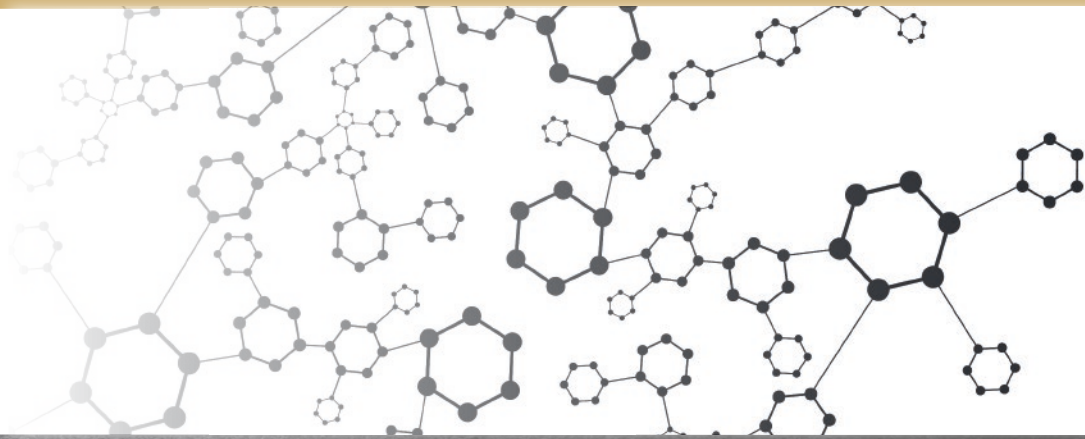




SCHIESSL

Österreich 

Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 17:

**Konsequenzen für den
Kälteanlagenbauer aus der
neuen Europeanorm EN378
und der F-Gase-Verordnung**

Wir stehen vor der größten Herausforderung für die Kältetechnik, die die Branche jemals erfahren hat.

Langfristig bleiben dem Kältetechniker nur die Kältemittel NH₃, CO₂, Luft und brennbare Stoffe.

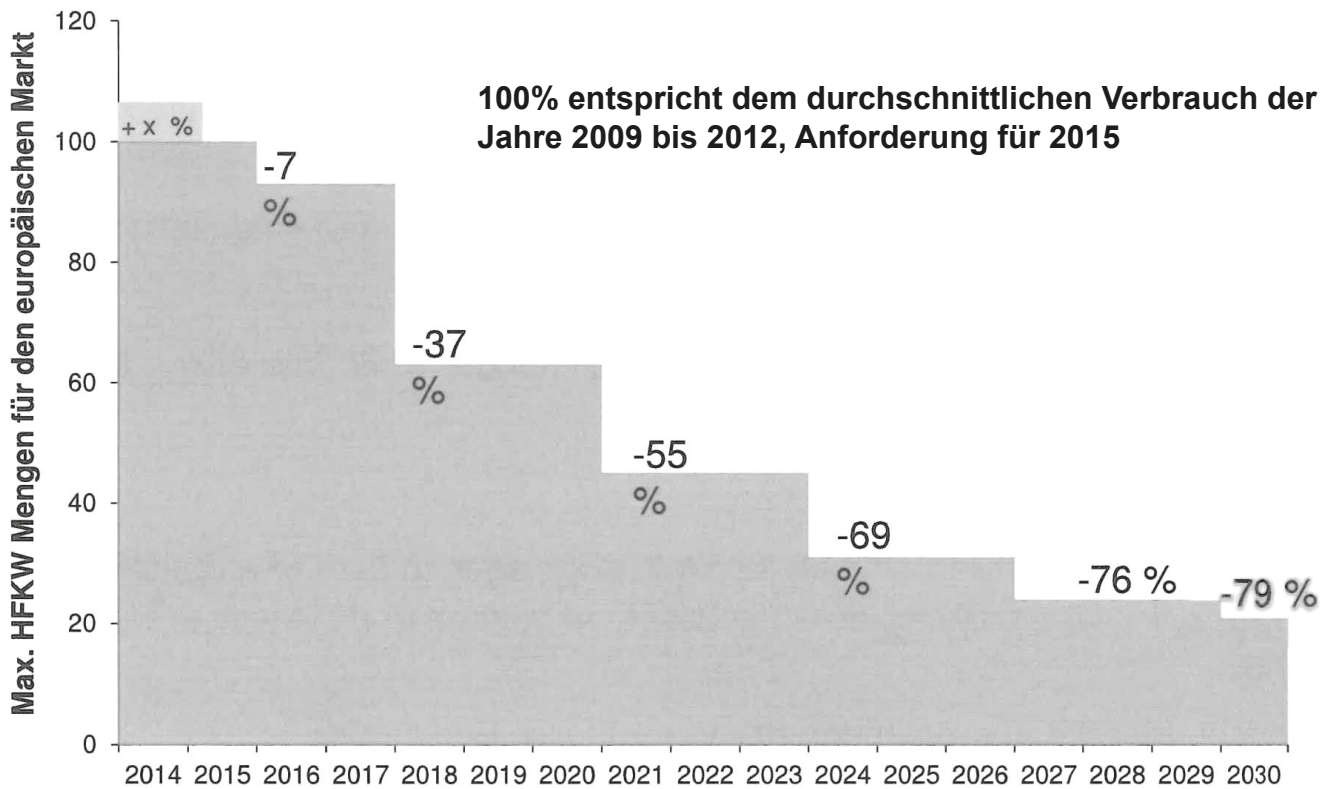
(HFO - Gemische A2L und Kohlenwasserstoffe A3)

Inhalt

1.	Die neue F-Gase-Verordnung	4
1.1	Einsatzverbote für HFKW:	5
1.2	Konsequenzen und Schlussfolgerungen aus dem „Phase-Down“	5
1.3	Kältemittelübersicht	6
1.4	„LOW GWP“ - Kältemittel	8
1.4.1	HFO-Gemische als Ersatz für R134a (Vergleich)	9
1.4.2	HFO-Gemische als Ersatz für R404A (Vergleich)	9
1.4.3	Ersatzkältemittel der Klasse A2L	10
1.4.4	Vergleich der Leistungsdaten mit Bitzer-Software 6.4.3	10
1.4.5	Das Kältemittel R452A (XP44)	11
1.4.6	Verdichtungstemperaturen und Einsatzdiagramme für diverse Kältemittel	12
1.5	Anforderungen an ein ideales Kältemittel	15
1.6	Auswahlkriterien für Kältemittel	15
1.7	Berechnungsmethode für TEWI-Kennwerte	16
1.8	Faktoren, die die Auswirkungen auf die Umwelt beeinflussen:	17
1.9	Was kann der Kälteanlagenbauer zur Reduzierung des Treibhauseffektes tun?	17
2.	Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378-1	18
2.1	Klassifikation der Kältemittel nach Sicherheitsgruppen gemäß EN378-1 mit Beispielen	19
2.2	Kategorien der Zugangsbereiche	21
2.3	Klassifikation der Aufstellungsorte von Kälteanlagen	22
2.4	Grenzwerte für Füllmengen auf Grundlage der Brennbarkeit und Toxizität	23
2.5	Beispiele	25
3.	Das Kältemittel R32	26
3.1	Vergleiche R410A und R32	27
3.2	Split-Klimageräte von PANASONIC mit R32	31
3.3.	Zulässige Füllmengen in Abhängigkeit von der Raumgröße	32
3.4.	Abweichende Ausrüstung für R32 (A2L):	39
3.5	Hinweise zum Umgang mit R32 (A2L)	39
4.	Sicherheitsvorschriften für den Bau von Kälteanlagen mit A2L-Kältemitteln	40
4.1	EN378 „Kälteanlagen und Wärmepumpen“	40
4.2	Einstufung nach Druckgeräterichtlinie	42
4.3	Sicherheitsvorschriften für das Betreiben von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln	46
5.	Umgang mit zeotropen Kältemittelgemischen	50
5.1.	Folgen des Temperaturgleits für die Arbeitsweise des Monteurs	51
5.2	Einfluss des Temperaturgleits auf die Auslegung von Komponenten	53
5.2.1.	Grundlagen	53
5.2.2.	Auslegung von Verdichtern	53
5.2.3.	Auslegung von Verdampfern	54
5.2.4.	Auslegung von Verflüssigern	57
6.	Fazit	59
	Anhang	60
	Notizen	63

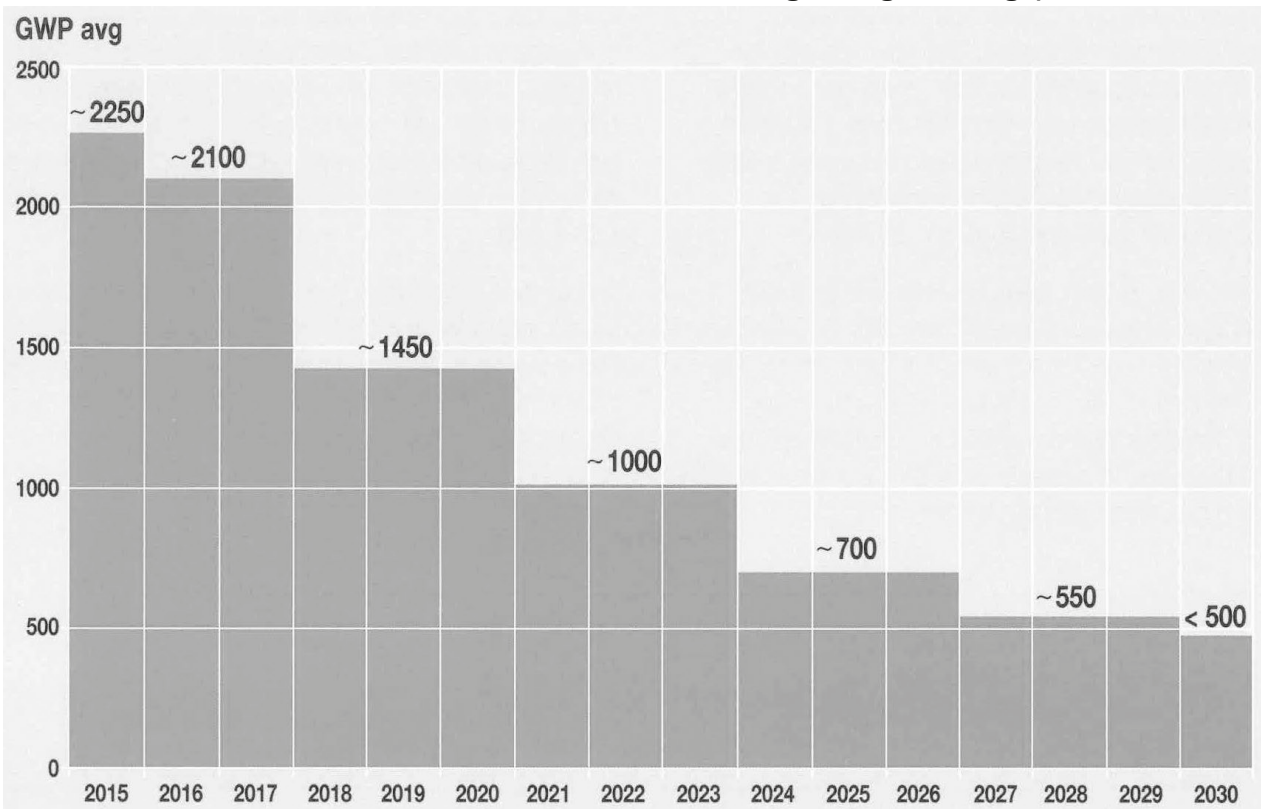
1. Die neue F-Gase-Verordnung

Durch die F-Gase-Verordnung 517/2014/EU ergeben sich folgende CO₂ - gewichtete Mengenbegrenzungen für HFKW auf dem EU-Markt:



Da der Bedarf an Kältemitteln nicht zurück gehen wird, muss der durchschnittliche GWP der Kältemittel von z.Z. 2100 auf unter 500 gesenkt werden.

Theoretische durchschnittliche GWP-Werte durch Mengenbegrenzung („Phase-Down“)



1.1 Einsatzverbote für HFKW:

Datum des Verbots	Erzeugnisse und Einrichtungen
1. Januar 2015	Haushaltskühl- und -gefriergeräte mit HFKW mit einem GWP von 150 und mehr
1. Januar 2020	Kühl- und Gefriergeräte für die gewerbliche Nutzung (hermetische Systeme) für HFKW mit $GWP \geq 2500$
1. Januar 2020	Ortsfeste Kälteanlagen mit HFKW mit einem $GWP \geq 2500$ außer Einrichtungen zur Kühlung unter -50°C
1. Januar 2020	Mobile Klimageräte mit HFKW mit einem $GWP \geq 2500$
1. Januar 2020	Verwendung von HFKW mit einem $GWP \geq 2500$ für Wartung und Instandhaltung (Ausnahme: Füllmenge kleiner 40 t CO_2 -Äquivalent)
1. Januar 2022	Kühl- und Gefriergeräte für dre gewerbliche Nutzung (hermetische Systeme) mit HFKW mit einem $GWP \geq 150$
1. Januar 2022	Verbundkälteanlagen $> 40\text{ KW}$ mit HFKW mit einem $GWP \geq 150$ außer Primärkreis in Kaskadensystemen ($GWP \geq 1500$)
1. Januar 2025	Einzel-Splitklimageräte (unter 3 kg Füllgewicht} mit einem $GWP \geq 750$
1. Januar 2030	Recyceltes Kältemittel mit einem $GWP \geq 2500$ für Wartung und Instandhaltung

1.2 Konsequenzen und Schlussfolgerungen aus dem „Phase-Down“

- Die Produktion von HFKW mit einem $GWP > 2500$ wird kurzfristig eingestellt werden (R404A von Honeywell ab 1.1.2018).
- Erhebliche Preisteigerungen von 60% und mehr für HFKW mit einem $GWP > 2500$.
- Die Politik orientiert langfristig auf den Einsatz von natürlichen Kältemitteln wie NH_3 , CO_2 und Kohlenwasserstoffe (A3) mit einem $GWP < 3$.
- Im Supermarktbereich ist der Zug für CO_2 abgefahren.
- Der Einsatz von Kohlenwasserstoff (A3) erfolgt schwerpunktmäßig bei Füllmengen bis 150g (kein Sicherheitsrisiko) im Kühlgeräte-Bereich, in kompakten Wärmepumpen und Kaltwassersätzen, evtl. auch in Klimageräten. Kälteanlagen mit größeren Füllmengen werden wegen des Sicherheitsrisikos die Ausnahme bleiben.
- Bei Split - Klimageräten wird sich immer mehr R32 ($GWP = 650$) durchsetzen.
- Zur Erreichung der Klimaschutzziele reicht die Absenkung des GWP nicht aus - Die Energieeffizienz der Kälteanlagen muss erhöht werden.

Was bedeutet das für den Kälteanlagenbauer?

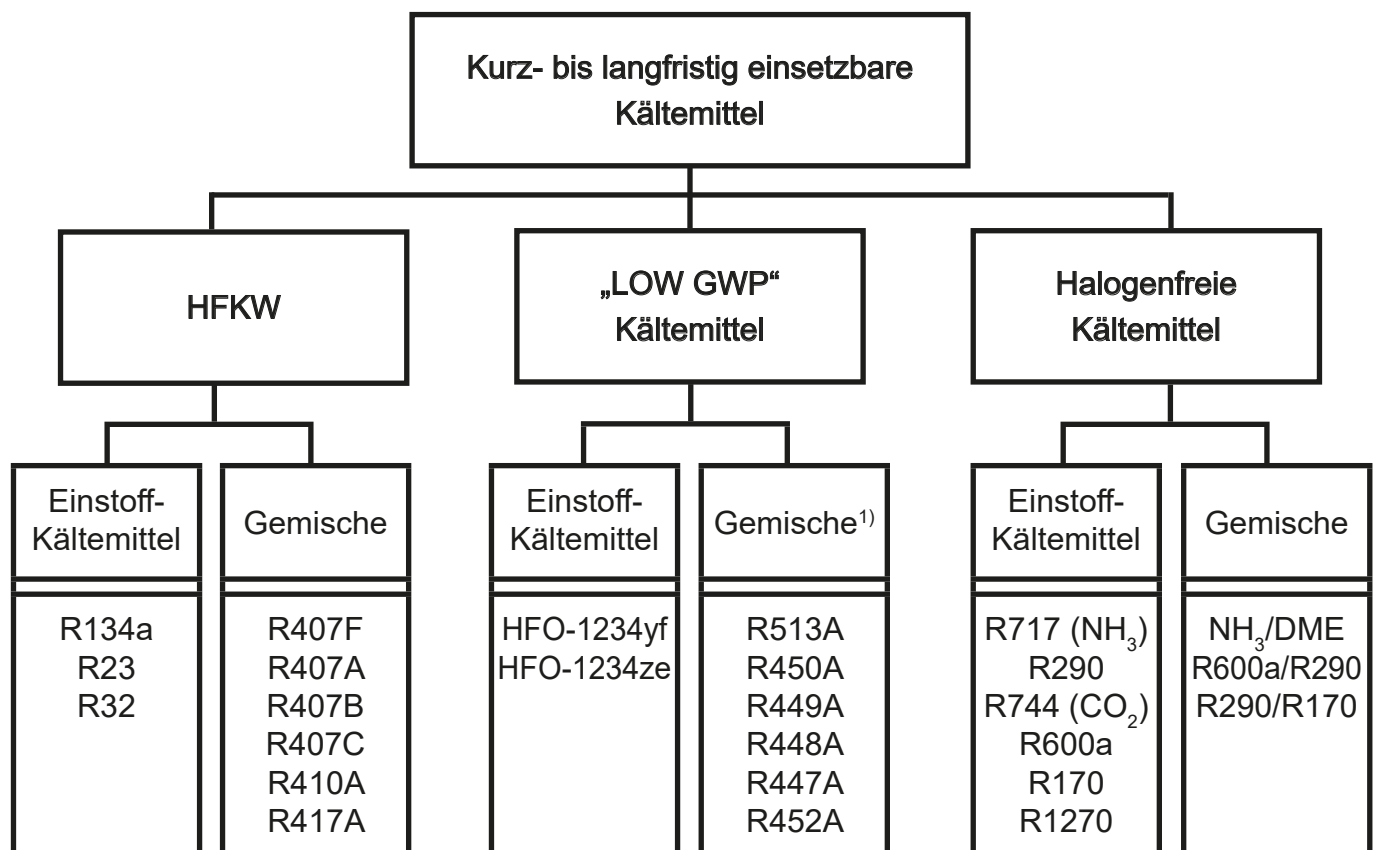
- Je mehr CO₂ (GWP = 1) und Kohlenwasserstoffe (GWP = 3) eingesetzt werden, desto mehr Luft bleibt den Kälteanlagenbauern, noch F-Gase (A1) mit einem GWP < 2500 einzusetzen.

kurzfristig	mittelfristig	langfristig
F-Gase A1	HFO - Gemische (A1)	HFO - Gemische (A2L)
GWP < 2500	GWP < 1500	GWP < 600
z.B. R134a, R407A, R407F	z.B. R449A, R513A	z.B. R454A, R455A

- Die Kälteanlagenbauern werden sich auf den Einsatz von HFO Kältemitteln der Gruppen A1 und A2L konzentrieren müssen.
- Die Anforderungen an die Qualifikation steigen:
 - stärkere Beschäftigung mit zeotropen Kältemittel-Gemischen
 - Einsatz und Umgang mit brennbaren Kältemitteln (A2L), z.B R32
 - Beachtung der Einsatzgrenzen der verschiedenen Kältemittel

→ Das Leben wird in Zukunft nicht einfacher !

1.3 Kältemittelübersicht



Wichtige HFKW - Kältemittel (A1), die nach 2020 verbleiben:

Anwendungsbereich	ASHRAE-Bezeichnung	Handelsbezeichnung	Zusammensetzung	GWP ¹⁾	Temperaturleit
Gewerbe NK- und TK-Bereich	R134a	-	-	1300	-
	R407F	Performax LT	R32/R125/R134a (30/30/40 %)	1820	6,4 K
	R407A	Blend 60	R32/R125/R134a (20/40/40 %)	1770	6,6 K
	R407B	Blend 61	R32/R125/R134a (10/70/20 %)	2280	4,4 K
Klima	R410A	AZ20	R32/R125 (50/50 %)	1720	azeotrop
	R407C	AC9000 Klea 66	R32/R125/R134a (30/10/60 %)	1520	7,2 K
	R32	-	-	650	-
Tiefkühlung Kaskaden	R23	-	-	11700	-
	R508A	Klea 508A	R23/R116 (39/61 %)	11860	azeotrop
	R508B	Suva 95	R23/R116 (46/54 %)	11850	azeotrop

¹⁾nach EN378/Anhang E

1.4 „LOW GWP“ - Kältemittel

In der EN378-1, Anhang E gelistete HFO - Kältemittel und HFO/HFKW Gemische:

Aktuelle HFKW-Kältemittel	„Low GWP“ Alternativen für HFKW-Kältemittel					
	ASHRAE Kennzeichnung	Hersteller-Bezeichnung		Zusammensetzung (bei Gemischen)	GWP ^⑤ AR4 (AR5)	Sicherheitsgruppe
R134a GWP 1430 ^①	R450A	Solstice® N-13	Honeywell	R1234ze(E)/134a	604 (547)	A1
	R513A	Opteon® XP10	Chemours	R1234yf/134a	631 (573)	A1
	R513B	-	Daikin Chemical	R1234yf/134a	596 (540)	A1
	R456A	AC5X ^③	Mexichem	R32/1234ze(E)/134a	687 (627)	A1
	R1234yf	verschiedene	-	-	4 (< 1)	A2L
	R1234ze(E) ^②	verschiedene	-	-	7 (< 1)	A2L
	R444A	AC5 ^③	Mexichem	R32/152a/1234ze(E)	92 (89)	A2L
	-	ARM-42 ^④	Arkema	R1234yf/152a/134a	142 (131)	A2L
R404A/R507A GWP 3922/3985 (R22/R407C)	R448A	Solstice® N-40	Honeywell	R32/125/1234yf/1234ze(E)/134a	1387 (1273)	A1
	R449A	Opteon® XP40	Chemours	R32/125/1234yf/134a	1397 (1282)	A1
	R449B ^④	-	Arkema	R32/125/1234yf/134a	1412 (1296)	A1
	R460B	LTR4X ^③	Mexichem	R32/125/1234ze(E)/134a	1352 (1242)	A1
	R452A	Opteon® XP44	Chemours	R32/125/1234yf	2140 (1945)	A1
	R452C ^④	-	Arkema	R32/125/1234yf	2220 (2019)	A1
	R460A	LTR10 ^③	Mexichem	R32/125/1234ze(E)/134a	2103 (1911)	A1
	R454A	Opteon® XL40	Chemours	R32/1234yf	239 (238)	A2L
	-	-	Daikin Chemical	-	-	-
	R454C ^②	Opteon® XL20	Chemours	R32/1234yf	148 (146)	A2L
R455A	Solstice® L-40X	Honeywell	R32/1234yf/CO ₂	148 (146)	A2L	
-	ARM-20b ^④	Arkema	R32/1234yf/152a	251 (251)	A2L	
R457A ^②	ARM-20a ^④	Arkema	R32/1234yf/152a	139 (139)	A2L	
R459B ^②	LTR11 ^③	Mexichem	R32/1234yf/1234ze(E)	144 (143)	A2L	
R22/R407C GWP 1810/1774	-	Solstice® N-20	Honeywell	R32/125/1234yf/1234ze(E)/134a	975 (891)	A1
-	R444B	Solstice® L-20	Honeywell	R32/152a/1234ze(E)	295 (295)	A2L
R410A GWP 2088	R32	Verschiedene	-	-	675 (677)	A2L
	R447B	Solstice® L-41z	Honeywell	R32/125/1234ze(E)	740 (714)	A2L
	R452B	Opteon® XL55	Chemours	R32/125/1234yf	698 (676)	A2L
	R454B	Opteon® XL41	Chemours	R32/1234yf	466 (467)	A2L
	R459A	ARM-71 ^④	Arkema	R32/1234yf/1234ze(E)	460 (461)	A2L

① Der vergleichsweise geringe GWP von R134a erlaubt den Einsatz dieses Kältemittels noch auf längere Sicht

② Geringere volumetrische Kälteleistung als Referenz-Kältemittel

③ Entwicklungsprodukt

④ Verfügbar 2017 .. 2020

⑤ AR4: gemäß IPCC IV // AR5: gemäß IPCC V – Zeithorizont 100 Jahre

Die EN378-1 enthält insgesamt bereits 120 verschiedene Kältemittel und -Gemische. Sie sollten sich bei den HFO - Kältemitteln auf einen Typ für den NK-Bereich und einen für den TK - Bereich jeweils der Gruppe A1 konzentrieren. Die folgenden Tabellen sind eine Empfehlung.

