

Die moderne Wärmepumpentechnik & Einsatz von modernen Kältemitteln in Wärmepumpenanlagen

Hintergrund: TWK GmbH in Karlsruhe

TWK

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

**Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik GmbH**

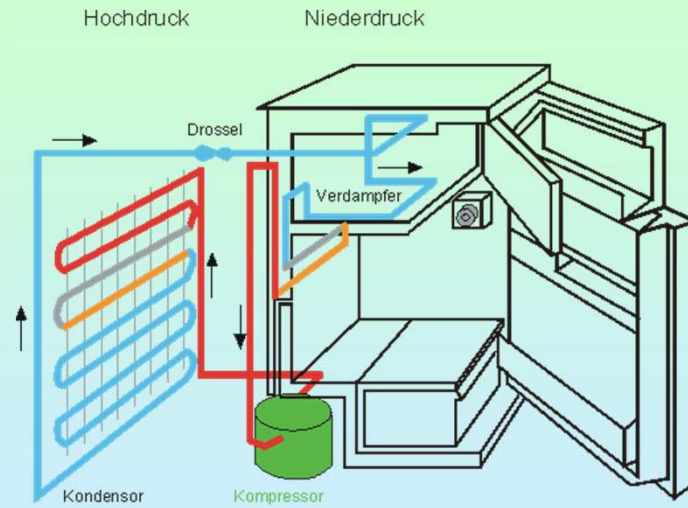
**eine Institution der Valerius-Füner-Stiftung
an der Hochschule Karlsruhe**

**Carsten Colling
Floridastraße 1
76149 Karlsruhe
Telefon: 0049 721 97317-47
E-Mail: carsten.colling@twk-karlsruhe.de
Internet: www.twk-karlsruhe.de**

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Aufbau einer Wärmepumpe



rot: Kältemittel ist gasförmig

blau: Kältemittel ist flüssig

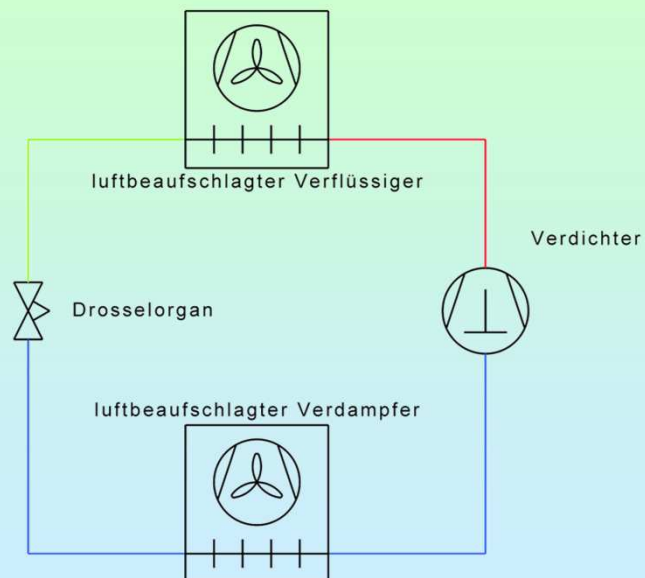
Folie 3

Quelle: www.leifiphysik.de

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Aufbau einer Wärmepumpe

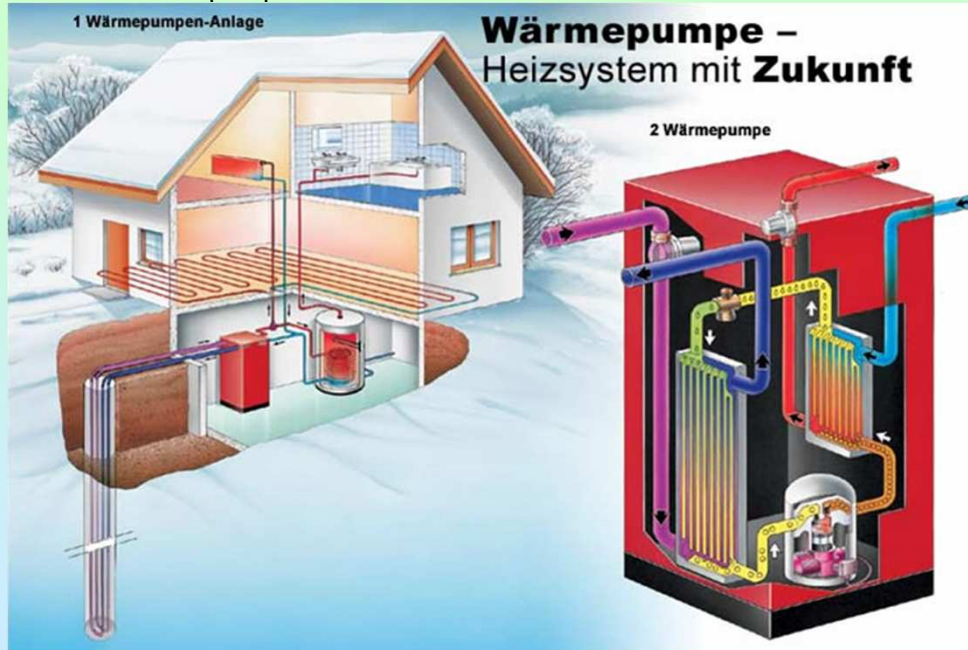


Folie 4

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Aufbau einer Wärmepumpe

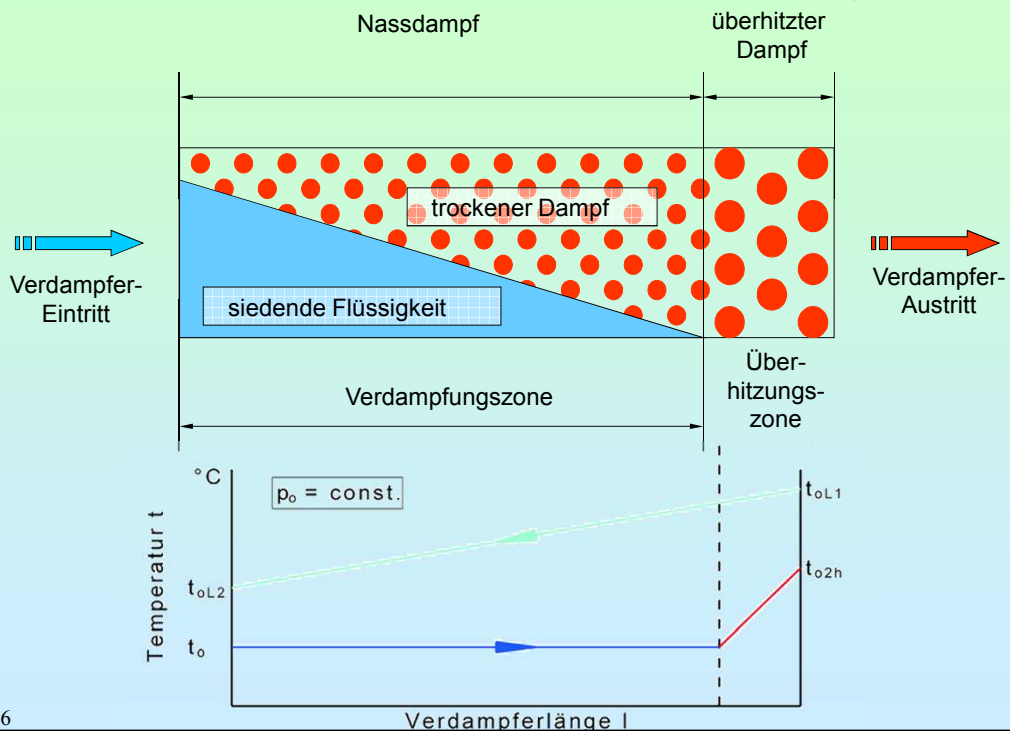


Folie 5

Quelle: strom-online.ch

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

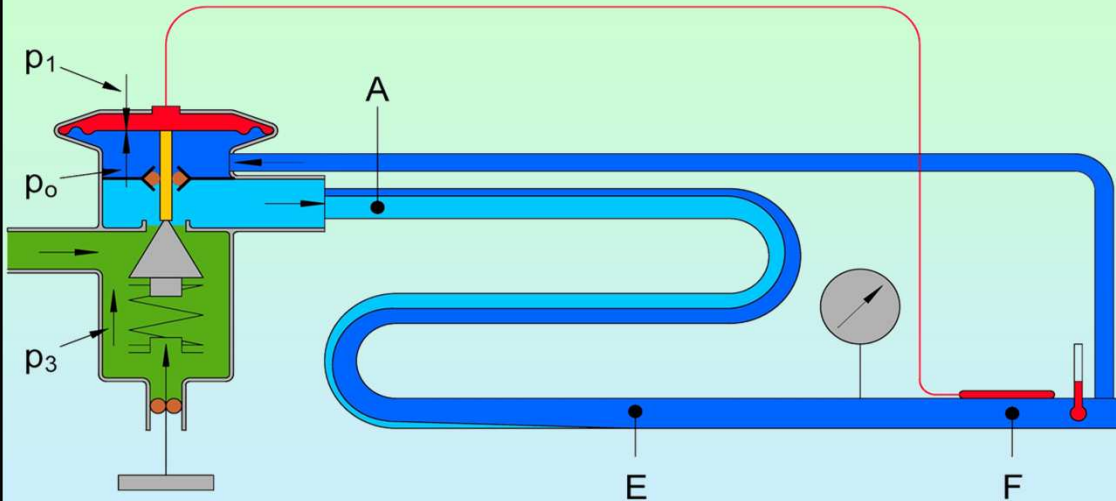


Folie 6

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Thermostatisches Expansionsventil mit äußerem Druckausgleich

