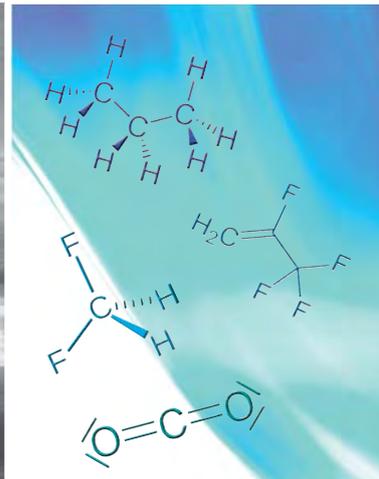


Österreich Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 15:

**Kältemiteinsatz unter dem Gesichtspunkt
der neuen F-Gase-Verordnung 517/2014/EG**



SCHIESSL

»SIS« INFORMATIONEN-SYSTEM

Das Schiessl Informations-System »SIS« ist mehr als nur ein Shop!

- Alle Produkt-Infos auf einen Blick
- Mit Zubehör und Alternativen
- Schnellsuche und Direktauswahl
- Verfügbarkeit/Lagerstand
- Alle Infos tagesaktuell
- Bequem online bestellen



BRANDNEU:
Laden Sie sich jetzt Ihre Schiessl App fürs Smartphone!

...damit sind Sie immer bestens informiert!



JETZT EINLOGGEN UNTER

www.schiessl.at

www.schiessl.ch

www.schiessl-kaelte.de

...fordern Sie noch heute Ihre Zugangsdaten an.

Ziele der neuen F-Gase-Verordnung 517/2014/EU

- Verringerung der Emissionen des Industriesektors bis 2030 um 70% gegenüber 1990
- Senkung der Emissionen an F-Gasen in der EU um 70 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent auf 35 Millionen Tonnen bis 2030

Die Reduktion der Emissionen soll erreicht werden durch:

1. Schrittweise Senkung der am Markt verfügbaren Mengen an HFKW bis 2030 auf ein Fünftel (Phase down).
2. Verwendungsverbote, wenn klimafreundliche, technisch machbare Alternativen vorhanden sind.
3. Beibehaltung und Ergänzung der Regelungen zu:
 - Dichtheitsprüfungen VO 842/2006/EG und 1526/2007/EG
 - Kennzeichnung VO 1494/2007 /EG
 - Zertifizierung VO 303/2008/EG
 - Entsorgung VO 842/2006/EG
 - Aufzeichnungspflicht (Anlagen buch) ab 3 kg F-Gase

Die neue F-Gase-Verordnung soll Anreize zum Einsatz von Alternativen zu F-Gasen schaffen.

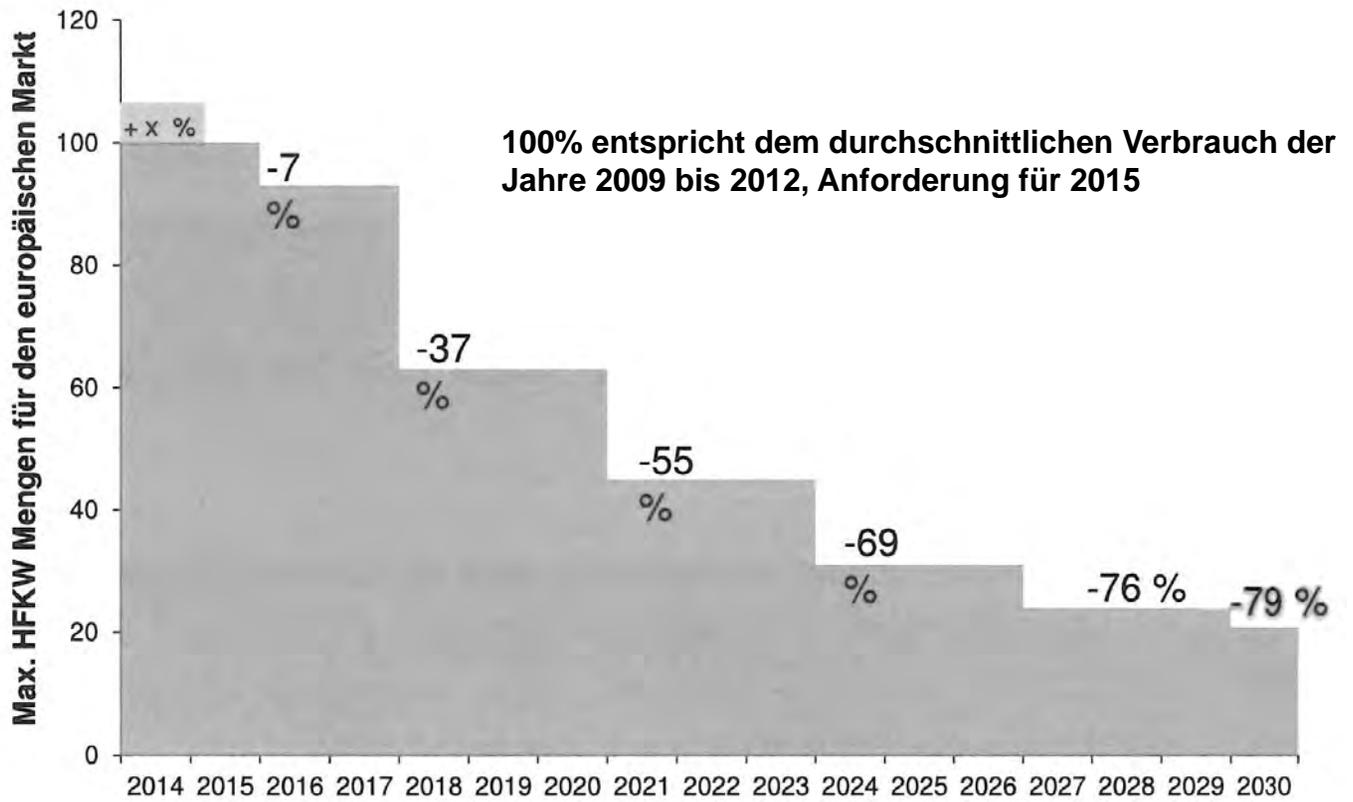
Einsatzverbote für F-Gase gemäß EU-Verordnung Nr. 517/2014/EU,

Anhang 111 und Kapitel III, Artikel 13

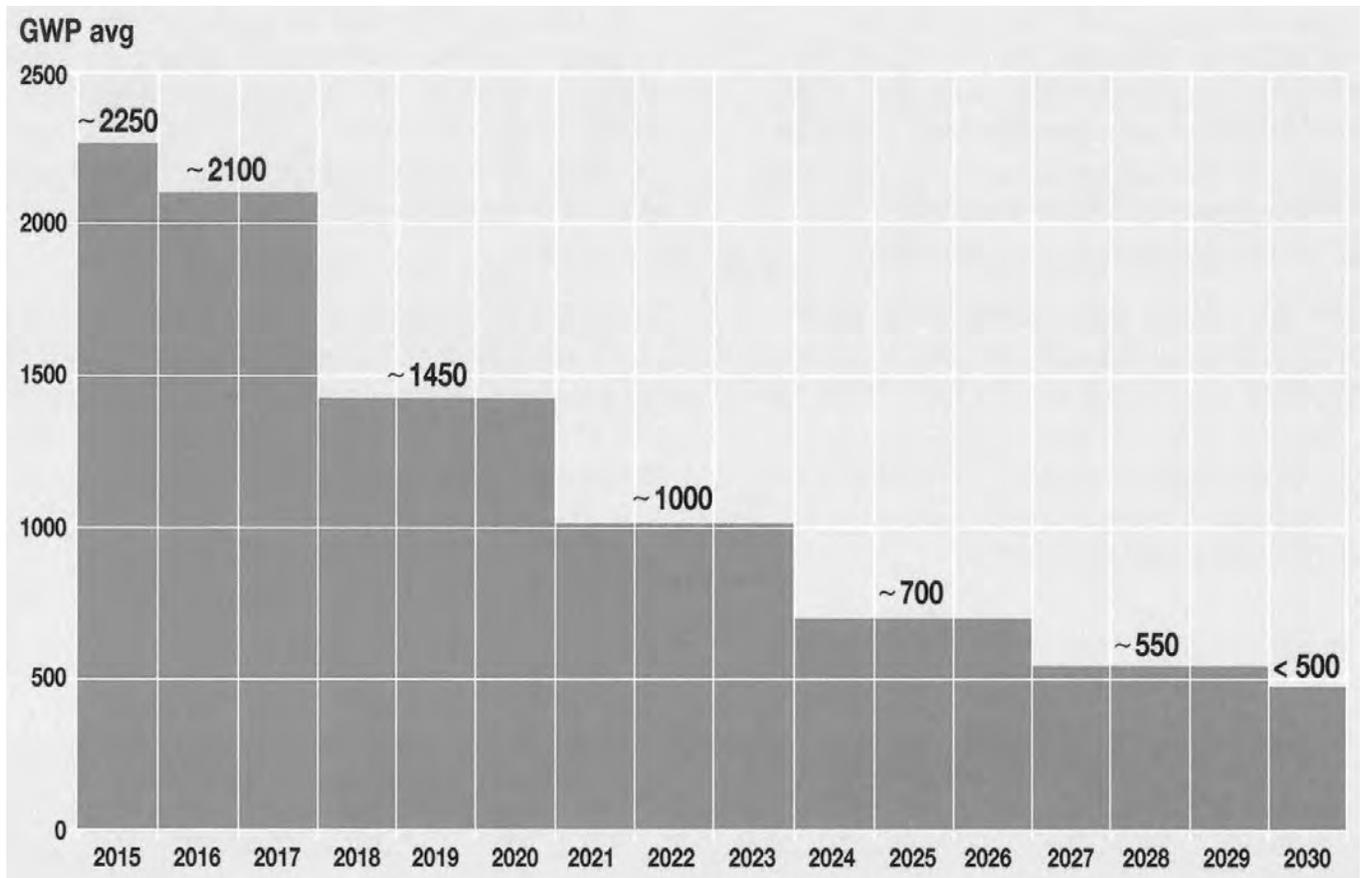
Datum des Verbots	Erzeugnisse und Einrichtungen
1. Januar 2015	Haushaltskühl- und -gefriergeräte mit HFKW mit einem GWP von 150 und mehr
1. Januar 2020	Kühl- und Gefriergeräte für die gewerbliche Nutzung (hermetische Systeme) für HFKW mit GWP ≥ 2500
1. Januar 2020	Ortsfeste Kälteanlagen mit HFKW mit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

Revision der F-Gase Verordnung 842/2006 - Konsens

Sinkende Obergrenzen: Max. Menge von HFKW auf dem EU Markt



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



Mindestprüfpflichten für F-Gase

Neu: Tonnen CO₂-Äquivalent

In der neuen F-Gase-Verordnung 517/20 14/EU werden nicht mehr die Mengen einzelner F-Gase betrachtet. Gerechnet wird in Tonne CO₂-Äquivalent. Dieser Wert ergibt sich wie folgt:

Tonnen CO₂-Äquivalent = GWP-Wert x Kältemittelmenge in kg

Beispiel: In einer Kälteanlage befinden sich 30 kg R134A

CO₂-Äquivalent 42,9 t = 1430 kg CO₂/kg R134a x 30 kg
(gemäß Tabelle)

Kältemittel	GWP-Wert
R32	675
R125	3500
R134a	1430
R143a	4470
R404A	3922
R407C	1774
R410A	2088

GWP-Werte gängiger Kältemittel in der Einheit kg CO₂-Äquivalent pro kg Kältemittel

Für die Kontrollintervalle bei Dichtheitsprüfungen sieht das wie folgt aus:

Füllmenge	Kontrolle
3 bis 30 kg	12 Monate
30 bis 300 kg	6 Monate
Über 300 kg	3 Monate

Gemäß der bisherigen Verordnung 842/2006/EG

Füllmenge	Kontrolle
5 bis 50 t	12 Monate
50 bis 500 t	6 Monate
über 500 t	3 Monate

Gemäß der neuen Verordnung 517/2014/EU

Beispiele für Kontrollintervalle nach CO₂äquivalenter Füllmenge:

Kältemittel	GWP-Wert	ab 5 Tonnen jährliche Kontrolle (mit LES alle zwei Jahre)	ab 10 Tonnen (hermetische Systeme)	ab 50 Tonnen halbjährliche Kontrolle (mit LES jährlich)	ab 500 Tonnen vierteljährliche Kontrolle (mit LES halbjährlich)
R134a	1430	3,5 kg	7,0 kg	35 kg	350 kg
R404A	3922	1,3 kg	2,6 kg	13 kg	130 kg
R407C	1774	2,8 kg	5,6 kg	28 kg	280 kg
R410A	2088	2,4 kg	4,8 kg	24 kg	240 kg

Abweichend bis zum 31. Dezember 2016:

Einrichtungen, die weniger als 3 kg fluorierte Gase enthalten (hermetisch 6 kg), unterliegen nicht der Kontrolle.

Ab 01. Januar 2017 gelten auch für diese Anlagen die neuen CO₂-Äquivalente.

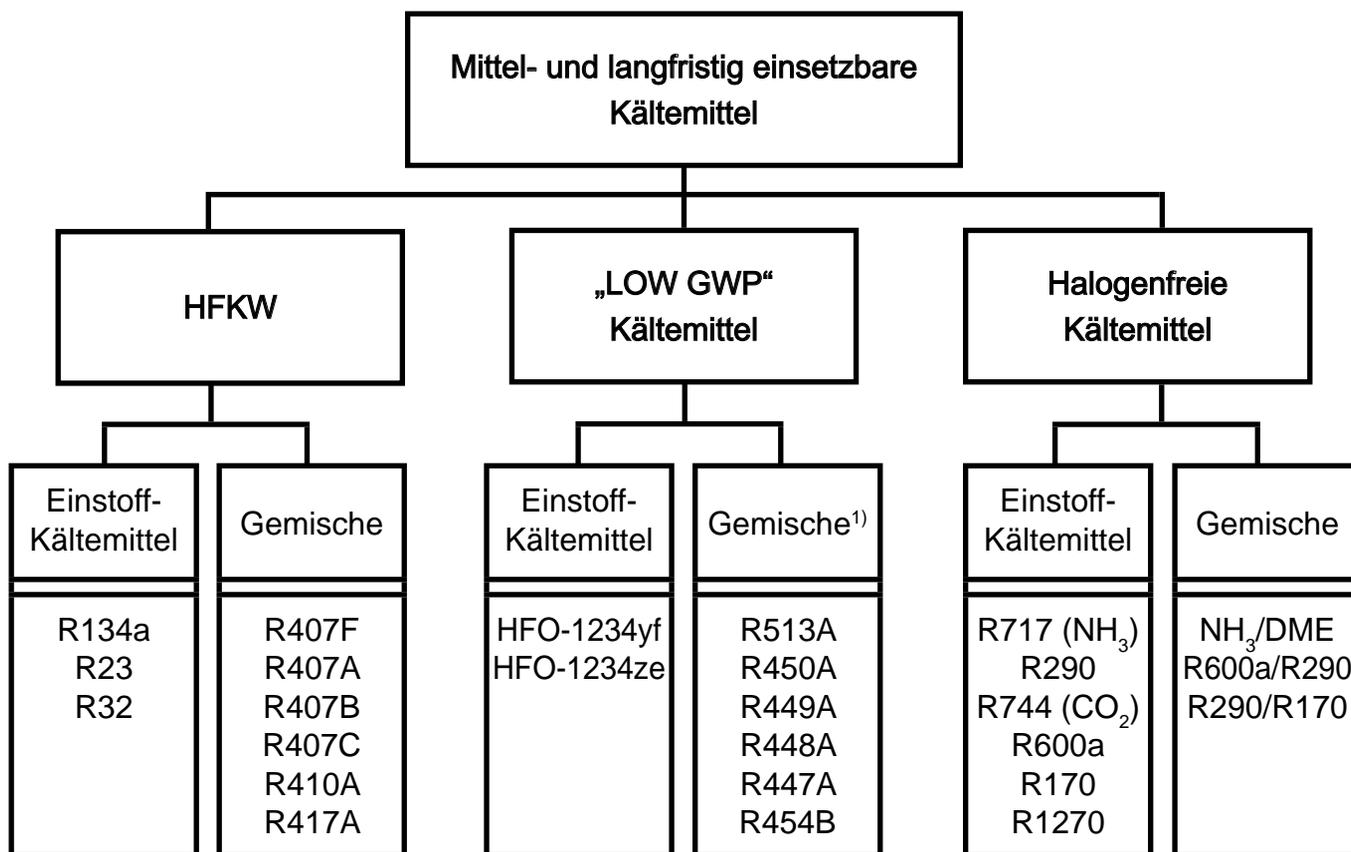
Ozon- und Treibhauspotenzial bekannter Kältemittel

	Kältemittel	Ersatz für	ODP ¹⁾	GWP ²⁾
HFCKW und Gemische	R22		0,05	1500
	R401A	R12	0,03	970
	R402A	R502	0,02	225
	R409A	R12	0,05	1290
HFKW und Gemische (chlorfrei)	R134a	R12	0	1300
	R404A	R502, R22		3780
	R407C	R22		1650
	R407F	R22, R404A		1705
	R410A	R22, R13B1		1980
	R417A	R22		2240
	R422A	R22		3040
	R422D	R22		2620
	R437A	R12		1680
	R507	R502, R22		3850
	R23	R13		14800
R32	R410A	550		
Halogenfreie Stoffe	R717 (NH ₃)	R22	0	0
	R290 (Propan)	R22		3
	R600a (Isobutan)	R12		3
	R744 (CO ₂)	diverse		1

1) Ozonabbaupotenzial relativ zu R11 = 1,0

2) Treibhauspotenzial relativ zu CO₂ = 1 (Zeithorizont 100 Jahre)

Mittel- und langfristig einsetzbare Kältemittel



1) In Erprobung

Vergleichende Beurteilung von Kältemitteln - Übersicht Eigenschaften bei NK und TK