1.4.1 HFO-Gemische als Ersatz für R134a (Vergleich)

	R513A (XP10)	R450A (N13)
Gemischzusammensetzung	56 % R1234yf 44 % R134a	58 % R1234ze 42 % R134a
Temperaturgleit	Azeotrop	0,4 K
GWP	613	601
Sicherheitsgruppe nach EN 378	A1	A1
Kälteleistung	+2 %	-10 bis -12 %
COP	+2 %	+1 %
Druckgastemperatur	-7 K	-6 K
Drucklage	Höher bei hoher t_k	5 bis 10 % höher
Mischbarkeit mit POE 32	Gut	Gut
Hersteller	Du Pont	Honeywell

1.4.2 HFO-Gemische als Ersatz für R404A (Vergleich)

	R449A (XP40)	R448A (N40)
Gemischzusammensetzung	24 % R32 / 25 % R125 26 % R134a / 25% R1234yf	26 % R32 / 26 % R125 21 % R134a / 20% R1234yf 7% R1234ze
Temperaturgleit	5,6 K	6,0
GWP	1397	1386
Sicherheitsgruppe nach EN 378	A1	A1
Kälteleistung	TK: -8% / NK: -2 %	TK: -8% / NK: -1 %
COP	TK: +3 bis 4 % / NK: +8 bis 12 %	TK: +3 % / NK: +3 bis +8 %
Druckgastemperatur	+2 bis +17 K	Höher
Drucklage	0,4 bis 1,6 bar niedriger	Niedriger
Mischbarkeit mit POE 32	Gut	Gut
Hersteller	Du Pont	Honeywell

1.4.3 Ersatzkältemittel der Klasse A2L

Ersatz für	HFO-Gemisch	Zusammensetzung	GWP	Gleit	UEG (kg/m ³)
R404A	R454A	R32/R1234yf 35/65%	238	5 K	0,278
R507	R454C	R32/R1234yf 21,5/78,5%	146	6 K	0,239
R410A	R452B	R32/125/R1234yf 67/7/26%	676	1 K	0,310
	R454B	R32/R1234yf	467	1,5 K	0,303

1.4.4 Vergleich der Leistungsdaten mit Bitzer-Software 6.4.3

NK-Anwendung: Verdichter 4VES-7Y $t_o = -10\text{ °C}$ $t_k = +45\text{ °C}$ $\Delta t_{oh} = 15\text{ K}$

Kältemittel	R22	R404A	R407A	R407F	R449A (XP40)	R448A (N40)	R134a	R513A (XP10)	R450A (N13)
\dot{Q}_o (kW)	16,77	16,08	15,15	16,26	15,72	15,82	9,81	10,23	8,45
P_{el} (kW)	6,85	7,59	6,50	6,99	6,80	6,80	3,98	4,22	3,52
COP	2,45	2,12	2,33	2,33	2,31	2,33	2,46	2,43	2,40
\dot{m} (kg/h)	388	545	382	362	391	385	251	300	229
t_{ve} (°C)	109,5	77,5	90,7	97,3	91,0	91,5	80,8	73,7	78,0

TK-Anwendung: Verdichter 4NES-14Y $t_o = -30\text{ °C}$ $t_k = +40\text{ °C}$ $\Delta t_{oh} = 15\text{ K}$

Kältemittel	R22	R404A	R407A	R407F	R449A (XP40)	R448A (N40)
\dot{Q}_o (kW)	10,54	10,27	8,78	9,47	9,42	9,47
P_{el} (kW)	6,66	7,23	5,73	6,00	5,98	5,98
COP	1,58	1,42	1,53	1,58	1,57	1,58
\dot{m} (kg/h)	248	362	227	214	240	236
t_{ve} (°C)	135,7	82,9	104,9	113,3	102,3	103,4

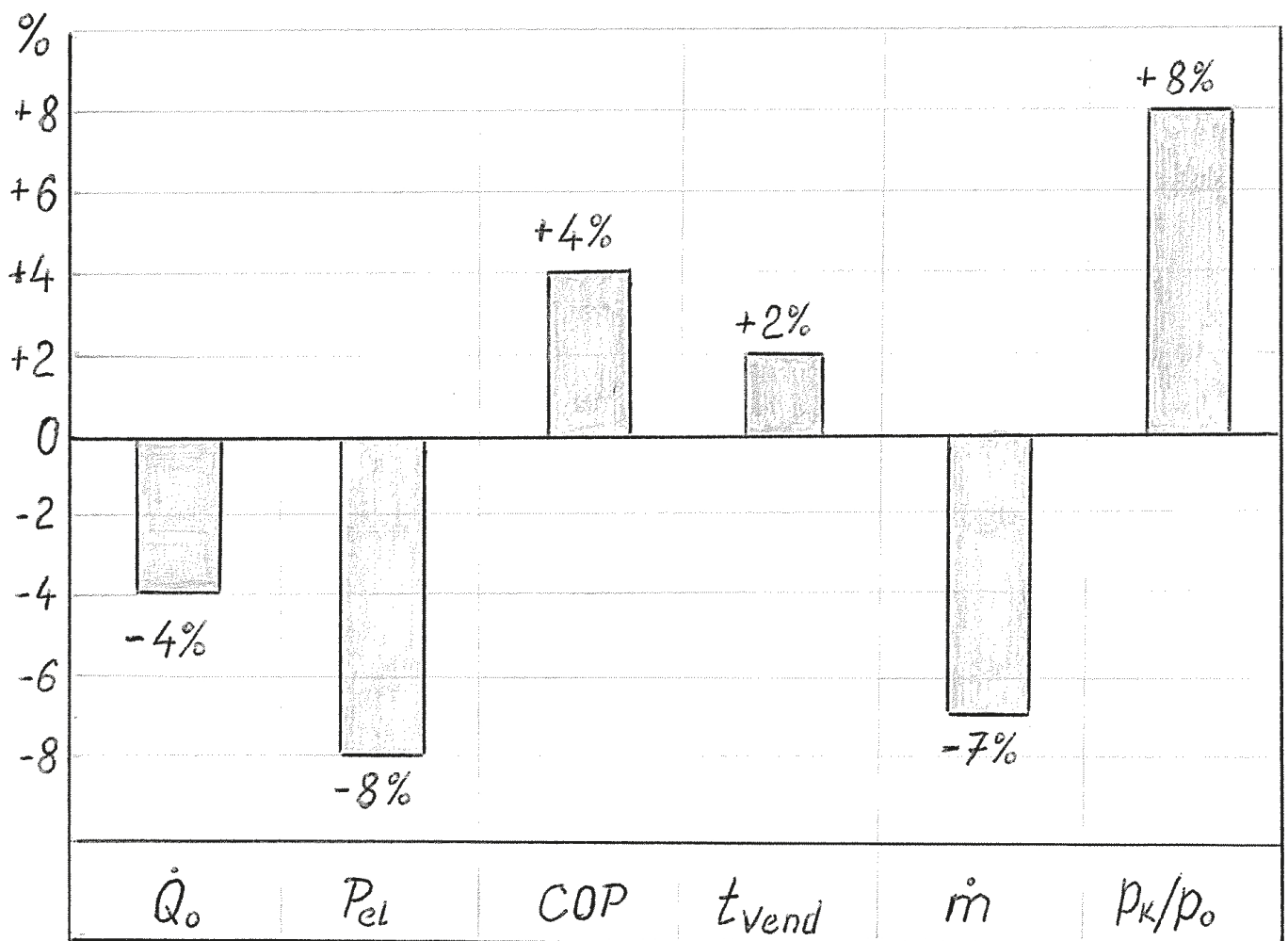
1.4.5 Das Kältemittel R452A (XP44)

Wurde von Du Pont für den Tiefkühlbereich entwickelt und wird von den Herstellern von vollhermetischen Verdichtern, z.B. Tecumseh und Danfos wegen seiner niedrigen Verdichtungsendtemperatur empfohlen.

Vorteil: Verdichtungsendtemperatur ähnlich R404A

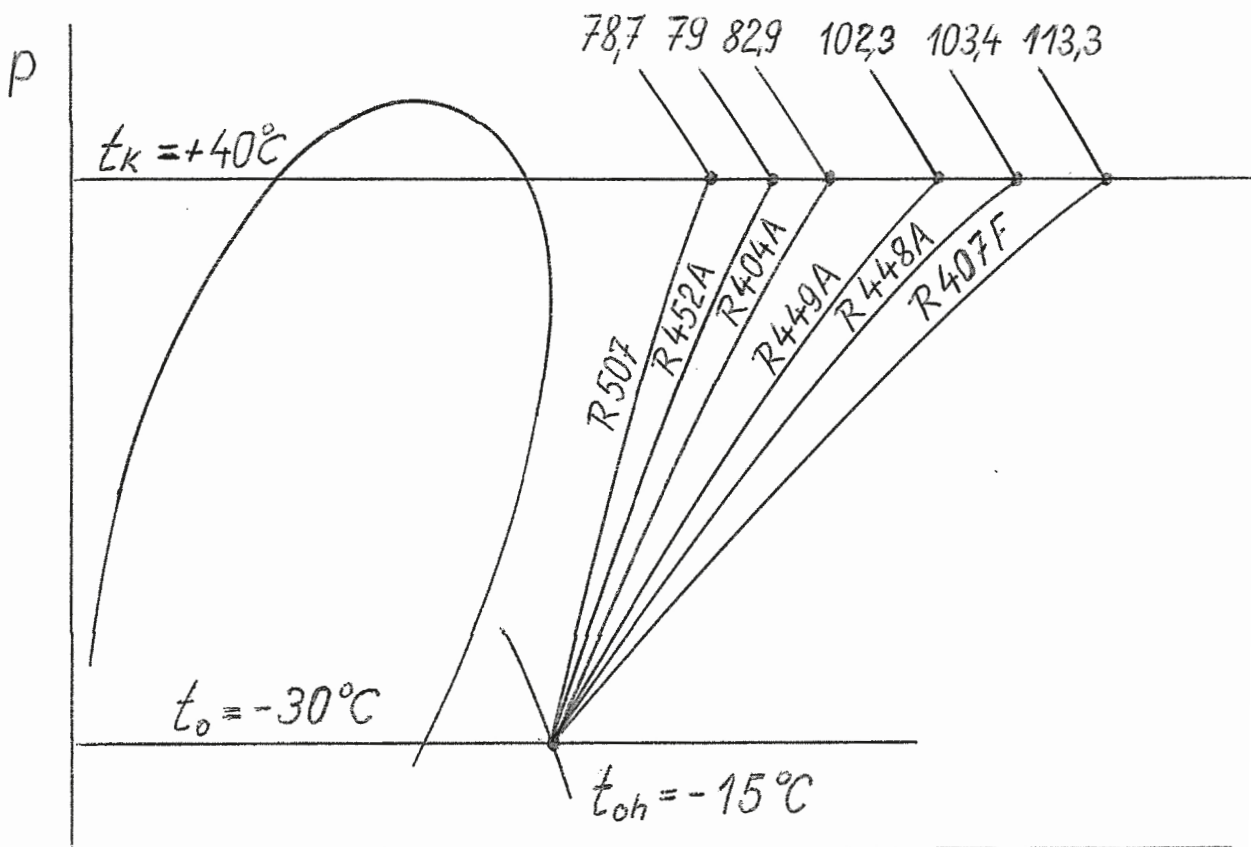
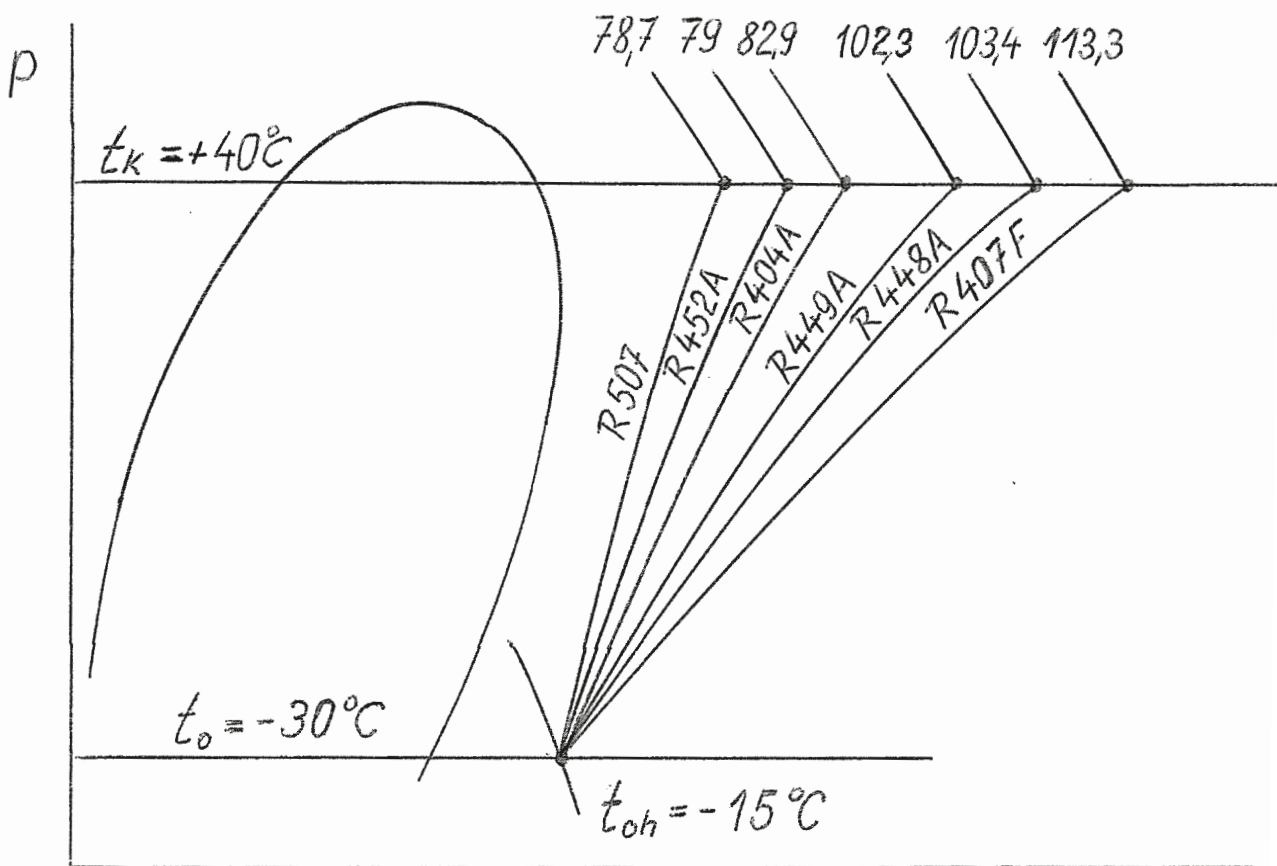
Nachteil: GWP = 1950 wesentlich höher als bei R449 mit GWP = 1280

- Zusammensetzung: R32 / R125 / R1234yf (11 / 59 / 30%)
- Sicherheitsklasse: A1 nach EN378-1
- Praktischer Grenzwert: 0,423 kg/m₃



Leistungsvergleich R452A zu R404A bei $t_o = -30^\circ\text{C}$ / $t_k = +45^\circ\text{C}$ nach Bitzer Leistungskalkulator Version 1.2 com 21.7.2017

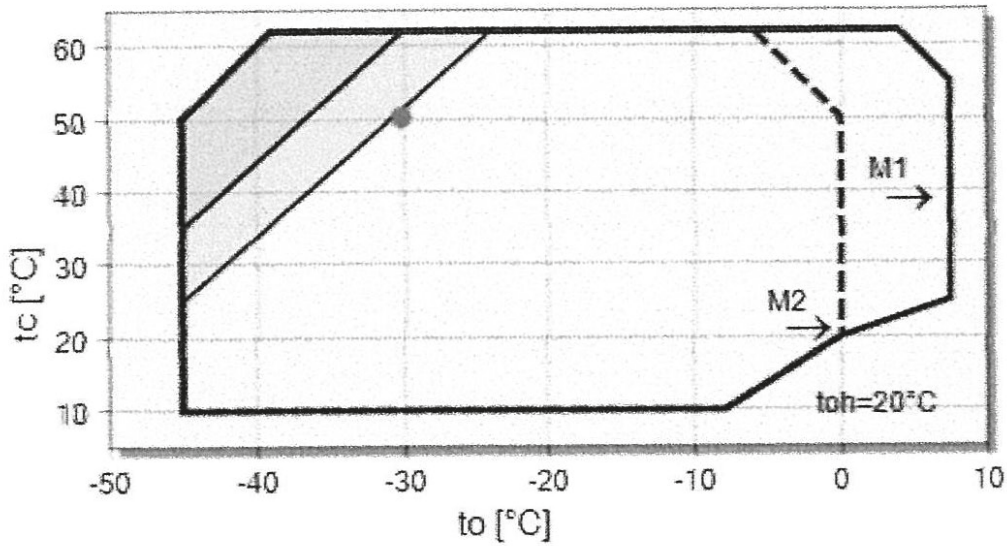
1.4.6 Verdichtungstemperaturen und Einsatzdiagramme für diverse Kältemittel



Verdichtungsendtemperaturen verschiedener Kältemittel für Verdichter 4NES - 14y mit Bitzer - Software 7.0

Application Limits

4NES-14Y



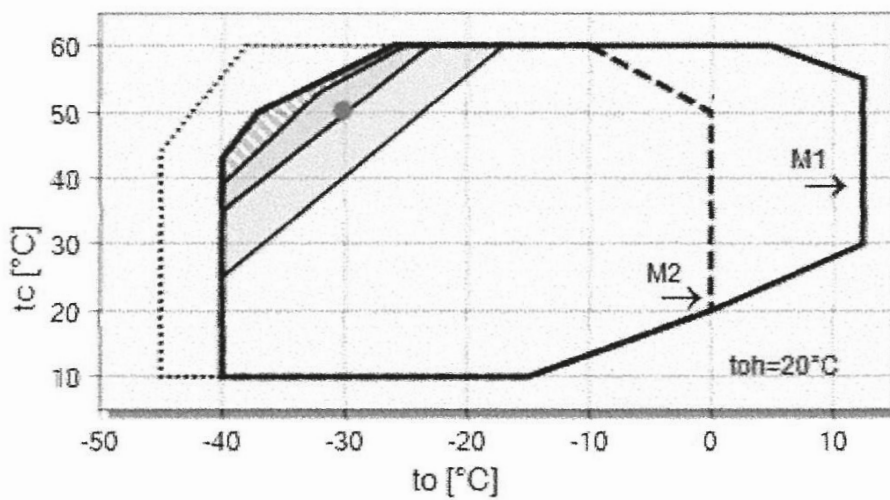
Legend

- additional cooling or suction gas superheat $\leq 20K$
- additional cooling or max. toh $< 0^\circ C$
- M1: motor 1
- M2: motor 2

R404 / R507

Application Limits

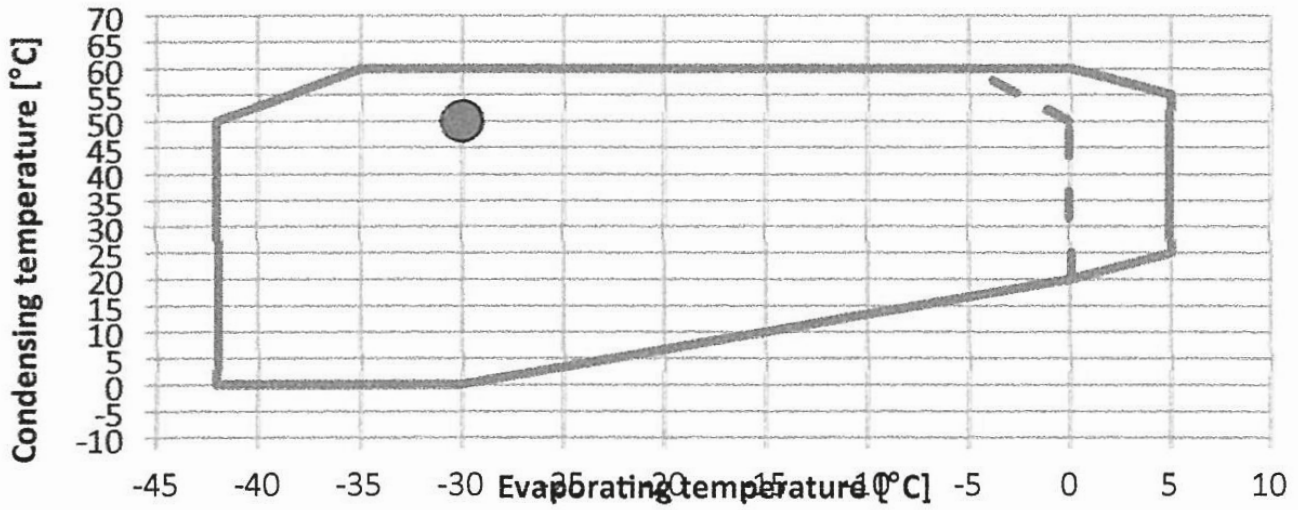
4NES-14Y



Legend

- additional cooling or max. toh $< 0^\circ C$
- additional cooling or suction gas superheat $\leq 20K$
- additional cooling & suction gas superheat $\leq 20K$
- Select operating mode "RI (with IQ MODULE)"
- M2: motor 2
- M1: motor 1

R449A / R448A

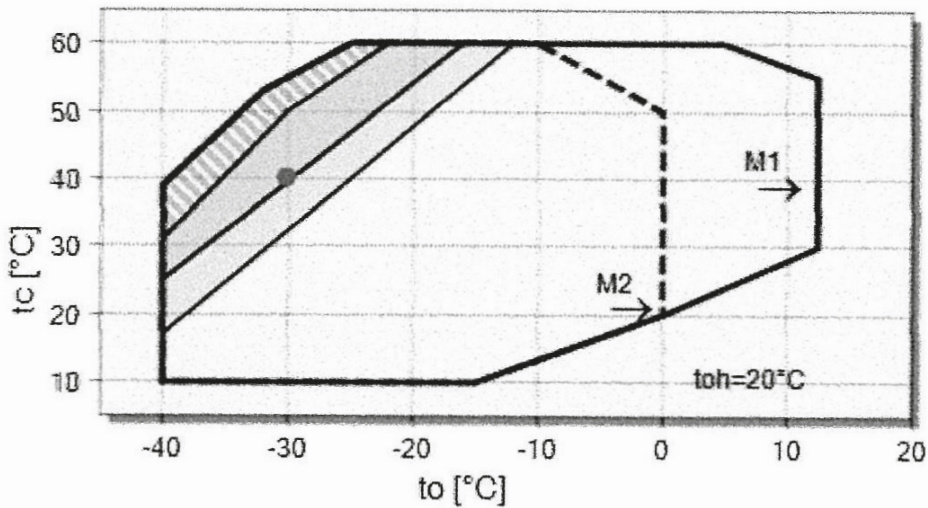


ECOLINE R452A (XP44)

- Motor 1 R452A
- - - Motor 2 R452A
- Operating conditions

Application Limits

4NES-14Y



Legend

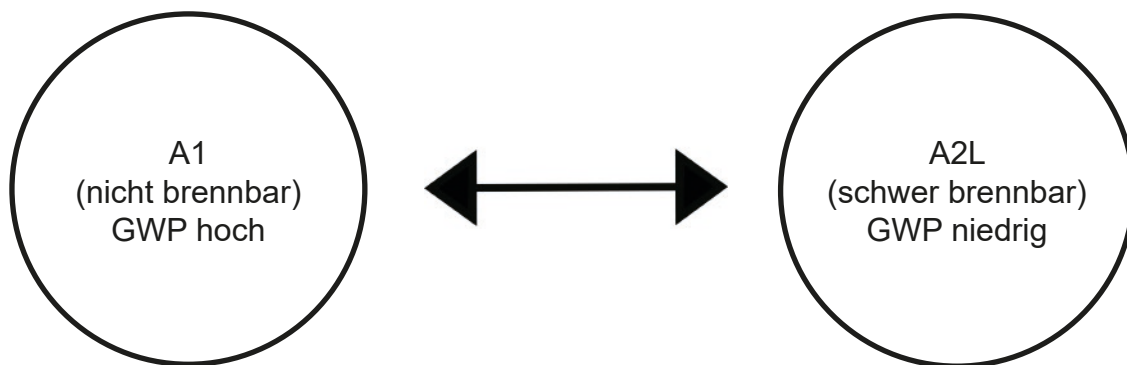
- additional cooling & suction gas superheat $\leq 20\text{K}$
- additional cooling or suction gas superheat $\leq 20\text{K}$
- additional cooling or max. toh $< 0^\circ\text{C}$
- M1: motor 1
- - - M2: motor 2

R404 / R507

1.5 Anforderungen an ein ideales Kältemittel

- Ozonabbaupotenzial ODP=0
- direkter Treibhauseffekt GWP ≤ 3
- nicht giftig
- nicht brennbar (A1)
- energieeffizient, hoher COP
- niedrige Drucklage
- gute Materialverträglichkeit
- gute Mischbarkeit mit dem Kältemaschinenöl

Das ideale HFO - Kältemittel gibt es nicht !



