammenfassung und Fazit

Blauhaus, Mönchengladbach

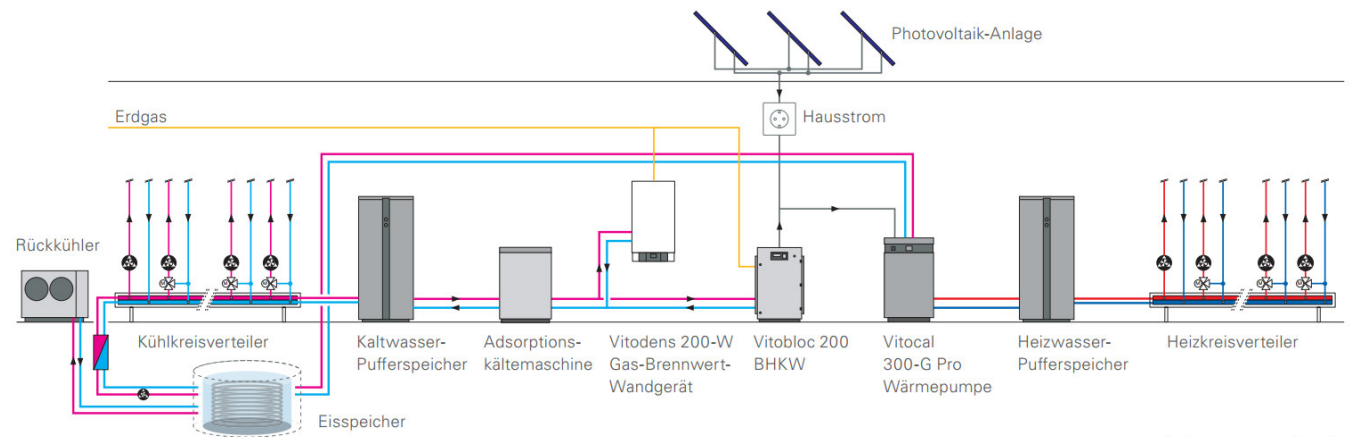


Strom: Durch PV-Platten an der Fassade und ein BHKW

Heizen: Durch Groß-Wärmepumpe (bis zu 240 kW)

Kühlen: Durch Eisspeicher und Adsorptions-Kältemaschine/BHKW

Funktionsschema



Anlagenplanung: ten.de

Bildquellen: [7], [8]



- Grundwasser-WP-Anlage mit Zwischenkreislauf +11/+7°C
- 2 massgefertigte Wärmepumpen
- R-1234ze
- W11 / W63 2x Q_H 650 kW, COP 3.43
- bis Vorlauftemperatur 90°C

Quelle: CTA AG [9]

- Einleitung
- Funktionsprinzip von WP
- Unterschiede Klein- und Großwärmepumpen
- Technische Konzepte der Kreisprozesse
- Projektbeispiele
- **Zusammenfassung und Fazit**

- Kaum marktrelevant, da bisher im Nachteil gegenüber fossilen Brennstoffen
 - CO₂- Bepreisung richtiger Weg
 - SIP bei Strom müssen abgebaut werden: z.B. fossile Brennstoffsteuer statt Stromsteuer
- Hohes Potenzial, insbesondere bei fortschreitender Gebäudesanierung
- Wärmepumpen werden zusammen mit dem Strom „grüner“
- Groß-WP können an die Gegebenheiten (Quellen, Verbraucher) angepasst werden
 - Notwendig, da die Wirtschaftlichkeit von Groß-WP von Energiekosten dominiert wird

ITE

Institut für die Transformation
des Energiesystems

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Gunther Gehlert

Tel.: +49 481 8555-380

E-mail: gehlert@fh-westkueste.de

Bachelorstudiengang
Green Building Systems
und
Masterstudiengang Green Energy
an der FHW!



Verwendete Quellen:

- [1] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Zusammenfassung Anwendungsbilanzen für die Energiesektoren 2013-16, Umweltbundesamt, Stand 01/2018
- [2] Cordin Arpagaus, Hochtemperatur Wärmepumpen für industrielle Anwendungen, 4. Internationaler Großwärmepumpen Kongress, 8. Mai 2019, Zürich
- [3] Sad Jarall, Properties of New Low GWP Refrigerants, KTH Stockholm, online:
http://www.effsys2.se/Publicerade%20dokument/P24/P24%20Report_P24_v3a.pdf, abgerufen am 24.06.2019
- [4] Cold.world, <https://cold.world/de/know-how/gwp-von-kaeltemitteln>
- [5] K. Kontomaris, Low GWP working fluid for high temperature heat pumps: DR-2, 2013
- [6] <https://www.swep.net/refrigerant-handbook/appendix/appendix-b/>, abgerufen am 24.06.2019
- [7] Viessmann, Referenzen Großwärmepumpen – die idealen Energiesysteme zum Heizen und Kühlen mit vielen Wärmequellen, Allendorf, Mai 2019, www.viessmann.de
- [8] <https://www.innoled.de/new-blauhaus.html>, (Zugriff am 18.05.2021)
- [9] Christoph Brechbühler & Claudio Müller, CTA AG, Sind 500 kW Luft/WasserWP's in Städten möglich?, 4. Internationaler Großwärmepumpen Kongress, 8. Mai 2019, Zürich