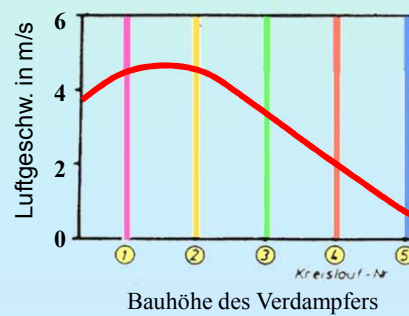
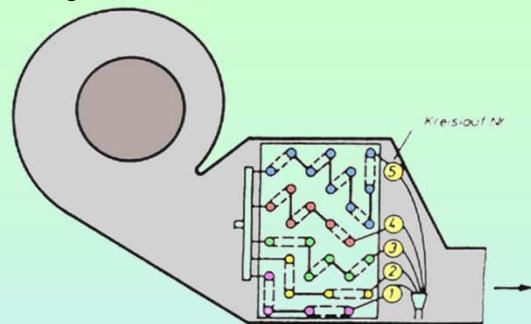


Folie 7

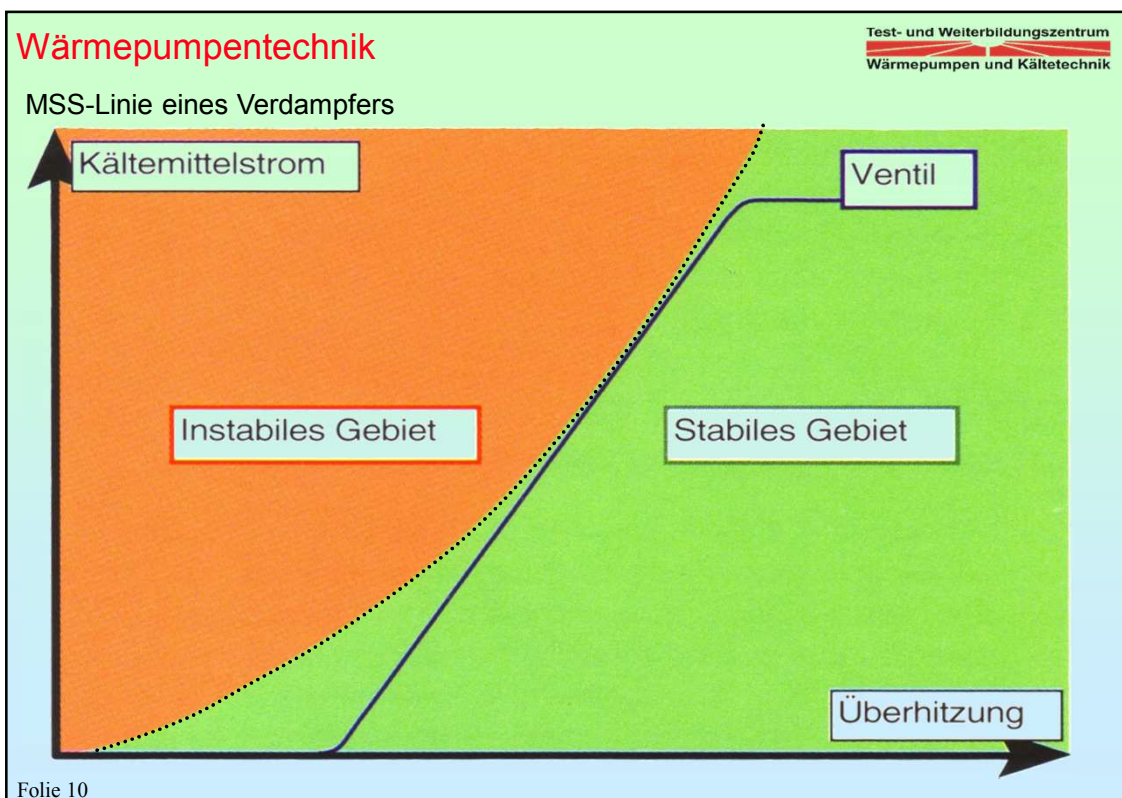
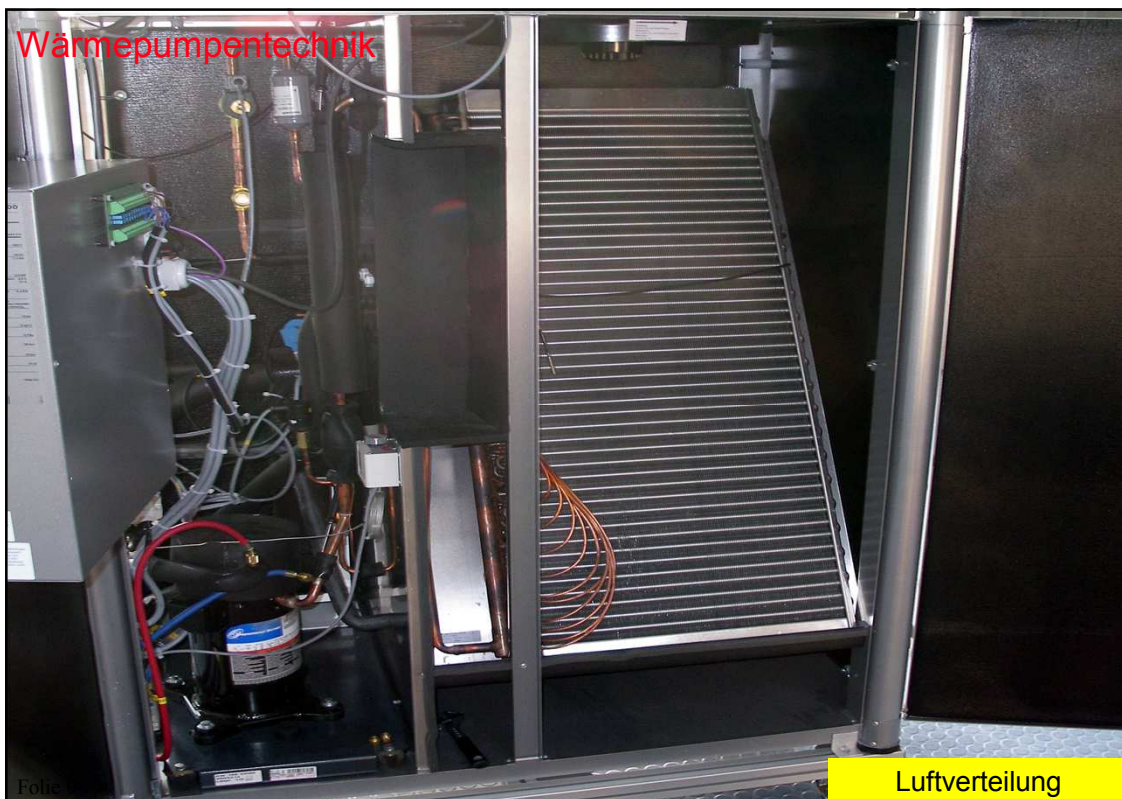
Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Optimale Kältemittelverteilung und Rohrschaltung



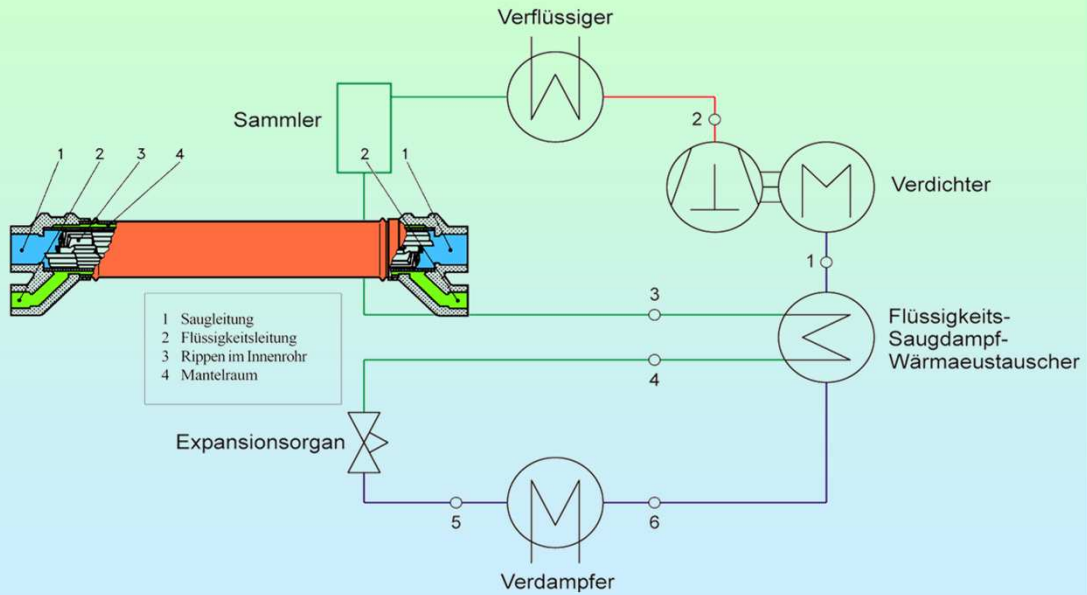
Folie 8



Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Flüssigkeits-Saugdampf-Wärmeaustauscher