1.6 Auswahlkriterien für Kältemittel

- Gesetzliche Rahmenbedingungen (z.B. F-Gase-Verordnung)
- Sicherheit (Toxizität, Brennbarkeit)
- Energieeffizienz (COP)
- Umweltverträglichkeit (ODP, TEWI)
- Energieverbrauch über die Lebenszeit
- Einsatzbereich
- Verfügbarkeit
- Kosten
- Verfügbare Software für Komponentenauswahl

Auswahl der Kältemittel nach Auswirkung auf die Umwelt (TEWI)

- Alle halogenierten Kohlenwasserstoffe haben einen direkten Treibhauseffekt
→ Anlagendichtheit ist eine wesentliche Aufgabe
- Der höchste Anteil am Treibhauseffekt ist die indirekte CO₂ - Emission. In Europa liegt die freigesetzte CO₂ - Masse bei ca. 0,45 kg/kWh Elektroenergie, durch Verbrennung von fossilen Brennstoffen in Kraftwerken.
→ Forderung nach hoher Energieeffizienz der Kälteanlagen
- Zur Bewertung von Kälteanlagen im Hinblick auf den Klimaeinfluss wurde deshalb der TEWI - Kennwert eingeführt.

TEWI = Vergleich von alternativen Anlagen und Kältemitteln für einen Anwendungsfall an einem bestimmten Anstellungsort.

Keine Leckage = kein direkter Treibhauseffekt.

1.7 Berechnungsmethode für TEWI-Kennwerte

TEWI = TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m [1 - \alpha_{\text{recovery}}]) + (n \times E_{\text{annual}} \times \beta)$$

← Leckage → | ← Rückgewinnungsverluste → | ← Energiebedarf → |
 ← direkter Treibhauseffekt → | ← indirekter Treibhauseffekt → |

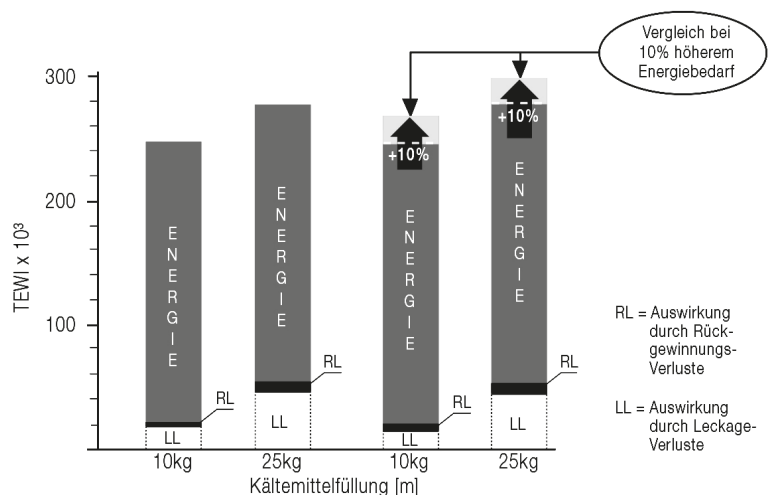
GWP	= Treibhauspotenzial	[CO ₂ -Äquivalent nach IPCC IV]
L	= Leckrate pro Jahr	[kg]
n	= Betriebszeit der Anlage	[Jahre]
m	= Anlagenfüllgewicht	[kg]
α _{recovery}	= Recycling-Factor	
E _{annual}	= Energiebedarf pro Jahr	[kWh]
β	= CO ₂ -Emission pro kWh	(Energie-Mix)

Beispiel für TEWI-Berechnung nach Bitzer-Report 19

Beispiel

Normalkühlung R134a

t _o	-10 °C
t _c	+40 °C
m	10 kg // 25 kg
L _[10%]	1 kg // 2,5 kg
Q _o	13,5 kW
E	5 kW x 5000 h/a
b	0,45 kg CO ₂ /kWh
a	0,75
n	15 Jahre
GWP	1430 (CO ₂ = 1)
	Zeithorizont 100 Jahre



1.8 Faktoren, die die Auswirkungen auf die Umwelt beeinflussen:

- Aufstellungsort der Kälteanlage
- Energetischer Wirkungsgrad (COP) der Anlage (Komponenten)
- Kältemitteltyp (GWP)
- Häufigkeit der Wartung
- Kältemittel - Leckagen (regelmäßige Lecksuche)
- Kältemittelmenge
- Minimierung der Wärmebelastungen
- Art der Leistungsregulierung
- Richtige Festlegung von t_o und t_k und Einregulierung
- Rückgewinnung von Recycling (Wiederaufbereitung der KM)

1.9 Was kann der Kälteanlagenbauer zur Reduzierung des Treibhauseffektes tun?

- Vermeidung von Leckagen und damit Kältemittlemissionen
 - fachgerechte Ausführung von Löt- und Bördelverbindungen
 - Reduzierung von Rohrleitungsvibrationen (Schwingung- und Pulsationsdämpfer)
- Einsatz von Kältemitteln mit geringem GWP und hohem COP
- Reduzierung der Kältemittel - Füllmengen
 - kurze Rohrleitungen
 - microox-Verflüssiger statt Standardausführung Cu/Al
 - Platten - statt Rohrbündel-Wärmetauscher
- fachgerechte Entsorgung von FCKW und FKW
- Bau energieeffizienter Kälteanlagen
 - Verdichter mit hohem COP
 - Verflüssiger mit Energieeffizienz-Klasse A oder B
 - effiziente Leistungsregelung von Kälteanlagen
 - Unterkühlung des Kältemittels
 - Heißgas - statt Elektroabtaug
 - Einsatz von Bedarfsabtaureglern
- Energieeffizienter Betrieb von Kälteanlagen
 - richtige Wahl vom t_o und Einregulierung der Anlage
 - Absenkung von t_k im Winterbetrieb
 - Anhebung von t_o an Wochenenden
- Regelmäßige Wartung der Kälteanlagen
 - vorschriftsmäßige Dichtheitsprüfung
 - regelmäßige Reinigung der Verflüssiger
- Abwärmennutzung von Kälteanlagen

2. Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378-1

Die Ermittlung erfolgt auf die Basis folgender Kriterien:

- Sicherheitsklasse des Kältemittels nach EN378-1, Anhang E
- Kategorie der Zugangsbereiche
- Klassifikation der Aufstellungsorte von Kälteanlagen

Für F-Gase, die vor 2003 auf dem Markt waren - vereinfachte Berechnung nach praktischen Grenzwert (Table E) im Personenaufenthaltsbereich.

Grenzwerte nach Tabelle E.1 bis E.3:

ODL - Grenzwert für Sauerstoffmangel (oxygen deprivation limit)

ATEL - Grenzwert für Toxizität (acute toxicity exposure limit)


LFL - untere Explosionsgrenze (lower flammability limit)

Die Berechnung erfolgt in der Reihenfolge Toxizität (Tabelle C.1) und Brennbarkeit (Tabelle C.2). Der niedrigste Grenzwert ist einzuhalten.

Alternativ kann auch C.3 mit QLMV- und QLAV- Werten gerechnet werden.

DEUTSCHE NORM

März 2017

	DIN EN 378-1	
ICS 01.040.27; 27.080; 27.200		Ersatz für DIN EN 378-1:2012-08
Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien; Deutsche Fassung EN 378-1:2016		
Refrigerating systems and heat pumps – Safety and environmental requirements – Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria; German version EN 378-1:2016		
Systèmes frigorifiques et pompes à chaleur – Exigences de sécurité et d'environnement – Partie 1: Exigences de base, définitions, classification et critères de choix; Version allemande EN 378-1:2016		

2.1 Klassifikation der Kältemittel nach Sicherheitsgruppen gemäß EN378-1 mit Beispielen

Brennbarkeit	Toxizität	
	gering	hoch
nicht entflammbar keine Flammenausbereitung	A1 R134a, R410A, R449A, R513A	B1 R123, R245fa
schwer entflammbar geringe Brennbarkeit	A2L R123yf, R32 R454A, R444B	B2L R717 (NH ₃), R723
mäßig entflammbar mäßige Brennbarkeit	A2 R512A, R440A R413A	B2 R30
leicht entflammbar hohe Brennbarkeit	A3 R290, R600a, R170, R1270	B3

Tabelle E.

Kältemittelnummer	Chemische Bezeichnung ^b	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED m	Praktischer Grenzwert ^d (kg/m ³)	ATEL/ODL ^g (kg/m ³)	LFL ^h (kg/m ³)	Dampfdichte 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molare Masse ^a	Normaler Siedepunkt ^a (°C)	ODP ^{a e}	GWP ^l (100 y ITH)	GWP ^{a f} (ARS) (100 y ITH)	Selbstentzündungstemperatur (°C)
134a	1,1,1,2-Tetrafluorethan	CH ₂ FCF ₃	A1	2	0,25 ⁱ	0,21 ^j	NF	4,17	102,0	-26	0	1 430	1 300	743
32	Difluormethan (Methylenfluorid)	CH ₂ F ₂	A2L	1	0,061	0,30 ^j	0,307	2,13	52,0	-52	0	675	677	648
1234yf	2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	CF ₃ CF=CH ₂	A2L	1	0,058	0,47 ^j	0,289	4,66	114,0	-26	0	4	<1	405
1234ze(E)	trans-1,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	CF ₃ CF=CHF	A2L	2 ⁿ	0,061	0,28	0,303	4,66	114,0	-19	0	7	<1	368
448A	R-32/125/1234yf/134a/1234ze(E) (26/26/20/21/7)	+0,5-2,0/+2,0-0,5/ +0,5-2,0/+2,0-1,0/ +0,5-2,0	A1	2	0,388	0,388	NF	3,58	86,28	-45,9 bis -39,8	0	1 387	1 270	ND
449A	R-32/125/1234yf/134a (24,3/24,7/25,3/25,7)	+2,0-1,0/+1,0-0,2/ +0,2-1,0/+1,0-0,2	A1	2	0,357	0,357	NF	3,62	87,21	-46,0 bis -39,9	0	1 397	1 280	ND
450A	R-134a/1234ze(E) (42/58)	±2,0/±2,0	A1	2	0,319	0,345	NF	4,54	108,67	-23,4 bis -22,8	0	604,7	547	ND
513A	R-134a/1234yf (44/56)	+1,0/-1,0, +1,0/-1,0	A1	2	0,319	0,319	NF	4,256	108,4	-29,05	0	631,4	573	ND

2.2 Kategorien der Zugangsbereiche

DIN EN 378-1:2017-03
EN 378-1:2016 (D)

Tabelle 4 — Kategorien der Zugangsbereiche

Kategorien	Allgemeine Eigenschaften	Beispiele ^a
Allgemeiner Zugangsbereich a	<ul style="list-style-type: none"> — Räume, Gebäudeteile und Gebäude, in denen Schlafeinrichtungen vorhanden sind — Personen in ihrer Bewegung eingeschränkt sind — sich eine unkontrollierte Anzahl von Personen aufhält — jede Person Zutritt hat, ohne persönlich mit den erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen vertraut zu sein 	Krankenhäuser, Gerichtsgebäude oder Gefängnisse, Theater, Supermärkte, Schulen, Vortragsräume, Bahnhöfe, Hotels, Wohnungen, Restaurants
Überwachter Zugangsbereich b	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, in denen sich nur eine begrenzte Anzahl von Personen aufhalten darf, von denen einige mit den allgemeinen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sein müssen	Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien, Räume für allgemeine Fabrikations- und Arbeitszwecke
Zugangsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben c	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, zu denen nur befugte Personen Zutritt haben, die mit den allgemeinen und besonderen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sind, und in denen Materialien oder Güter hergestellt, verarbeitet oder gelagert werden	Produktionseinrichtungen, z. B. für Chemikalien, Nahrungsmittel, Getränke, Industrie- und Speiseeis, Raffinerien, Kühlhallen, Molkereien, Schlachthöfe, nicht öffentliche Bereiche in Supermärkten
<p>^a Die Liste der Beispiele ist nicht vollständig.</p>		

ANMERKUNG Zugangsbereiche können entsprechend den nationalen Anforderungen kategorisiert sein.

2.3 Klassifikation der Aufstellungsorte von Kälteanlagen

Es bestehen vier Klassen von Aufstellungsorten für Kälteanlagen. Der geeignete Aufstellungsort ist nach dieser Europäischen Norm auszuwählen, welche mögliche Gefährdungen berücksichtigt.

Die vier Klassen von Aufstellungsorten sind:

a) Klasse IV — Belüftetes Gehäuse

Sofern sich alle kältemittelführenden Teile in einem belüfteten Gehäuse befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse IV. Das belüftete Gehäuse muss die Anforderungen nach EN 378-2 und EN 378-3 erfüllen.

b) Klasse III — Maschinenraum oder im Freien

Sofern sich alle kältemittelführenden Teile in einem Maschinenraum oder im Freien befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse III. Der Maschinenraum muss die Anforderungen nach EN 378-3 erfüllen.

c) Klasse II — Verdichter im Maschinenraum oder im Freien

Sofern sich alle Verdichter und Druckbehälter im Maschinenraum oder im Freien befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse II, außer die Anlage entspricht den Anforderungen der Klasse III. Rohrschlangen und Rohrleitungen mit Ventilen können sich in einem Personen-Aufenthaltsbereich befinden.

d) Klasse I — Mechanische Geräte im Personen-Aufenthaltsbereich

Sofern die Kälteanlage oder die kältemittelführenden Teile sich im Personen-Aufenthaltsbereich befindet/befinden, gilt Klasse I, außer sie entspricht den Anforderungen der Klasse II.

2.4 Grenzwerte für Füllmengen auf Grundlage der Brennbarkeit und Toxizität

EN 378-1:2016 (D)

Tabelle C.1 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmengen auf Grundlage der Toxizität

Toxizitätsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV
A	a	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.3	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a
		b	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.3		
			Keine Begrenzung der Füllmenge ^a		
	c	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.3		
		Andere	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a		
			Für dauerhaft geschlossene Sorptionsanlagen: Toxizitätsgrenze × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg; alle weiteren Anlagen, Toxizitätsgrenze × Raumvolumen		
B	a	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen	Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a
		b	Personendichte < 1 Person pro 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a	
			Andere	Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	
	c	Personendichte < 1 Person pro 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 50 kg ^a und Notausgänge sind vorhanden	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
		Andere	Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a	Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	
			Die auf der Toxizität beruhenden Anforderungen an die Füllmenge sind, in Abhängigkeit vom Ort des belüfteten Gehäuses nach dem Aufstellungsort I, II oder III zu beurteilen		

^a für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2, und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Tabelle C.2 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge für Kälteanlagen auf Grundlage der Brennbarkeit

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV
2L	a	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^a \times 1,5$	Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$
		Andere Anwendungen	$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
	b	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
		Andere Anwendungen	$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
	c	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
			$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
		Andere Anwendungen	$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
			$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
			$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
			$20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$ und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
< 1 Person pro 10 m ²	Keine Begrenzung der Füllmenge ^c				

a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$
b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$,
c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

2.5 Beispiele

Beispiel 1: Eine R134a-Kälteanlage wird in einem Raum von 30m³ im Kellergeschoß aufgestellt. Wie groß darf die Füllmenge sein ?

Aufstellungsort: Klasse I }
Zugangsbereich: b } → ATL * Raumvolumen

$$m_{\max} = 0,21\text{kg/m}^3 * 30\text{m}^3 = 6,3\text{kg}$$

Beispiel 2: Der Verflüssigungssatz einer R449A-Kälteanlage wird in einem abgeschlossenen Maschinenraum von 60m³ aufgestellt. Wie groß darf die Füllmenge sein ?

Aufstellungsort: Klasse II }
Zugangsbereich: C } → Keine Begrenzung der Füllmenge

Praktischer Grenzwert = ODL = 0,388kg/m³

Ab einer Füllmenge von 0,388kg/m³ * 60m³ = 23,3kg muss eine mechanische Maschinenraumentlüftung mit Bodenabsaugung installiert werden.

C.2 Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit bei Komfort-Klimageräten oder Komfort-Wärmepumpen

C.2.1 Kältemittelführende Teile in einem Personen-Aufenthaltsbereich

Kältemittel A2L: Füllmenge > $m_1 * 1,5$
Kältemittel A2, A3: Füllmenge > m_1
oder Mindestgrundfläche A_{\min} nach Formel C.2

$$m_1 = 4 * \text{LFL}$$

$$\text{Propan (A3): LFL} = 0,038\text{kg/m}^3, \text{LFL}^{5/4} = 0,0167$$

$$\text{R32 (A2L): LFL} = 0,307 \text{ kg/m}^3, \text{LFL}^{5/4} = 0,228$$

$$m_{\max} = 2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2} \quad (\text{C.1})$$

$$A_{\min} = m^2 / (2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0)^2 \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

m_{\max} die maximal zulässige Kältemittel-Füllmenge in einem Raum in kg;

m die Kältemittel-Füllmenge in der Anlage in kg;

A_{\min} die erforderliche Mindest-Raumfläche, in m²;

A die Raumfläche in m²;

LFL die untere Explosionsgrenze in kg/m³, entsprechend der Definition in Anhang E;

h_0 der Höhenfaktor des Gerätes:

— 0,6 bei Aufstellung auf dem Boden;

— 1,8 bei Wandmontage;

— 1,0 bei Fenstermontage;

— 2,2 bei Deckenmontage.

Beispiel 3: Ein Klimagerät soll in einem Raum mit 30m² an der Decke montiert werden. Wie groß ist die maximale Füllmenge beim Kältemittel R32?

$$m_{\max} = 2,5 * LFL^{5/4} * h_o * A^{1/2}$$

$$= 2,5 * 0,307^{5/4} * 2,2 * 30^{1/2} = 6,87\text{kg}$$

Beispiel 4: Ein Kühlgerät hat eine Füllmenge von 320g Propan in einem Personenaufenthaltsbereich auf dem Boden aufgestellt. Die Füllmenge überschreitet 4m³ * LFL = 152g. Wie groß muss die Mindest - Raumfläche sein ?

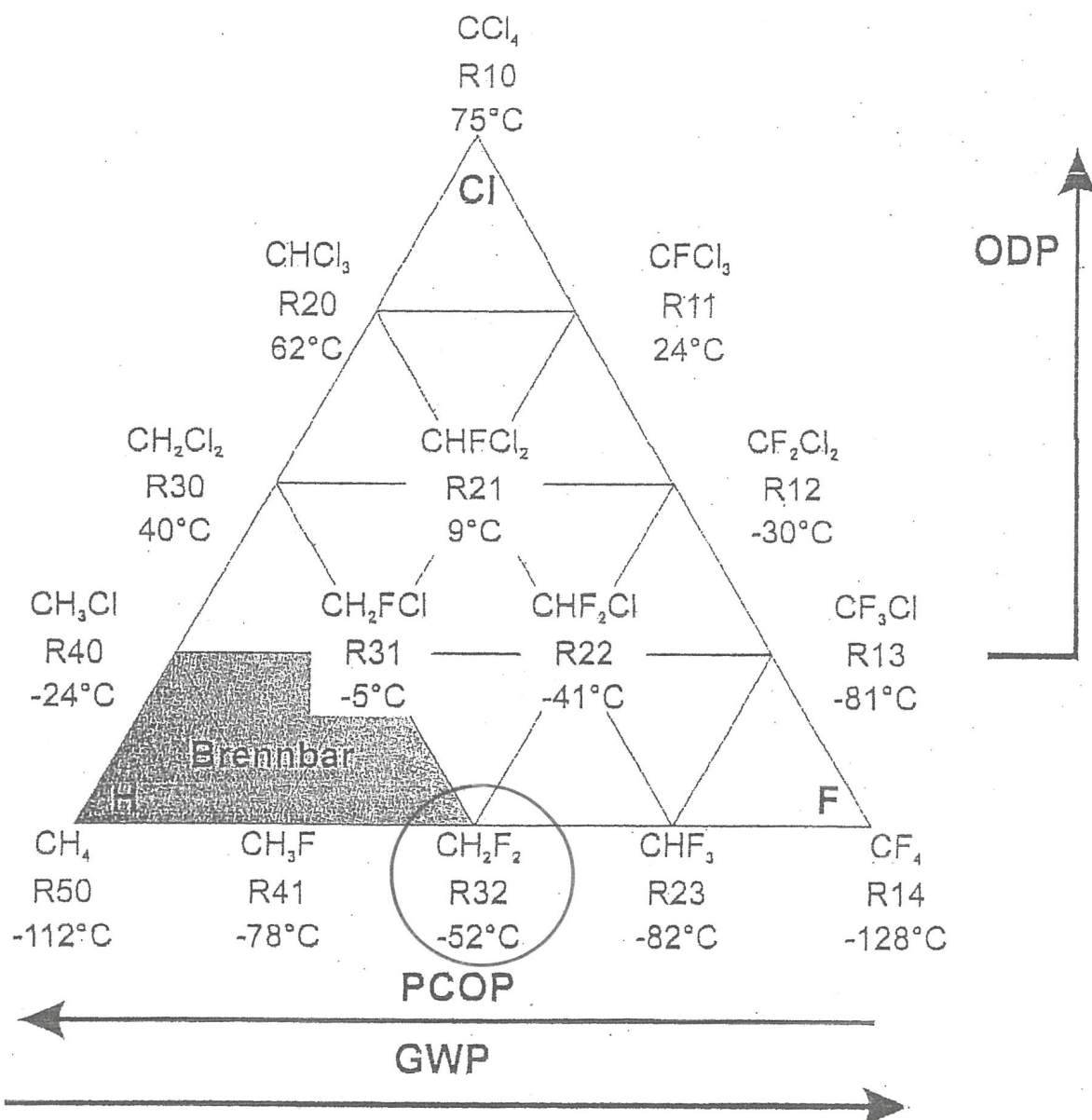
$$A_{\min} = m^2 / (2,5 * LFL^{5/4} * h_o)^2$$

$$= 0,32^2 / (2,5 * 0,038^{5/4} * 0,6)^2 = 163,5\text{m}^2$$

3. Das Kältemittel R32

Was ist R32?