Kältemittel	Relative Effizienz gegenüber R22 [%]		Relative Kälteleistung gegenüber R22 [%]		Druck gegenüber R22 [%] tc 45 °C ①	Temp. Gleit [K]	GWP* [100 a]	Sicherheitsgruppe ④	Materialverträglichkeit
	NK- ①	TK- ①	NK- ①	TK- ①					
R134a	102	N/V	62	N/V	67	0	1430	A1	✓
R404A (R507A)	95	105	102	112	118 (122)	0,7	3922 (3985)	A1	✓
R407A (F)	99	106	96	95	108	6,6	2107 (1825)	A1	✓
R410A	95	94	140	145	157	< 0,2	2088	A1	✓
CO₂②	85 ③	107	470	720	500 (transkritisches)	0	1	A1	⊖ Elastom.
HFO1234yf	~ 98	N/V	~ 60	N/V	~ 66	0	4	A2L	✓ ⑤
XP10	~ 100	N/V	~ 65	N/V	~ 70	0	600	A1	✓
R32	N/V	N/V	N/V	N/V	161	0	675	A2	✓

① HFKW, HFO
- EN12900 Referenzbedingungen

② CO₂ :
- NK (trans.): to -7 °C / tgc 35 °C / 86 bar
- TK (sub.): to -32 °C / tc -5 °C

③ Entspricht einem höheren Wirkungsgrad bei niedrigen Umgebungstemperaturen - ähnlicher Jahreszeitenwirkungsgrad bei gemäßigttem Klima
④ A2L ⇔ Gering entflammbar
⑤ Chemische und Langzeitwärmebeständigkeit noch nicht nachgewiesen (chemische Doppelbindung)

* GWP gemäß IPCC IV

Einsatzbereiche von HFKW-Kältemitteln

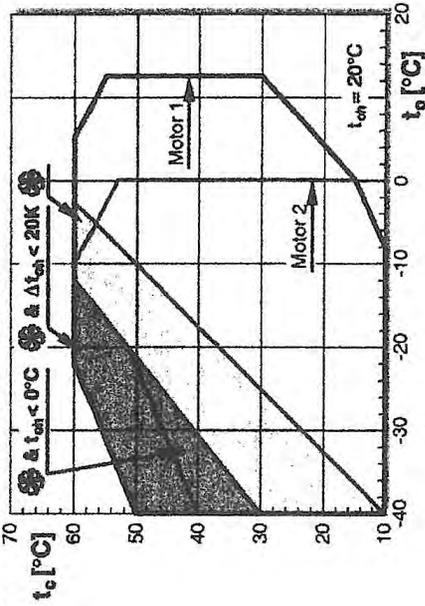
Anwendungsbereich	ASHRAE-Bezeichnung	Handelsbezeichnung	Zusammensetzung	GWP ¹⁾	Temperaturleit
Gewerbe NK- und TK-Bereich	R134a	-	-	1300	-
	R407F	Performax LT	R32/R125/R134a (30/30/40 %)	1820	6,4 K
	R407A	Blend 60	R32/R125/R134a (20/40/40 %)	1770	6,6 K
	R407B	Blend 61	R32/R125/R134a (10/70/20 %)	2280	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

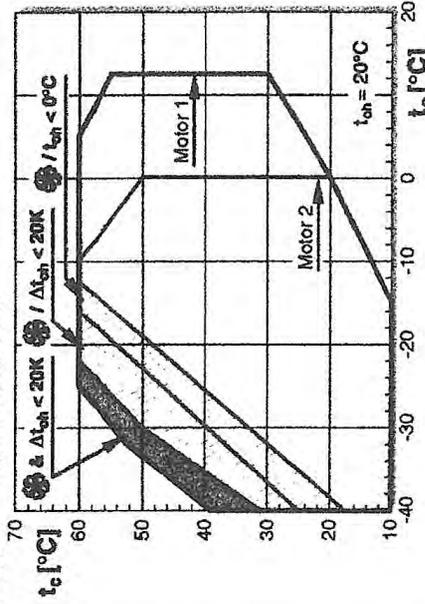
Eigenschaften von R407F verglichen mit R404A

- Sicherheitsgruppe A1 nach EN 378 (nicht toxisch, nicht brennbar)
- GWP = 1820 ist 44% niedriger!
- Energieeffizienter, COP 8 bis 15 % höher
- Verdichtungsendtemperatur ist 4 bis 27K höher, d.h. evtl. Kopfkühlung oder KM-Einspritzung erforderlich
- Niedrige Drucklage, aber höheres Druckverhältnis
- Bei gleicher Verdichtergröße ist \dot{Q}_0 5 bis 10 % geringer
- Einfache Umstellung von R22 auf R407F (nur Ölwechsel)

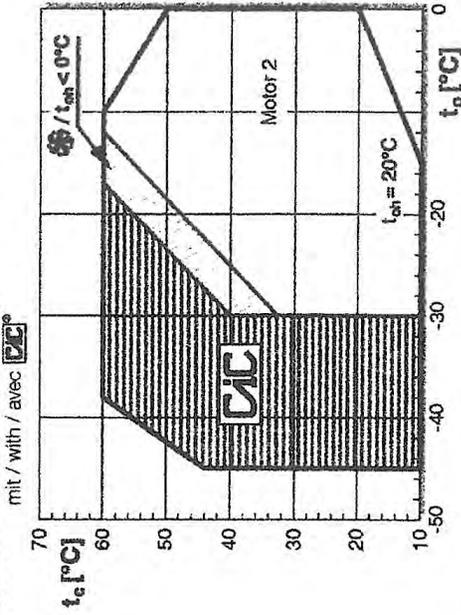
R407F 2KES-05Y .. 4CES-9Y



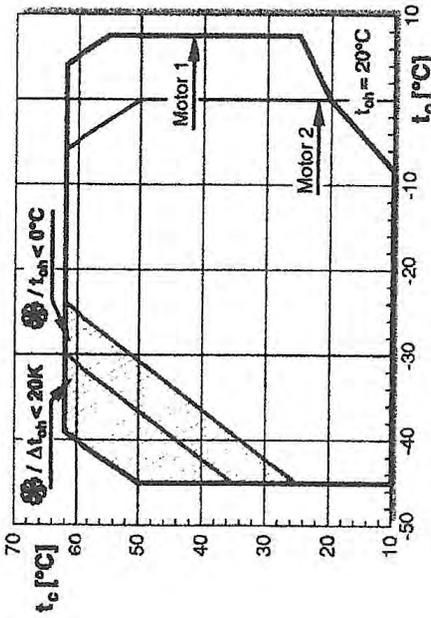
R407F 4VES-7Y .. 6FE-50Y



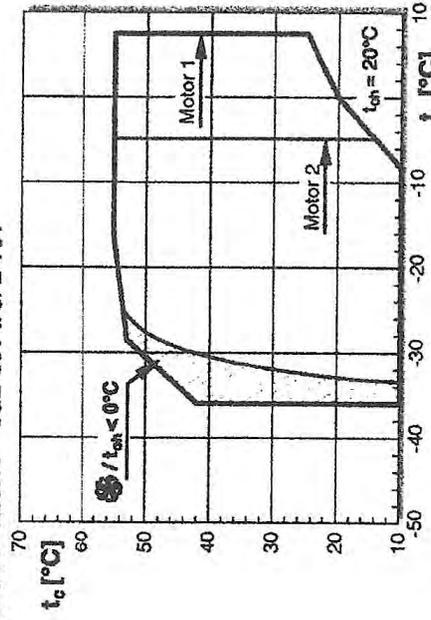
R407F 4VES-7Y .. 6FE-40Y mit / with / avec CFC



R404A R507A 2KES-05Y .. 6FE-50Y



R404A R507A 8GE-50Y .. 8FE-70Y



- t_c Verdampfungstemperatur (°C)
- t_e Sauggastemperatur (°C)
- Δt_{sub} Sauggas-Überhitzung (°C)
- t_c Verflüssigungstemperatur (°C)
- Zusatzkühlung oder Einschränkung siehe Schaubild
- Zusatzkühlung
- Zusatzkühlung + Einschränkung siehe Schaubild
- Einschränkung siehe Schaubild
- Sauggas-Überhitzung > 10 K
- Zusatzlüfter + CFC

- t_c Evaporating temperature (°C)
- t_e Suction gas temperature (°C)
- Δt_{sub} Suction gas superheat (°C)
- t_c Condensing temperature (°C)
- Additional cooling or limitation see diagram
- Additional cooling
- Additional cooling + limitation see diagram
- Limitation see diagram
- Suction gas superheat > 10 K
- Additional fan + CFC

- t_c Température d'évaporation (°C)
- t_e Température du gaz d'aspiration (°C)
- Δt_{sub} Surchauffe du gaz d'aspiration (°C)
- t_c Température de condensation (°C)
- Refrégerissement additionnel ou limitation voir diagramme
- Refrégerissement additionnel
- Refrégerissement additionnel + limitation voir diagramme
- Limitation voir diagramme
- Surchauffe du gaz d'aspiration > 10 K
- Ventilateur additionnel + CFC

Vergleich zwischen R404A und R407F

NK-Anwendung:

Verdichter: Frascold / Q 5 24.1Y $t_0 -2^\circ\text{C} / t_c 45^\circ\text{C}$

Kältemittel	Q_0 [kW]	Q_k [kW]	t_{v2} [$^\circ\text{C}$]	COP
R404A	18,12	25,11	68,30	3,72
R407F	19,22	25,41	80,42	4,06
-	+5,7 %	+1,2 %	+12,12 K	+8,4 %

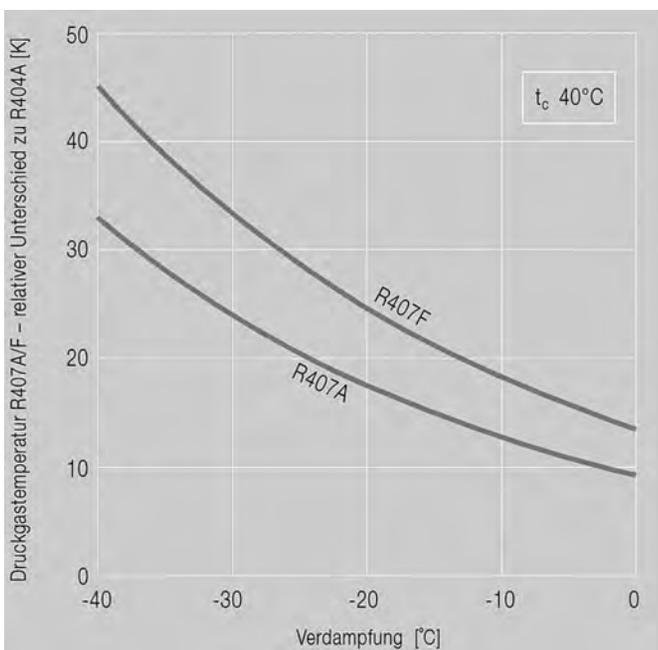
TK-Anwendung:

Verdichter: Frascold / Q 5 24.1Y $t_0 -32^\circ\text{C} / t_c 45^\circ\text{C}$

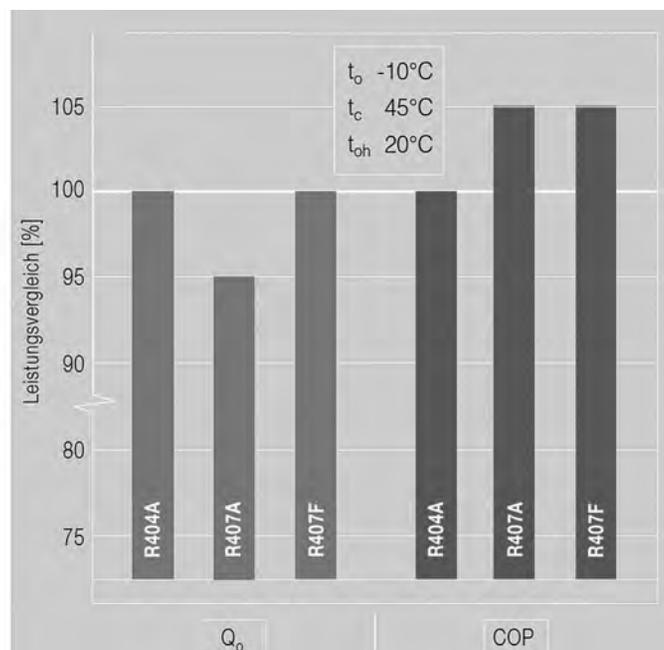
Kältemittel	Q_0 [kW]	Q_k [kW]	t_{v2} [$^\circ\text{C}$]	COP
R404A	5,19	9,09	75,15	1,64
R407F	5,49	8,77	96,68	1,91
-	+5,5 %	-3,7 %	+21,53 K	+14,14 %

Die prozentualen Abweichungen sind auf R404A (100 %) bezogen.

R407A und R407F/R404A



R407A, R407F/R404A- Vergleich der Druckgastemperaturen eines halbhermetischen Verdichters



Vergleich der Leistungsdaten eines halbhermetischen Verdichters

Thermostatische Expansionsventile für R407F von Honeywell

(TMV-Serie bis 24 kW, TMX-serie bis 82 kW)

Artikelnummer	Beschreibung
TMV-00019	TMV R407F A+0/-45 5/8X3/4UNF
TMV-00020	TMV R407F A-18 5/8X3/4UNF
TMVBL-00119	TMVBL R407F A+0/-45 5/8UNFX120DF
TMVBL-00120	TMVBL R407F A-18 5/8UNFX120DF
TMVBL-00219	TMVBL R407F A+0/-45 5/8UNFX1/20DF
TMVBL-00220	TMVBL R407F A-18 5/8UNFX1/20DF
TMVX-00119	TMVX R407F A+0/-45 5/8X3/4UNF
TMVX-00120	TMVX R407F A-18 5/8X3/4UNF
TMVXBL-00119	TMVXBL R407F A+0/-45 5/8UNFX120DF
TMVXBL-00120	TMVXBL R407F A-18 5/8UNFX120DF
TMVXBL-00219	TMVXBL R407F A+0/-45 5/8UNFX1/20DF
TMVXBL-00220	TMVXBL R407F A-18 5/8UNFX1/20DF
TMVL-00119	TMVL(X) R407F A+0/-45
TMVL-00120	TMVL(X) R407F A-18
TMX-00071	TMX R407F MOP+10
TMX-00072	TMX R407F MOP-18

Einsatz von R32 statt R410A

Zur weiteren Reduzierung des Treibhauseffektes wird z. Z. der Einsatz von R32 statt R410A in Klimageräten, Wärmepumpen und Kaltwassersätzen untersucht und erprobt, vor allem von den Firmen Daikin und Copeland / Emerson. R410A besteht zu 50 % aus R32 und 50 % R125.

Vorteile von R32 gegenüber R410A:

- GWP = 650 gegenüber R410A mit GWP = 1900
- Volumetrische Kälteleistung 11 % höher
- COP von Wärmepumpen höher als bei R22 und R410A
- Wesentlich geringere Füllmengen

Nachteile:

- Geringe Brennbarkeit (Klasse A2 nach EN 378)
Zündgrenzen - UG = 0,14k g/m³; OG = 0,27 kg/m³
- Verdichtungsendtemperatur ca. 18 K höher
- Schlechte Mischbarkeit mit normalen POE

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

Kohlenwasserstoffe als Kältemittel

Kurzzeichen nach ASHRAE	Chemische Bezeichnung	Chemische Formel	Klasse nach EN 378	GWP	Prakt. Grenzwert kg/m ³	Untere Zündgrenze kg/m ³	Zündtemperatur °C
R170	Ethan	CH ₃ CH ₃	3	3	0,008	0,038	515
R290	Propan	CH ₃ CH ₂ CH ₃	3	3	0,008	0,038	470
R600	Butan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	3	3	0,0089	0,048	365
R600a	Isobutan	CH(CH ₃) ₃	3	3	0,011	0,038	460
R601	Pentan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	3	3	0,008	0,041	
R601a	Isopentan	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	3	3	0,008	0,041	
R1150	Ethen	CH ₂ = CH ₂	3	3	0,006	0,036	540
R1270	Propen	CH ₃ - CH = CH ₂	3	3	0,008	0,036	455

Kohlenwasserstoffe für Kälteanlagen

Eigenschaften der Kohlenwasserstoffe

Vorteile gegenüber R22 und den HFKW-Kältemitteln

- Hohe Energieeffizienz - höherer COP
- ODP = 0; GWP = 3
- Geringeres Druckverhältnis und niedrigere Druckgastemperatur von R290 gegenüber R22
- Höhere spezifische Kälteleistung
- Massestrom nur etwa 60 % gegenüber R22 (Rohrleitungsdimensionierung)
- Wesentlich reduzierte Füllmengen

Nachteile der Kohlenwasserstoffe

- Brennbarkeit und Explosionsgefahr - Gruppe A3 nach EN 378
- Dadurch begrenzte Füllmengen und Anlagengröße

Einsatzmöglichkeiten von Kohlenwasserstoffen

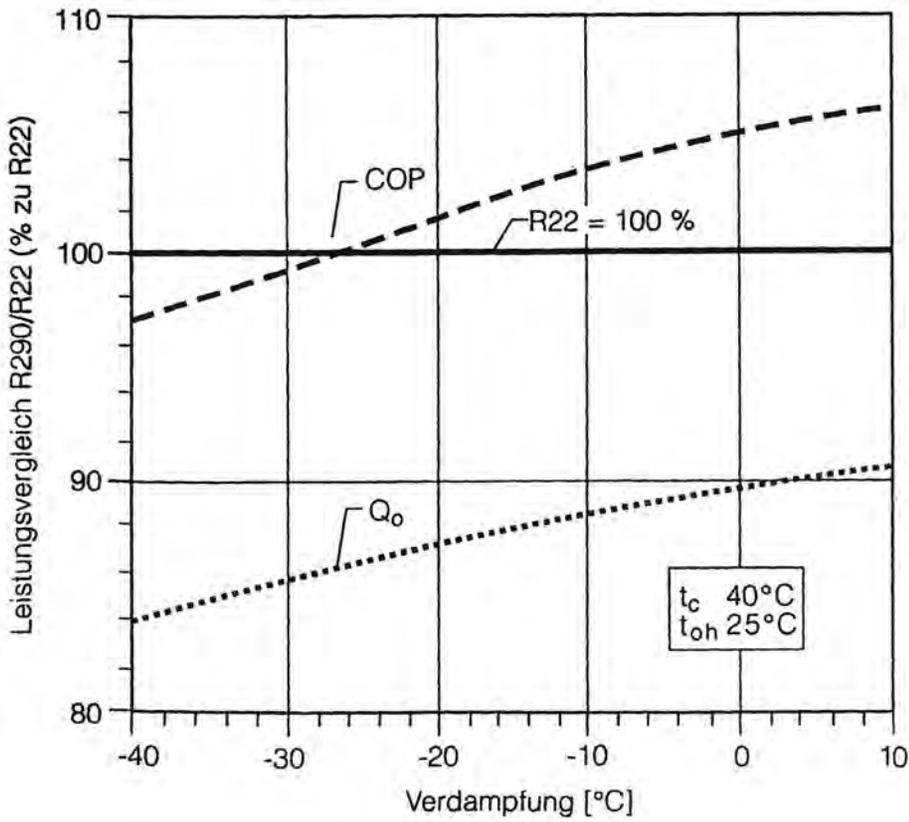
- Gemäß EN 378 ist der Einsatz von brennbaren Kältemitteln der Gruppe A3 bei Füllmengen < 150 g, z.B.: Haushaltskühlgeräte, Getränkeautomaten, steckerfertige TK-Truhen und Kühltheken unproblematisch
- Kompakte Wärmepumpen
- Splitklimageräte bis etwa 3 kW Kälteleistung
- Kaskadenkälteanlagen im Industriebereich (Pharmazie, Medizin)
- Indirekte Kühlung-Kaltwassersätze, Solekühlung