Folie 11

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Flüssigkeitsabscheider ohne/mit IWT



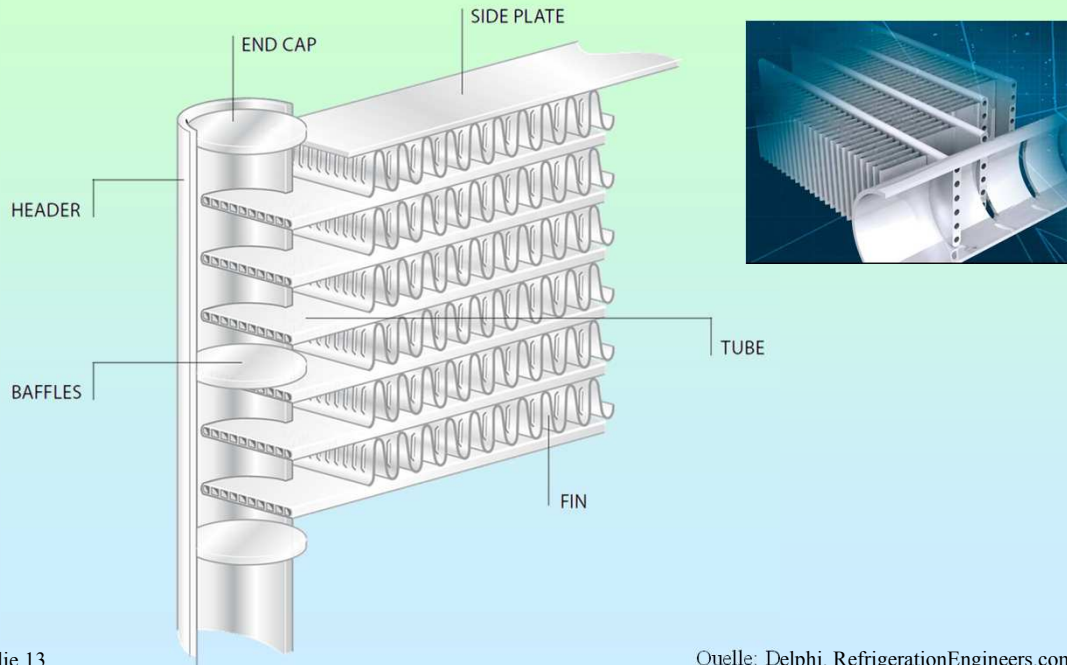
Folie 12

Quelle: Carly

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Microchannel Wärmeübertrager



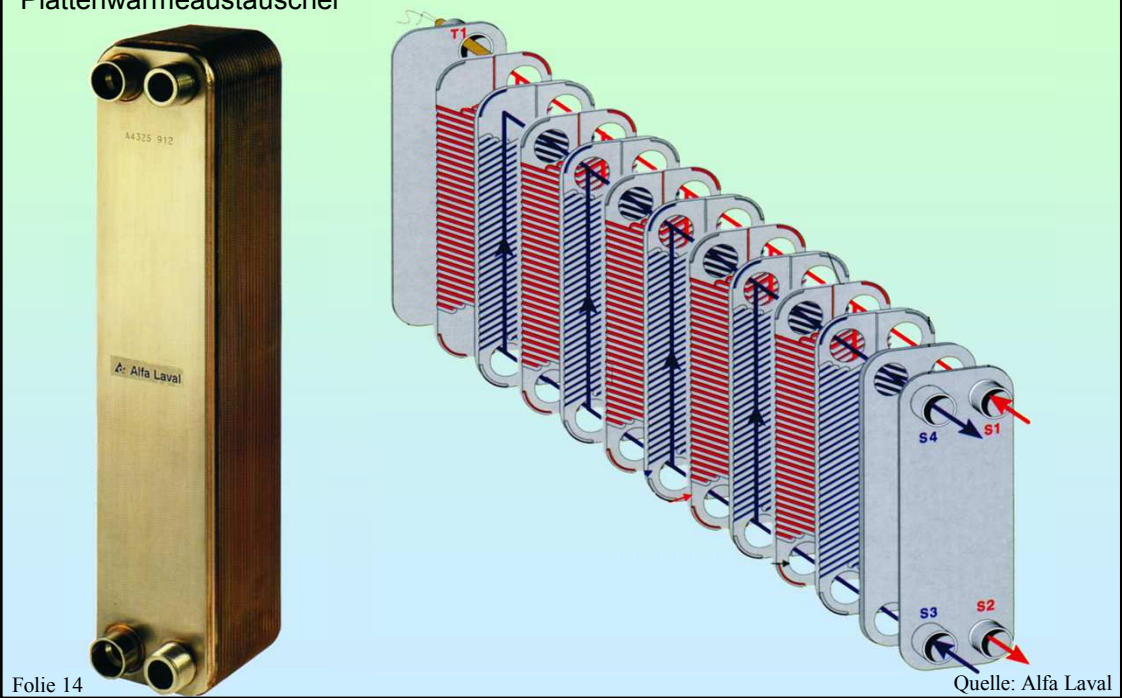
Folie 13

Quelle: Delphi, RefrigerationEngineers.com

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Plattenwärmeaustauscher



Folie 14

Quelle: Alfa Laval

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Herkömmliche „fishbone pattern“ Wärmeübertrager und Micro Plate Heat Exchanger



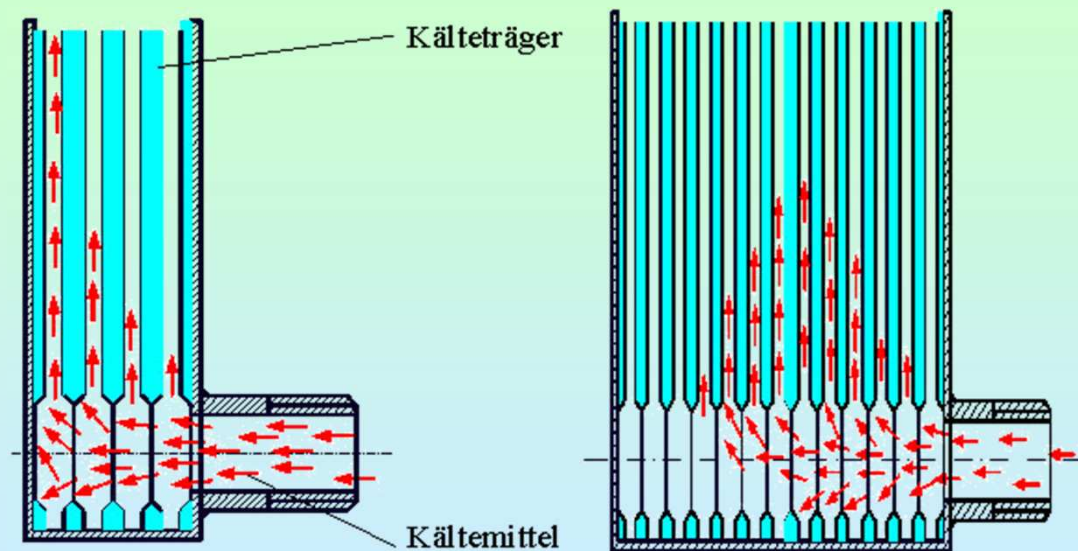
Folie 15

Quelle: Danfoss

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Ungleichmäßige Kältemittelverteilung im Plattenwärmeaustauscher



Folie 16

Grundlagen der Wärmepumpe

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Sintermetallkegel zur Kältemittelverteilung