- Ein fluorierter Kohlenwasserstoff (HKW) auf Basis von Methan (CH₄)



3.1 Vergleich 410A und R32

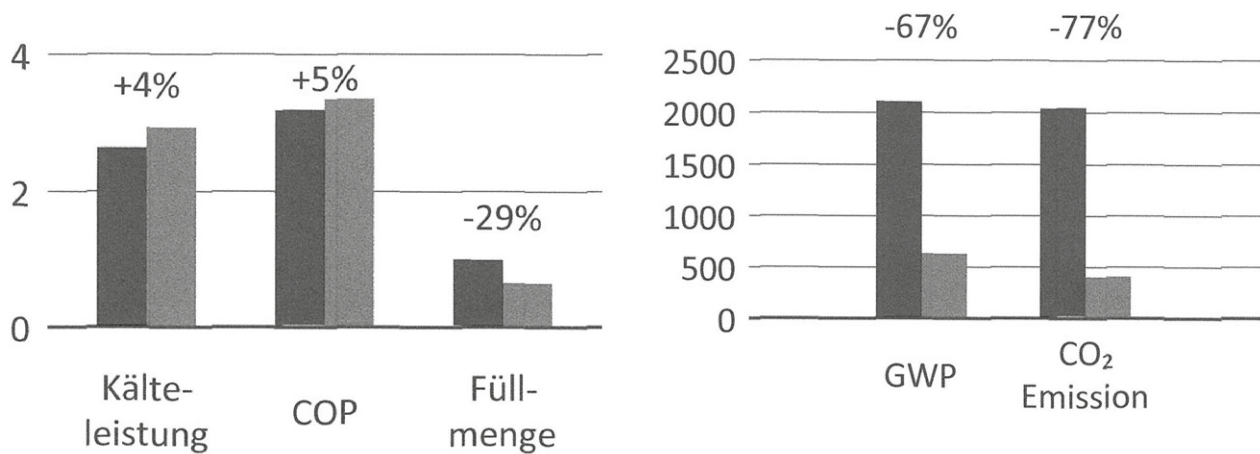
	R32	R410A
Kategorie	HFC	HFC
Zusammensetzung	Reinstoff	50% R32, 50% R125
Siedetemperatur	-51,7°C	-51,5°C
ODP*	0	0
GWP	675	2088
Öl	<i>POE</i> POE	<i>POE</i> POE
Brennbarkeit	A2L	A1
Giftigkeit	Nein	Nein
Druck**	1,6	1,6

*basiert auf R12 = 1

**Druck mit Basis R22 = 1

Vergleich R410A und R32

■ R410A
■ R32



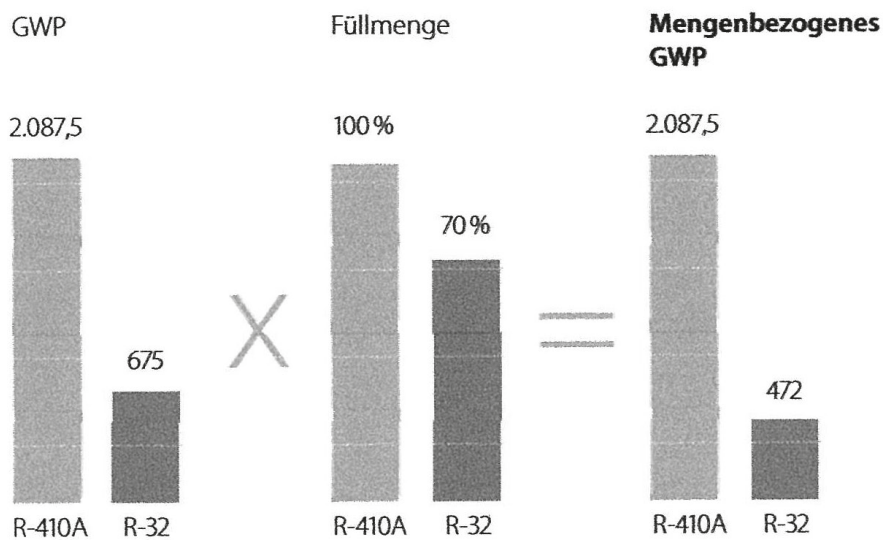
Vorteile von R32 gegenüber R410A:

- GWP = 650 gegenüber R410A mit GWP = 2088
- Volumetrische Kälteleistung höher - kleinere Rohr - Ø
- COP höher
- Wesentlich geringere Füllmengen (kleinere Dichte)
- Verdampfungswärme höher - geringer Massestrom
- R32 ist ein Reinstoff

Nachteile:

- Geringere Brennbarkeit (Klasse A2L nach EN378) Zündergrenzen - UG = 14% ; OG = 31%
- Verdichtungsendtemperatur ca. 18K höher
- Schlechtere Mischbarkeit mit normalen POE

Vergleich R410A und R32 in Bezug auf GWP



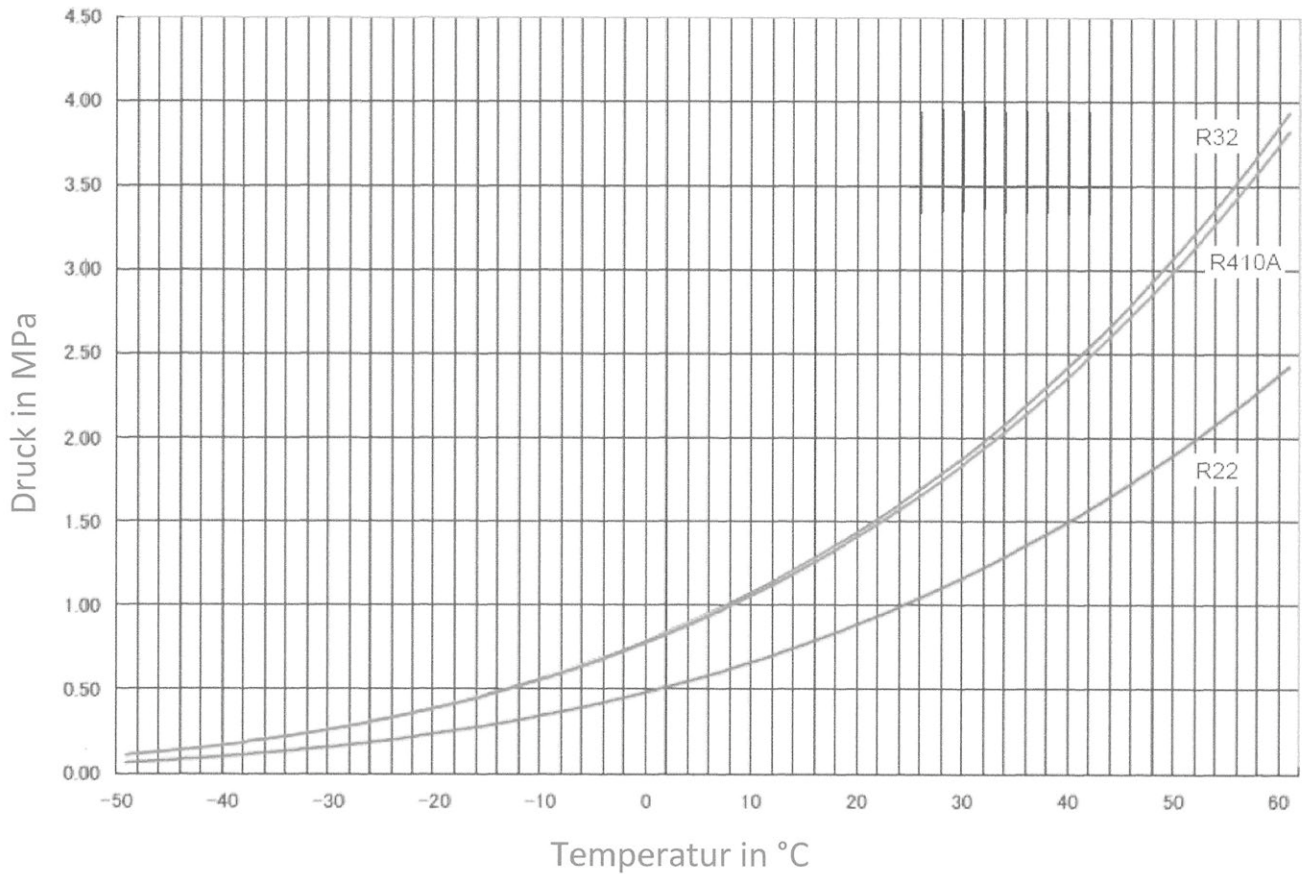
Das Treibhauspotenzial von R-32 beträgt nur ein Drittel des Treibhauspotenzials von R-410A. Unter Berücksichtigung der Kältemittelfüllung liegt das Treibhauspotenzial nur bei einem Viertel!

Testergebnisse von Copeland mit Scroll-Verdichtern bei Klimabedingungen (ARI + 7,2 / 54,4 °C)

Model	Refrigerant	Capacity	Power	COP	DLT
	-	kW	kW	-	°C
12HP Commercial	R410A	35,1	10,8	3,3	93
	R32	36,8	11,5	3,2	115
	Delta	+5%	+6 %	-2 %	+22 K
3HP Residential	R410A	6,5	2,2	3,03	94
	R32	6,9	2,3	2,99	119
	Delta	+6%	+7 %	-1 %	+24 K

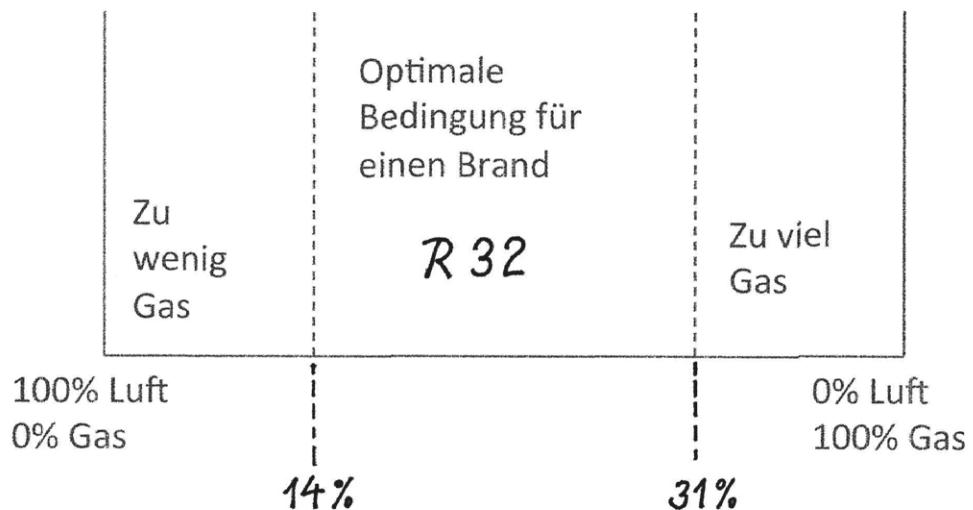
- Kälteleistung bis 6% höher statt 11 % vorausberechnet
- COP 2 % niedriger statt +2 % berechnet
- Verdichtungsendtemperatur bis 24 K höher statt 18 K berechnet

Vergleich R410A und R32












R32 Brennbarkeit

- 3 Voraussetzungen müssen für einen Brand gegeben sein (Zündquelle, Sauerstoff, brennbarer Stoff)
- Große Zündenergie wird benötigt im Vergleich zu Acetylen
- Wahrscheinlichkeit für ein brennbares Gemisch ist sehr niedrig (R32: 14-31%, Acetylen: 2,8-80%)



Modellpalette der Raumklimageräte R32

Panasonic

Innengeräte		1,5 kW	2,0 kW	2,5 kW	3,5 kW	4,1 kW	4,2 kW	5,0 kW	5,2 kW	6,0 kW	6,8 kW	7,1 kW	8,0 kW	9,0 kW
Wandgeräte, Baureihe Z CS-ZxxTKEW		● nur Multi	●	●	●		●	●				●		
Wandgeräte, Baureihe TZ CS-TZxxTKEW		● nur Multi	●	●	●		●	●		●	●	●		
Rastermaß- Kassetten, CS-ExxPB4EA				● nur Multi	● nur Multi			● nur Multi		● nur Multi				
Kanalgeräte mit niedriger statischer Pressung, CS-ExxPDE3EA				● nur Multi	● nur Multi			● nur Multi						
Außengeräte														
Split-Wärmepumpe CU-ZxxTKE			●	●	●		●	●				●		
Split-Wärmepumpe CU-TZxxTKE			●	●	●		●	●		●	●	●		
Multi Split- Wärmepumpe CU-2Z35TBE					●									
Multi Split- Wärmepumpe CU-2Z41TBE						●								
Multi Split- Wärmepumpe CU-2Z50TBE								●						
Multi Split- Wärmepumpe CU-3Z52TBE									●					
Multi Split- Wärmepumpe CU-3Z68TBE											●			
Multi Split- Wärmepumpe CU-4Z68TBE											●			
Multi Split- Wärmepumpe CU-4Z80TBE													●	
Multi Split- Wärmepumpe CU-5Z90TBE														●

3.3. Zulässige Füllmengen in Abhängigkeit von der Raumgröße

Anforderungen zur Gewährleistung der sicheren Verwendung der aktuellen Panasonic-Modelle mit R32:

	Q ₀ (kW)	typ. Raumgröße bei diesem Modell (m ²)	Standard Füllgewicht (kg)	Füllgewicht bei max. Leitungslänge (kg)	h ₀ Wand- montage (m)	R32 LFL	max. Füllgewicht gem. EN378-1 C.2.1 (kg)	max. Füllgewicht gem. EN 378 "Andere Anwendung" Klassifikation II	Installation in Ordnung
Panasonic Etherea Z									
CS- Z 7SKEW + CU- Z 7SKE	2,05	20	0,76	0,84	1,8	0,307	4,60	3,07	Ja
CS- Z 9SKEW + CU- Z 9SKE	2,50	25	0,85	0,93	1,8	0,307	5,14	3,84	Ja
CS- Z12SKEW + CU- Z12SKE	3,50	35	0,91	0,99	1,8	0,307	6,08	5,37	Ja
CS- Z15SKEW + CU- Z15SKE	4,20	45	0,87	0,95	1,8	0,307	6,90	6,91	Ja
CS- Z18SKEW + CU- Z18SKE	5,00	50	1,03	1,22	1,8	0,307	7,27	7,68	Ja
Panasonic TZ									
CS-TZ 9SKEW + CU-TZ 9SKE	2,50	25	0,67	0,75	1,8	0,307	5,14	3,84	Ja
CS-TZ12SKEW + CU-TZ12SKE	3,50	35	0,77	0,85	1,8	0,307	6,08	5,37	Ja
CS-TZ15SKEW + CU-TZ15SKE	4,20	45	0,86	0,94	1,8	0,307	6,90	6,91	Ja
CS-TZ18SKEW + CU-TZ18SKE	5,00	50	1,14	1,33	1,8	0,307	7,27	7,68	Ja
CS-TZ24SKEW + CU-TZ24SKE	6,80	70	1,49	1,99	1,8	0,307	8,60	10,75	Ja

$$m_{\max} = 2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$$

m: Kältemittel-Füllgewicht (kg)

LFL: Lower Flamability Limit (kg/m³); bei R32: LFL = 0,307

h₀: Höhe (m)

A: Raumfläche (m²)

$$m_{\max} = 20\% \times \text{LFL} \times \text{Raumvolumen}$$

bei "Anderer Anwendung" Klassifikation II

Beispiel:

Einbau R32 Klimaanlage im Privathaus:

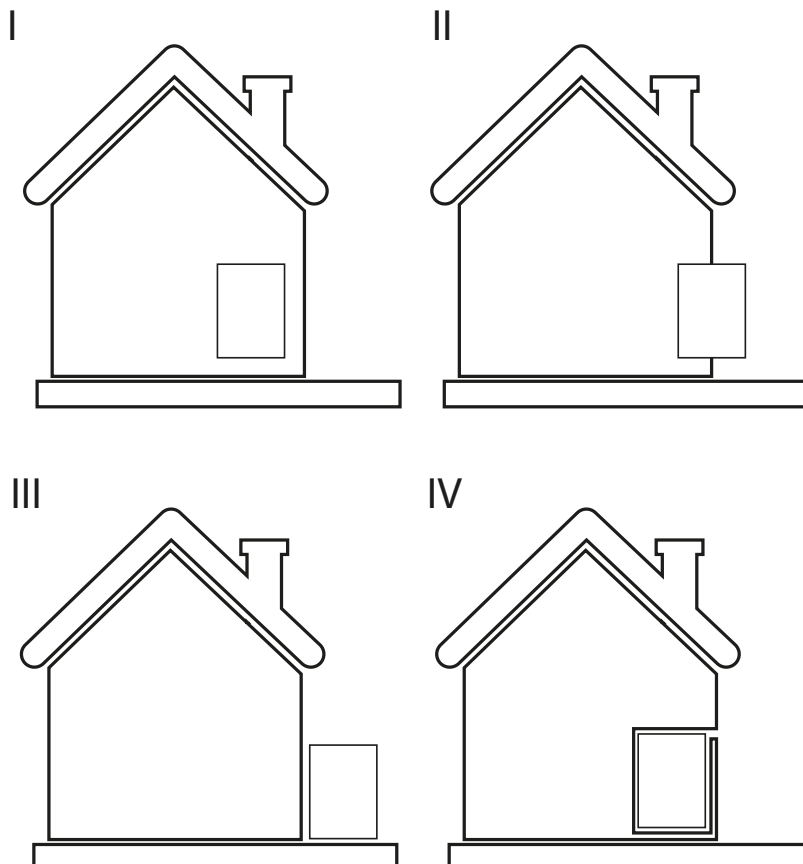
- Kältemittel A2L
- Allgemeiner Zugangsbereich
- Menschlicher Komfort (Alternativ: „Andere Anwendungen“)
- Aufstellungsort Klasse II

siehe EN 378-1 Tabelle C2 Brennbarkeitsklasse A2L:

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation				
		I	II	III	IV	
	a	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^a \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			

h (m)	Kältemittelfüllung (kg)					
	Minimal benötigte Raumgröße (m ²)					
	1,84 kg	2,4 kg	3,6 kg	4,9 kg	6,1 kg	8,0 kg
0,6	/	50	110	206	321	543
1,0	/	18	40	74	116	196
1,8	/	5	12	23	36	60
2,2	/	4	8	15	24	40

Aufstellungsort - Klassifikation:



Mitsubishi Electric Klimageräte mit R32

TECHNISCHE DATEN

Modell	Set-Bezeichnung		MSZ-LN25VG(HZ)		MSZ-LN35VG(HZ)		MSZ-LN50VG(HZ)				MSZ-LN60VG		
	Innengerät		MSZ-LN25VG		MSZ-LN35VG		MSZ-LN50VG				MSZ-LN60VG		
	Außengerät		MUZ-LN25VG(HZ)		MUZ-LN35VG(HZ)		MUZ-LN50VG		MUZ-LN50VGHZ		MUZ-LN60VG		
Funktion			Kühlen	Heizen	Kühlen	Heizen	Kühlen	Heizen	Kühlen	Heizen	Kühlen	Heizen	
Netzanschluss			~ /N, 230 V, 50 Hz										
Leistung		kW	2,5	3,2	3,5	4,0	5,0	6,0	5,0	6,0	6,1	6,8	
Eingang		kW	0,485	0,580	0,820	0,800	1,380	1,480	1,380	1,480	1,790	1,810	
Gewicht		Innengerät	15,5										
		Außengerät	25(HZ)/35:35 / 35HZ:36		40		55		55				
Kältemittelfüllung (R32)		kg	1,00				1,25		1,45				
IP-Code		Innengerät	IP 20										
		Außengerät	IP 24										
Zulässiger Betriebsüberdruck		LP ps	2,77										
		HP ps	4,17										
Geräuschpegel		Innengerät (Sehr Hoch/Hoch/Mittel/Niedrig/Lautlos)	dB(A)	42/36/29/23/19	45/36/29/24/19	43/36/29/24/19	45/36/29/24/19	46/39/35/31/27	47/39/34/29/25	46/39/35/31/27	47/39/34/29/25	49/45/41/37/29	49/45/41/37/29
		Außengerät	dB(A)	46	49	49	50	51	54	51	54	55	55

Mindestaufstellfläche für Innengeräte

Kältemittelfüllmenge M [kg]	Mindestaufstellfläche A_{\min} [m ²]
1,0	4
1,5	6
2,0	8
2,5	10
3,0	12
3,5	14
4,0	16
4,5	20
5,0	24
5,5	29
6,0	35
6,5	41
7,0	47
7,5	54