US-Umweltamt EPA genehmigt Einsatz folgender brennbarer Kältemittel

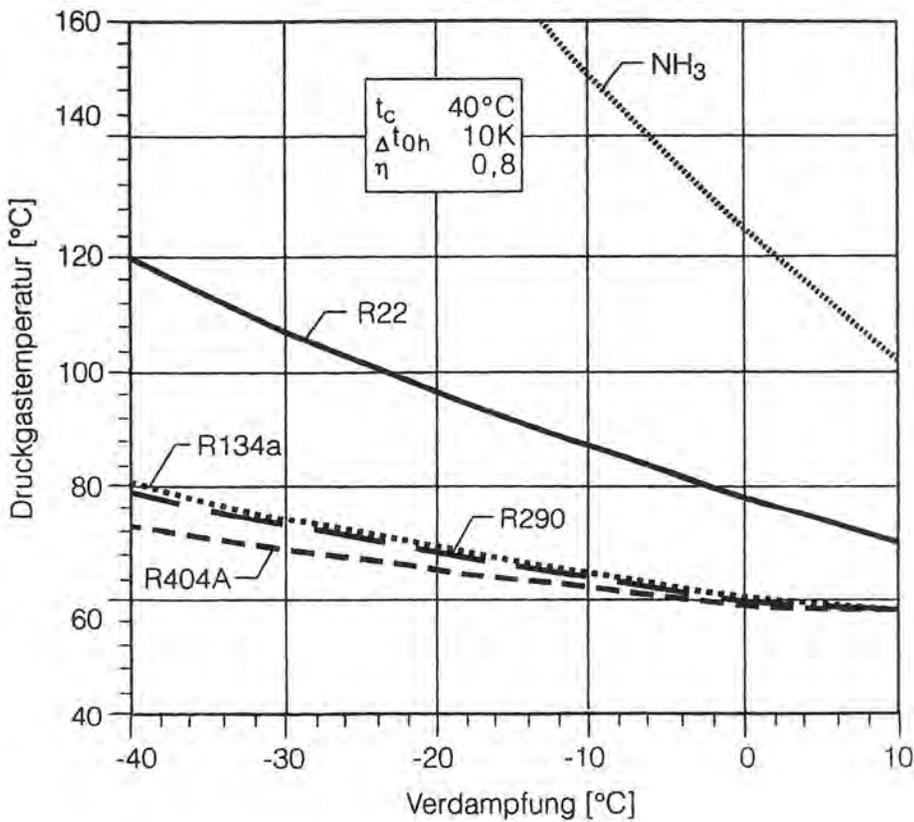
(Quelle: KK 4/2015)

- R170 (Ethan) für extreme TK-Anwendungen
- R600a (Isobutan) für Haushaltskühlschränke, Gefriertruhen und Verkaufsautomaten
- Propan (R290) wie Isobutan und zusätzlich noch für Raumklimageräte
- R441A für Gewerbekälte (steckerfertige Geräte), Automaten und Raumklimageräte
- R32 für Raumklimageräte

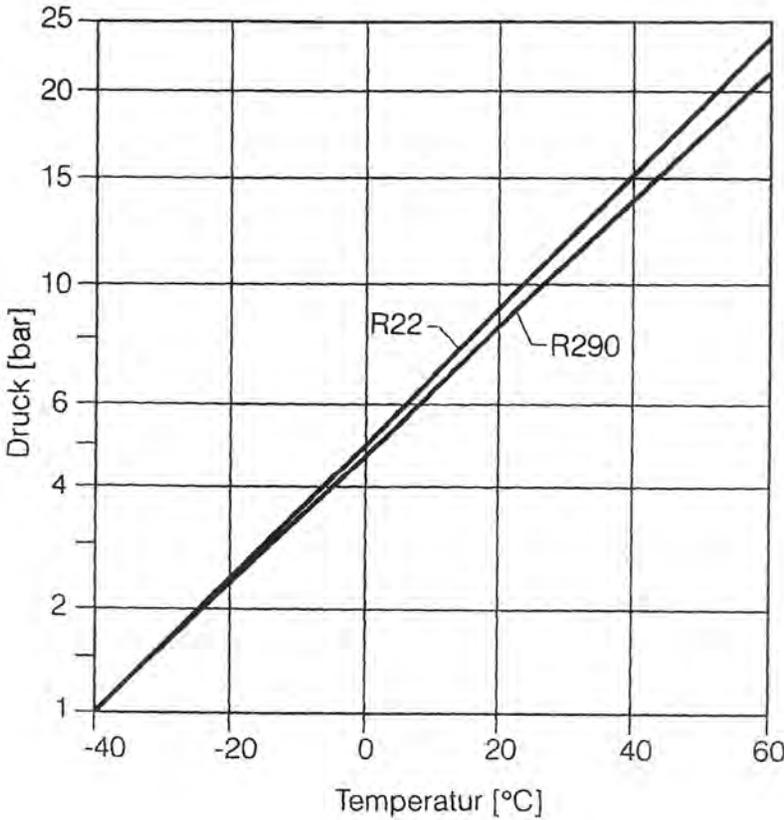
R290/R22 -Vergleich der Leistungsdaten eines halbhermetischen Verdichters



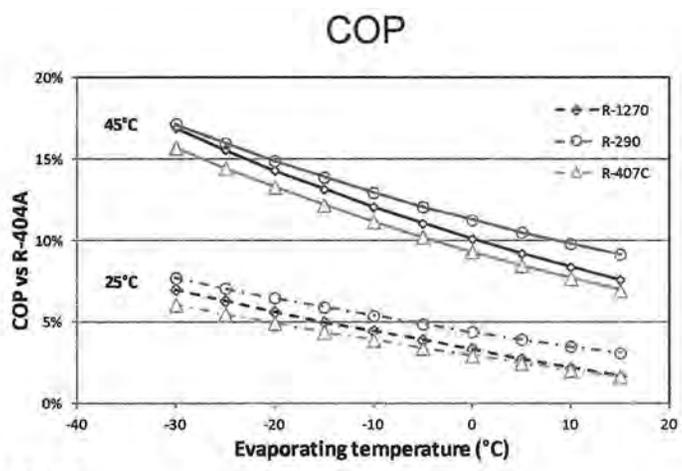
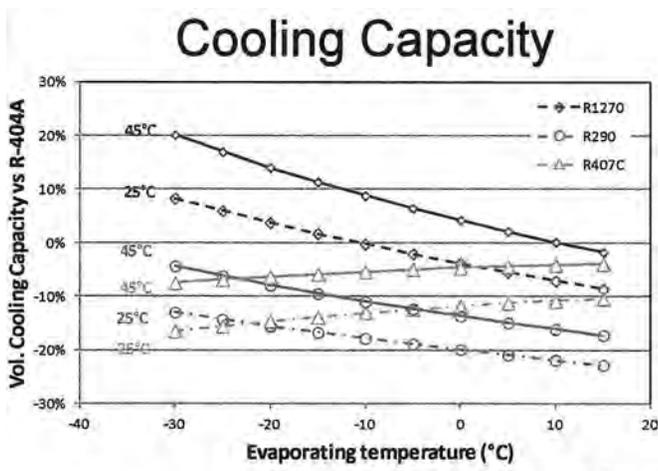
Vergleich von Druckgastemperaturen



R290/R22 - Vergleich der Drucklagen



Theoretischer Vergleich von R290 & R1270 vs. R404A & R407C



- R290 -5 to -22%
- R1270 +20 to -8%

Vs. R404A

- R290 +17 to +3 %
- R1270 +17 to +2 %

- R290 +4 to -13%
- R1270 +28 to +2%

Vs. R407C

- R290 +2 %
- R1270 +2 to +0 %

Anwendungshinweise

- Die verschärften Sicherheitsvorschriften bei Füllmengen > 150 g sind zu beachten
- Freigabe des Verdichterherstellers ist erforderlich
- Höhere Löslichkeit von Mineralölen ist zu beachten
 - Höhere Ölviskosität von 60 ... 80 mm²/s erforderlich
- Keine Materialprobleme, Cu-Rohr sowie Halbhermetik- und Hermetik- Verdichter können eingesetzt werden
- Systeme vor Lötarbeiten und Elektrotests gut evakuieren (Kältemittelreste sind im Öl gelöst), ausgebaute Verdichter mit Stickstoff füllen

Haupthindernisse für eine breite Anwendung von KW

- Das Sicherheitsrisiko der Kälteanlagen
- Die Frage der Produkthaftung
- Höherer Anlagenpreis für neue Systemlösungen und Sicherheitstechnik sowie indirekte Kühlung
- Qualifikation des Montage- und Servicepersonals

Sicherheitsvorschriften für Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln

- ▶ **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
 - 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

- ▶ **VDMA-Einheitsblatt 24020-3:
„Betrieb von Kälteanlagen mit Kältemitteln der Gruppe A3 nach EN378“**

- ▶ **VDMA-Einheitsblatt 24020-5
„Betrieb von Kälteanlagen mit Kältemitteln der Gruppe A2 nach EN378“**
 - U. a. äußere Prüfung von Rohrleitungen, wenn $DN > 25$ alle 5 Jahre durch Sachkundigen, wenn $PS \times DN \leq 2000$
 - 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“**

Geschichte des CO₂ als Kältemittel

1866/69	Verwendung durch LOWE (Trockeneis)
1877	Verflüssigung durch RAYDT (Beginn der Nutzung als technisches Gas)
1881/90	Konstruktion und Bau von Kälteanlagen durch LINDE bzw. WINDHAUSEN
1887-90	Starke Entwicklung von Kältemaschinen insbesondere in England und in den USA
1895	Erste Dampftafel: MOLLIER
1904	Erstes Druck-Enthalpie-Diagramm von MOLLIER (TH Dresden)
1929	Detailliertes p,h-Diagramm mit fester Phase: PLANK, KUPRIANOFF
1932	Kaskadenanlagen NH ₃ -CO ₂ für Temperaturen bis -50 °C
1950	60 % aller Schiffskälteanlagen mit CO ₂ sowie je 10 % der Kleinkälte- und Großkälteanlagen
1960-65	CO ₂ wird nicht mehr eingesetzt (→ 0 %)
1989--93	Wiederentdeckung und erste Vorschläge zur Anlagengestaltung (LORENTZEN u.a.)

Die Eigenschaften von CO₂ als Kältemittel lassen sich wie folgt zusammenfassen

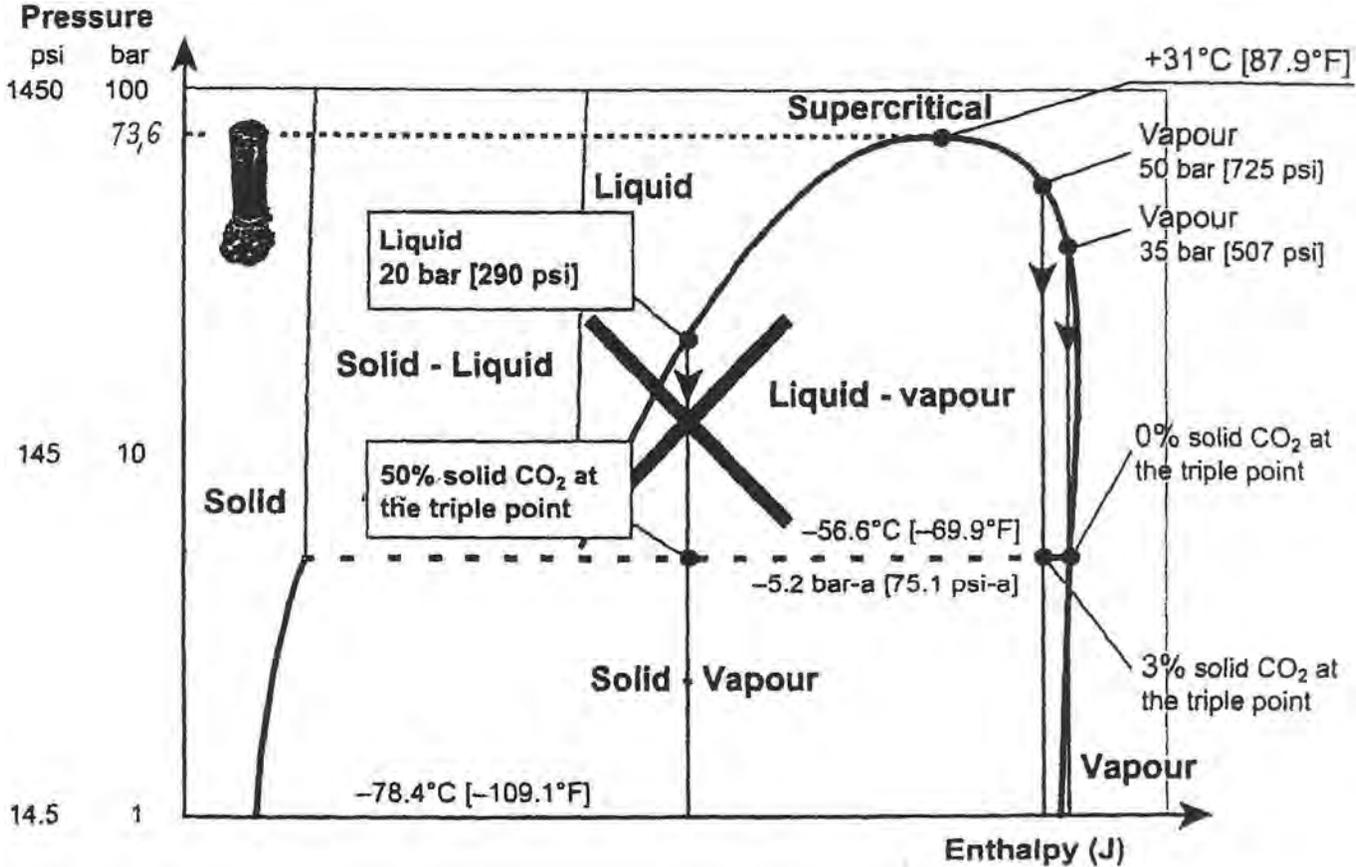
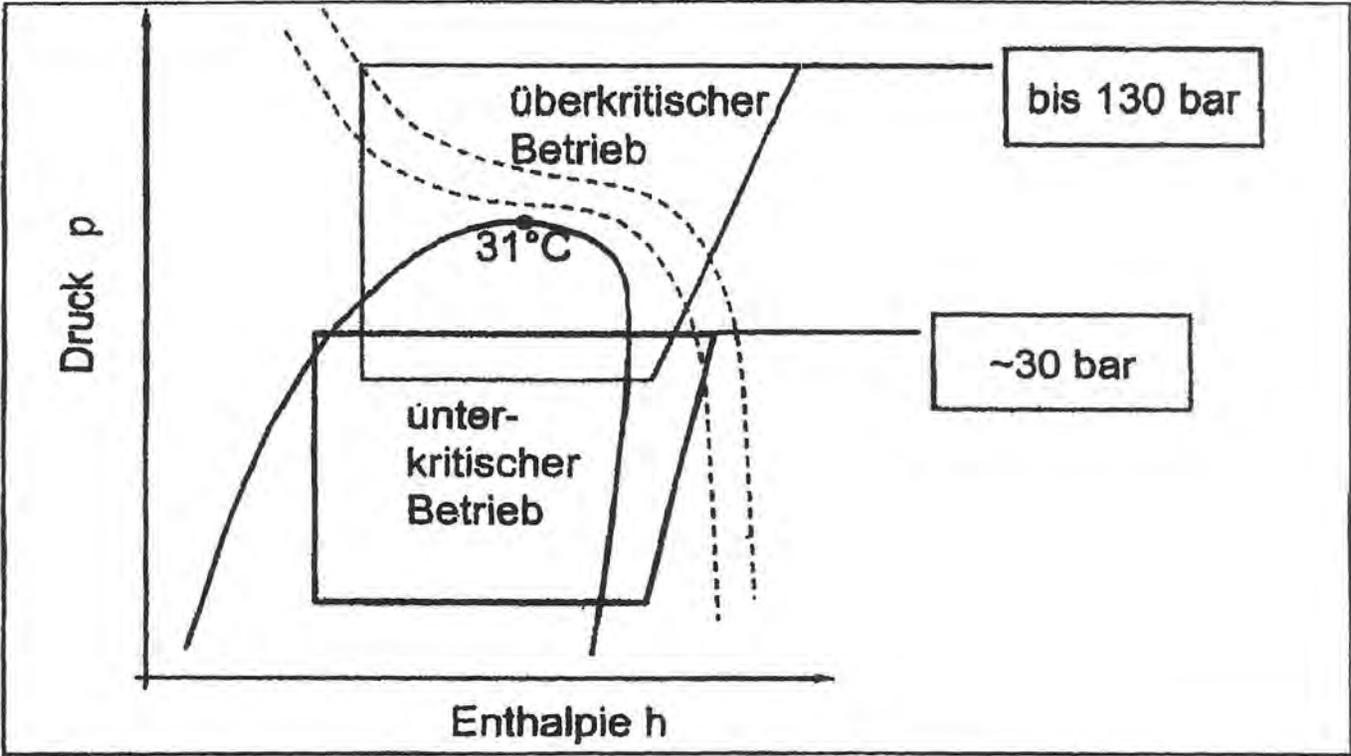
► Vorteile von CO₂