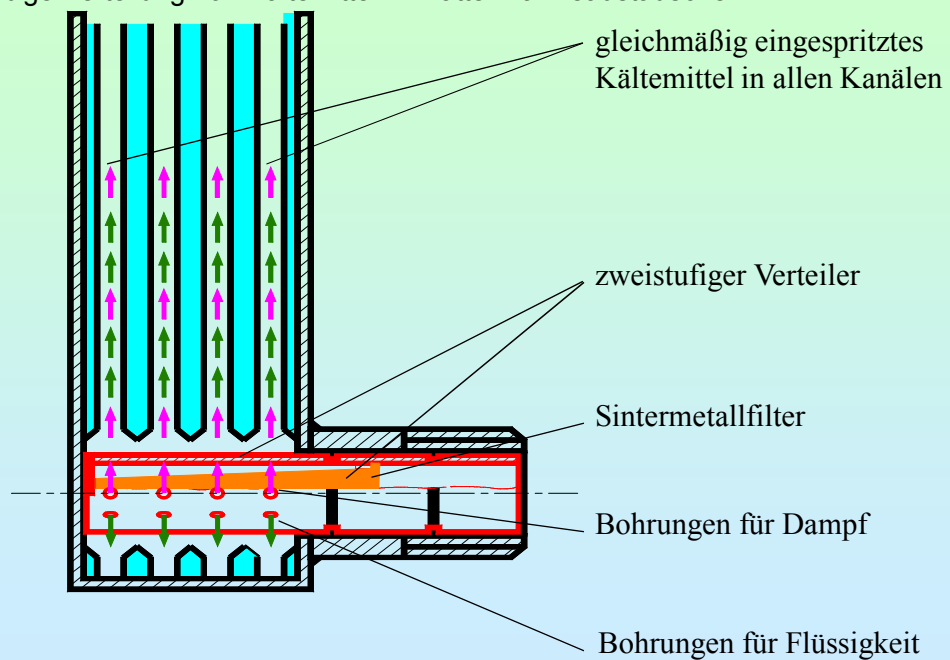


Folie 17

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Gleichmäßige Verteilung von Kältemittel in Plattenwärmeaustauschern

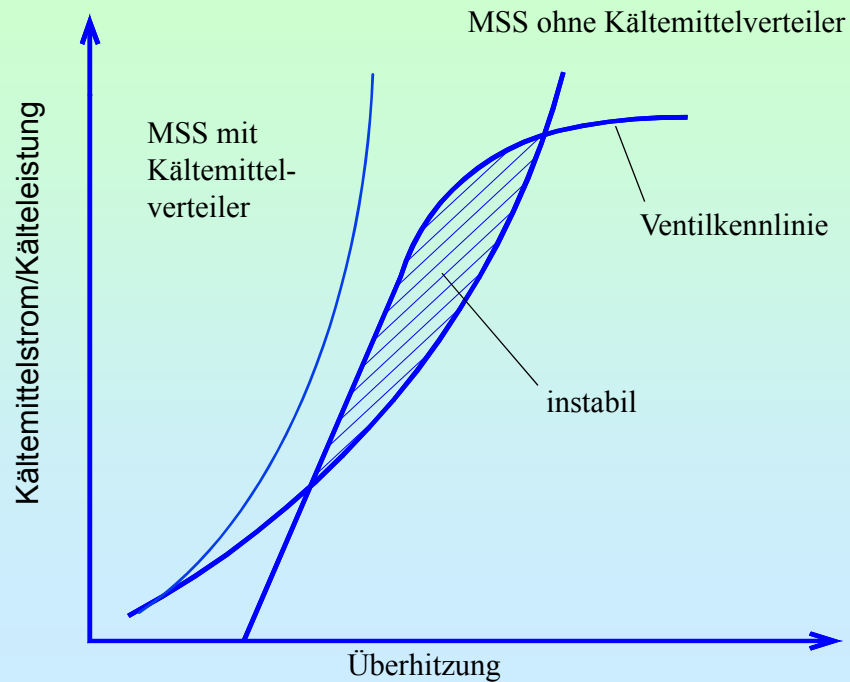


Folie 18

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

MSS-Linien

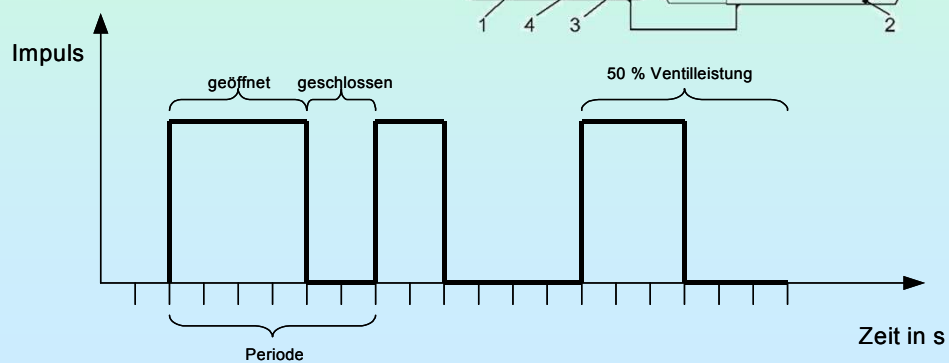
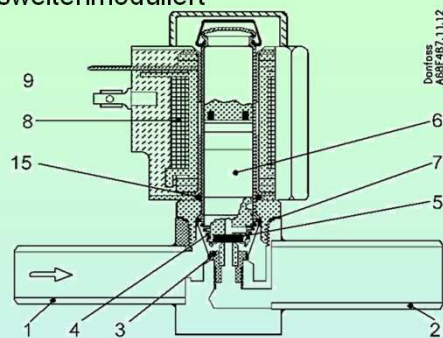


Folie 19

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Elektronische Expansionsventile, pulsweitenmoduliert

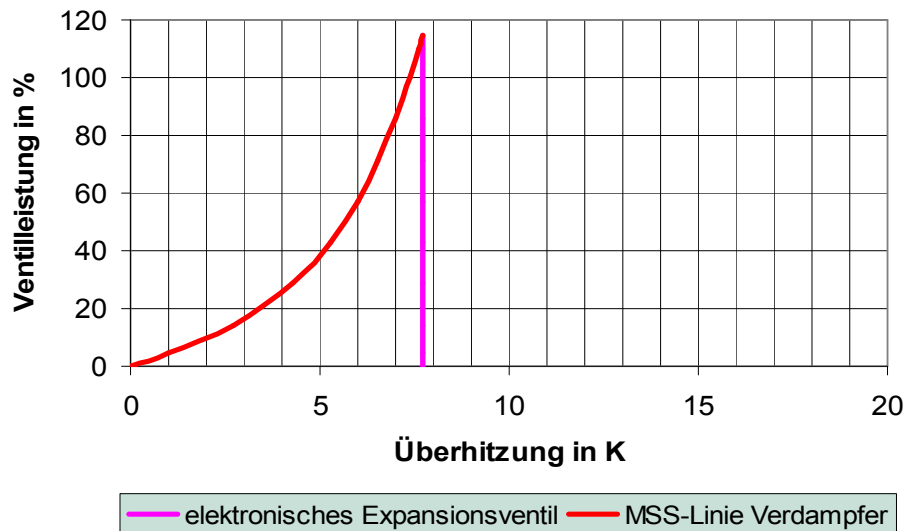


Folie 20

Quelle Danfoss

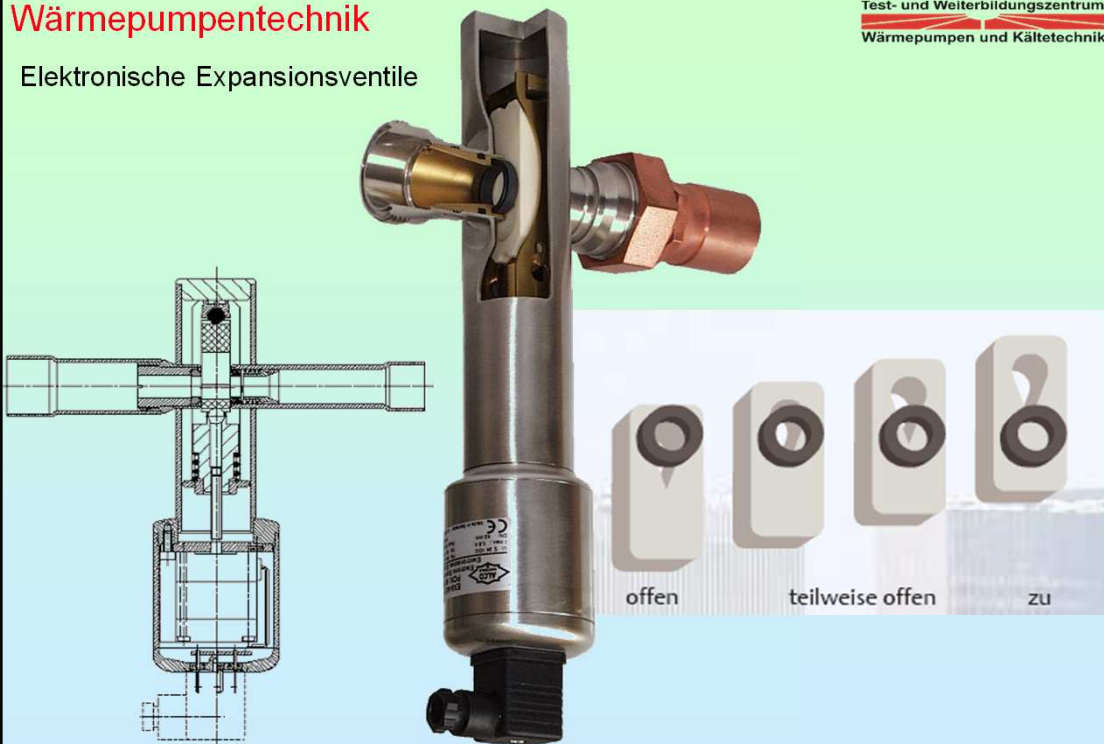
Einsatz elektronischer Expansionsventile (pulsweitenmoduliert)