Mindestabstände vom Fußboden

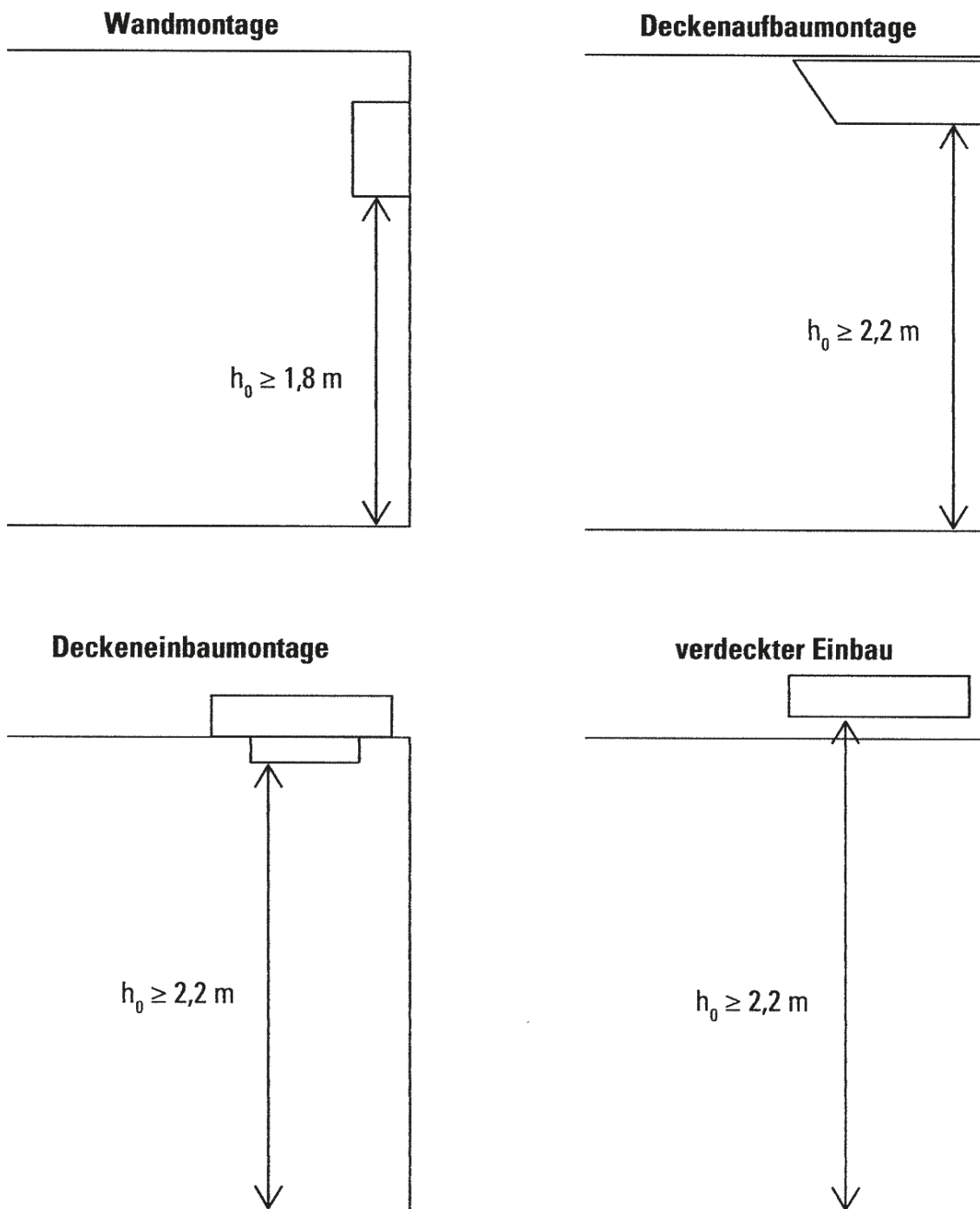
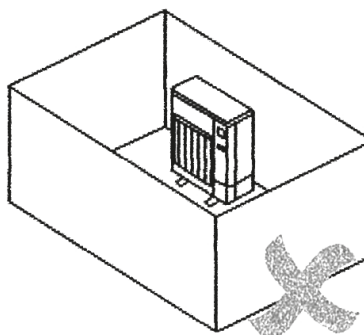
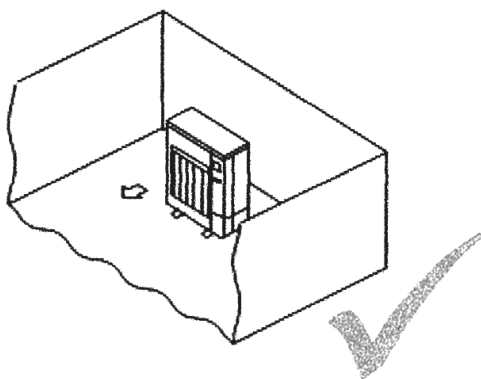
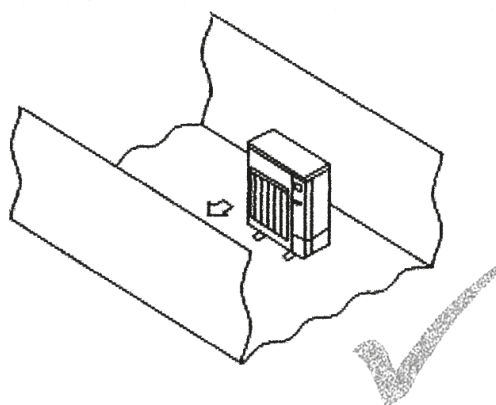
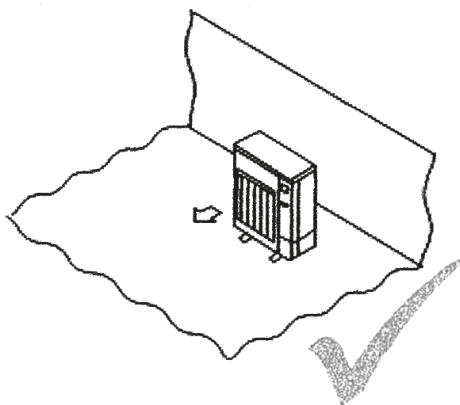


Abbildung 2 Mindestabstand h_0 zum Fußboden

Aufstellung von Außengeräten

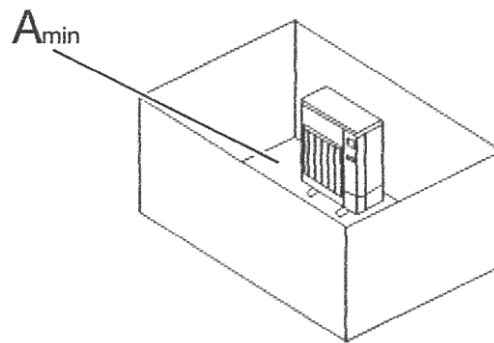
Außengeräte dürfen nur an einem ausreichend großen Ort ohne Senken aufgestellt werden. Mindestens eine von vier Seiten muss offen sein.



Aufstellungsvarianten

Kann ein Gerät nur dort aufgestellt werden, wo es von allen Seiten umschlossen ist oder wenn es in einer Senke steht, müssen Sie sicherstellen, dass mindestens eine der nachfolgenden Voraussetzungen (A, B oder C) erfüllt ist.

Mindestaufstellflächen für Außengeräte

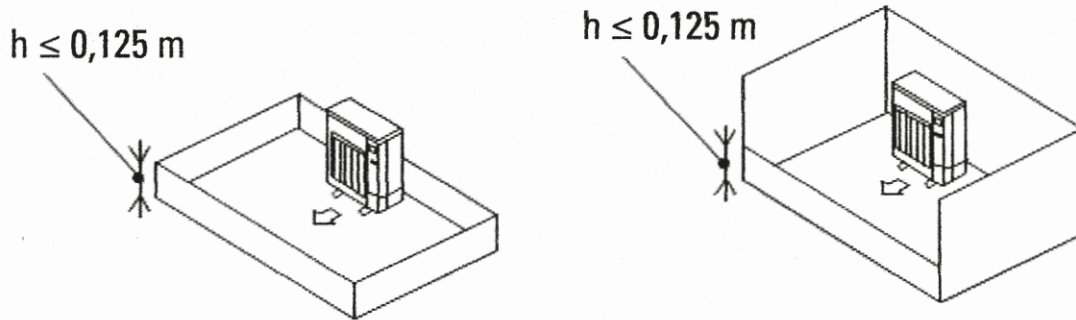


Mindestaufstellfläche

Kältemittelfüllmenge M [kg]	Mindestaufstellfläche A_{min} [m ²]
1,0	12
1,5	17
2,0	23
2,5	28
3,0	34
3,5	39
4,0	45
4,5	50
5,0	56
5,5	62
6,0	67

Kältemittelfüllmenge M [kg]	Mindestaufstellfläche A _{min} [m ²]
6,5	73
7,0	78
7,5	84

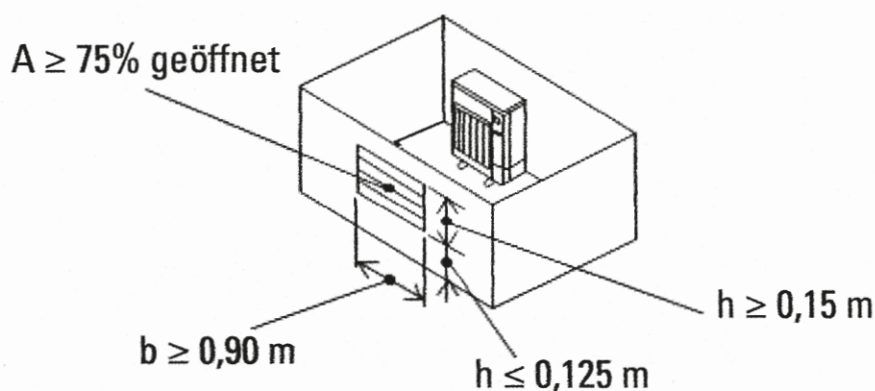
B. Stellen Sie sicher, dass die Tiefe der Senke nicht mehr als 0,125 m beträgt.



Tiefe der Senke

C. Schaffen Sie eine ausreichende Belüftungsfläche.

Sorgen Sie dafür, dass die Belüftungsfläche eine Breite von mindestens 0,90 m und eine Höhe von mindestens 0,15 m hat. In jedem Fall darf der Abstand vom untersten Punkt der Aufstellfläche zur Unterkante der Belüftungsfläche höchstens 0,125 m betragen. Die Belüftungsfläche muss zu mindestens 75 % geöffnet sein.



Vorgaben für eine Belüftungsöffnung

3.4. Abweichende Ausrüstung für R32 (A2L):

- Absauggerät freigegeben für R32 und R1234yf
 - z.B. Typ ENVIRO - DU0 von Refco
 - Modell 69300-220 von Mastercool
- Lecksuchgerät kompatibel für R32
 - z.B. REF-LOCATOR von Refco oder
 - LOK Tool 55100 von Mastercool
- Monteurhilfe mit mechanischen Monometern für R32
 - z.B. BM2-3-DS-R32 oder BM4-3-DS-R32
- Digitale Monteurhilfe „DIGIMON-SE“ von Refco oder update für R32 für vorhandene Monteurhilfe
- Adapter für Kältemittelflasche (Linksgewinde bei brennbaren Kältemitteln)
- Recycling-Kältemittelflasche aus Stahl für 48 bar, Linksgewinde

3.5 Hinweise zum Umgang mit R32 (A2L)

- Ist R32 in den Raum entwichen, für gute Belüftung sorgen, offene Flammen löschen, Geräte spannungsfrei schalten.
- Verhindern, dass Luft in das Kältesystem gelangen kann. (Anlage nicht im Unterdruck betreiben, Niederdruckbegrenzer einsetzen).
- Vor dem Befüllen Kreislauf gut evakuieren, nach dem Befüllen prüfen ob Druck mit Temperatur übereinstimmt, damit ausgeschlossen werden kann, dass sich Fremdgas im System befindet.
- Bei Reperaturen im Kältesystem sicherstellen, dass sich kein Kältemittel darin befindet.
- Auszutauschende Bauteile mit Lötanschluss nicht auslöten, sondern mit Rohrschneider trennen.
- Ansgebauete Verdichter mit Stickstoff füllen und verschließen.
- Nur Originalersatzteile verwenden, die für R32 freigegeben sind.

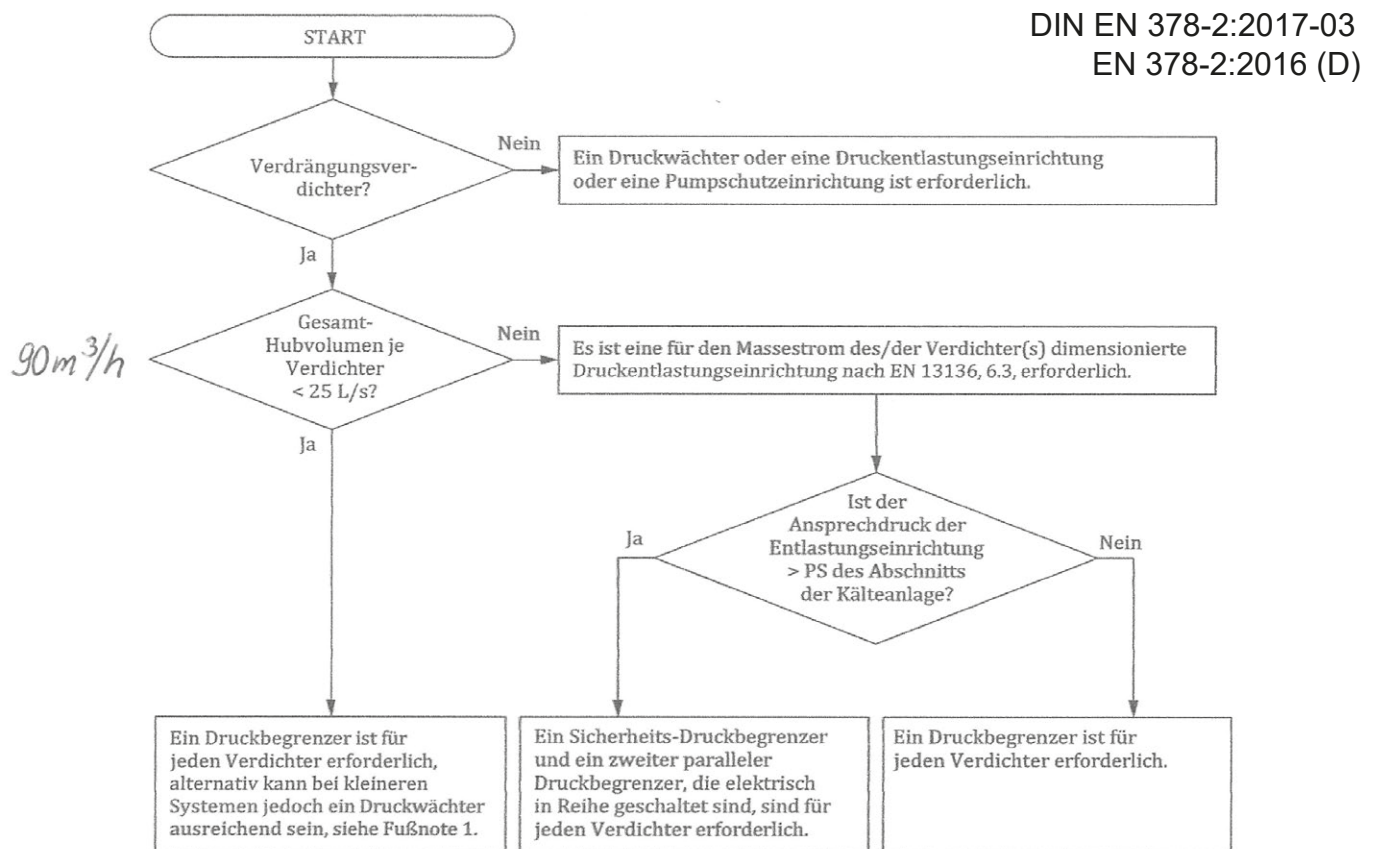
4. Sicherheitsvorschriften für den Bau von Kälteanlagen mit A2L-Kältemitteln

Die wichtigsten Vorschriften sind:

EN378, Teil 1 bis 3 - Kälteanlagenverordnung
 Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU - Druckbehälterverordnung
 (Die EN378 wurde um die Gruppe A2L ergänzt)

4.1 EN378 „Kälteanlagen und Wärmepumpen“

- Teil 1, Anhang C: Grenzwerte für Füllmengen
- Teil 2: Konstruktion, Prüfung, Dokumentation
 - Bauteilgeprüfter Sicherheits- und Druckbegrenzer
 - Saug- und Druckmanometer sowie KM-Sammler mit Schauglas für max. KM-Füllstand ab 2,5 kg für Gruppe A3
ab 25 kg für Gruppe A2 und A2L
- Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen
 - Kältemitteldetektor muss bei 25% UEG ansprechen
 - Muss Alarm auslösen, mechanische Lüftung einschalten und Kälteanlage ausschalten
- Teil 4, Anhang D: Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen



FUSSNOTE 1 Bei kleineren Anlagen mit Kältemittel-Füllmengen unter 100 kg Sicherheitsklasse A1 oder 30 kg Sicherheitsklasse A2L oder 5 kg Sicherheitsklasse A2/A3 wird ein Druckwächter als ausreichend angesehen, vorausgesetzt das automatische Reset beeinträchtigt nicht das Sicherheitsniveau.

Bild 1 — Schutz der Kälteanlage vor überhöhtem Druck — Teil B

Tabelle 2 — Festgelegte Konstruktionstemperaturen

Umgebungsbedingungen	≤ 32 °C	≤ 38 °C	≤ 43 °C	≤ 55 °C
Hochdruckseite mit luftgekühltem Verflüssiger	55 °C	59 °C	63 °C	67 °C
Hochdruckseite mit wassergekühltem Verflüssiger oder Wasser-Wärmepumpe	Maximale Austrittstemperatur des Wassers + 8 K, jedoch nicht weniger als die Bemessungstemperatur der Niederdruckseite			
Hochdruckseite mit Verdunstungsverflüssiger	43 °C	43 °C	43 °C	55 °C
Niederdruckseite mit Wärmeübertrager, der den Umgebungstemperaturbedingungen der Außenseite ausgesetzt ist	32 °C	38 °C	43 °C	55 °C
Niederdruckseite mit Wärmeübertrager, der den Umgebungstemperaturbedingungen der Innenseite ausgesetzt ist	27 °C	33 °C	38 °C	38 °C
<p>ANMERKUNG 1 Für die Hochdruckseite werden die festgelegten Temperaturen als die höchsten angenommen, die während des Betriebs auftreten. Diese Temperaturen ist höher als die Temperatur bei ausgeschaltetem Verdichter (Stillstand). Für die Niederdruckseite und/oder Zwischendruckseite genügt es, zur Berechnung des Drucks die Temperaturen zugrunde zu legen, die während des Verdichterstillstands erwartet werden. Diese Temperaturen sind Mindesttemperaturen und bestimmen somit, dass die Anlage nicht für einen maximal zulässigen Druck ausgelegt wird, der niedriger ist als der diesen Mindesttemperaturen entsprechende Sattedampfdruck des Kältemittels.</p> <p>ANMERKUNG 2 Für zeotrope Gemische ist der maximal zulässige Druck (PS) der Druck am Siedepunkt.</p>				

DIN EN 378-2:2017-03
EN 378-2:2016 (D)

Flüssigkeitsstandanzeiger

Kältemittelsammler in Anlagen, die mehr als:

- 100 kg Kältemittel der Gruppe A1;
- 25 kg Kältemittel der Gruppe A2L, B2L, A2, B1 oder B2;
- 2,5 kg Kältemittel der Gruppe A3 oder B3;

enthalten und abgesperrt werden können, müssen mit einem Flüssigkeitsstandanzeiger ausgerüstet sein, der mindestens den maximalen Kältemittelstand anzeigt.

Flüssigkeitsstandanzeiger aus Glasrohren dürfen nicht verwendet werden (siehe EN 12178).

Schaugläser für den Flüssigkeitsstand aus einer flachen oder geriffelten Glasscheibe, die dicht mit dem Gehäuse verbunden ist, werden nicht als Rohre angesehen.

Flüssigkeitsstandanzeiger mit langen Glasplatten müssen mit einem Rückschlag-Sicherheitsmechanismus im unteren und im oberen Anschlussrohr versehen werden.

4.2 Einstufung nach Druckgeräterichtlinie

Nach der Druckgeräterichtlinie werden Kältemittel der Kategorie A2L in die Fluid-Gruppe 1 eingestuft:

Fluide (Artikel 9)

DGRL Einstufung der Druckgeräte in sogenannte Kategorien für zwei Gruppen von Fluiden:

- ⇒ Gruppe 1: gefährliche Fluide
 - explosionsgefährlich
 - hochentzündlich (z. B: Kohlenwasserstoffe)
 - leichtentzündlich
 - entzündlich
 - sehr giftig
 - giftig (z. B. NH₃)
 - brandfördernd
- ⇒ Gruppe 2: alle übrigen Fluide (z. B. Kältemittel HFKW, FKW, HFCKW)

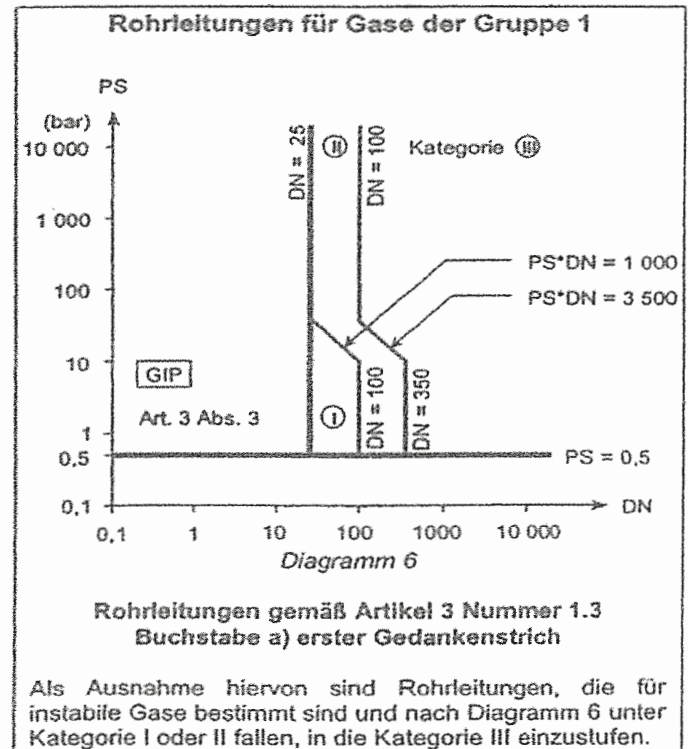
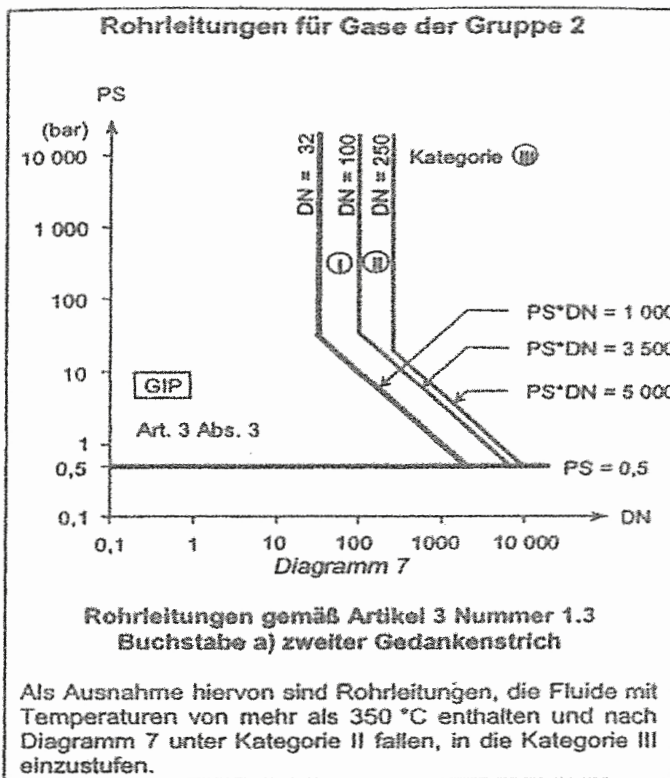
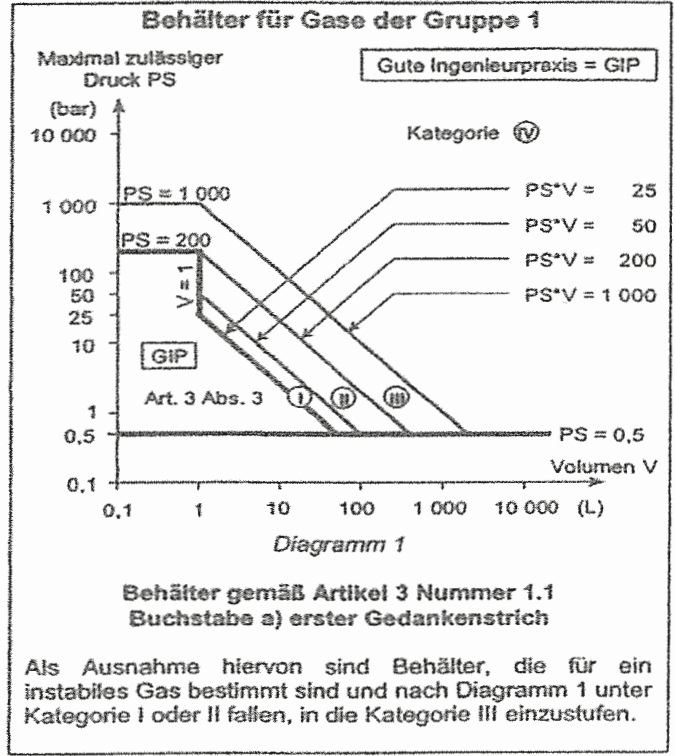
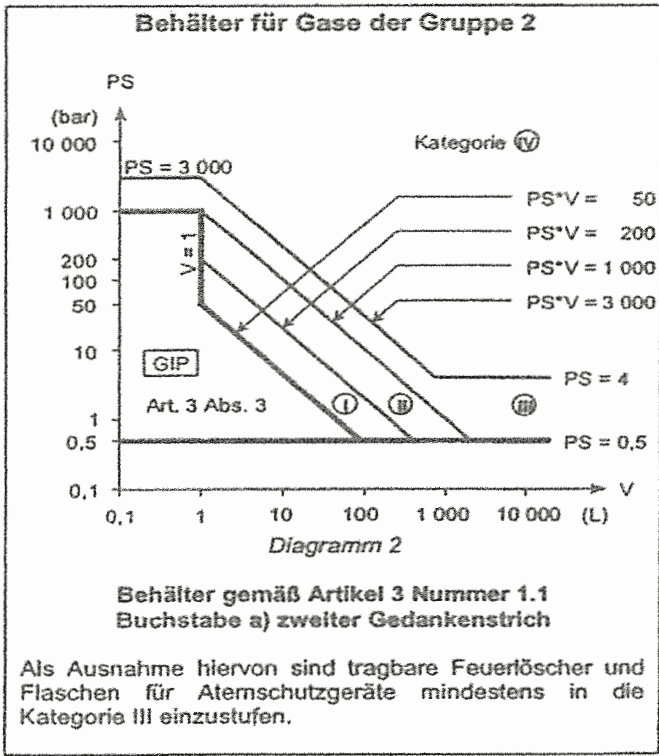
Für die Feststellung der Druckgeräte - Kategorie gelten folgende Einstufungskriterien:

Typ des Druckgerätes	Einstufungskriterium
Behälter	$p_s \times V$ (bar x Liter)
Rohrleitung	$p_s \times DN$ (bar x Nennweite)
druckhaltende Ausrüstungsteile	$p_s \times DN$ oder $p_s \times V$

Höhere Kategorie = höheres Gefahrenpotential !