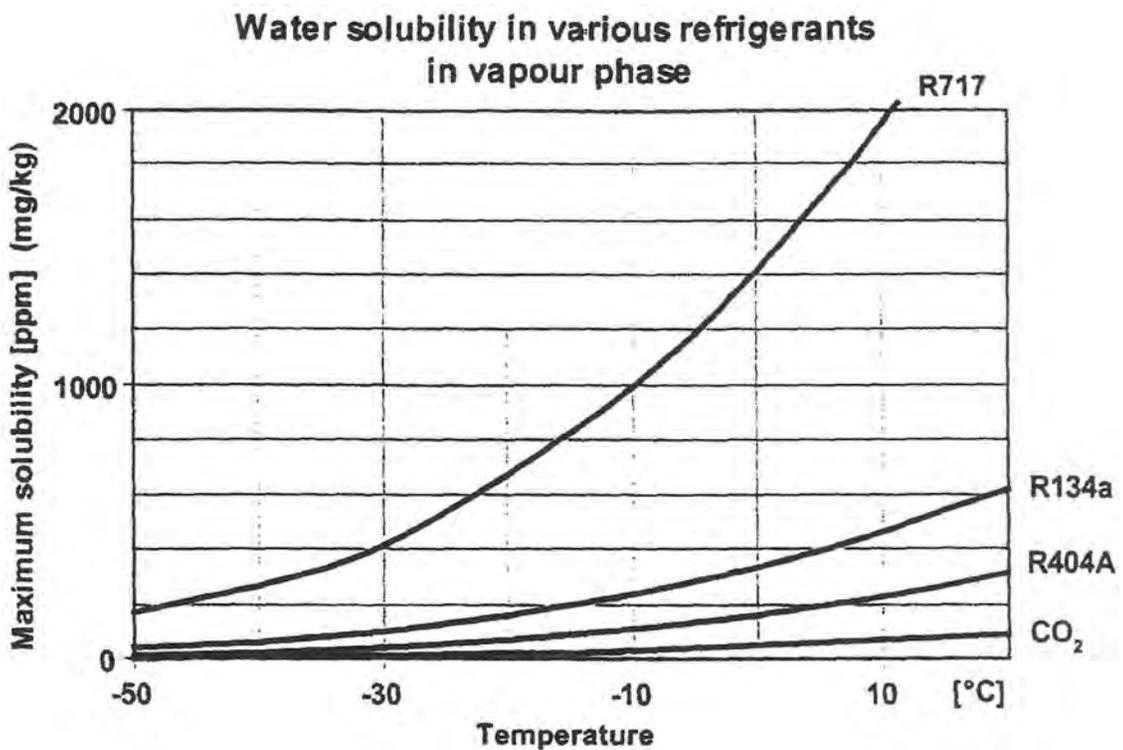
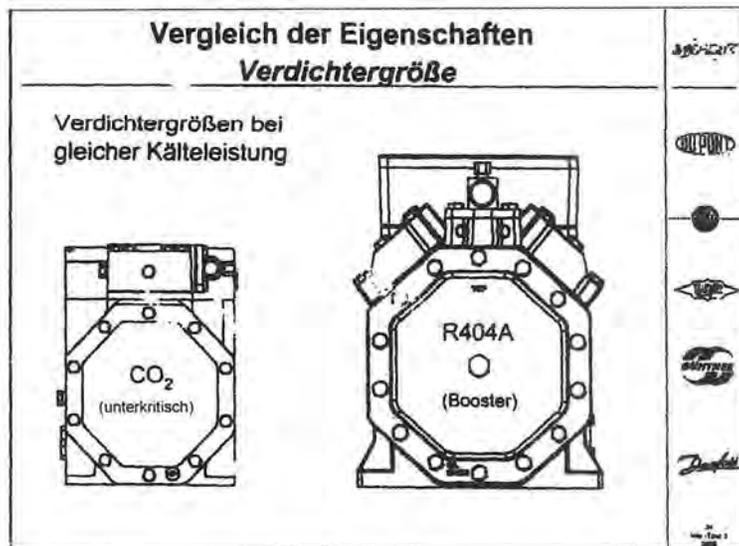
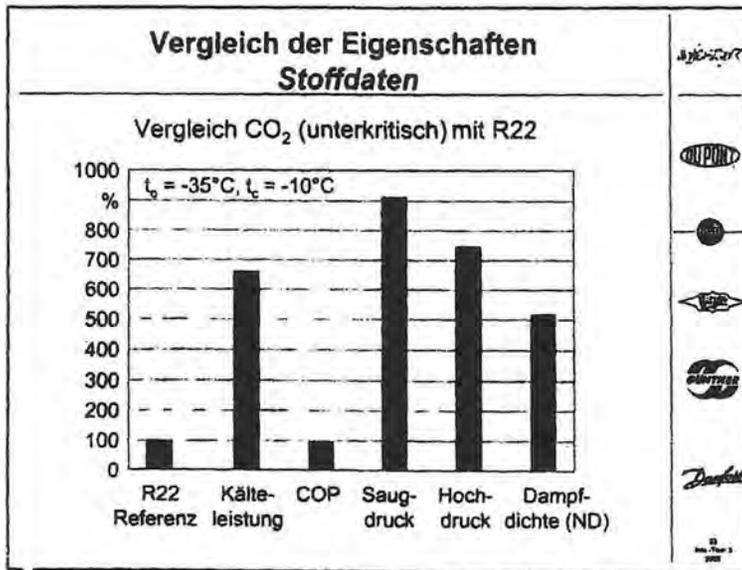
- Zukunftssicheres Kältemittel (keine GWP-basierten Steuern, keine Füllmengenbegrenzungen, keine Ausstiegszenario)
- ODP = 0; GWP = 1
- Unbrennbar, nicht toxisch, chemisch inaktiv
- Hohe volumetrische Kälteleistung (5 bis 8-fach gegenüber R22)
- Dadurch sehr kleiner Massestrom gegenüber HFKW (kleinere Verdichter, Rohr-Ø, Füllmengen)
- Sehr gute Wärmeübertragungswerte (kleinere Δt , höhere t_o)
- Druckabfälle auf der Saugseite wirken sich gering auf t_o aus
- Sehr niedriger Energiebedarf für Umwälzpumpen bei Einsatz als Sekundärfluid
- Sehr preiswert
- Keine Rückgewinnung und Entsorgung

► Nachteile von CO₂

- Sehr hohe Drucklage (Je nach Temperatur ist der Saugdruck 15 bis 45 bar, Hochdruck im transkritischen Betrieb 100 bis 140 bar)
- Sehr niedriger kritischer Punkt bei 31 °C, 74 bar
- Sehr hoher Tripelpunkt bei 5,2 bar (CO₂ wird fest)

Überkritischer und unterkritischer Betrieb einer CO₂-Kälteanlage



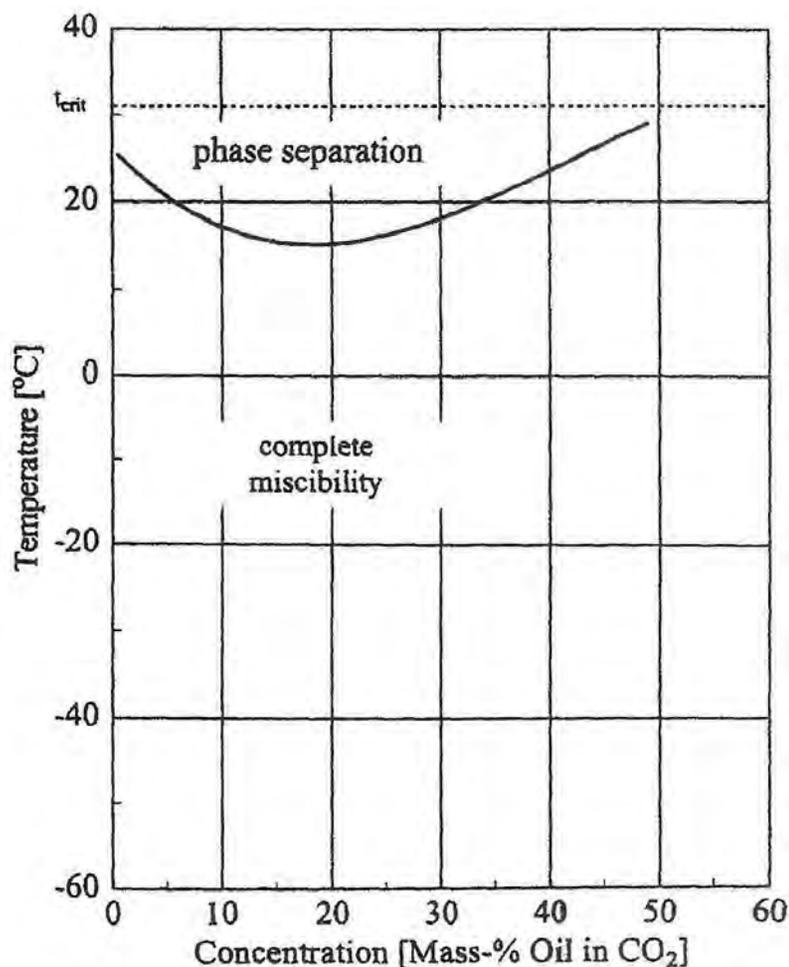


RENISO C 85 E / CO₂

Kältemittelmischbarkeit (Mischungslücke)

Technische Daten:

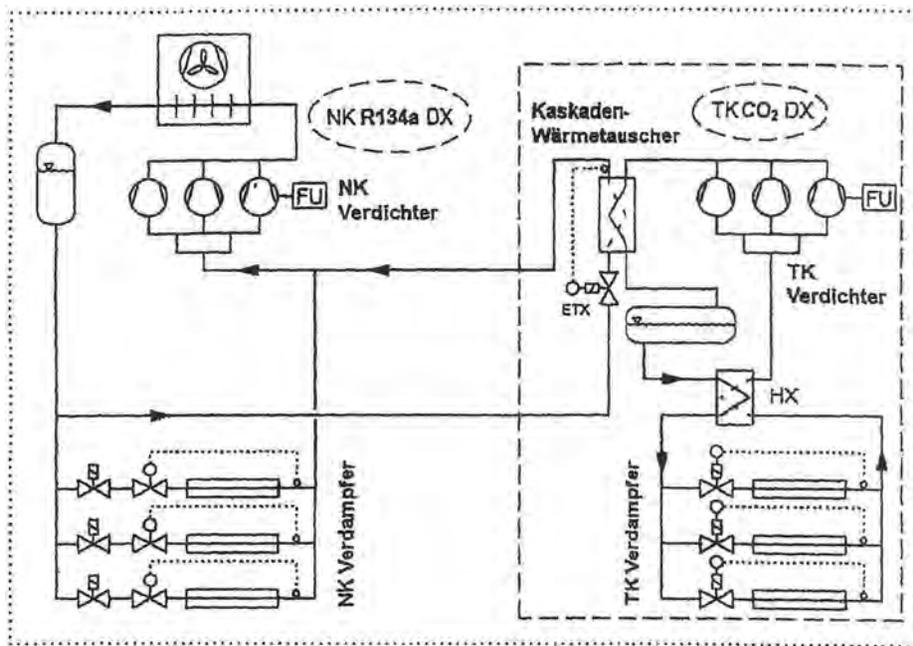
Sortenbezeichnung		C 85 E	
Eigenschaften	Einheit		Prüfung nach
Kinematische Viskosität bei 40 °C	mm ² /s	80	DIN EN ISO 3104
Kinematische Viskosität bei 100 °C	mm ² /s	10,6	DIN EN ISO 3104
Viskositätsindex (VI)		118	DIN ISO 2909
Dichte bei 15°C	kg/m ³	993	DIN 51 757
Neutralisationszahl	mgKOH/g	0,03	DIN 51 558
Pourpoint	°C	- 42	DIN ISO 3016
Flammpunkt	°C	246	DIN ISO 2592
Wassergehalt	mg/kg	< 30	DIN 51 777-2



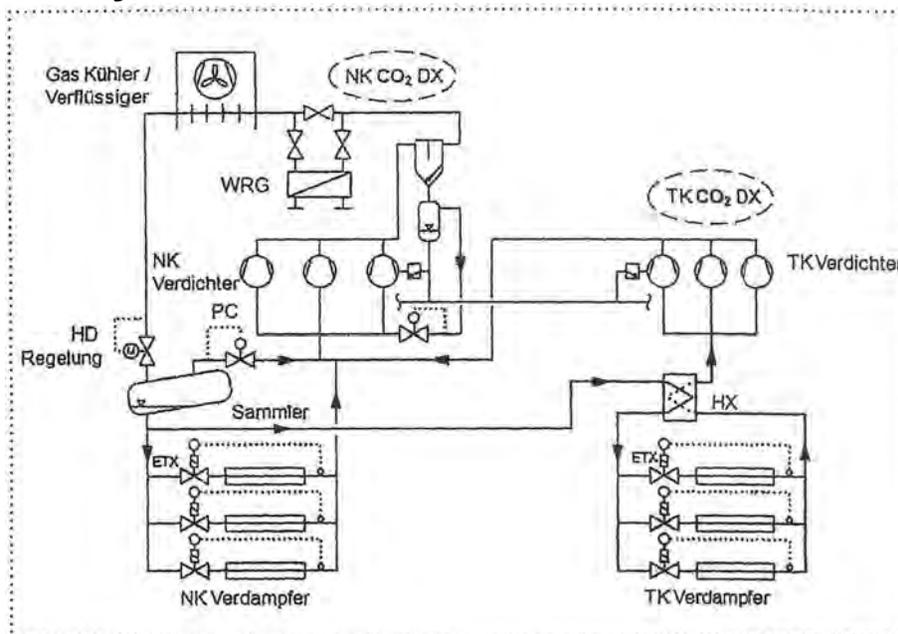
Einsatzschwerpunkte sind z.Z.:

- Supermarktkälteanlagen (Kaskaden- und Boostersysteme)
- Industrieanlagen und große gewerbliche Kälteanlagen
- Wärmepumpen für Brauchwasser und Trocknungsprozesse, Hochtemperatur WP bis $t_w \geq +90 \text{ °C}$
- Schockfrosteranlagen
- Kaskaden in der Pharmaindustrie
- CO₂-Erdsonden für Wärmepumpen (Wärmerohr-Prinzip)

Hybridsystem mit R134a/CO₂-Kaskade



CO₂-Booster System



► Besonderheiten des transkritischen Kälteprozesses

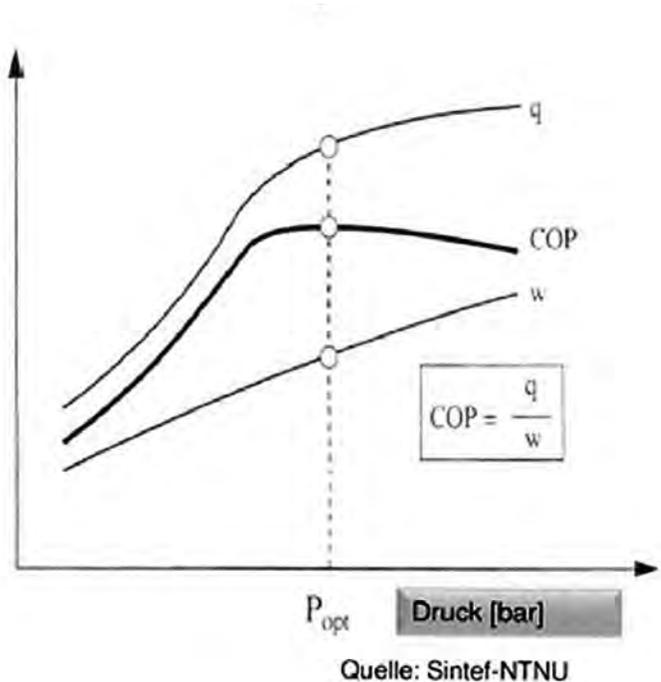
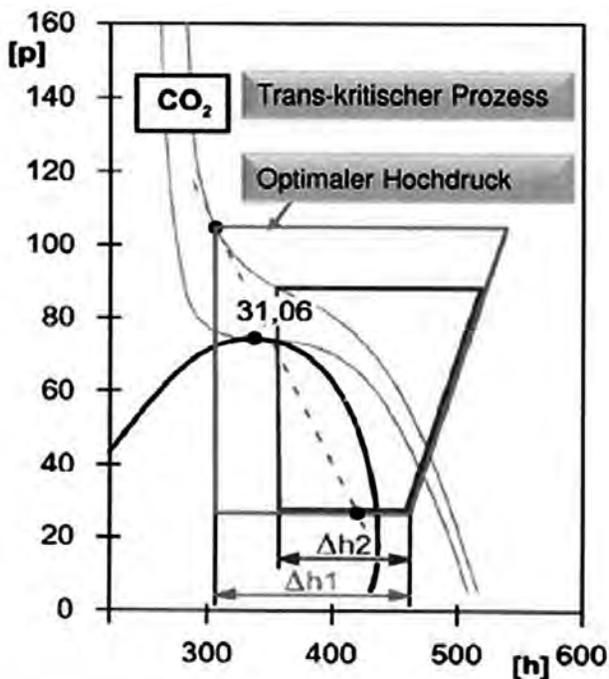
- Die Wärmeabfuhr auf der Hochdruckseite erfolgt in einem Gaskühler bei konstantem Druck mit hohem Temperaturgleit (Enthitzung).
- Der hochkomprimierte Kältemitteldampf wird erst nach der Expansion in einem speziellen Expansionsventil z.B. in einen Mitteldrucksammler flüssig.
- Bei niedrigen Umgebungstemperaturen geht das System in den unterkritischen Betrieb mit besserem Wirkungsgrad über (Gaskühler wird zum Verflüssiger).
- Der Mitteldruck der Booster-Anlage variiert zwischen 40 und 32 bar je nach Lastverhältnis zwischen NK/TK.
Niedrige NK-Last führt zu hohen Sauggastemperaturen und damit hohen Druckgastemperaturen des NK-Verdichters.
Hohe NK-Last führt zu niedriger Sauggasüberhitzung des NK-Verdichters (IWT erforderlich).
- Für eine energieeffiziente Fahrweise der Anlage muss durch eine intelligente Regelung in Abhängigkeit der Gaskühler-Austrittstemperatur der optimale Hochdruck einreguliert werden (Bilanz zwischen max. Δh_0 und minimaler P_{EL}).
Die Kälteleistung steigt mit P_k !