Ventilkennlinie und MSS-Linie



Folie 21

Elektronische Expansionsventile



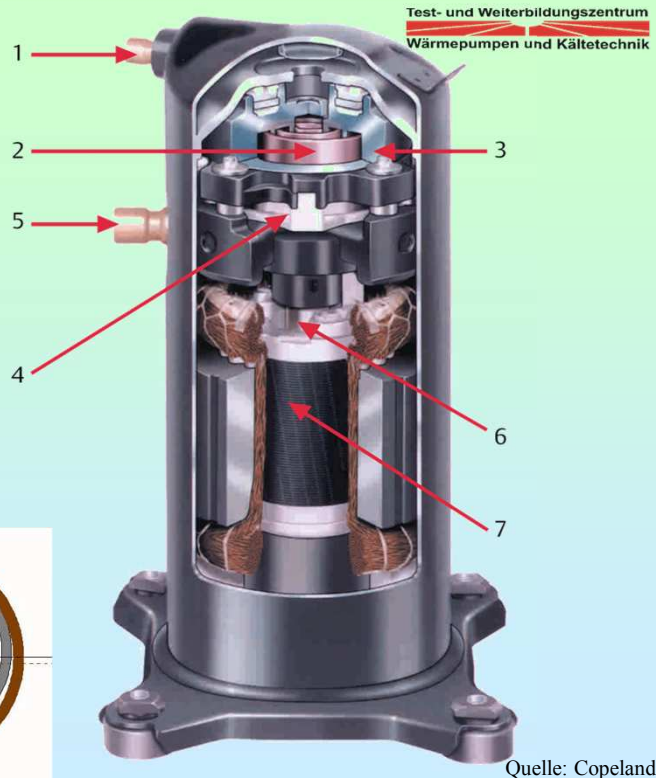
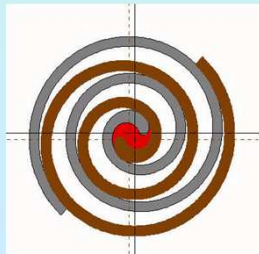
Folie 22

Quelle Alco Controls

Wärmepumpentechnik

Scroll-Verdichter

- 1 Druckstutzen
- 2 umlaufende Scroll
- 3 fester Scroll
- 4 Kupplung
- 5 Ansaugstutzen
- 6 Kurbelwelle
- 7 Motor



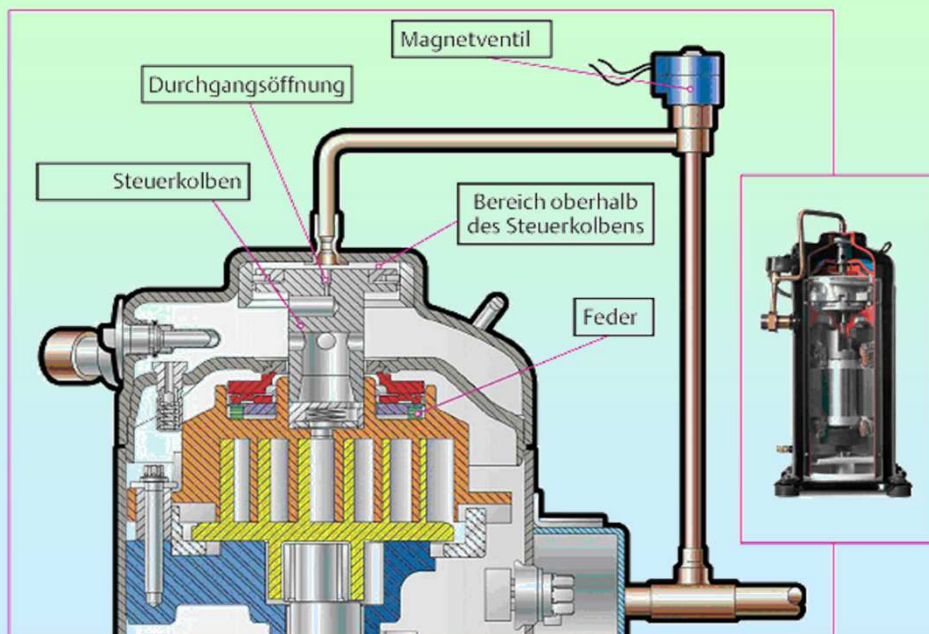
Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Folie 23

Quelle: Copeland

Wärmepumpentechnik

Digital-Scroll



Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

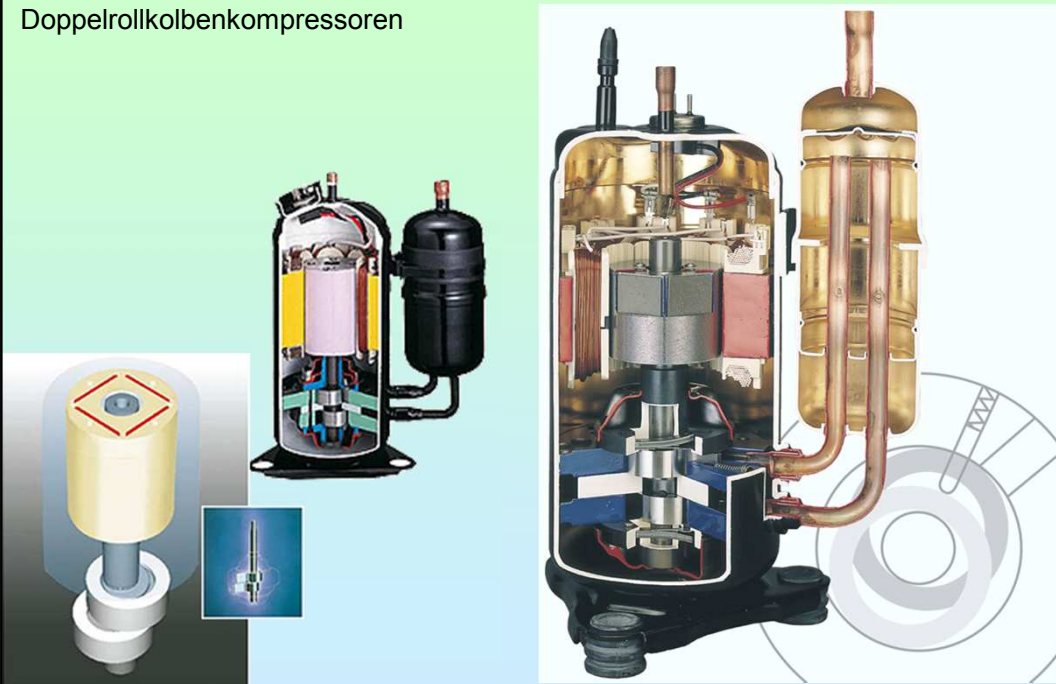
Folie 24

Quelle: Copeland

Wärmepumpentechnik

Doppelrollkolbenkompressoren

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik



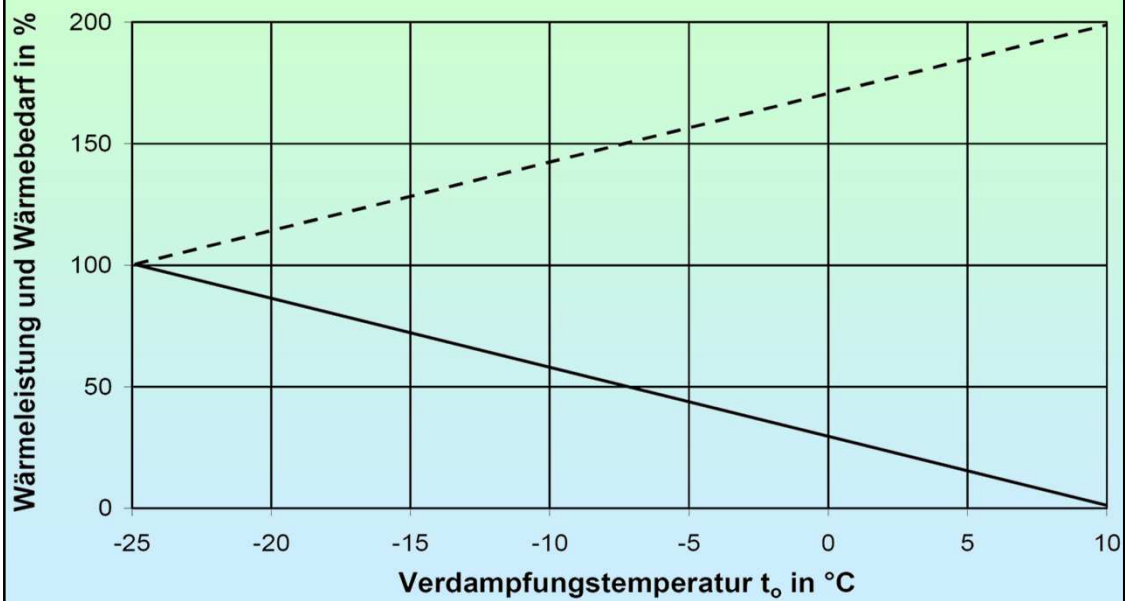
Folie 25

Quelle: Toshiba, Mitsubishi Electric

Wärmepumpentechnik

Wozu ist eine Verdichterleistungsregelung notwendig? Bsp. Wärmepumpe

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik



Folie 26

Wärmepumpentechnik

Funktionsweise Quantum-Turboverdichter:

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

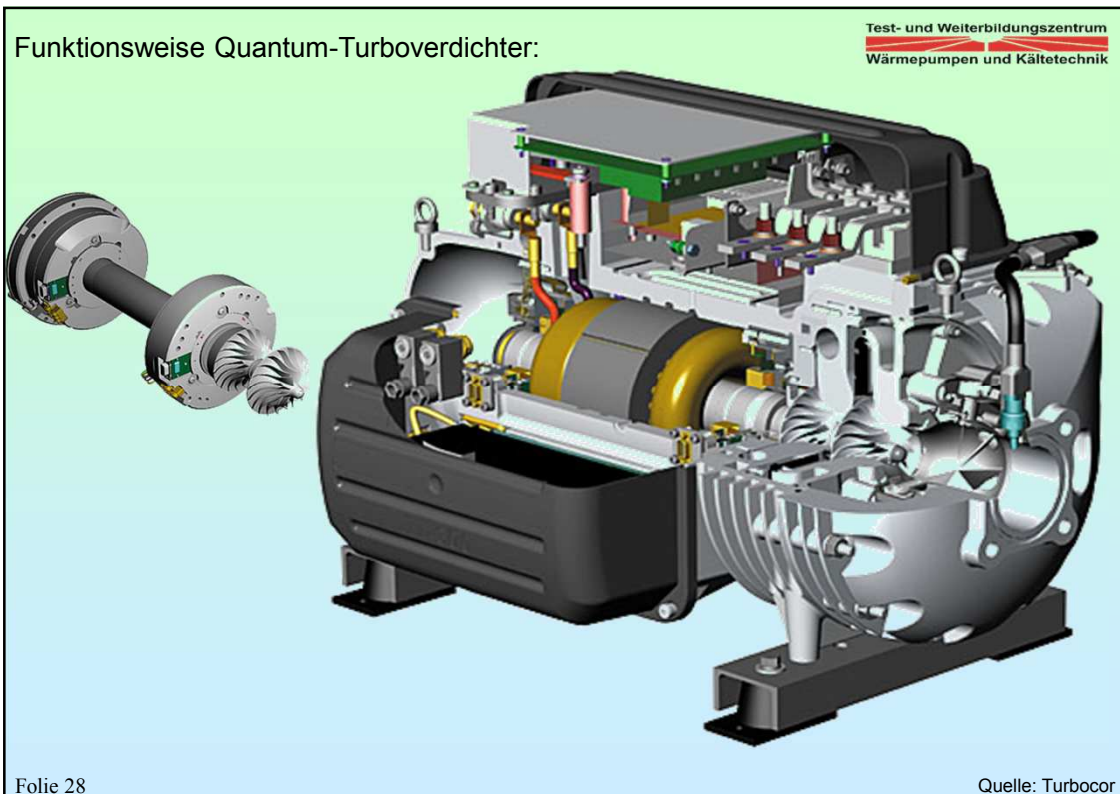


Folie 27

Quelle: Turbocor

Funktionsweise Quantum-Turboverdichter:

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik



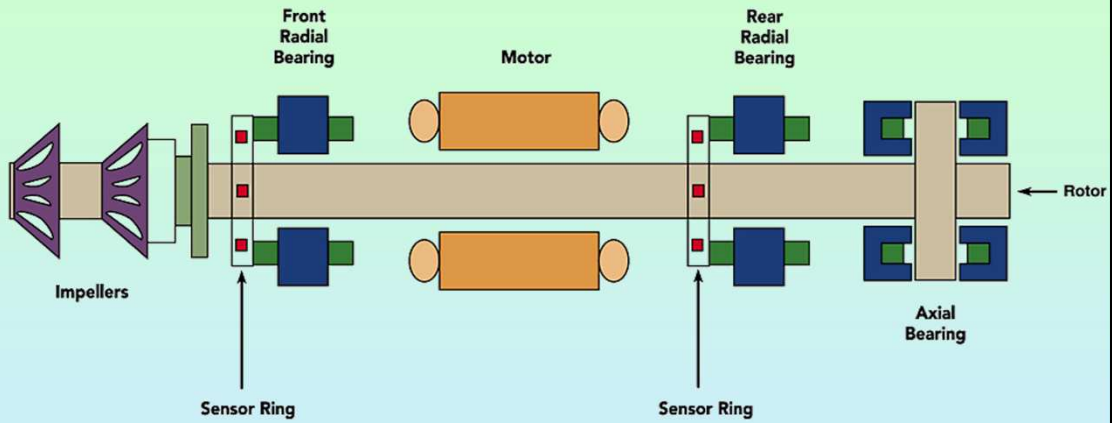
Folie 28

Quelle: Turbocor

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Funktionsweise Quantum-Turbo-Verdichter:



Folie 29

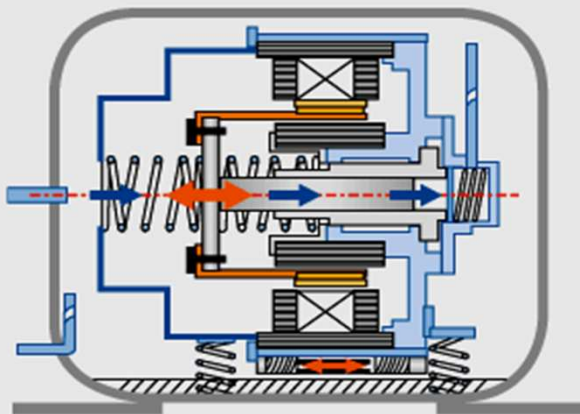
Quelle: Turbocor

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Linearverdichter

■ Linear Compressor for a Refrigerator



- High Efficiency
 - Simple Structure
 - No Crank Shaft → Low Friction
 - High Efficient Linear Motor
- Soft Start & Stop
 - NO Peak Noise
- Variable Capacity Control System
 - Variable Stroke Control
- Adapted to Any Refrigerant
- Adapted to Oilless Mechanism

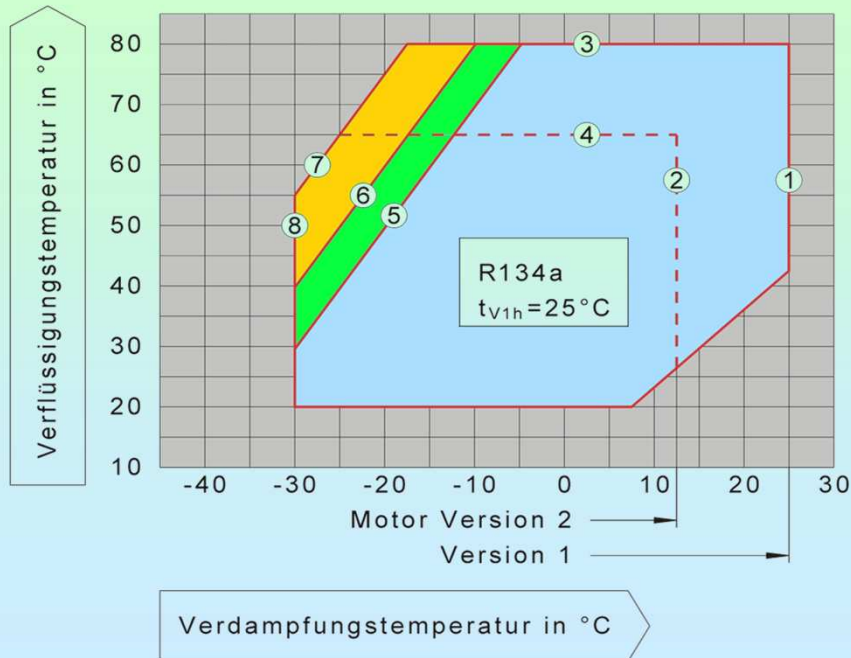
Folie 30

Quelle: LG

Wärmepumpentechnik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Verdichtereinsatzgrenzen