Ab Kategorie III ist eine TÜV - Abnahme der Kälteanlage erforderlich.

Das Bauteil mit der höchsten Kategorie bestimmt die Kategorie der gesamten Kälteanlage (Baugruppe mehrerer Druckgeräte).



Übersichtsdiagramme

Tabelle 1: Kategorien für Druckbehälter nach DGRL

Fluid	Art	Kriterien	Kategorie
Gruppe 1	Gas	$V > 1$ Liter und $25 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 50 \text{ bar Liter}$	I
		$V > 1$ Liter und $50 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 200 \text{ bar Liter}$	II
		$200 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 1000 \text{ bar Liter}$	III
		$1000 \text{ bar Liter} < p_s \times V$	IV
	Flüssigkeit	$p_s \times V > 200 \text{ bar Liter}$ und $0,5 \text{ bar} < p_s \leq 10 \text{ bar}$	I
		$p_s \times V > 200 \text{ bar Liter}$ und $10 < p_s$	II
Gruppe 2	Gas	$V > 1$ Liter und $50 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 200 \text{ bar Liter}$	I
		$V > 1$ Liter und $200 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 1000 \text{ bar Liter}$	II
		$1000 \text{ bar Liter} < p_s \times V \leq 3000 \text{ bar Liter}$ oder $p_s \leq 4 \text{ bar}$	III
		$3000 \text{ bar Liter} < p_s \times V$ und $p_s > 4 \text{ bar}$	IV
	Flüssigkeit	$p_s \times V > 10000 \text{ bar Liter}$ und $10 \text{ bar} < p_s$	I

Höhere Kategorie = höheres Gefahrenpotential

Tabelle 2: Kategorien für Rohrleitungen nach DGRL

Fluid	Art	Kriterien	Kategorie
Gruppe 1	Gas	$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $25 < \text{DN} \leq 100$ und $p_s \times \text{DN} \leq 1000$	I
		$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $100 < \text{DN} \leq 350$ und $p_s \times \text{DN} \leq 3500$ oder $25 < \text{DN} \leq 100$ und $p_s \times \text{DN} > 1000$ oder $25 < \text{DN} \leq 350$ und $1000 < p_s \times \text{DN} \leq 3500$	II
		$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $\text{DN} > 350$ oder $p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $\text{DN} > 100$ und $p_s \times \text{DN} > 3500$	III
	Flüssigkeit	$0,5 < p_s \leq 10$ und $p_s \times \text{DN} > 2000$	I
		$10 < p_s \leq 500$ und $p_s \times \text{DN} > 2000$ und $\text{DN} > 25$	II
		$p_s > 500 \text{ bar}$ und $\text{DN} > 25$	III
Gruppe 2	Gas	$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $32 < \text{DN} \leq 100$ und $1000 < p_s \times \text{DN} \leq 3500$	I
		$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $100 < \text{DN} \leq 250$ und $3500 < p_s \times \text{DN} \leq 5000$	II
		$p_s > 0,5 \text{ bar}$ und $\text{DN} > 250$ und $p_s \times \text{DN} > 5000$	III
	Flüssigkeit	$10 < p_s \leq 500$ und $\text{DN} > 200$ und $p_s \times \text{DN} > 5000$	I
		$p_s > 500 \text{ bar}$ und $\text{DN} > 2000$	II

Höhere Kategorie = höheres Gefahrenpotential

Untere Grenzen für die Einstufung -

1. zulässiger Betriebsüberdruck: $p_s > 0,5 \text{ bar}$ für Gase
 $p_s > 10 \text{ bar}$ für Flüssigkeiten
2. Nenndurchmesser: $\text{DN} > 32 \text{ mm}$ für Gase, Gruppe 2
 $\text{DN} > 200 \text{ mm}$ für Flüssigkeiten, Gruppe 2

4.3 Sicherheitsvorschriften für das Betreiben von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln

Die Vorschriften müssen noch um die Kältemittelgruppe A2L ergänzt werden.

▶ VDMA - Einheitsblatt 24020-5

„Betrieb von Kälteanlagen mit Kältemitteln der Gruppe A2 nach EN378“

- U. a. äußere Prüfungen von Rohrleitungen, wenn $DN > 25$ alle 5 Jahre durch Sachkundigen, wenn $PS * DN \leq 2000$
- Festigkeitsprüfung von Rohrleitungen nach Instandsetzungsarbeiten
- Verhinderung des Betriebs der Kälteanlage im Unterdruck, damit keine Luft in das Kältesystem gelangt (explosionsfähige Atmosphäre)
- Anhang D „Explosionsschutzdokument (Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz)

▶ TRBS 2152/TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre“

- U. a. 1x jährlich:
 - sichtprüfung aller Bauteile, Befestigungen
 - Funktionsprüfung der Sicherheitsorgane
 - Funktionsprüfung der Lüftungsanlage
 - Funktionsprüfung der Gaswarnanlage

▶ BRG 500 „Explosionsschutzregeln“ (entspricht TRBS 2152)

▶ DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1) „Explosionsfähige Atmosphäre“

- Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen

▶ EG-Verordnung 94/9/EG „ATEX-Richtlinie“ (Ex-Schutz-Ausführung)

▶ EG-Richtlinie 1999/92/EG „Mindestvorschriften für die Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden“

Anhang D

Explosionsschutzdokument (Beispiel)

Gefährdungsbeurteilung Explosionsschutz / Explosionsschutzdokument nach §§ 5 und 6 ArbSchG und § 7 GefahrstoffV mit Anhang III Nr. 1, §§ 3 und 6 BetrSichV mit Anhang 3 und 4 die die Richtlinie 1999/92/EG in Deutschland in nationales Recht umgesetzt haben.

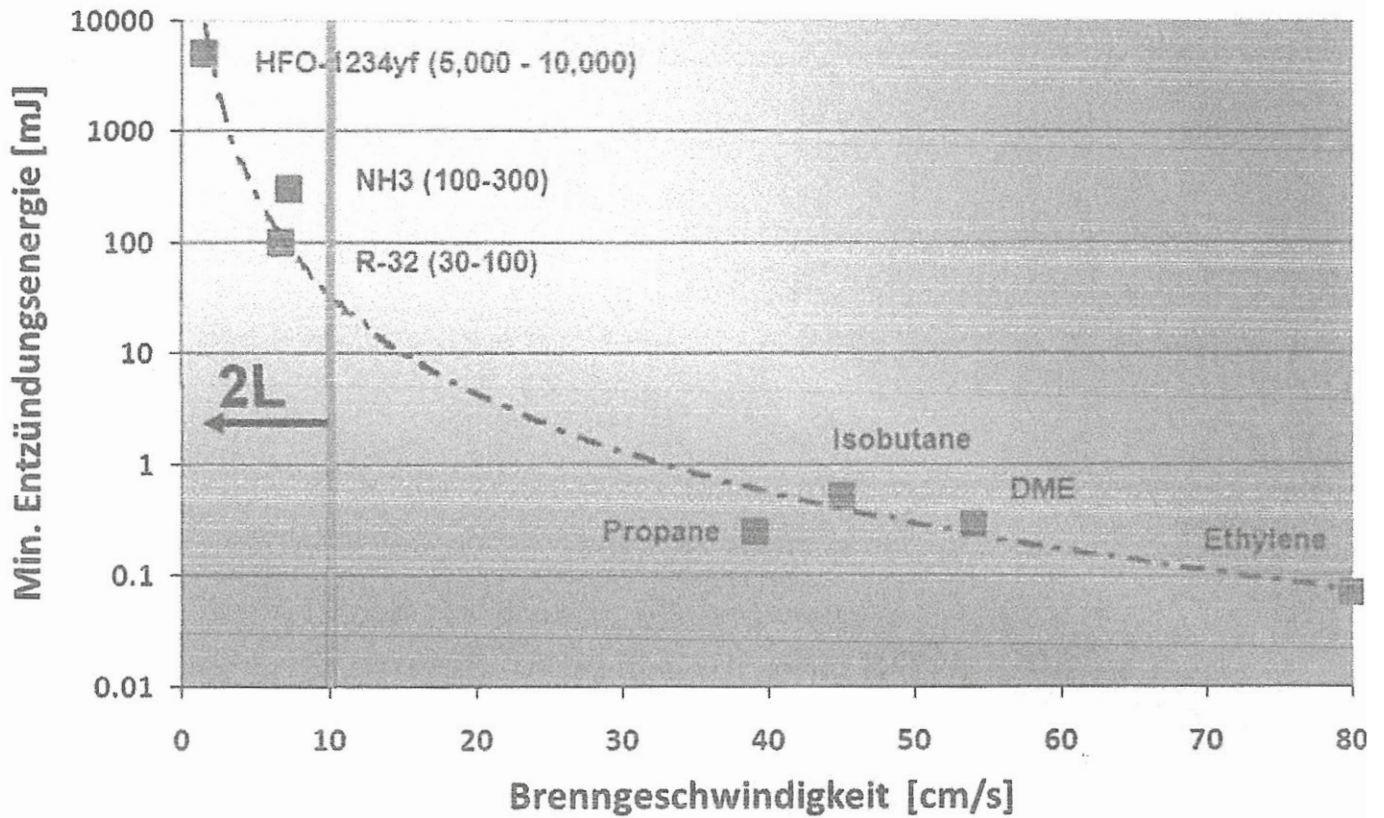
Entwurf des Arbeitskreises der Fachabteilung Kälte- und Wärmepumpentechnik im VDMA als **Beispiel**.

Allgemeine Angaben

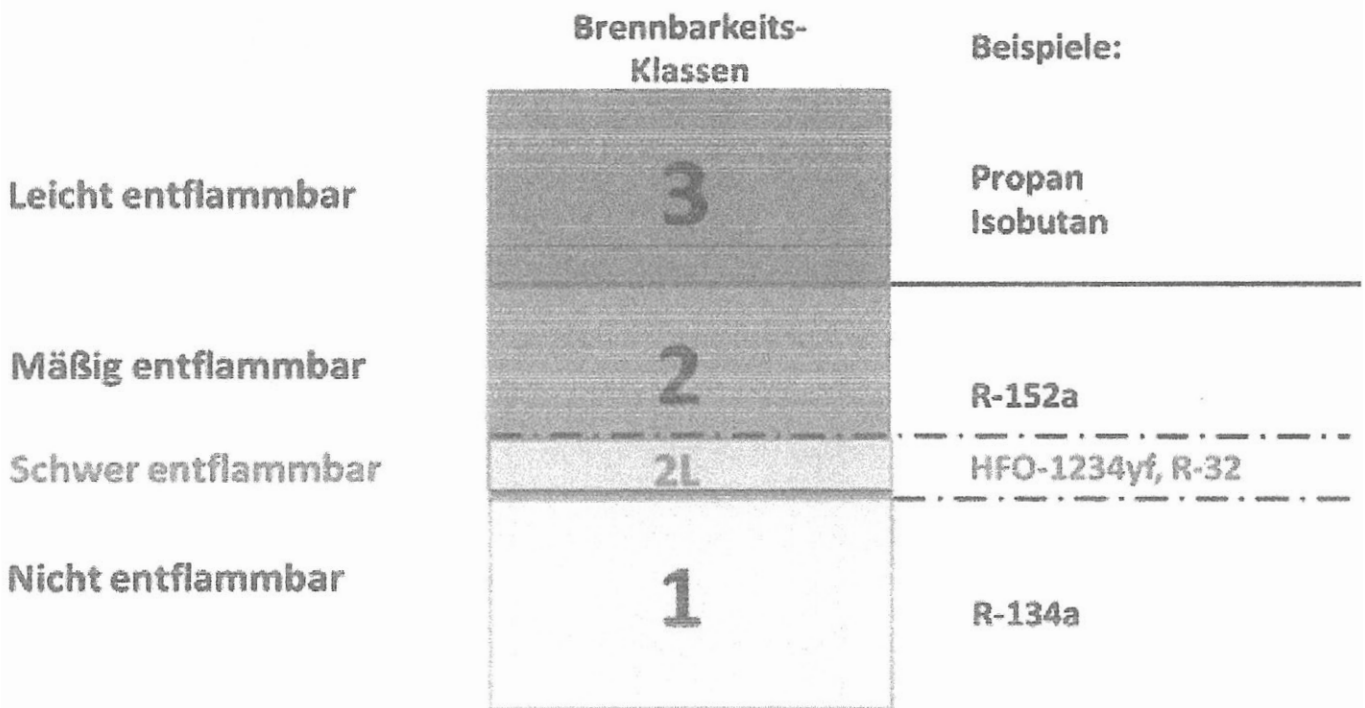
Beurteilung der Explosionsgefahr durch Gase, Dämpfe oder Nebel in Räumen/im Freien und im Inneren												
Arbeitsbereich		Aufstellbereich Kälteanlage im Freien										
Bezeichnung der Anlage		Kälteanlage										
Beschreibung der technologischen Verfahren (einschließlich sicherheitsrelevanter Betriebsbedingungen, z.B. Druck, Temperatur)		Propan-Kälteanlage (siehe Anlagenkennzeichnungsschild) zur Kältsoleerzeugung (kompakte Einheit für Außenaufstellung)										
		Füllmasse der Kälteanlage		50		kg						
		Maximal zulässiger Druck Saugseite		18		bar						
		Maximal zulässiger Druck Druckseite		28		bar						
Verantwortlicher												
Zugehörige Dokumente und Organisationsanweisungen												
Dokument							Standort					
Ex-Zonenplan (wenn erforderlich)												
Prüfbescheinigungen (Druckbehälter/Rohrleitungen)												
Auflistung der brennbaren Stoffe und ggf. brandfördernder Gase (Auflistung aller vorhandenen, gehandhabten und ggf. entstehenden brennbaren Gase, Flüssigkeiten und Stäube, einschließlich derer, die keine Gefahrstoffe sind)												
Ist der Einsatz weniger gefährlicher Ersatzstoffe möglich?							<input type="checkbox"/> ja		<input checked="" type="checkbox"/> nein			
Ersatz von Nr. durch ist geplant. Termin:												
Bemerkung:												
Bestandsanalyse		Kenndaten						Eingruppierung				
		TOX		EX								
Nr.	Stoffbezeichnung	AGW (ppm)	Überschreitungsfaktor (15 Minuten)	Explosions- Gruppe	Temp. Klasse T1..T6	Zündtemperatur(oC)	100 %UEG (Vol%)	rel. Dichte (Luft=1)	Gefahrstoff-Symbol: (in Überarbeitung)	Einordnung -UEG (Vol%)	Gruppe (DIN EN 378-1)	
1	Propan			<input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	T1	470	1,7	1,55	<input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> Xi	<input type="checkbox"/> O <input checked="" type="checkbox"/> F+ <input type="checkbox"/> T+ <input type="checkbox"/> Xn <input type="checkbox"/> N	-- >3,5 <3,5	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3
Datum:				Name:				Blatt-Nr. 1				

ANMERKUNG Werte nach Stoffdatenbank -GESTIS der BG

Brenngeschwindigkeit und minimale Entzündungsenergie



HFO-1234yf sehr hohe min. Entzündungsenergie notwendig → schwer entflammbar



Entscheidendes Kriterium für 2L (schwer entflammbar) ist die Brenngeschwindigkeit ≤ 10 cm/s

SICHERHEITSDATENBLATT
Difluormethan (R32)

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 17.06.2015

Version: 1.0

SDS Nr.: 000010021734
1/16

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens

1.1 Produktidentifikator

Produktname: Difluormethan (R32)

Zusätzliche Kennzeichnung

Chemische Bezeichnung: Difluormethan

Chemische Formel: CH₂F₂

INDEX-Nr. -

CAS-Nr. 75-10-5

EG-Nr. 200-839-4

REACH Registrierungs-Nr 01-2119471312-47

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs

Einstufung gemäß der Richtlinie 67/548/EWG oder 1999/45/EG in der geänderten Fassung.

F+; R12

Der Volltext für alle R-Sätze wird in Abschnitt 16 angegeben.

Einstufung gemäß der (EG) Richtlinie 1272/2008 in der geänderten Fassung.

Physikalische Gefahren

Entzündbares Gas Kategorie 1 H220: Extrem entzündbares Gas.

Gase unter Druck Verflüssigtes Gas H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

2.2 Kennzeichnungselemente



Signalwörter: Gefahr

Gefahrenhinweis(e): H220: Extrem entzündbares Gas.
H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Sicherheitshinweise

Prävention: P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellenarten fernhalten. Nicht rauchen.

Reaktion: P377: Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.
P381: Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.

Lagerung: P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren

5. Umgang mit zeotropen Kältemittelgemischen

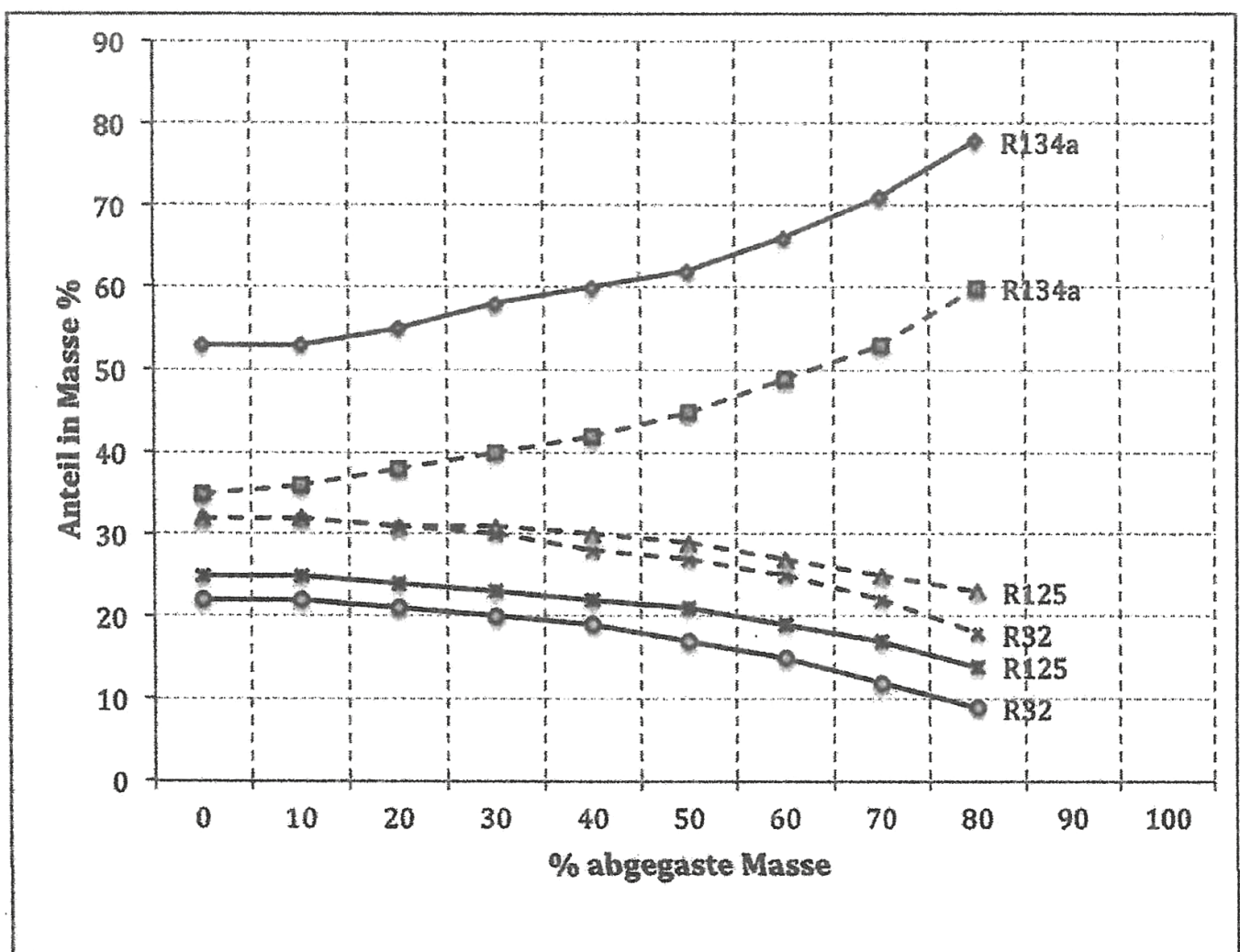
Die neuen HFO - Kältemittel sind überwiegend zeotrope Kältemittelgemische (siehe Tabelle).