Transkritischer CO₂ Prozess - Optimaler Hochdruck

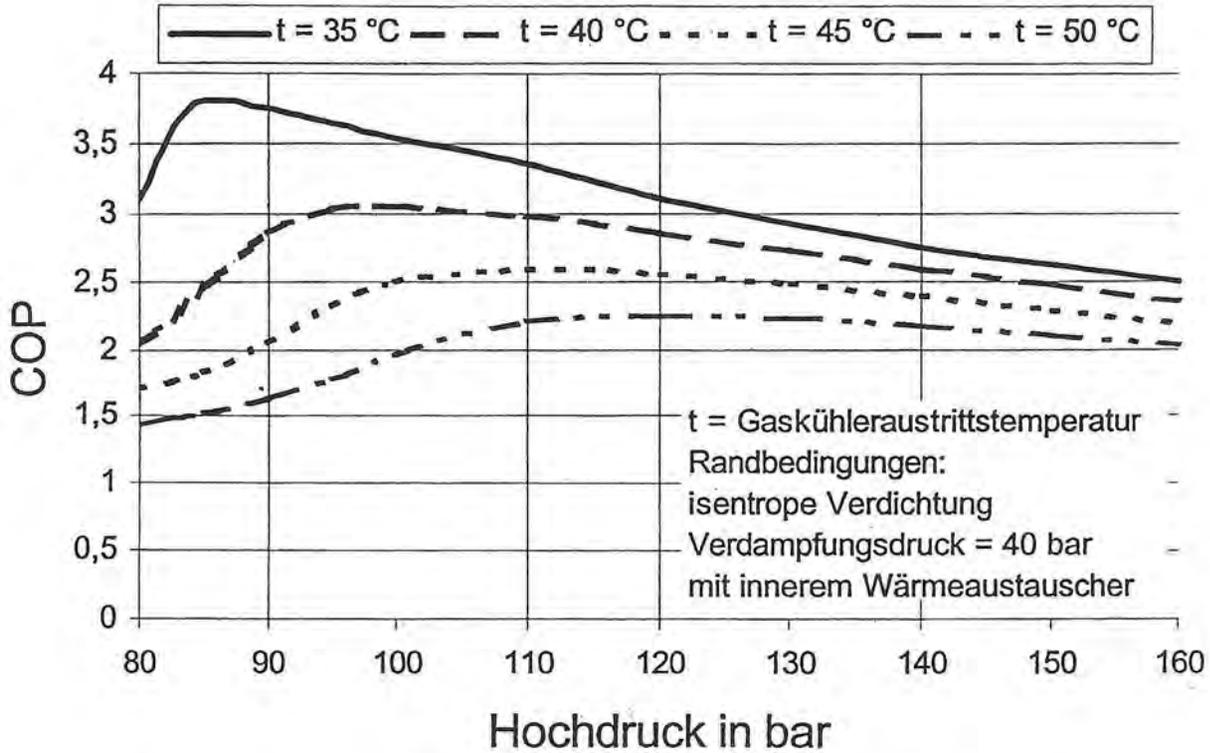
Für eine gegebene Gaskühleraustrittstemperatur ist der COP eine Funktion des Hochdrucks.

Warum?

Temperatur und Druck sind voneinander unabhängig

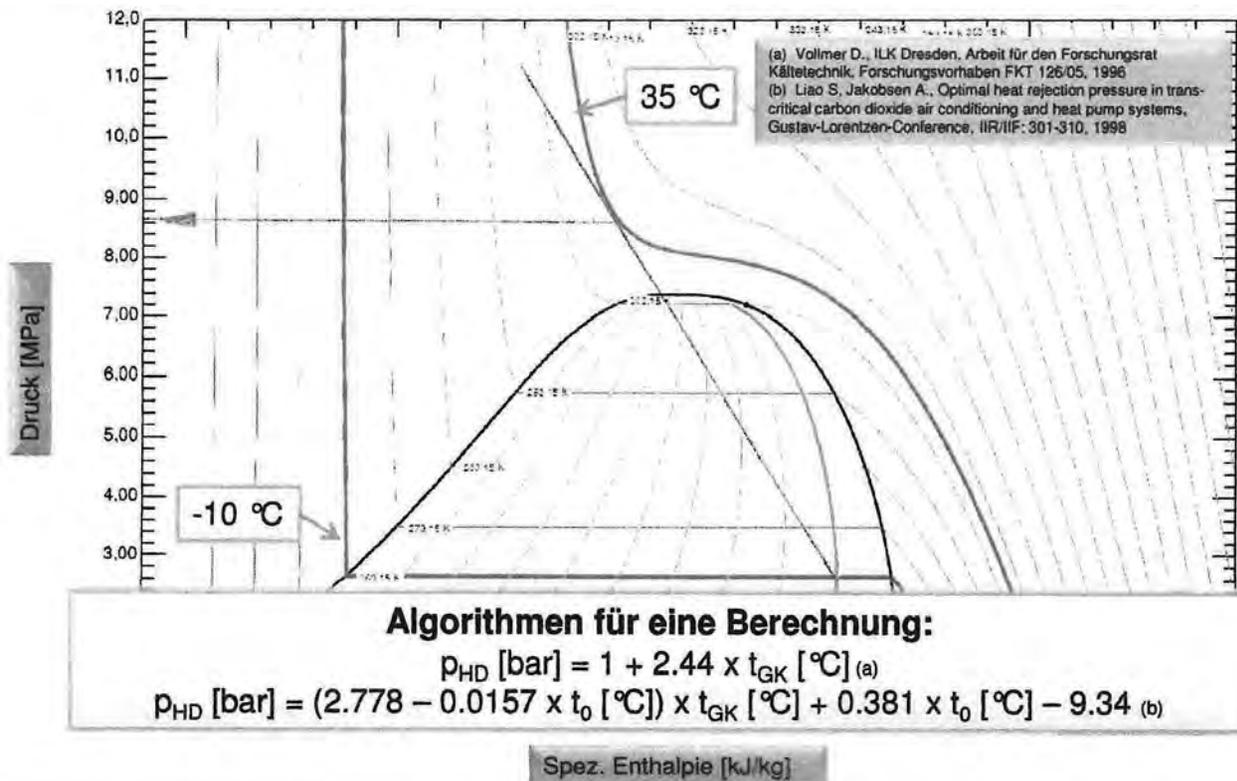


Alternative Kälteerzeugung



Leistungszahl in Abhängigkeit vom Hochdruck bei verschiedenen Gaskühleraustrittstemperaturen

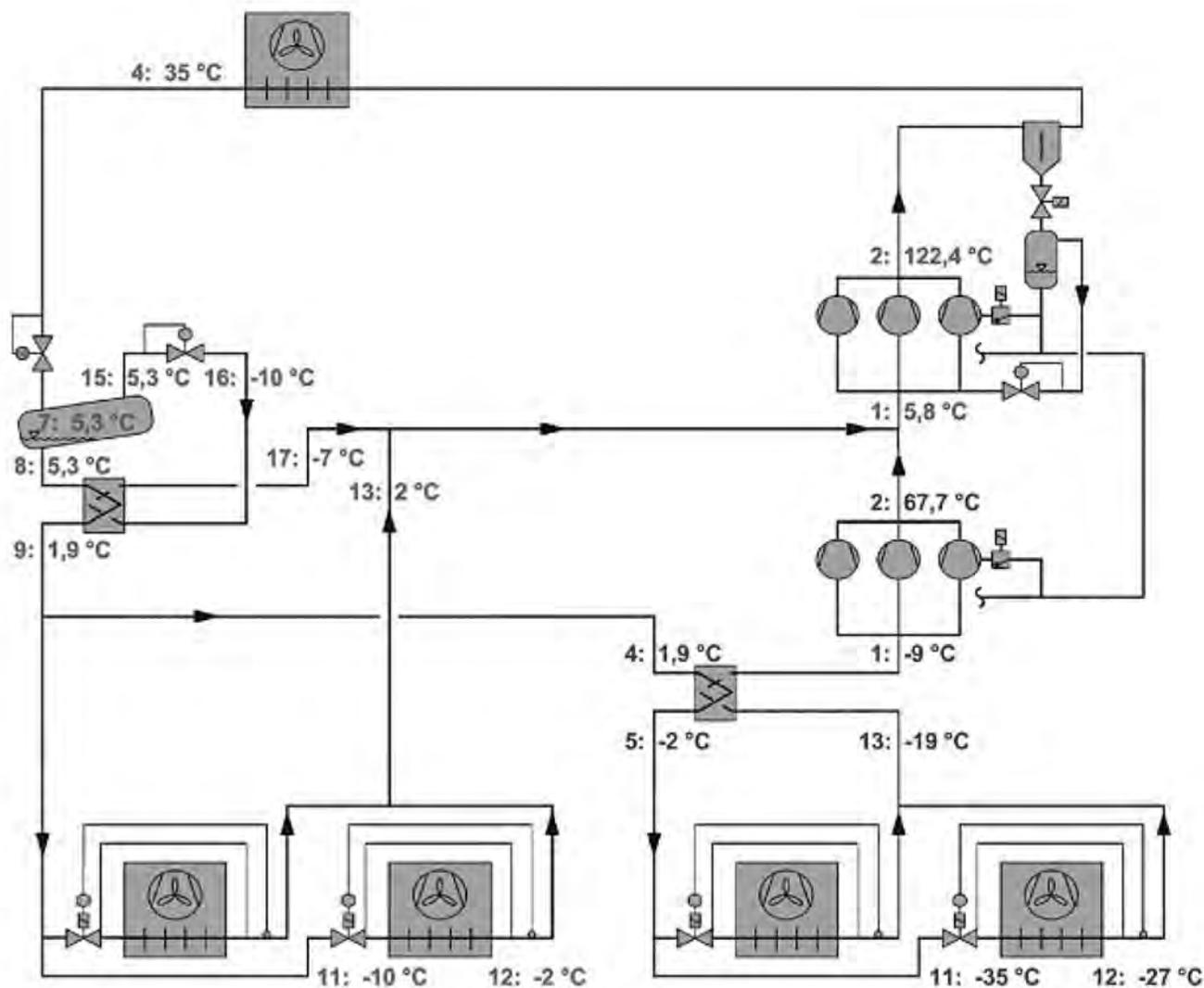
Ermittlung des optimalen Hochdruckes



Grafische Ermittlung des optimalen Hochdruckes:

Vom Schnittpunkt der Temperaturlinie -10 °C und der Linie X=0,9 im Naßdampfgebiet eine Tangente an die gewünschte Gaskühler Temperatur-Linie anlegen. Im Berührungspunkt ist der optimale Hochdruck

Schematisches RI-Fließbild einer Booster-Kälteanlage mit den Betriebsbedingungen am Auslegepunkt



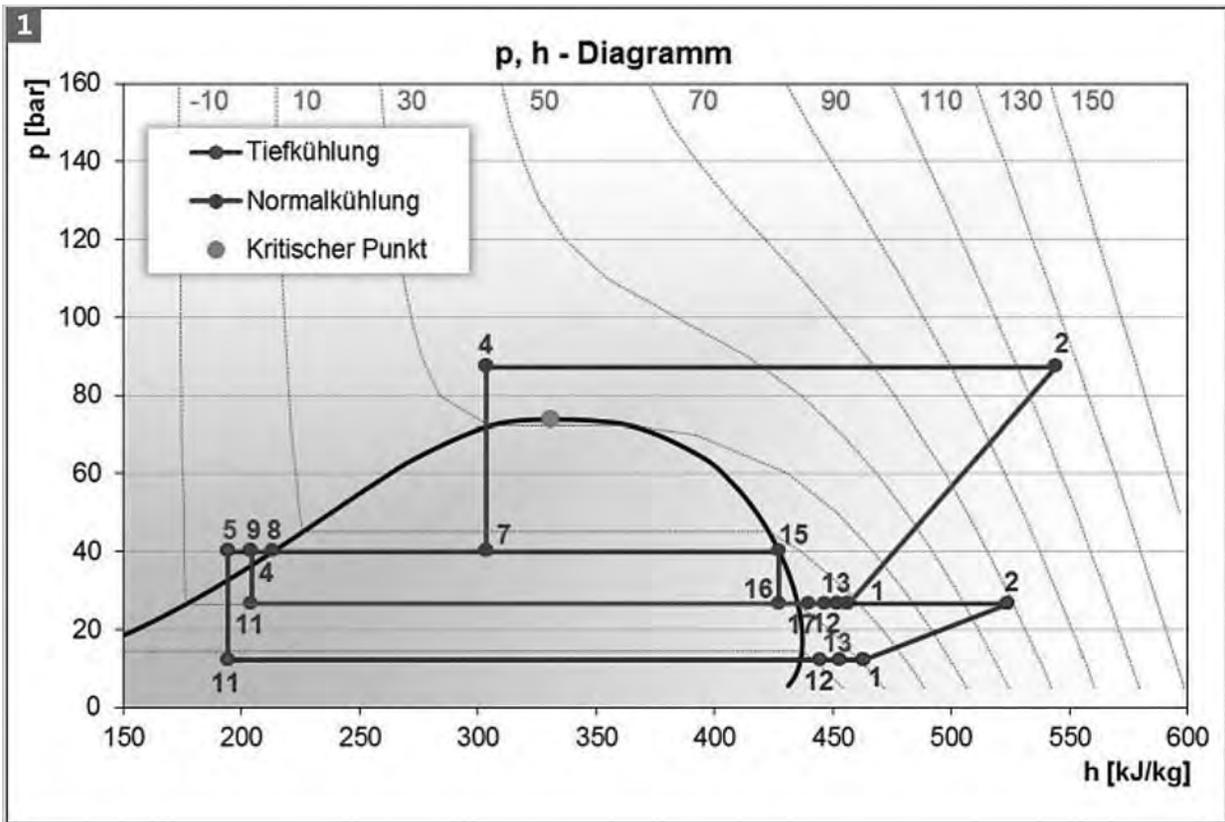
Normalkühlung

- 1 -> 2: Verdichter
- 2 -> 4: Verflüssiger / Gaskühler
- 4 -> 7: Hochdruckregelventil
- 7 -> 8: Mitteldruckbehälter, Flüssigkeitsaustritt
- 8 -> 9: Unterkühler (innerer Wärmeübertrager)
- 9 -> 11: Expansionsventil
- 11 -> 12: Verdampfer
- 12 -> 13: Saugleitungsüberhitzung
- 13 -> 1: Knotenpunkt Saugleitungen NK
- 7 -> 15: Mitteldruckbehälter, Sattdampfaustritt
- 15 -> 16: Mitteldruckregelventil
- 16 -> 17: Überhitzer (innerer Wärmeübertr. Flashgas)
- 17 -> 1: Knotenpunkt Saugleitungen NK
- 9 -> 4TK: -> Tiefkühlung

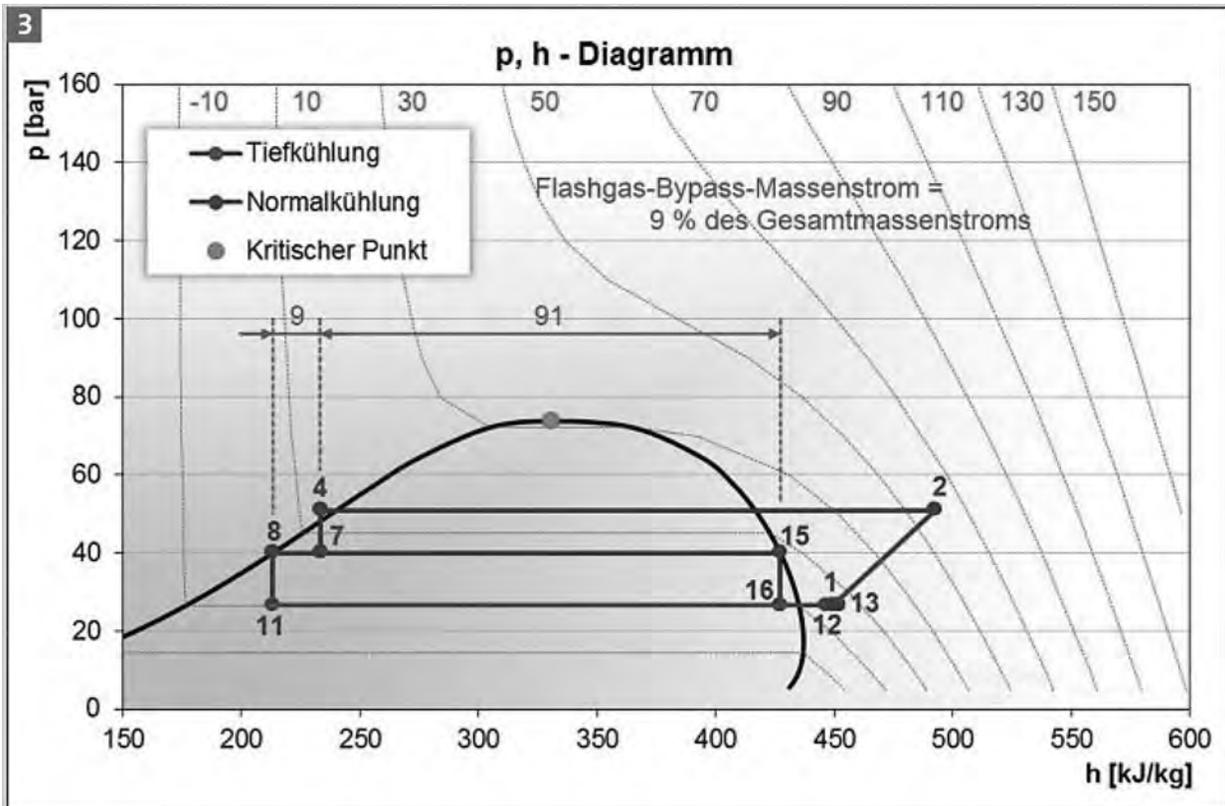
Tiefkühlung

- 1 -> 2: Verdichter
- 3 -> 1NK: Knotenpunkt Saugleitungen NK
- 9NK -> 4: Flüssigkeitsl. kommend vom NK-System
- 4 -> 5: Unterkühler (innerer Wärmeübertrager)
- 5 -> 11: Expansionsventil
- 11 -> 12: Verdampfer
- 12 -> 13: Saugleitungsüberhitzung
- 13 -> 1: Überhitzer (innerer Wärmeübertrager)