Folie 31

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Unterteilung der Kältemittel

FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe, vollhalogeniert):

R11, R12, R502, R13

H-FCKW (Hydro-Fluorchlorkohlenwasserstoffe, teilhalogeniert)

R22, R124, R142b, R401A, R409A

H-FKW (Hydro-Fluorkohlenwasserstoffe, teilhalogeniert)

R134a, R152a, R143a, R23, R404A, R407C, R410A, R507A, R508A

FKW (Fluorkohlenwasserstoffe, vollhalogeniert)

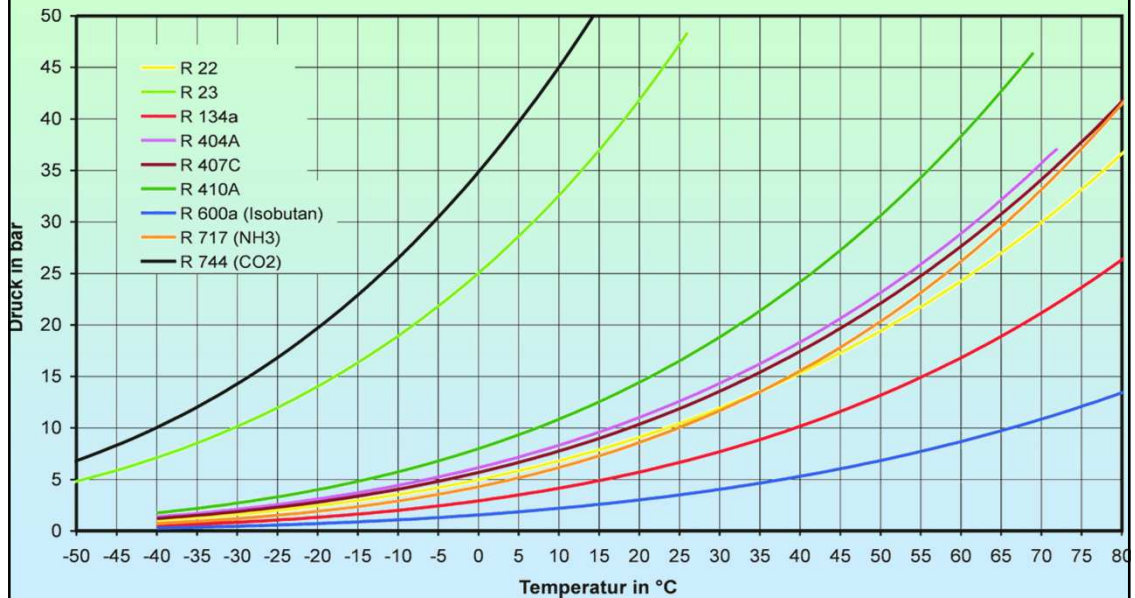
R14, R116, R218

Folie 32

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Dampfdruckkurven verschiedener Kältemittel

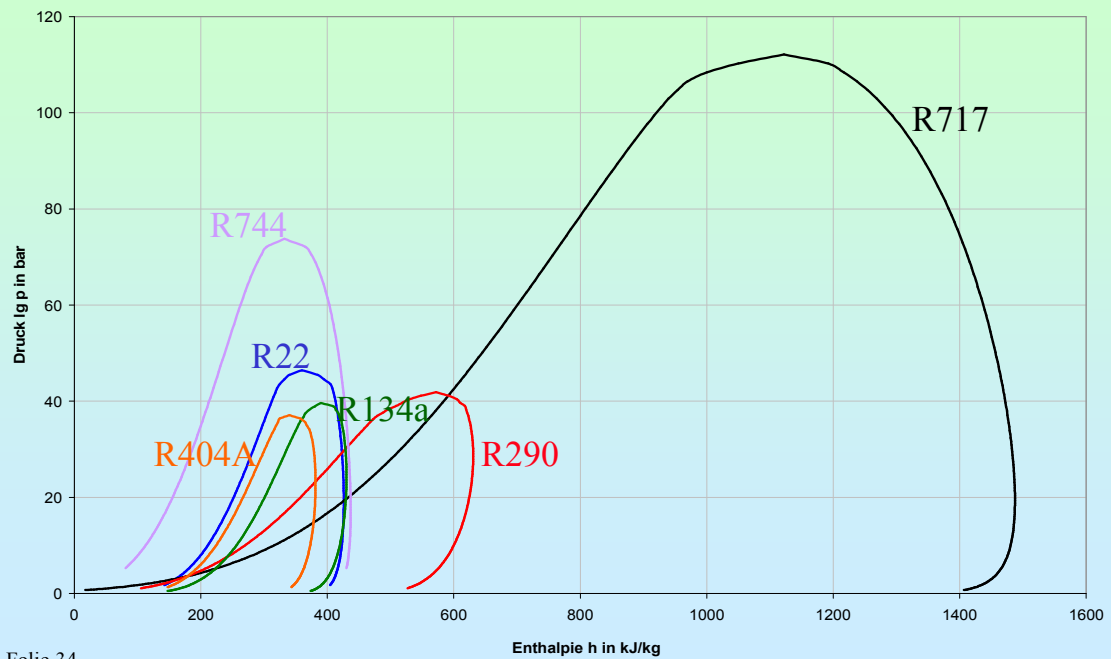


Folie 33

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

lg p, h-Diagramm, Verlauf unterschiedlicher Kältemittel



Folie 34

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Vergleich R134a, R404A, R407C, R410A, R290

$t_o = -10\text{ °C}$, $t_c = 40\text{ °C}$, $\Delta t_{v1h} = 10\text{ K}$, $\Delta t_{c2u} = 0\text{ K}$, isentrope Verdichtung

Bezeichnung	Formelzeichen	Einheit	R134a	R404A	R407C	R410A	R290
spezifische Enthalpiedifferenz des Kältemittels im Verflüssiger	q_c	kJ/kg	179	140	201	205	340
Dichte des Kältemittels am Verdichtereintritt	ρ_{v1}	kg/m ³	9,6	20,8	13,1	20,6	7,3
Wärmemenge, die von 1 m ³ Kältemittel abgegeben werden kann ($\Delta h_c/v_{v1}$)	q_c	kJ/m ³	1718	2922	2646	4219	2485
erreichbare Heizleistung bei einem Ansaugvolumenstrom des Verdichters von 5 m ³ /h	Q_c	kW	2,4	4,1	3,7	5,9	3,5
spezifische Enthalpiedifferenz des Kältemittels im Verdichter	w	kJ/kg	35	30	41	43	68
Leistungszahl der Wärmepumpe (q_c/w oder Q_c/P_v)	COP	-	5,1	4,6	4,9	4,8	5,0

Folie 35

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Preise (ohne Rabatt) für Kältemittel Stand 09.11.2011 (Quelle: Fischer)

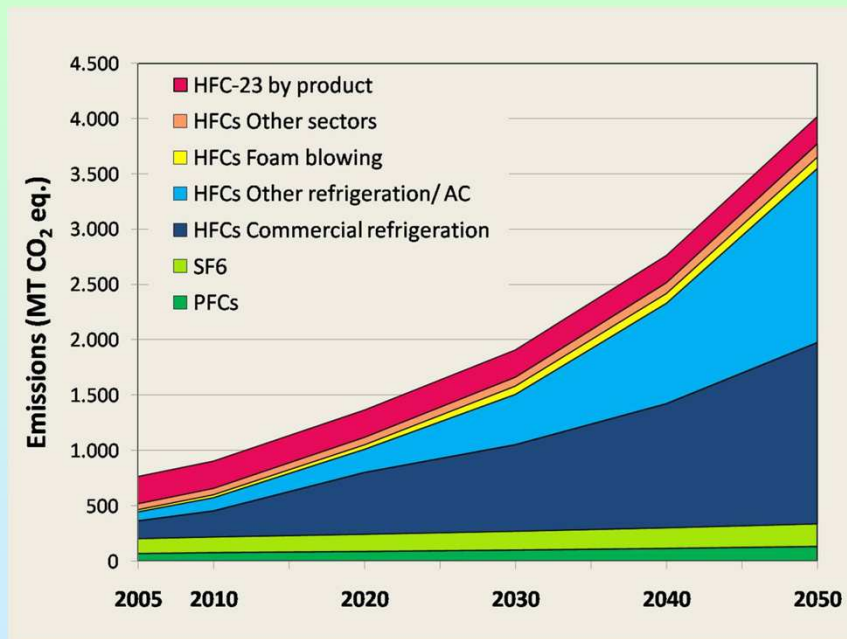
Kältemittel	Preis je Kilogramm in € ohne Mehrwertsteuer
R22 (aufbereitet)	45,00
R23	98,00
R134a	28,90
R404A	30,90
R407C	35,25
R410A	32,60
R417A	40,30
R422A	40,95
R422D	40,50
R507	32,60
R717	2,38
Entsorgung je kg Kältemittel	9,00