Temperaturgleits von Kältemittel-Gemischen		
KM-Gemisch	Zusammensetzung	Gleit (K)
R1234yf	Reinstoff	/
R1234ze	Reinstoff	/
R450A (N13)	R1234ze / R134a	0,4
R513A (XP10)	R1234ze / R134a	azeotrop
R448A (N40)	R32 / R125 / R134a / R1234yf / R1234ze	6,0
R449A (XP40)	R32 / R125 / R134a / R123yf	5,6
R452A (XP44)	R32 / R125 / R1234yf	6,0

5.1. Folgen des Temperaturgleits für die Arbeitsweise des Monteurs

Zeotrope Gemische nur flüssig in die Anlage füllen, da die Zusammensetzung von Flüssigkeit und Dampf völlig unterschiedlich ist (Bild 18)

- Der Rest (Gasteil) in einem LGB oder einer Kältemittelflasche allein darf nicht mehr abgefüllt werden.
- Bei größeren oder wiederholten Leckagen in einer Kälteanlage ergibt die Änderung der Gemischzusammensetzung ein Absinken des Verdampfdrucks. Die Folge davon - zu geringe Überhitzung am thermostatischen Expansionsventil und damit flüssiges Kältemittel im Verdichter (Schmierungsmangel, Flüssigkeitsschläge) (siehe Bild 19 und 20)



— flüssig
 ---- dampfförmig

Bild 18:
 Änderung der Gemischzusammensetzung von R407C
 in einer Kälteanlage bei Leckagen

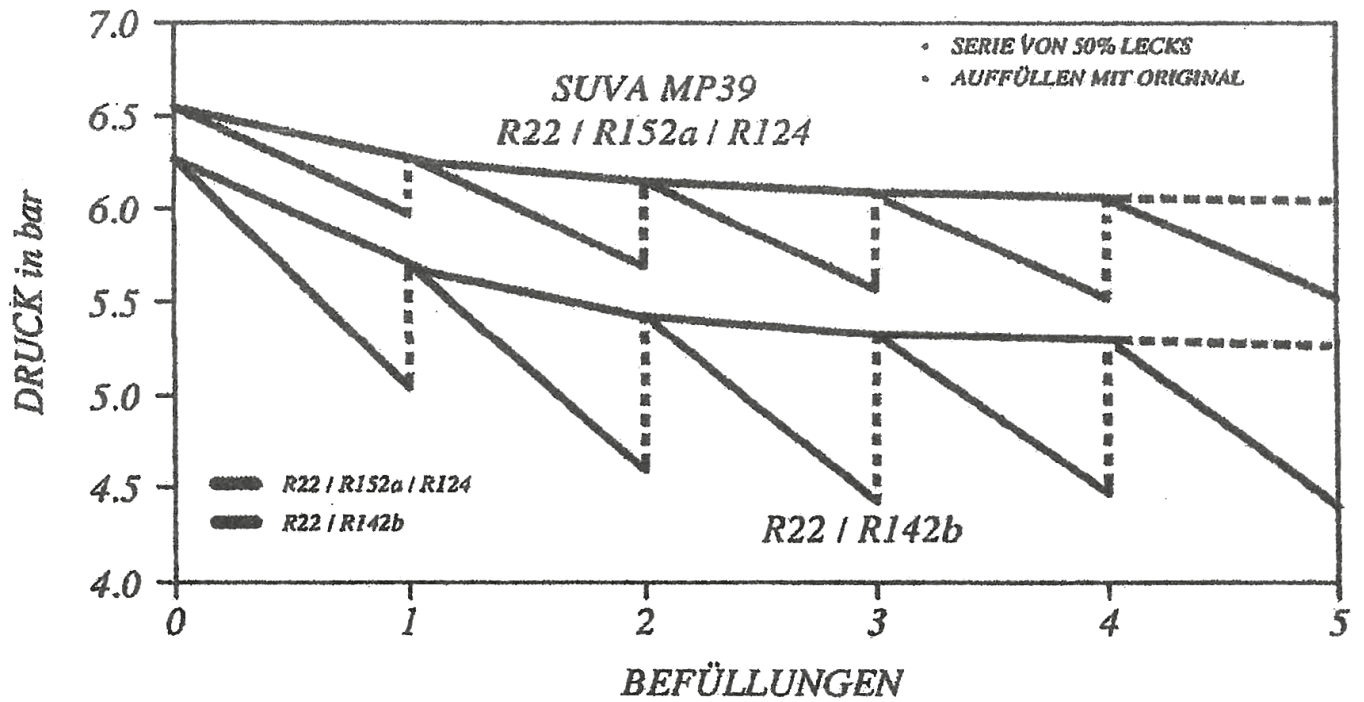


Bild 19: Änderung des Saugdrucks bei Leckagen

Die Arbeitsweise des thermostatischen Expansionsventils wird durch das Zusammenspiel von 3 Kräften bestimmt, die folgende Wirkung ausüben:

- P_1 Der Fühlerdruck, der von der Temperatur des verdampften Kältemittels und der Fühlerfüllung abhängig ist, wirkt als Öffnungskraft auf das Ventil.

Als Kräfte in Schließrichtung wirken:

- P_2 Der Verdampfendruck in Gegenrichtung auf die Membrane.
- P_3 Der Druck der einstellbaren Regulierfeder, in gleicher Richtung wirkend wie P_2 .

$$P_1 = P_2 + P_3$$

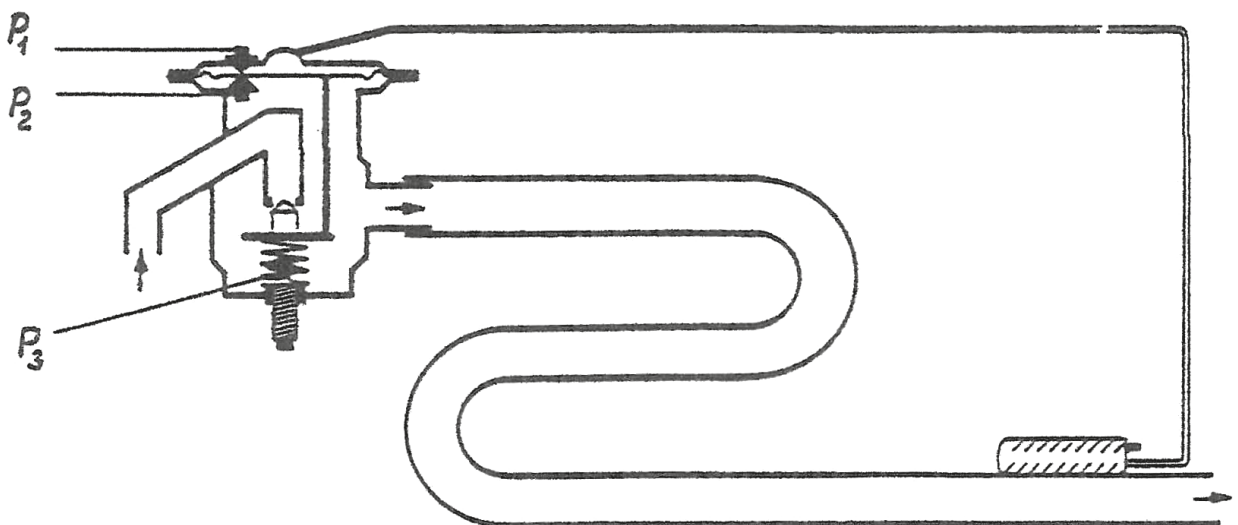


Bild 20: Arbeitsweise des thermostatischen Expansionsventils

5.2 Einfluss des Temperaturgleits auf die Auslegung von Komponenten

5.2.1. Grundlagen

Bezugspunkt für die Leistungsangaben von Verdichtern (EN12900), von Verflüssigern (EN327) und Luftkühlern (EN328) ist immer die Taupunkt-Temperatur. Da zeotrope Kältemittel teilweise einen hohen Temperaturgleit haben, gibt die software der Hersteller die Möglichkeit, sowohl nach Taupunkt-Temperatur als auch nach Mittel-Temperatur die Bauteile auszulegen.

Wichtig ist, dass die Auslegung für Verdichter Wärmeüberträger und Expansionsventil einheitlich erfolgt!

5.2.2. Auslegung von Verdichtern

Die Tabelle zeigt einen Vergleich der Leistungen für zwei Verdichter nach Taupunkt- bzw. Mitteltemperatur mit der Bitzer-Software 6.4.4. Die höhere Kälteleistung bei Mitteltemperatur resultiert aus dem höheren Saugdruck (Höhere Kältemitteldichte) des Verdichters (Bild 21).

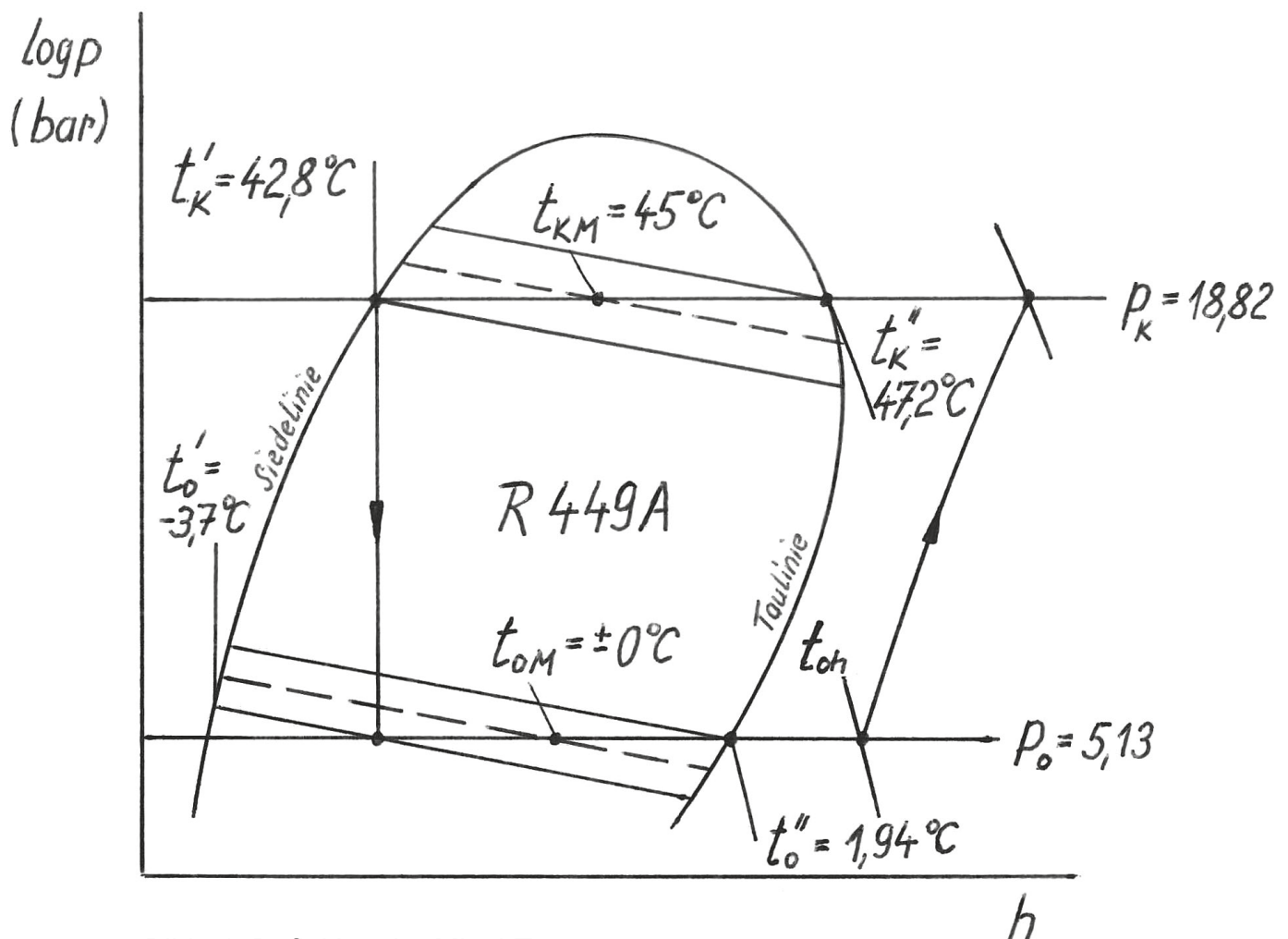


Bild 21: Definition der Mittel-Temperatur

Leistungsvergleich bei Taupunkt- und Mitteltemperatur

Verdichtertyp	Taupunkt-Temperatur	Mittel-Temperatur
4NES-14Y-40P	$\dot{Q}_o = 9,47 \text{ kW}$ $P_{el} = 5,98 \text{ kW}$	$\dot{Q}_o = 9,91 \text{ kW} \quad +4,6\%$ $P_{el} = 6,41 \text{ kW}$
4FE-28Y-40P	$\dot{Q}_o = 19,58 \text{ kW}$ $P_{el} = 12,23 \text{ kW}$	$\dot{Q}_o = 20,50 \text{ kW} \quad +4,7\%$ $P_{el} = 13,05 \text{ kW}$

Basis: R448A / $t_o = -30^\circ\text{C}$ / $t_k = +40^\circ\text{C}$ / $t_{oh} = -15^\circ\text{C}$

5.2.3. Auslegung von Verdampfern

Die folgenden Tabellen und Diagramme sind einem Artikel in der KI 11/2015 von Dipl.-Ing. Freiherr, Firma Güntner entnommen

Folgendes Beispiel wurde gewählt, um den Unterschied in der Auslegung für das Kältemittel R404A und das zeotrope Gemisch R449A darzulegen:

- Kälteleistung $\dot{Q}_o = 22 \text{ kW}$
- Raumtemperatur $t_R = +6^\circ\text{C}$
- Verdampfungstemperatur $t_o = 0^\circ\text{C}$
- Überhitzung $\Delta t_v = 5 \text{ K}$
- Lufteintrittstemperatur $t_{LE} = 8^\circ\text{C}$
- damit $DT1 = T_{LE} - t_o = 8 \text{ K}$
- Abkühlung der Luft $\Delta t_L = 4 \text{ K}$

Die Ergebnisse für beide Kältemittel mit dem GPC-Kalkulator der Firma Güntner sind in Bild 22 dargestellt:

Verdampfer: GACC RX 050.1/2-70.A		UI: 1820867P	
Leistung:	21.8 kW	Kältemittel:	R404A ⁽¹⁾
Flächenreserve:	0.1%	Verdampfungstemp.:	0.0°C
Luftvolumenstrom:	13360 m ³ /h	Überhitzung:	5.0 K
Luftgeschwindigkeit	2.7 m/s	Kondensationstemp.:	45.0°C
Luft Eintritt:	8.0°C 72%	Unterkühlungstemp.:	44.7°C
Luft Austritt:	3.9°C 91%	Massenstrom:	788 kg/h
Luftdruck:	1013 mbar	Sens. Wärmeanteil:	89.3%
Kondensat:	3.38 kg/h		
K-Wert:	49.86 W/(m ² · K)		

Beispiel-Verdampfer für Betrieb mit R-404A

Verdampfer: GACC RX 050.1/2-70.A		UI: 1820867P	
Leistung:	27.5 kW	Kältemittel:	R449A ⁽¹⁾
Flächenreserve:	-0.1%	Verdampfungstemp.:	0.0°C
Luftvolumenstrom:	13360 m ³ /h	Überhitzung:	5.0 K
Luftgeschwindigkeit	2.7 m/s	Kondensationstemp.:	45.0°C
Luft Eintritt:	8.0°C 72%	Unterkühlungstemp.:	40.5°C
Luft Austritt:	3.3°C 91%	Massenstrom:	738 kg/h
Luftdruck:	1013 mbar	Sens. Wärmeanteil:	82.0%
Kondensat:	7.13 kg/h		
K-Wert:	51.84 W/(m ² · K)		

Beispiel-Verdampfer für Betrieb mit R-449A

Bild 22: Verdampfungsauslegung für R404A und R449

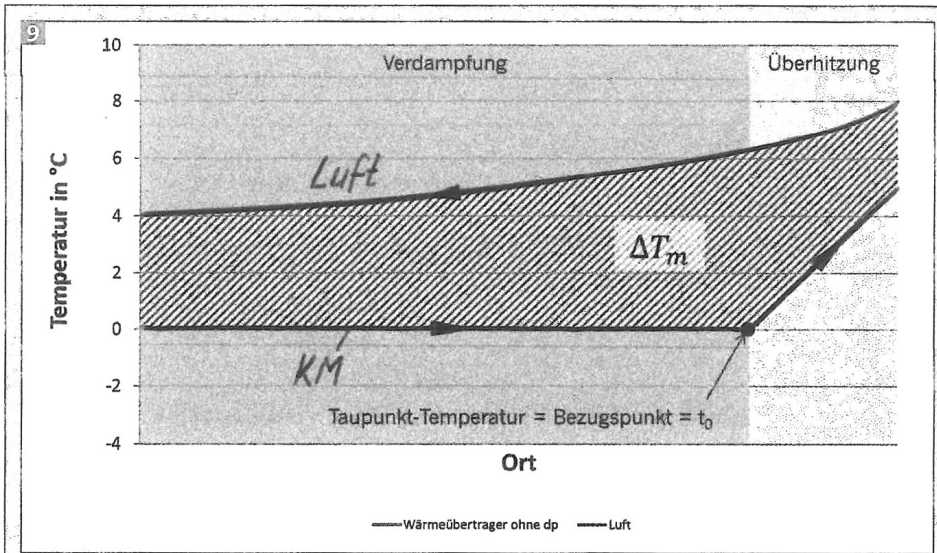
Bedingt durch den Temperaturgleit des R449 ist das Δt_M größer als beim R404A (Bild 23) und damit die Kühlleistung um 20 % größer.

$$\dot{Q}_o = K \cdot A \cdot \Delta t_M$$

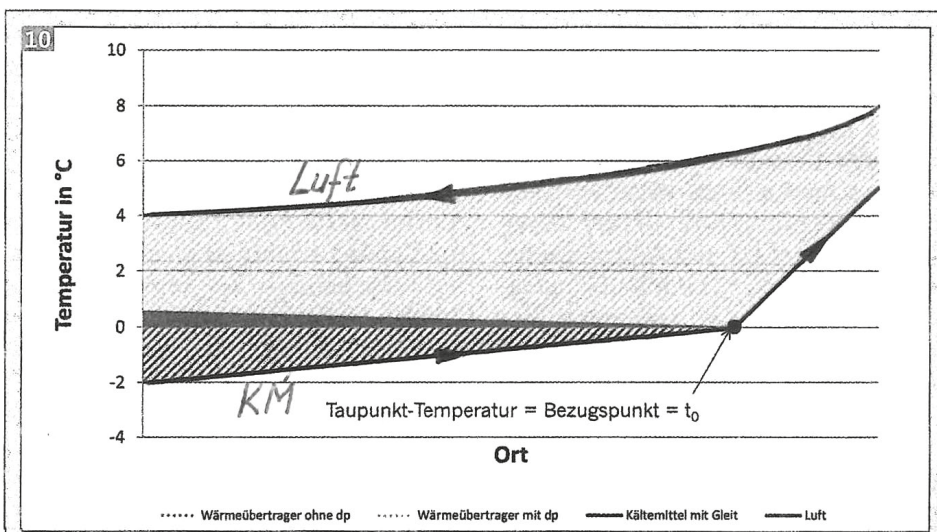
Gleichzeitig ist aber durch die um 0,6 K größere Luftabkühlung und die niedrigere mittlere Oberflächentemperatur (0,9 K) die Entfeuchtungsleistung doppelt so groß.

Um das vor allem bei empfindlichen Kühlgeräten wie Obst und Gemüse zu vermeiden, sollte die Verdampferauslegung bei Mittel-Temperatur erfolgen (Bild 24).

Aus Bild 24 ist zu erkennen, dass die Verdampfungstemperatur am Eintritt bei -1°C und am Ende des Naßdampfgebiets bei +1°C liegt. Damit liegt die mittlere Verdampfungstemperatur bei den angestrebten 0°C und die mittlere Temperaturdifferenz Δt_M ist genau so groß wie bei R404A.

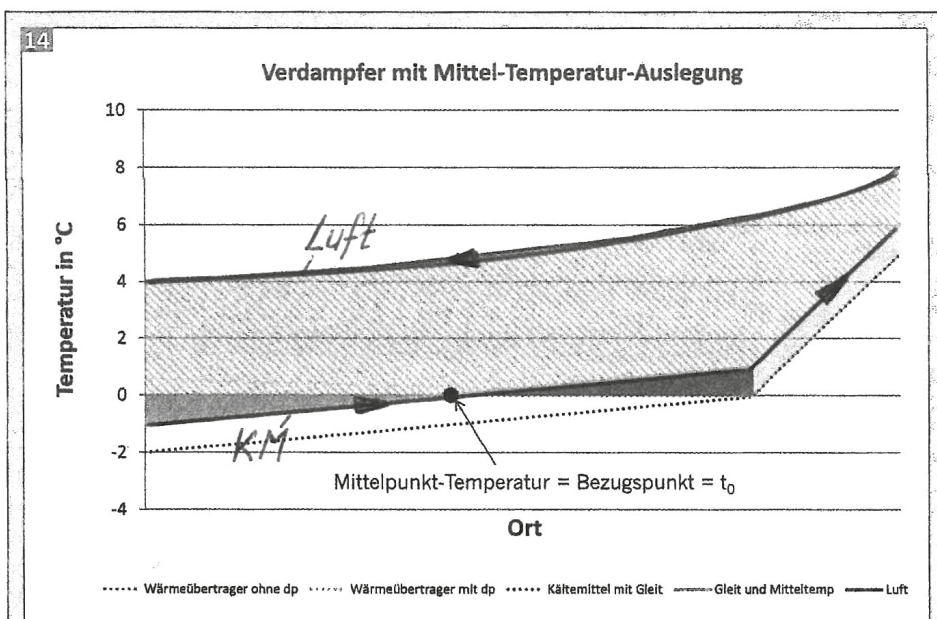


Idealer Verdampfer mit Einstoff-Kältemittel im reinen Gegenstrom



Realer Verdampfer mit zeotropem Kältemittel-Gemisch im reinen Gegenstrom

Bild 23: Vergleich der Luftabkühlung von R449A mit 404A



Temperaturverhältnisse am Verdampfer mit Mittel-Temperatur-Berechnung

Bild 24: Verdampfer mit Mittel-Temperatur-Berechnung

5.2.4. Auslegung von Verflüssigern

Folgendes Beispiel wurde gewählt (Vergleich R404A und R449A):

- Verflüssigerleistung $\dot{Q}_k = 10,2 \text{ kW}$
- Verflüssigungstemperatur: $t_k = +45^\circ\text{C}$
- Lufteintrittstemperatur $t_L = +35^\circ\text{C}$
- damit $\Delta t = t_k - T_L = 10 \text{ K}$

Die Rechenergebnisse mit dem GPC-Kalkulator sind in Bild 25 dargestellt.

3			
Verflüssiger:	GCHC RD 040.1/12-45	UI: 0000 025M	
Leistung:	10.2 kW	Kältemittel:	R404A ⁽¹⁾
Luftvolumenstrom:	7084 m ³ /h	Heißgastemperatur:	75.0°C
Luft Eintritt:	35.0 °C	Verflüssigungsbeginn:	45.0°C
Geodatische Höhe:	0 m	Kondensataustritt:	43.1°C
Luftgeschwindigkeit:	3.3 m/s	Heißgasvolumenstr.:	2.23 m ³ /h
K-Wert:	38.98 W/(m ² · K)	Massenstrom:	235 kg/h
		Druckabfall:	0.31 bar / 0.65 K

Beispiel-Verflüssiger für Betrieb mit R-404A

4			
Verflüssiger:	GCHC RD 040.1/12-45	UI: 0000 025M	
Leistung:	8.5 kW	Kältemittel:	R449A ⁽¹⁾
Luftvolumenstrom:	7084 m ³ /h	Heißgastemperatur:	75.0°C
Luft Eintritt:	35.0 °C	Verflüssigungsbeginn:	45.0°C
Geodatische Höhe:	0 m	Kondensataustritt:	39.1°C
Luftgeschwindigkeit:	3.3 m/s	Heißgasvolumenstr.:	1.99 m ³ /h
K-Wert:	38.59 W/(m ² · K)	Massenstrom:	161 kg/h
		Druckabfall:	0.19 bar / 0.41 K

Beispiel-Verflüssiger für Betrieb mit R-449A

Bild 25: Verflüssigerauslegung für R404A und R449A

Wird der gleiche Verflüssiger statt mit R404A mit R449A betrieben, hat er 17 % weniger Leistung. Das resultiert wiederum aus dem Temperaturgleit, der zu einer um 5 K niedrigeren Temperatur ab Verflüssigeraustritt und damit einem kleineren Δt_M führt (siehe Bild 26).

Bei Auslegung der gleichen Verflüssiger auf Mittel-Temperatur ergeben sich die in Bild 27 gezeigten Temperaturverhältnisse. Für eine mittlere Verflüssigungstemperatur von $+45^\circ\text{C}$ wird mit einer Taupunkt-Temperatur von $+47,2^\circ\text{C}$ gerechnet. Damit erhält man das gleiche Δt_M wie bei R404A und die Oberfläche ergibt die geforderte Leistung. Da höhere Taupunkt-Temperatur auch eine um 2,2 K höhere Heißgastemperatur ergibt, wird die Leistung sogar etwas höher ausfallen als bei R404A.