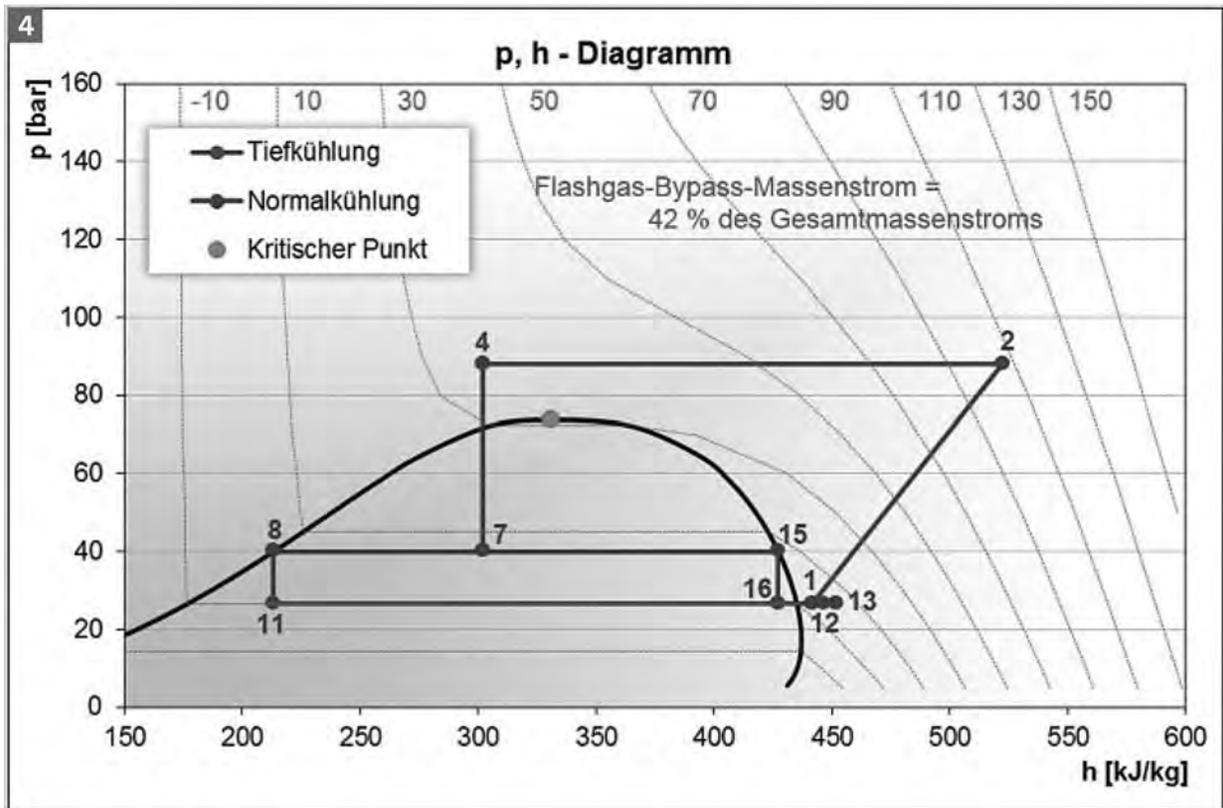
p,h-Diagramm einer Booster-Kälteanlage am Auslegungspunkt



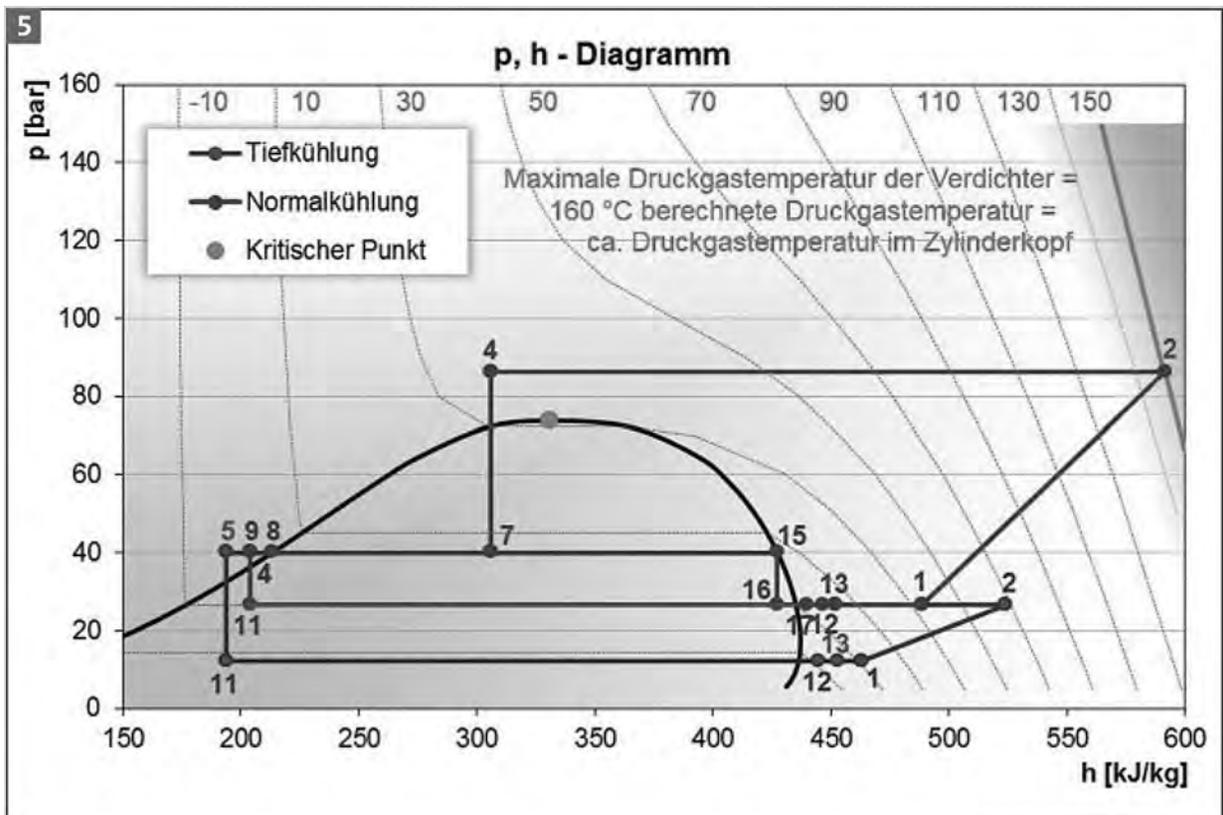
Keine TK-Last, Betrieb bei minimaler Verflüssigungstemperatur



Keine TK-Last, Betrieb bei max. Gaskühleraustritts-temperatur ➔ zu geringe Verdichter-Ansaugtemperatur



Keine NK-Last ➔ zu hohe Druckgastemperatur



Keine oder geringe TK-Last: ➔ zu geringe t_{oh} der NK-Verdichter

Maßnahmen:

- IWT zwischen Flashgas- und Flüssigkeitsleistung wenn nicht ausreichend ($\Delta t_{oh} \geq 10K$) 3 Möglichkeiten:
 - IWT zwischen Gaskühler-Austritt und Flashgas-Bypass
 - Erhöhung des Mitteldruckes (Δt im IWT wird größer, evtl. größerer IWT erforderlich, Auslegung der Komponenten für höheren Druck)
 - Druckgaseinspeisung ➔ negativere Effizienz, deshalb nur zusätzlich zu IWT

Keine oder geringe NK-Last: ➔ zu große t_{vend} der NK-Verdichter

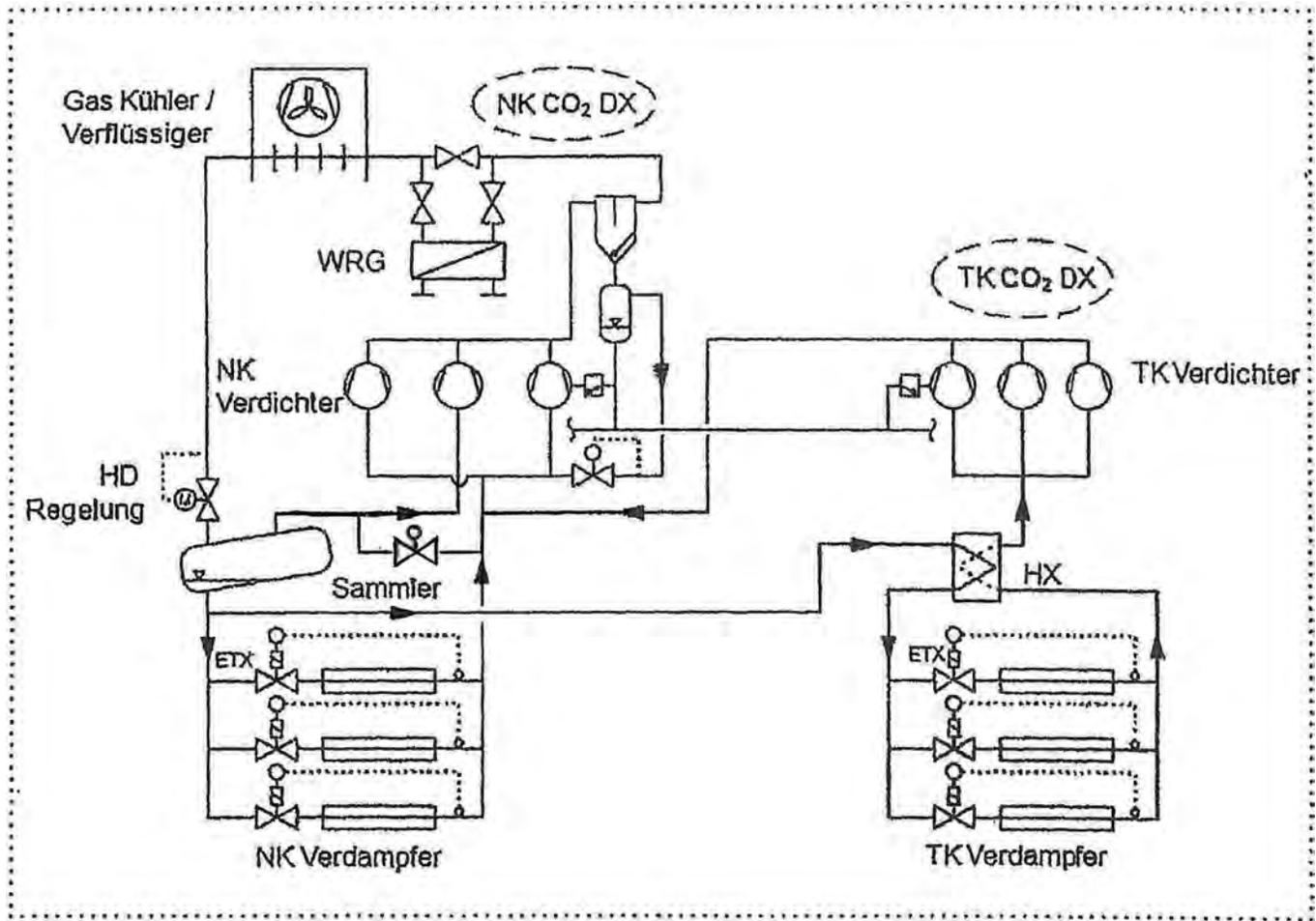
Maßnahmen:

- Wassergekühlter TK-Druckgas-Enthitzer (t-abhängiger Durchflussregler)
- Luftgekühlter TK-Druckgas-Enthitzer
- Kältemittleinspritzung

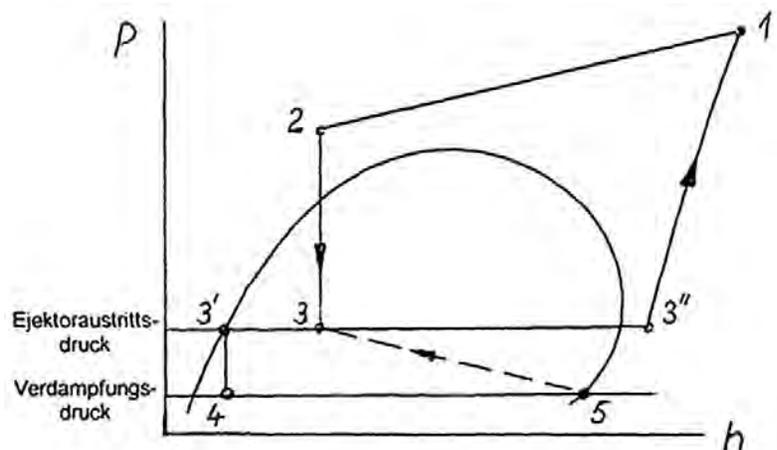
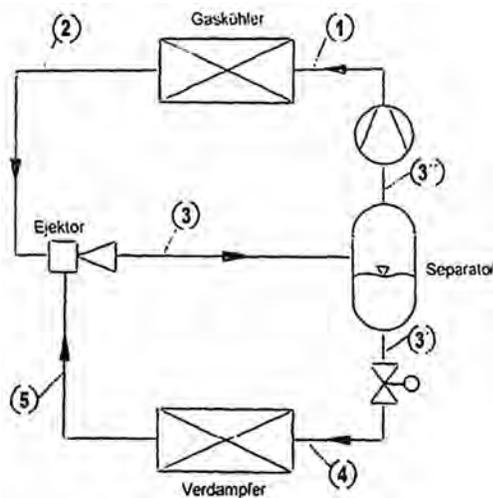
Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz des transkritischen Kälteprozesses

- Einsatz eines Flashgas-Verdichters bringt 15 - 17 % Energieeinsparung in der NK-Stufe
- Einsatz eines externen Verflüssigungssatzes zur Unterkühlung des Kältemittelgases nach dem Gaskühler
- Einsatz eines 2-stufigen Gaskühlers (2. Stufe mit Wasser)
- ECO-Betrieb der NK-Verdichter durch Flashgaszuführung im Mitteldruck
- Einsatz eines externen Verflüssigungssatzes zur Verflüssigung des Flashgases
- Einsatz von Ejektoren

CO₂-Booster-System mit Flashgas-Verdichter in NK-Stufe



Transkritischer CO₂-Prozess mit Ejektor



Effizienzsteigerung:

15 ... 20 % durch Vorverdichtung im Ejektor und Wegfall der Überhitzung im Verdampfer

Keine Überhitzung im Verdampfer: t_o höher

Treibdüsendruck:

70 ... 100 bar

Treibdüsen Eintritt:

$t_d = +30 \dots +40 \text{ °C}$

Verdampfungsdruck:

$p_s = 25 \dots 33 \text{ bar}$

Möglichkeiten zur Regelung des Stillstandsdruckes bei CO₂-Kälteanlagen

- CO₂ Freisetzung in die Atmosphäre über Druckregelventil oder druckgesteuertes Magnetventil
- Druckgeregeltes Hilfskühlsystem für CO₂-Tank
- CO₂-Ausdehnungsgefäß bei kleinen Füllmengen
- Notwasserkühlung mit Frischwasser

K65-Rohre der Wieland-Werke AG, Ulm

Diese Rohre wurden für den Einsatz in CO₂-Kälteanlagen entwickelt.

Löten mit Silberlot, **keine phosphathaltigen Lote verwenden!**

Werkstoff:	Kupfer-Stahl-Legierung (CuFe2P)
Maßtoleranzen:	Gemäß EN 12735-1 (wie Cu-Rohr)
Zulässiger Betriebsdruck:	120bar (gemäß AD2000)
Zertifizierung:	Nach VdTÜV-Werkstoffblatt 567
Abmessungen:	Abmessungen und Lieferformen nach Kundenspezifikation lieferbar

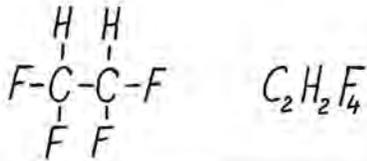
„LOW GWP“ Kältemittel

Ausgehend von dem Verwendungsverbot von R134a in PKW-Klimaanlagen gemäß EU-Richtlinie 40/2006/EG wurde in einem Joint Venture von DuPont und Honeywell das Kältemittel HFO-1234yf entwickelt. Dieser Stoff mit der chemischen Formel 2,3,3,3 Tetrafluorpropen (CF₃CF = CH₂) gehört zur Gruppe der Fluorolefine mit chemischer Doppelbindung mit folgenden Eigenschaften:

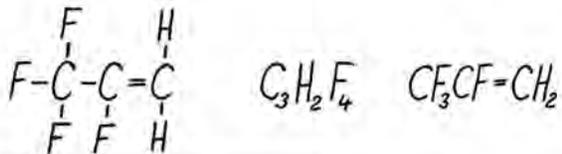
- GWP = 4 (R134a GWP = 1300)
- Lebensdauer in der Atmosphäre: 11 Tage
- Spezifische Kälteleistung, COP und Drucklage ähnlich R134a
- Gute Materialverträglichkeit mit Elastomeren und Kunststoffen
- Verdichtungsendtemperatur ca. 10 K niedriger als R134a
- Mäßig entflammbar, Sicherheitsgruppe A2L nach ISO817
- Gute Mischbarkeit mit Esteröl (32 cST)
- Massestrom 20 % höher als bei R134a

Vergleich der Strukturformeln

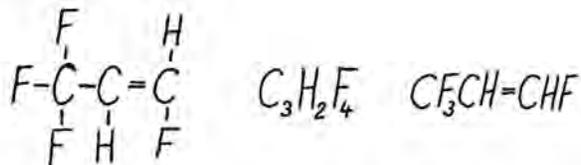
R 134a:



R 1234yf:



R 1234ze:

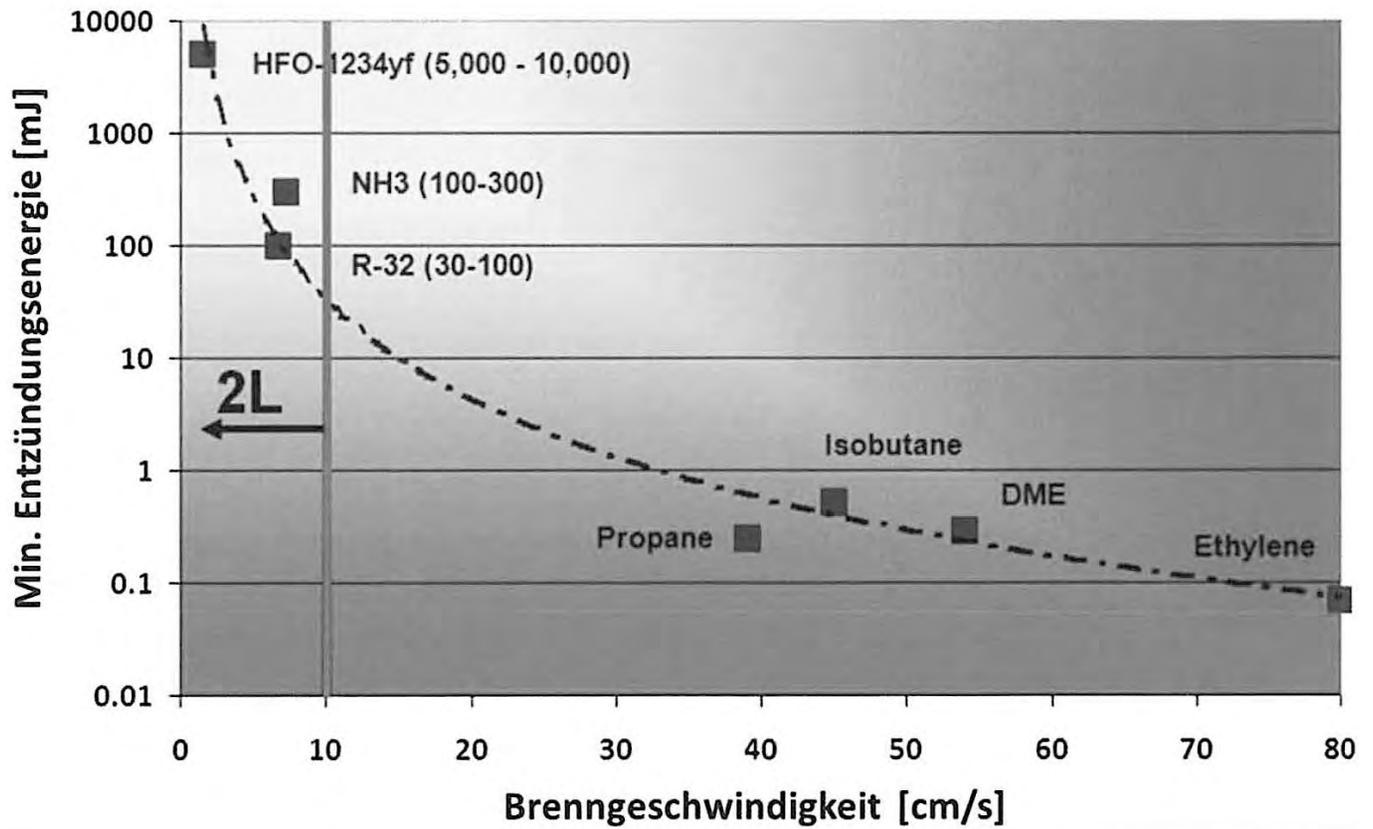


ASHRAE Standard 34 und ISO 5149 - Zusätzlich aufgenommene 2L-Klasse

	Brennbarkeits-Klassen	Beispiele:
Leicht entflammbar	3	Propan Isobutan
Mäßig entflammbar	2	R-152a
Schwer entflammbar	2L	HFO-1234yf, R-32
Nicht entflammbar	1	R-134a

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

Brenngeschwindigkeit und minimale Entzündungsenergie



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

Alternativen zu R134a

Name	Gemischkomponenten	Sicherheitsgruppe	GWP	Hersteller
R1234yf	-	A2L	4	Du Pont, Honeywell
R1234ze	-	A2L	6	Honeywell
R513A (XP10)	R1234yf / R134a	A1	630	Du Pont
R450 (N13)	R1234ze / R134a	A1	601	Honeywell
R444A (AC5)	R1234ze / R32 / R152a	A2L	94	Mexichem
R445A (AC6)	R1234ze / R134a / R744	A2L	135	Mexichem
AC5X	R32 / R1234ze / R134a	A1	620	Mexichem

Alternativen zu R404A, R507

Name	Gemischkomponenten	Sicherheitsgruppe	GWP	Hersteller
R449A (XP40)	R1234yf / R32 / R125 / R134a	A1	1397	Du Pont
R448A (N40)	R32 / R125 / R1234yf / R1234ze / R134a	A1	1386	Honeywell
XL40	R1234yf / R32	A2L	246	Du Pont
L4F		A2L	145	Honeywell

Alternativen zu R22, R407C, R410A, R123 (Turboverdichter, ORC-Prozesse)

Name	Gemischkomponenten	Sicherheitsgruppe	GWP	Hersteller
R447A (L41)	R32 / R125 / R1234ze	A2L	572	Honeywell
R444B (L20)		A2L	295	Honeywell
N20	R32 / R125 / R1234ze / R1234yf / R134a	A1	975	Honeywell
R454B (XL41)	R32 / R1234yf	A2L	466	Du Pont
DR5A		A2L	460	Du Pont
DR3	R32 / R1234yf	A2L	148	Du Pont
DR2		A2L	9	Du Pont
R1233zd		A2L	5	Honeywell

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

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

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

Kältekomponenten für HFO-Gemische

Im Wesentlichen sind für die HFO-Gemische keine neuen Komponenten erforderlich. Je nach Drucklage können die Komponenten für die F-Gase verwendet werden. Die Materialverträglichkeit ist gut.

- **Elektronische Expansionsventile:**
Es muss nur die Software der HFO-Gemische auf den Regler überspielt werden.
- **Thermostatische Expansionsventile:**
Spezielle Ventile sind noch nicht auf dem Markt.
Entscheidend für den Einsatz vorhandener Ventile ist die Drucklage der Kältemittel.

Vergleich der Drucklagen in bar (abs.):

t _o (°C)	R22	R404A	R407A	R407F	R449A XP40	R448A N40
-10	3,54	4,33	3,50	3,60	3,60	3,59
-30	1,64	2,04	1,55	1,58	1,61	1,61

R22-Ventile:

Sind für R407F, R449A und R448 ohne Anpassung einsetzbar.

R404A-Ventile:

Die Überhitzung muss für o.g. Kältemittel angepasst werden (2 bis 3 Umdrehungen schließen / vergrößern).

Kältemaschinenöle:

POE (Esteröle) wie für R404A.

Rohrleitungen für HFO-Gemische

Es werden die gleichen Werkstoffe wie für F-Gase eingesetzt. Die Rohrleitungsdimensionierung kann mit Rechenprogrammen erfolgen, z.B. mit Software von Honeywell. Ist keine Software vorhanden, können auch die Dimensionierungstabellen für R404A verwendet werden, z.B. von der Fa. SCHIESSL.

Umstellung von Kälteanlagen von R404A / R507 oder R22 auf R449 (XP40) oder R448A (N40)

Umstellungstechnologie:

1. Aufzeichnung der technischen Daten der Anlage im Betrieb (siehe Datenblatt im Anhang).
2. Absaugen und Wiegen des entnommenen Kältemittels.
3. Ölwechsel auf POE-Esteröl bei R22-Anlagen, Prüfung der Ölqualität bei R404A / R507-Anlagen und gegebenenfalls Ölwechsel.
4. Austausch aller Runddichtungen auf Gummibasis bei R22-Anlagen.
5. Filtertrockner wechseln.
6. Evakuierung der Kälteanlage auf ca. 5 mbar.
7. Anlage mit Kältemittel R449A oder R448A befüllen.
8. Anlage auf Dichtheit prüfen.
9. Bei elektronischen Expansionsventilen Einspielung der neuen Stoffdaten des Kältemittels, bei thermostatischen Expansionsventilen und Umstellung von R404A / R507 auf R449A bzw. R448A Anpassung der Überhitzung.
10. Einstellung aller Druckwächter und Druckregler auf das neue Druckniveau.
11. Anlage in Betrieb nehmen.
12. Kontrolle der Ölrückführung und der Überhitzung am Verdampfer.
13. Anlage mit Aufklebern für neues Kältemittel gegebenenfalls auch Öl versehen.
14. Leistungsdaten im Betrieb erfassen.

Umstellung von Kälteanlagen

Beispiel Italien

Umstellung des NK-Verbundes einer Kaskadenanlage R404A / CO₂ in einem Supermarkt auf R449A (XP40)

Anlagendaten:

- NK-Verbund mit R404A
- 6 Schraubenverdichter von Bitzer
- 73 Kühlregale und 7 Kühlräume

Umstellung:

- Absaugen des R404A
- Tausch der Filtertrockner-Einsätze
- Evakuierung und Lecksuche
- Einfüllung von R449A (XP40)
- Einspielung der Stoffdaten von R449A in die Danfoss ADAP-Kool-Software
- Inbetriebnahme

Ergebnisse:

- Umstellung problemlos von Samstagabend bis Sonntagmorgen
- Stabile Arbeitsweise bei unveränderter Kälteleistung
- Deutlich höhere Energieeffizienz
- Druckgastemperaturen im Toleranzbereich auch bei sehr hohen Umgebungstemperaturen
- GWP um 65 % niedriger
- Die zügige Umstellung weiterer Supermärkte ist geplant

Beispiel Holland

Umstellung eines Supermarkets von R507 auf R449A (XP40)

Umstellung:

- Schritte wie im Beispiel Italien

Ergebnisse:

- Umstellung in 4 Stunden
- Stabile Arbeitsweise bei unveränderter Kälteleistung
- Deutlich höherer COP
- Berechnung ergab eine Amortisationszeit von ca. 3 Jahren durch die Energieeinsparung
- 200 Supermärkte werden von R507 auf R449A umgestellt.
- Reduktion um 10360 t CO₂ / Jahr

Anhang

Du Pont - Anlagendatenblatt

Anlagentyp/Ort: _____

Hersteller: _____ Verdichterhersteller: _____

Modell-Nr.: _____ Modell-Nr. _____

Serien-Nr.: _____ Serien-Nr.: _____

Herstellungsdatum: _____ Herstellungsdatum: _____

Kältemittelfüllmenge: _____ Schmiermittel: _____

Schmiermittelmenge: _____ Trocknerhersteller: _____

Trocknertyp: _____

Kühlmedium Verflüssiger: _____

Expansionsorgan (bitte ankreuzen):

 Kapillarrohr: _____

 Expansionsventil: _____

Hersteller: _____

Modell-Nr.: _____

Fühlerstellung: _____

Ort des Fühlers: _____

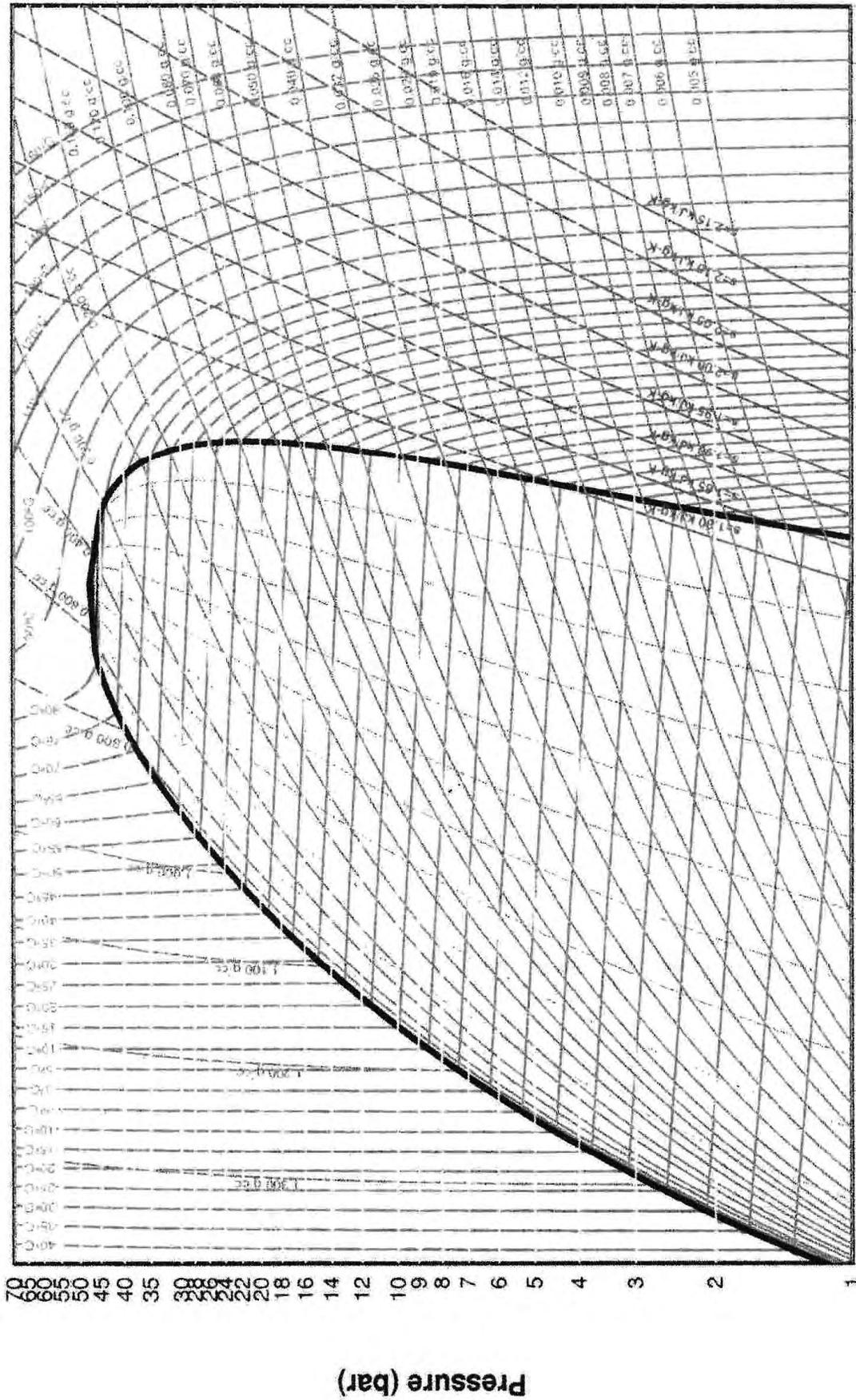
Andere Regelungsorgane (z. B. Verdichterkopf-Druckschalter) _____

Datum/Uhrzeit				
Kältemittel				
Füllmenge (kg)				
Umgebungstemperatur (°C)				
Verdichter				
Sauggas T (°C)				
Sauggas P (MPa/bar)				
Druckgas T (°C)				
Druckgas P (MPa/bar)				
Verdampfer				
WÜ Luft/H ₂ O Eintritt T (°C)				
WÜ Luft/H ₂ O Austritt T (°C)				
Betriebstemperatur (°C)				
Verflüssiger				
WÜ Luft/H ₂ O Eintritt T (°C)				
WÜ Luft/H ₂ O Austritt T (°C)				
Überhitzung/Unterkühlung (abgeleitete Werte)				
Kältemittel T am Überhitzungskontrollpunkt (°C)				
Berechnete Überhitzung (K)				
Expansionsorgan Eintritt T (°C)				
Berechnete Unterkühlung (K)				
Stromaufnahme (bei Verbund: gesamt)				

Dampfdrucktabelle wichtiger Kältemittel Sättigungsdruck in bar (Überdruck)