Folie 36

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Freisetzung von Kältemitteln



Folie 37

Quelle: „Projections of global emissions of fluorinated green house gases in 2050“ by Öko Recherche

Moderne Kältemittel

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Möglichkeiten der Kältemittelauswahl

			Physikalische Eigenschaften der Kältemittel					
			Verflüssigungsdruck in bar	ODP	GWP (IPCC4)	Abbauzeit in Jahren	Brennbarkeit	Giftigkeit
H-FKW	R410A	azeotrop	27,2	0	2090	5-29	nein	niedrig
	R407C	Zeotrop	18,6	0	1770	5-29	nein	niedrig
	R32	Einstoff	28	0	675	5	niedrig	niedrig
	HFO1234ze	Einstoff	8,8	0	6	11 Tage	niedrig	niedrig
	HFO1234yf	Einstoff	11,6	0	4	7 Tage	niedrig	niedrig
	XP10	Azeotrop	?	0	600	?	nein	niedrig
	HFO Mix	In der Entwicklung						
Natürliche KM	Propan	Einstoff	15,3	0	<3	einige Tage	hoch	niedrig
	CO ₂	Einstoff	100	0	1	120	nein	niedrig
	Ammoniak	Einstoff	17,8	0	0	0	niedrig	hoch

Folie 38

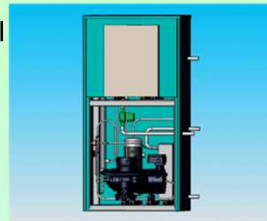
Quelle: Hilde Dohnt, Daikin

Moderne Kältemittel

Wärmepumpen mit CO₂ als Kältemittel

Firma enEX, Italien

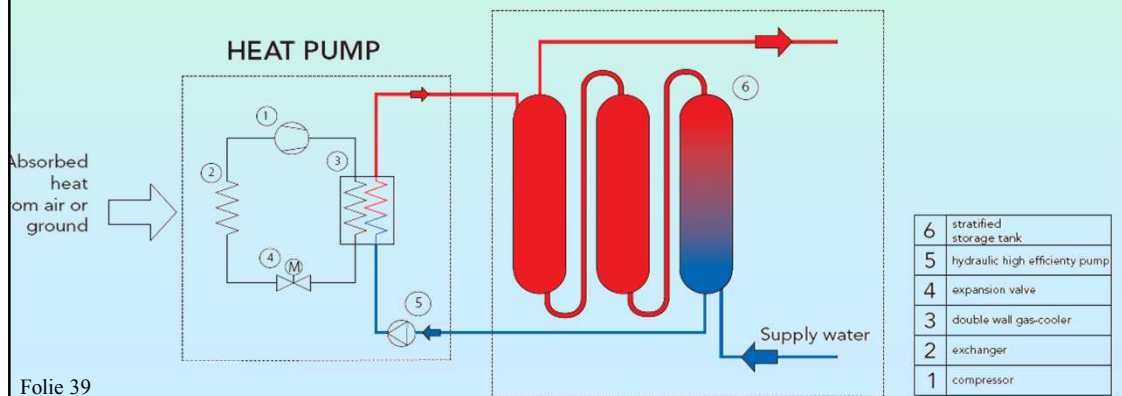
Warmwasser-WP mit R744 für Hotels oder Gaststätten



EcoCute geo 25
STRATIFIED
STORAGE TANK



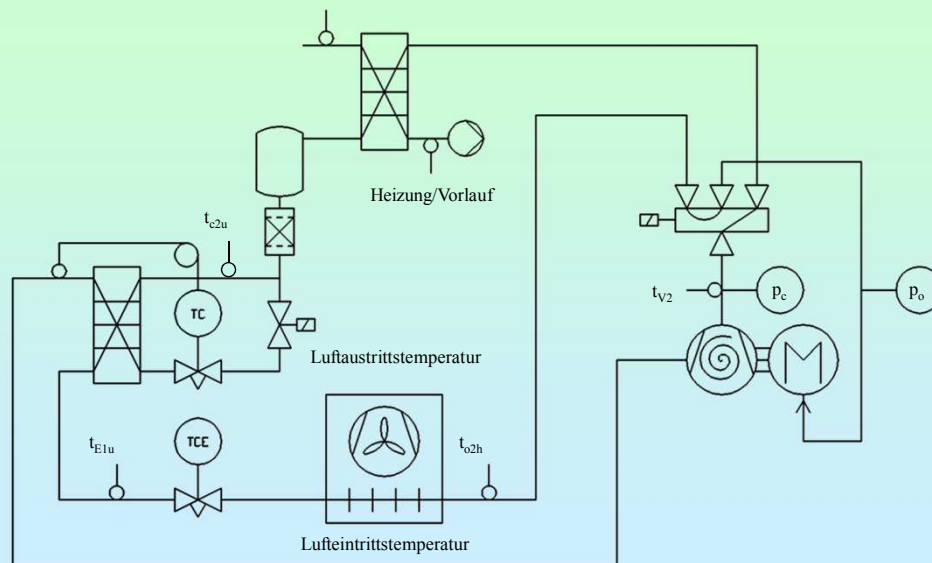
EcoCute air 25



Folie 39

Anlagenbeispiele

Economizer, Beispiel einer Viessmann-WP
Heizung/Rücklauf

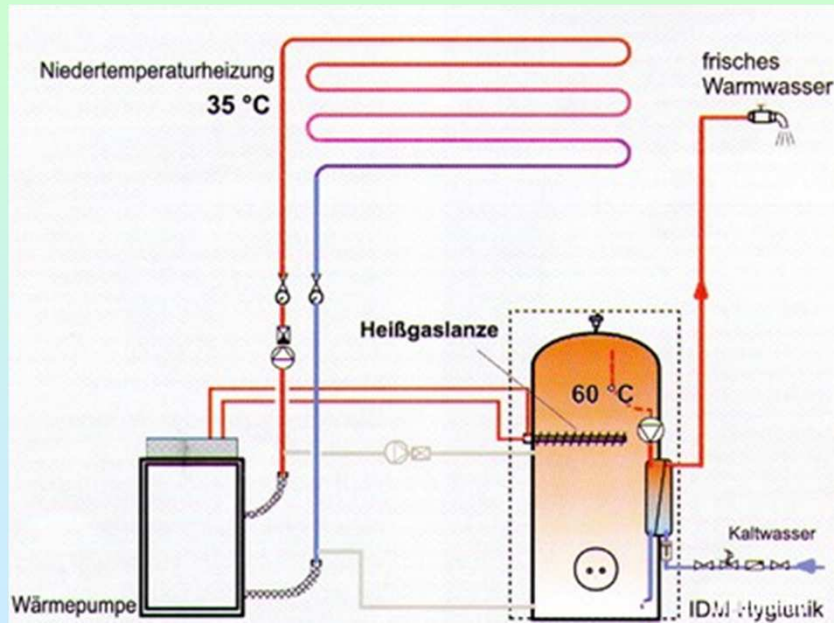


Folie 40

Anlagenbeispiele

IDM HGL-Technik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik



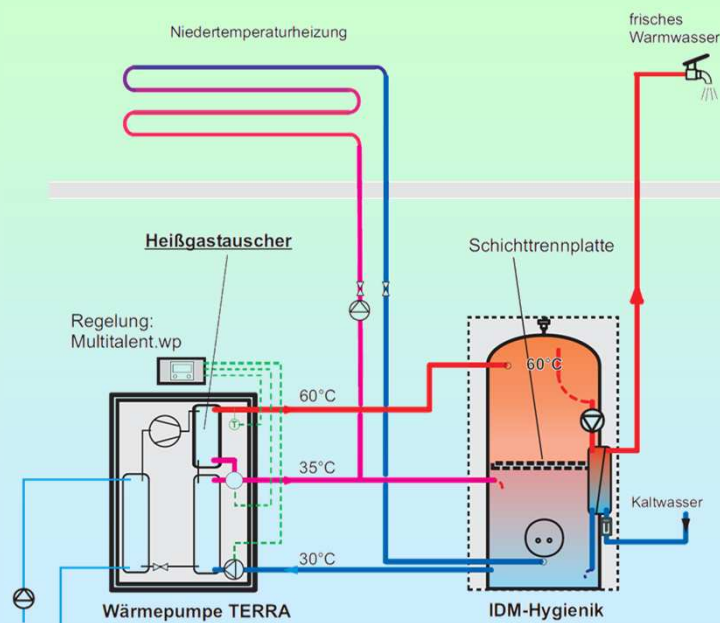
Folie 41

Quelle: IDM

Anlagenbeispiele

IDM HGL-Technik

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik



Folie 42

Quelle: IDM

Effizienz & Effizienzverbesserungsmaßnahmen

Test- und Weiterbildungszentrum
Wärmepumpen und Kältetechnik

Anzeige der Feldtestergebnisse unter www.wp-monitor.ise.fraunhofer.de

Folie 43