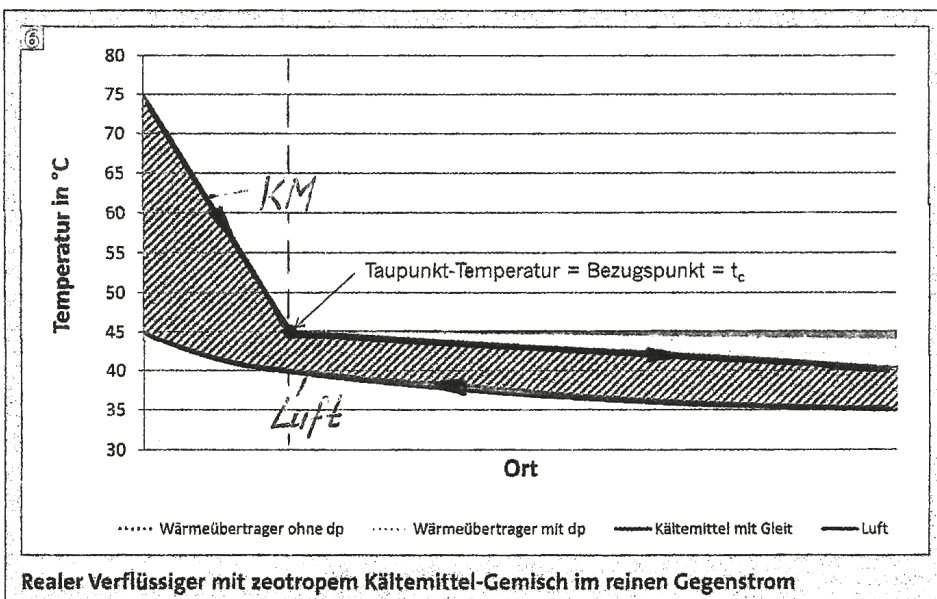
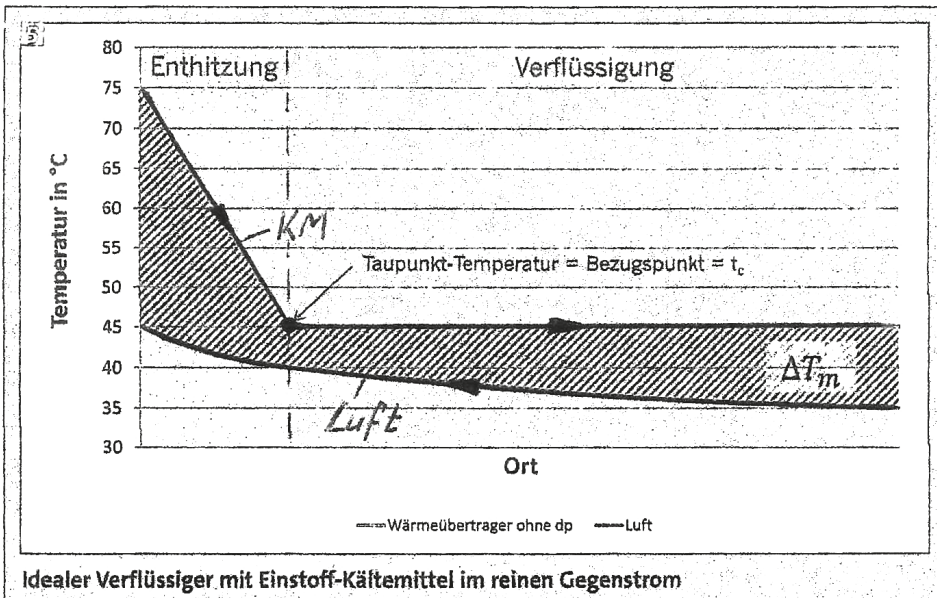


Bild 26: Vergleich der Temperaturverhältnisse an einem Verflüssiger mit R404A und mit R449A

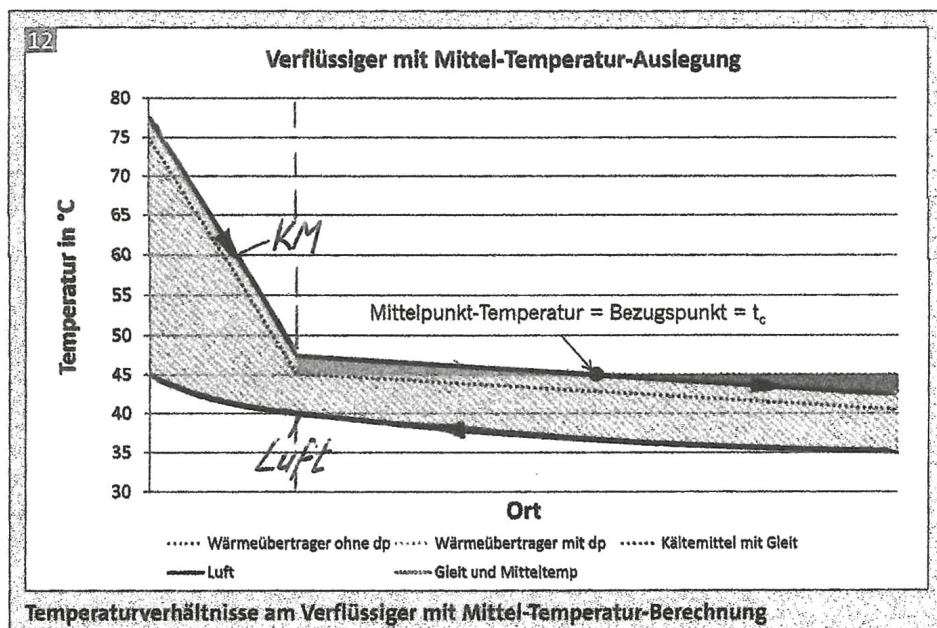


Bild 27: Verflüssigerauslegung auf Mittel-Temperatur

6. Fazit

- Die Ära der F-Gase mit hohem GWP geht schrittweise zu Ende
- Der Bau von CO₂ - Kälteanlagen, speziell transkritischen Anlagen im Supermarktbereich ist in der Hand von wenigen darauf spezialisierten Kältefirmen.
- Die Verwendung von Kohlenwasserstoffen (A3) mit Füllmengen bis 150g ist völlig unproblematisch. Der Einsatz von größeren Füllmengen wird die Ausnahme bleiben.
- R32 wird schrittweise R410A in Klimageräten ablösen und der Kälteanlagenbauer muss sich mit der Problematik auseinandersetzen.
- Kurz- und mittelfristig sollte der Kältefachmann im Anlagenbau HFO-Kältemittel mit einem GWP ≤ 1500 einsetzen.
- Er muss die Probleme mit dem hohen Temperaturgleit in der Auslegung von Anlagen (Mitteltemperatur) und im Service beherrschen.
- Langfristig müssen HFO-Kältemittel der Klasse A2L mit einem GWP ≤ 600 eingesetzt werden.

Anhang

Druck/Temperatur

Temperatur		Druck									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	psig _{Tau}
-45	-49	0,93	1,12	13,47	16,20	0,78	1,06	11,36	15,35	1,05	15,25
-44	-47,2	0,98	1,17	14,15	16,98	0,82	1,11	11,96	16,10	1,10	15,99
-43	-45,4	1,02	1,23	14,85	17,80	0,87	1,16	12,58	16,88	1,16	16,76
-42	-43,6	1,07	1,29	15,57	18,65	0,91	1,22	13,22	17,68	1,21	17,56
-41	-41,8	1,13	1,35	16,33	19,52	0,96	1,28	13,90	18,52	1,27	18,39
-40	-40	1,18	1,41	17,11	20,43	1,01	1,34	14,59	19,39	1,33	19,25
-39	-38,2	1,24	1,47	17,93	21,38	1,06	1,40	15,32	20,29	1,39	20,14
-38	-36,4	1,29	1,54	18,77	22,35	1,11	1,46	16,08	21,22	1,45	21,06
-37	-34,6	1,35	1,61	19,64	23,36	1,16	1,53	16,86	22,18	1,52	22,01
-36	-32,8	1,42	1,68	20,55	24,41	1,22	1,60	17,67	23,18	1,59	23,00
-35	-31	1,48	1,76	21,49	25,49	1,28	1,67	18,52	24,22	1,66	24,02
-34	-29,2	1,55	1,83	22,46	26,61	1,34	1,74	19,39	25,29	1,73	25,07
-33	-27,4	1,62	1,91	23,46	27,76	1,40	1,82	20,30	26,39	1,80	26,16
-32	-25,6	1,69	2,00	24,50	28,96	1,46	1,90	21,24	27,53	1,88	27,29
-31	-23,8	1,76	2,08	25,58	30,19	1,53	1,98	22,21	28,72	1,96	28,45
-30	-22	1,84	2,17	26,69	31,47	1,60	2,06	23,22	29,94	2,04	29,66
-29	-20,2	1,92	2,26	27,84	32,78	1,67	2,15	24,26	31,20	2,13	30,90
-28	-18,4	2,00	2,35	29,03	34,14	1,75	2,24	25,34	32,50	2,22	32,18
-27	-16,6	2,09	2,45	30,25	35,54	1,82	2,33	26,46	33,84	2,31	33,50
-26	-14,8	2,17	2,55	31,52	36,98	1,90	2,43	27,62	35,22	2,40	34,86
-25	-13	2,26	2,65	32,83	38,47	1,99	2,53	28,81	36,65	2,50	36,27
-24	-11,2	2,36	2,76	34,17	40,00	2,07	2,63	30,04	38,12	2,60	37,71
-23	-9,4	2,45	2,87	35,56	41,58	2,16	2,73	31,32	39,64	2,70	39,21
-22	-7,6	2,55	2,98	37,00	43,21	2,25	2,84	32,63	41,20	2,81	40,74
-21	-5,8	2,65	3,09	38,48	44,89	2,34	2,95	33,99	42,81	2,92	42,32
-20	-4	2,76	3,21	40,00	46,61	2,44	3,07	35,39	44,47	3,03	43,95
-19	-2,2	2,87	3,34	41,57	48,39	2,54	3,18	36,83	46,17	3,15	45,63
-18	-0,4	2,98	3,46	43,18	50,21	2,64	3,30	38,33	47,93	3,26	47,35
-17	1,4	3,09	3,59	44,85	52,09	2,75	3,43	39,86	49,73	3,39	49,12
-16	3,2	3,21	3,72	46,56	54,02	2,86	3,56	41,45	51,59	3,51	50,94
-15	5	3,33	3,86	48,32	56,01	2,97	3,69	43,08	53,50	3,64	52,82
-14	6,8	3,46	4,00	50,13	58,05	3,09	3,82	44,76	55,46	3,77	54,74
-13	8,6	3,59	4,15	52,00	60,14	3,21	3,96	46,49	57,48	3,91	56,72
-12	10,4	3,72	4,30	53,92	62,29	3,33	4,11	48,27	59,55	4,05	58,75
-11	12,2	3,85	4,45	55,89	64,50	3,45	4,25	50,10	61,68	4,19	60,84
-10	14	3,99	4,60	57,91	66,77	3,58	4,40	51,99	63,86	4,34	62,98
-9	15,8	4,14	4,76	59,99	69,10	3,72	4,56	53,93	66,11	4,49	65,18
-8	17,6	4,28	4,93	62,13	71,49	3,86	4,72	55,92	68,41	4,65	67,43
-7	19,4	4,44	5,10	64,33	73,94	4,00	4,88	57,97	70,77	4,81	69,75
-6	21,2	4,59	5,27	66,58	76,45	4,14	5,05	60,08	73,20	4,97	72,12

Temperatur		Druck									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	psig _{Tau}
-4	24,8	4,91	5,63	71,27	81,67	4,45	5,39	64,48	78,23	5,31	77,05
-3	26,6	5,08	5,82	73,70	84,38	4,60	5,57	66,76	80,84	5,49	79,60
-2	28,4	5,25	6,01	76,20	87,15	4,76	5,76	69,11	83,52	5,67	82,22
-1	30,2	5,43	6,20	78,76	89,99	4,93	5,95	71,52	86,27	5,85	84,91
0	32	5,61	6,41	81,39	92,90	5,10	6,14	73,99	89,08	6,04	87,65
1	33,8	5,80	6,61	84,08	95,88	5,28	6,34	76,53	91,96	6,24	90,47
2	35,6	5,99	6,82	86,85	98,93	5,46	6,54	79,14	94,90	6,44	93,35
3	37,4	6,18	7,04	89,67	102,05	5,64	6,75	81,81	97,92	6,64	96,30
4	39,2	6,38	7,26	92,57	105,24	5,83	6,96	84,55	101,01	6,85	99,32
5	41	6,59	7,48	95,54	108,51	6,02	7,18	87,35	104,17	7,06	102,41
6	42,8	6,80	7,71	98,58	111,86	6,22	7,41	90,23	107,41	7,28	105,57
7	44,6	7,01	7,95	101,70	115,27	6,42	7,63	93,19	110,72	7,50	108,80
8	46,4	7,23	8,19	104,88	118,77	6,63	7,87	96,21	114,10	7,73	112,11
9	48,2	7,46	8,44	108,15	122,34	6,85	8,11	99,31	117,57	7,96	115,49
10	50	7,69	8,69	111,49	126,00	7,07	8,35	102,48	121,11	8,20	118,94
11	51,8	7,92	8,94	114,90	129,73	7,29	8,60	105,73	124,72	8,44	122,47
12	53,6	8,16	9,21	118,40	133,54	7,52	8,85	109,06	128,42	8,69	126,08
13	55,4	8,41	9,48	121,97	137,44	7,75	9,11	112,47	132,20	8,95	129,77
14	57,2	8,66	9,75	125,63	141,42	8,00	9,38	115,96	136,06	9,21	133,54
15	59	8,92	10,03	129,37	145,48	8,24	9,65	119,53	140,00	9,47	137,39
16	60,8	9,18	10,32	133,20	149,63	8,49	9,93	123,18	144,03	9,74	141,32
17	62,6	9,45	10,61	137,11	153,87	8,75	10,21	126,92	148,14	10,02	145,33
18	64,4	9,73	10,91	141,11	158,19	9,01	10,50	130,74	152,34	10,30	149,43
19	66,2	10,01	11,21	145,19	162,60	9,28	10,80	134,66	156,63	10,59	153,62
20	68	10,30	11,52	149,37	167,10	9,56	11,10	138,66	161,01	10,89	157,89
21	69,8	10,59	11,84	153,63	171,70	9,84	11,41	142,75	165,47	11,19	162,25
22	71,6	10,89	12,16	157,99	176,38	10,13	11,72	146,93	170,03	11,49	166,70
23	73,4	11,20	12,49	162,45	181,16	10,43	12,04	151,20	174,68	11,81	171,24
24	75,2	11,51	12,83	167,00	186,03	10,73	12,37	155,57	179,42	12,13	175,87
25	77	11,83	13,17	171,64	191,00	11,03	12,70	160,04	184,25	12,45	180,59
26	78,8	12,16	13,52	176,39	196,06	11,35	13,04	164,60	189,19	12,78	185,41
27	80,6	12,50	13,87	181,23	201,22	11,67	13,39	169,26	194,21	13,12	190,33
28	82,4	12,84	14,24	186,18	206,48	12,00	13,74	174,02	199,34	13,47	195,34
29	84,2	13,18	14,61	191,23	211,84	12,33	14,10	178,89	204,57	13,82	200,45
30	86	13,54	14,98	196,38	217,30	12,68	14,47	183,86	209,89	14,18	205,66
31	87,8	13,90	15,37	201,65	222,86	13,03	14,85	188,93	215,32	14,55	210,97
32	89,6	14,27	15,76	207,02	228,52	13,38	15,23	194,11	220,85	14,92	216,38
33	91,4	14,65	16,15	212,50	234,29	13,75	15,62	199,40	226,49	15,30	221,90
34	93,2	15,04	16,56	218,09	240,16	14,12	16,01	204,80	232,23	15,69	227,53
35	95	15,43	16,97	223,80	246,14	14,50	16,41	210,31	238,07	16,08	233,26
36	96,8	15,83	17,39	229,63	252,23	14,89	16,83	215,94	244,03	16,49	239,10
37	98,6	16,24	17,82	235,57	258,43	15,28	17,24	221,68	250,09	16,90	245,05
38	100,4	16,66	18,25	241,63	264,73	15,69	17,67	227,53	256,27	17,31	251,11

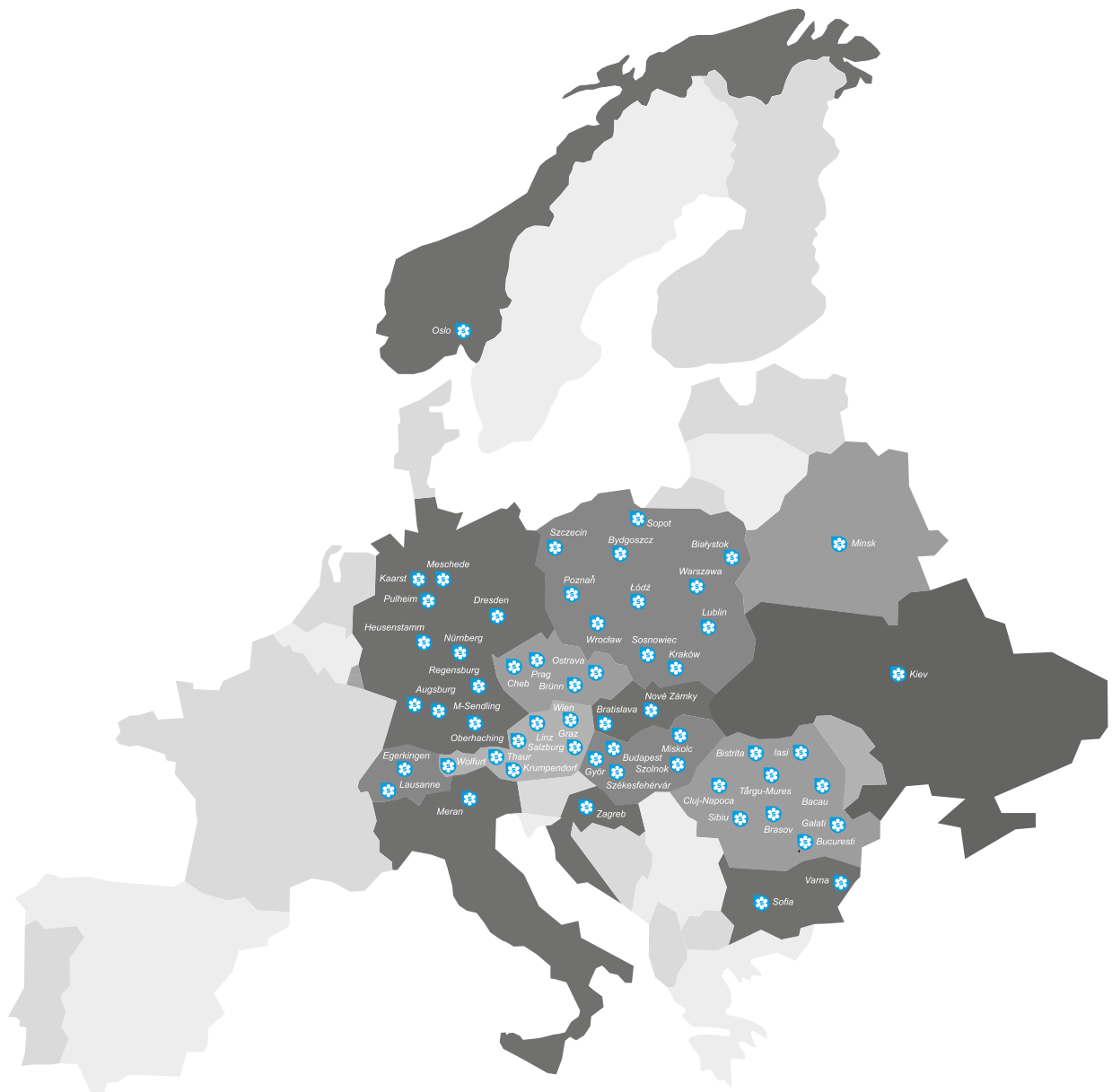


Tecumseh behält sich das Recht vor, die Informationen in diesem Dokument ohne vorherige Ankündigung zu verändern.
 ©2016 Tecumseh Products Company, Veröffentlicht 05-2016. Alle Rechte vorbehalten.

Temperatur		Druck									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psig _{Tau}	psig _{Bubble}	bar _{Tau}	psig _{Tau}
39	102,2	17,09	18,70	247,82	271,15	16,10	18,10	233,51	262,55	17,74	257,29
40	104	17,52	19,15	254,13	277,68	16,52	18,54	239,61	268,95	18,17	263,58
41	105,8	17,97	19,60	260,56	284,32	16,95	18,99	245,83	275,47	18,62	270,00
42	107,6	18,42	20,07	267,13	291,08	17,39	19,45	252,18	282,09	19,07	276,53
43	109,4	18,88	20,54	273,82	297,95	17,83	19,91	258,65	288,84	19,52	283,18
44	111,2	19,35	21,02	280,65	304,94	18,29	20,39	265,25	295,71	19,99	289,95
45	113	19,83	21,51	287,62	312,04	18,75	20,87	271,98	302,69	20,47	296,85
46	114,8	20,32	22,01	294,72	319,27	19,23	21,36	278,85	309,79	20,95	303,88
47	116,6	20,82	22,52	301,97	326,62	19,71	21,86	285,85	317,02	21,44	311,03
48	118,4	21,33	23,03	309,35	334,08	20,20	22,36	292,98	324,37	21,95	318,32
49	120,2	21,85	23,56	316,89	341,67	20,70	22,88	300,26	331,85	22,46	325,74
50	122	22,38	24,09	324,57	349,39	21,21	23,40	307,67	339,45	22,98	333,29
51	123,8	22,92	24,63	332,40	357,23	21,73	23,94	315,23	347,19	23,51	340,98
52	125,6	23,47	25,18	340,39	365,19	22,27	24,48	322,94	355,05	24,05	348,82
53	127,4	24,03	25,74	348,54	373,28	22,81	25,03	330,79	363,04	24,60	356,79
54	129,2	24,60	26,30	356,84	381,50	23,36	25,59	338,79	371,16	25,16	364,91
55	131	25,19	26,88	365,31	389,85	23,92	26,16	346,95	379,42	25,73	373,18
56	132,8	25,78	27,46	373,95	398,34	24,49	26,74	355,26	387,82	26,31	381,60
57	134,6	26,39	28,06	382,75	406,95	25,08	27,33	363,72	396,35	26,90	390,17
58	136,4	27,01	28,66	391,73	415,70	25,67	27,92	372,35	405,02	27,50	398,90
59	138,2	27,64	29,27	400,89	424,58	26,28	28,53	381,14	413,83	28,12	407,79
60	140	28,28	29,90	410,22	433,59	26,90	29,15	390,09	422,78	28,74	416,83
61	141,8	28,94	30,53	419,74	442,75	27,52	29,78	399,21	431,87	29,37	426,05
62	143,6	29,61	31,17	429,45	452,04	28,17	30,41	408,51	441,11	30,02	435,43
63	145,4	30,29	31,82	439,36	461,47	28,82	31,06	417,97	450,50	30,68	444,98
64	147,2	30,99	32,48	449,45	471,04	29,48	31,72	427,61	460,03	31,35	454,70
65	149	31,70	33,15	459,75	480,76	30,16	32,39	437,43	469,72	32,03	464,61

Notizen

The page contains 12 horizontal grey bars stacked vertically, providing a space for taking notes. Each bar is uniform in width and height, and they are separated by small gaps.



www.schiessl.at

office@schiessl.at

- ▶ **BERGHEIM**, Plainbachstrasse 1 ☎ +43 (0) 662 455 777
- ▶ **WIEN**, Biròstraße 9 ☎ +43 (0) 180 48 502
- ▶ **PASCHING** bei Linz, Gewerbepark Wagram 6 ☎ +43 (0) 722 963 050
- ▶ **GRAZ**, Kärntnerstraße 303 ☎ +43 (0) 316 685 744
- ▶ **THAUR** bei Innsbruck, Römerstraße 14 ☎ +43 (0) 522 344 677
- ▶ **KRUMPENDORF**, Hauptstraße 155 ☎ +43 (0) 422 940 289
- ▶ **WOLFURT** bei Bregenz, Bahnhofstraße 10 ☎ +43 (0) 557 420 868