Temp.	Kältemittel														Temp.
	R134a	R22	R404A	R407C	R410A	R413A	R417A	R422A	R422D	R437A	R507	R23	R290	R600a	
-60,00	-0,84	-0,64	-0,53		-0,39		-0,66	-0,50	-0,57		-0,51	2,12	-0,61		-60,00
-58,00	-0,82	-0,59	-0,47		-0,31		-0,61	-0,44	-0,52		-0,45	2,41	-0,56		-58,00
-56,00	-0,80	-0,54	-0,41		-0,23		-0,57	-0,37	-0,47		-0,38	2,73	-0,51		-56,00
-54,00	-0,77	-0,49	-0,34		-0,14		-0,52	-0,30	-0,41		-0,31	3,06	-0,45		-54,00
-52,00	-0,74	-0,43	-0,27		-0,05		-0,46	-0,23	-0,34		-0,24	3,42	-0,39		-52,00
-50,00	-0,71	-0,37	-0,19	-0,52	0,06	-0,69	-0,41	-0,15	-0,27	-0,66	-0,15	3,80	-0,33		-50,00
-48,00	-0,67	-0,30	-0,11	-0,46	0,17	-0,65	-0,34	-0,06	-0,20	-0,62	-0,06	4,20	-0,26		-48,00
-46,00	-0,63	-0,23	-0,01	-0,40	0,30	-0,61	-0,27	0,04	-0,11	-0,57	0,04	4,63	-0,18		-46,00
-44,00	-0,59	-0,15	0,09	-0,33	0,43	-0,56	-0,20	0,14	-0,02	-0,52	0,14	5,09	-0,10		-44,00
-42,00	-0,54	-0,06	0,20	-0,25	0,57	-0,51	-0,11	0,25	0,07	-0,47	0,26	5,57	-0,02		-42,00
-40,00	-0,49	0,04	0,31	-0,17	0,73	-0,45	-0,03	0,37	0,18	-0,41	0,38	6,08	0,08	-0,73	-40,00
-38,00	-0,43	0,14	0,44	-0,08	0,89	-0,39	0,07	0,50	0,29	-0,35	0,51	6,62	0,18	-0,70	-38,00
-36,00	-0,37	0,25	0,57	0,01	1,07	-0,33	0,17	0,64	0,41	-0,28	0,65	7,19	0,28	-0,66	-36,00
-34,00	-0,31	0,36	0,71	0,17	1,26	-0,25	0,28	0,79	0,53	-0,20	0,80	7,80	0,39	-0,63	-34,00
-32,00	-0,23	0,49	0,87	0,23	1,46	-0,17	0,40	0,94	0,67	-0,12	0,96	8,43	0,51	-0,59	-32,00
-30,00	-0,16	0,62	1,03	0,35	1,67	-0,09	0,52	1,11	0,82	-0,03	1,13	9,10	0,64	-0,55	-30,00
-28,00	-0,07	0,77	1,20	0,48	1,90	0,00	0,66	1,29	0,97	0,06	1,31	9,80	0,78	-0,50	-28,00
-26,00	0,02	0,92	1,38	0,61	2,15	0,10	0,80	1,48	1,14	0,16	1,51	10,54	0,92	-0,45	-26,00
-24,00	0,11	1,08	1,58	0,76	2,41	0,21	0,95	1,68	1,32	0,27	1,71	11,31	1,07	-0,40	-24,00
-22,00	0,21	1,25	1,79	0,92	2,68	0,32	1,11	1,89	1,50	0,39	1,93	12,13	1,23	-0,35	-22,00
-20,00	0,33	1,44	2,01	1,09	2,97	0,44	1,28	2,12	1,70	0,51	2,16	12,98	1,41	-0,29	-20,00
-18,00	0,44	1,63	2,24	1,27	3,28	0,57	1,47	2,36	1,92	0,65	2,40	13,88	1,59	-0,22	-18,00
-16,00	0,57	1,84	2,48	1,46	3,61	0,71	1,66	2,61	2,14	0,79	2,66	14,82	1,78	-0,16	-16,00
-14,00	0,71	2,06	2,74	1,66	3,96	0,86	1,87	2,88	2,38	0,94	2,93	15,80	1,98	-0,08	-14,00
-12,00	0,85	2,29	3,02	1,88	4,32	1,02	2,08	3,17	2,63	1,10	3,21	16,82	2,19	-0,01	-12,00
-10,00	1,00	2,53	3,31	2,11	4,71	1,18	2,31	3,46	2,89	1,27	3,52	17,90	2,41	0,07	-10,00
-8,00	1,17	2,79	3,61	2,36	5,11	1,36	2,56	3,78	3,17	1,46	3,83	19,02	2,64	0,16	-8,00
-6,00	1,34	3,06	3,93	2,62	5,54	1,55	2,81	4,11	3,46	1,65	4,17	20,19	2,89	0,25	-6,00
-4,00	1,52	3,35	4,27	2,89	5,99	1,76	3,08	4,46	3,77	1,86	4,52	21,42	3,14	0,35	-4,00
-2,00	1,72	3,65	4,63	3,18	6,47	1,97	3,37	4,82	4,09	2,07	4,88	22,69	3,41	0,45	-2,00
±0,00	1,92	3,97	5,00	3,49	6,96	2,20	3,67	5,21	4,43	2,30	5,27	24,03	3,69	0,56	±0,00
2,00	2,14	4,30	5,39	3,81	7,48	2,43	3,98	5,61	4,79	2,55	5,67	25,42	3,99	0,67	2,00
4,00	2,37	4,65	5,80	4,15	8,03	2,69	4,31	6,03	5,16	2,80	6,10	26,87	4,30	0,79	4,00
6,00	2,61	5,01	6,23	4,51	8,61	2,95	4,66	6,47	5,55	3,07	6,54	28,39	4,62	0,92	6,00
8,00	2,87	5,40	6,68	4,89	9,21	3,23	5,02	6,93	5,97	3,36	7,00	29,97	4,96	1,06	8,00
10,00	3,14	5,80	7,15	5,29	9,84	3,53	5,40	7,41	6,40	3,66	7,49	31,61	5,31	1,20	10,00
12,00	3,42	6,22	7,64	5,71	10,50	3,84	5,80	7,92	6,84	3,97	7,99	33,33	5,68	1,34	12,00
14,00	3,72	6,66	8,16	6,15	11,18	4,17	6,21	8,44	7,31	4,30	8,52	35,12	6,06	1,50	14,00
16,00	4,04	7,11	8,69	6,61	11,90	4,51	6,65	8,99	7,80	4,65	9,07	36,98	6,46	1,66	16,00
18,00	4,37	7,59	9,25	7,09	12,66	4,87	7,10	9,56	8,31	5,02	9,65	38,93	6,88	1,83	18,00
20,00	4,71	8,09	9,84	7,59	13,44	5,25	7,58	10,16	8,85	5,40	10,25	40,96	7,31	2,01	20,00
22,00	5,07	8,61	10,45	8,12	14,26	5,64	8,07	10,78	9,40	5,80	10,87	43,07	7,76	2,20	22,00
24,00	5,45	9,15	11,08	8,68	15,11	6,06	8,59	11,42	9,98	6,22	11,52	45,27	8,22	2,40	24,00
26,00	5,85	9,71	11,74	9,25	16,00	6,49	9,12	12,10	10,58	6,65	12,20		8,71	2,60	26,00
28,00	6,26	10,29	12,42	9,86	16,92	6,94	9,68	12,80	11,21	7,11	12,91		9,21	2,81	28,00
30,00	6,70	10,90	13,14	10,49	17,89	7,41	10,26	13,52	11,86	7,59	13,64		9,73	3,04	30,00
32,00	7,15	11,53	13,88	11,15	18,89	7,90	10,87	14,28	12,54	8,09	14,41		10,28	3,27	32,00
34,00	7,62	12,19	14,65	11,80	19,93	8,42	11,50	15,06	13,24	8,61	15,20		10,84	3,51	34,00
36,00	8,11	12,87	15,45	12,55	21,01	8,95	12,15	15,87	13,97	9,15	16,03		11,42	3,77	36,00
38,00	8,63	13,58	16,28	13,30	22,13	9,51	12,83	16,72	14,73	9,71	16,89		12,02	4,03	38,00
40,00	9,16	14,31	17,14	14,08	23,30	10,09	13,54	17,59	15,51	10,30	17,78		12,65	4,31	40,00
42,00	9,72	15,07	18,03	14,89	24,51	10,69	14,27	18,50	16,33	10,91	18,71		13,29	4,59	42,00
44,00	10,29	15,86	18,95	15,74	24,76	11,32	15,03	19,44	17,17	11,55	19,68		13,96	4,89	44,00
46,00	10,90	16,67	19,91	16,62	27,05	11,97	15,81	20,41	18,05	12,21	20,68		14,65	5,20	46,00
48,00	11,52	17,52	20,90	17,53	28,40	12,65	16,63	21,42	18,95	12,90	21,72		15,36	5,52	48,00
50,00	12,17	18,39	21,93	18,48	29,78	13,35	17,47	22,46	19,89	13,61	22,80		16,10	5,85	50,00
52,00	12,84	19,29	22,99	19,47	31,22	14,08	18,34	23,54	20,86	14,35	23,93		16,86	6,19	52,00
54,00	13,54	20,23	24,09	20,50	32,70	14,83	19,25	24,66	21,86	15,13	25,09		17,65	6,55	54,00
56,00	14,27	21,20	25,22	21,57	34,23	15,62	20,18	25,82	22,90	15,92	26,31		18,46	6,92	56,00
58,00	15,02	22,20	26,40	22,68	35,81	16,43	21,15	27,02	23,98	16,75	27,57		19,30	7,31	58,00
60,00	15,80	23,23	27,61	23,83	37,43	17,26	22,15	28,26	25,09	17,61	28,87		20,16	7,70	60,00
62,00	16,61	24,20	28,87	25,03	39,11	18,13	23,19	29,55	26,24	18,50	30,23		21,05	8,11	62,00
64,00	17,45	25,30	30,16	26,28	40,83	19,03	24,26	30,88	27,43	19,43	31,64		21,97	8,54	64,00
66,00	18,32	26,43			42,59	19,96	25,37	32,26	28,66	20,38	33,10		22,92	8,98	66,00
68,00	19,22	27,61			44,40	20,85	26,51	33,69	29,93	21,37	34,62		23,89	9,43	68,00
70,00	20,15	28,93			46,26	21,77	27,69	35,17	31,24	22,40	36,19		24,90	9,90	70,00

Performax LT



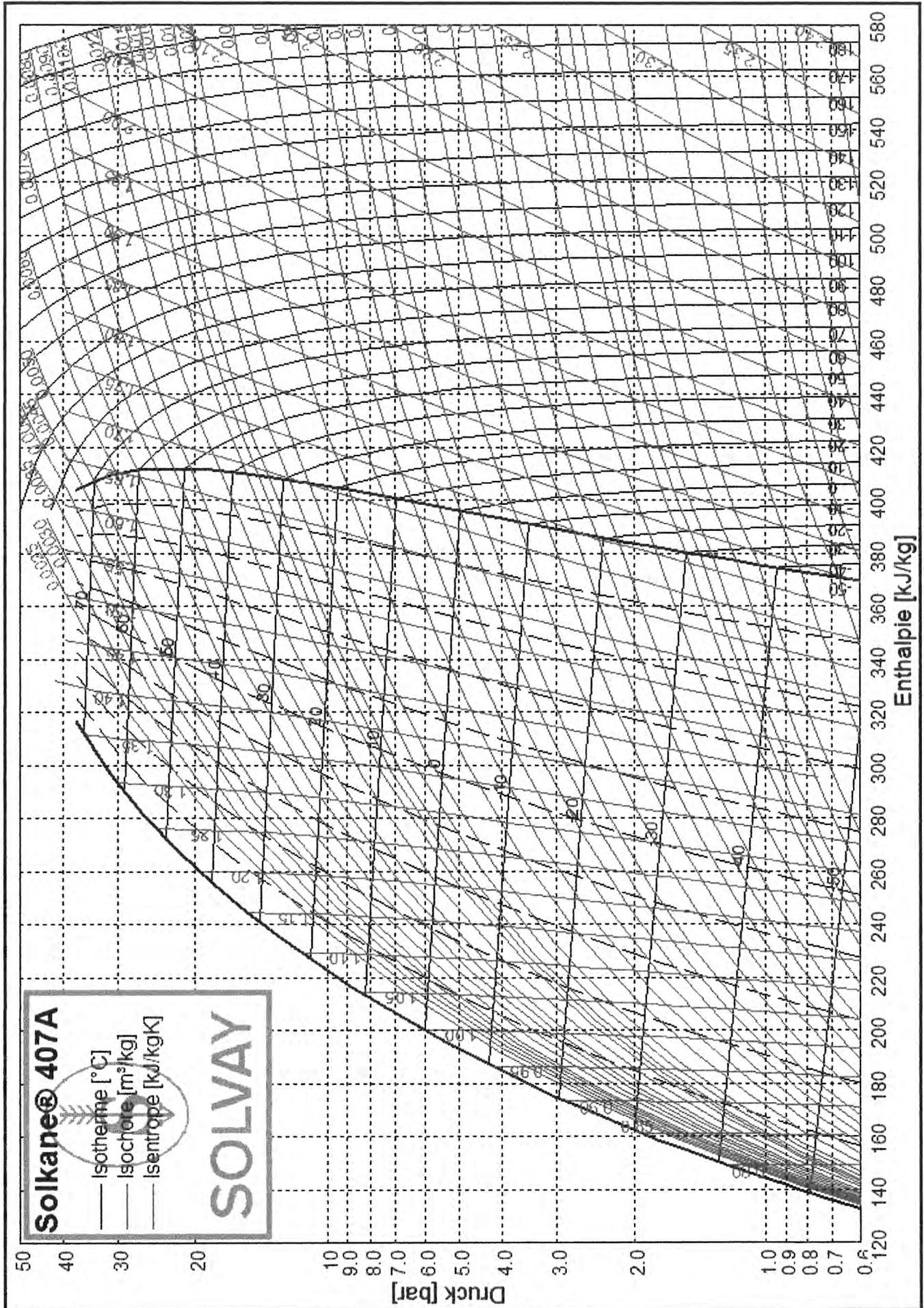
Enthalpy (kJ/kg)

Reference State;
 $h = 200 \text{ kJ/kg}$, $s = 1.00 \text{ kJ/kg-K}$
 sat. liq at $0 \text{ }^\circ\text{C}$

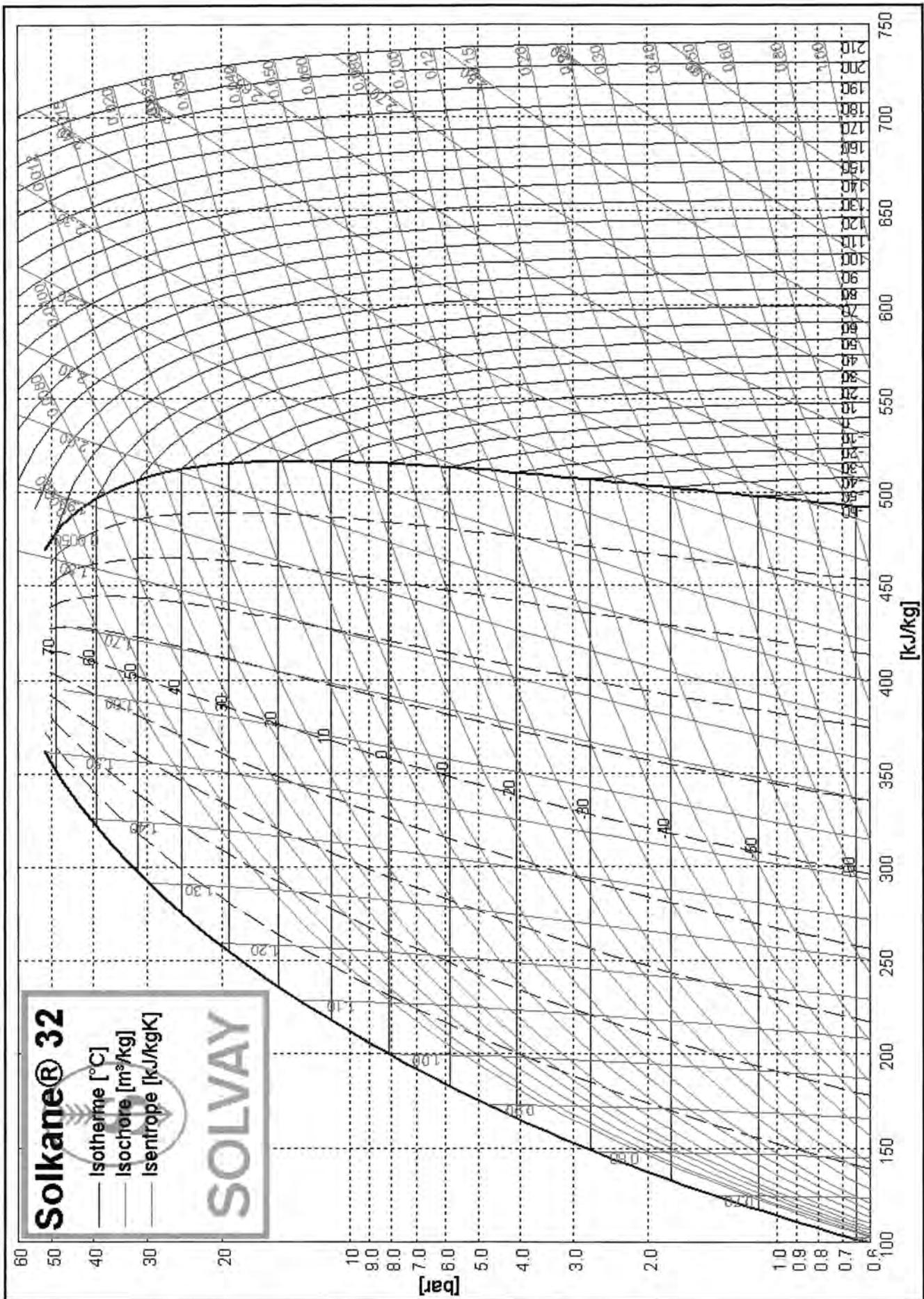
Honeywell

R407F

Temperature [°C]	Liquid Pressure [bar]	Liquid Pressure [MPa]	Liquid Density [kg/m³]	Vapor Density [kg/m³]	Liquid Density [kg/m³]	Vapor Density [kg/m³]	Temperature [°C]	Liquid Pressure [bar]	Liquid Pressure [MPa]	Liquid Density [kg/m³]	Vapor Density [kg/m³]	Liquid Enthalpy [kJ/kg]	Vapor Enthalpy [kJ/kg]	Internal Energy [kJ/kg]	Internal Energy [kJ/kg]	Vapor Volume [m³/kg]	Liquid Volume [m³/kg]	Vapor Volume [m³/kg]	Internal Energy [kJ/kg]	Internal Energy [kJ/kg]	Liquid Enthalpy [kJ/kg]	Vapor Enthalpy [kJ/kg]		
-60.15	48.3	0.483	1435.17	1.53	0.0007	0.6521	119.82	362.52	118.85	382.7	306.7	118.85	382.7	306.7	306.7	0.0008	0.0326	0.0008	306.7	306.7	306.7	306.7	216.91	419.71
-55.15	51.1	0.511	1412.18	1.62	0.0007	0.6354	120.13	362.04	120.16	383.29	311.65	120.16	383.29	311.65	311.65	0.0009	0.0316	0.0009	311.65	311.65	311.65	311.65	219.4	420.18
-50.15	54.0	0.540	1389.19	1.72	0.0007	0.6187	121.44	361.50	121.46	383.89	322.52	121.46	383.89	322.52	322.52	0.0010	0.0306	0.0010	322.52	322.52	322.52	322.52	221.4	420.66
-45.15	57.1	0.571	1366.20	1.82	0.0007	0.6020	122.75	360.96	122.79	384.49	333.35	122.79	384.49	333.35	333.35	0.0011	0.0296	0.0011	333.35	333.35	333.35	333.35	223.91	421.13
-40.15	60.3	0.603	1343.21	1.93	0.0007	0.5853	124.07	360.42	124.11	385.08	344.20	124.11	385.08	344.20	344.20	0.0012	0.0286	0.0012	344.20	344.20	344.20	344.20	226.42	421.59
-35.15	63.6	0.636	1320.22	2.04	0.0007	0.5686	125.38	359.88	125.43	385.67	355.01	125.43	385.67	355.01	355.01	0.0013	0.0276	0.0013	355.01	355.01	355.01	355.01	228.94	422.05
-30.15	67.1	0.671	1297.23	2.15	0.0007	0.5519	126.70	359.34	126.75	386.26	365.82	126.75	386.26	365.82	365.82	0.0014	0.0266	0.0014	365.82	365.82	365.82	365.82	231.45	422.51
-25.15	70.7	0.707	1274.24	2.27	0.0007	0.5352	128.01	358.80	128.07	386.85	376.66	128.07	386.85	376.66	376.66	0.0015	0.0256	0.0015	376.66	376.66	376.66	376.66	233.96	422.97
-20.15	74.5	0.745	1251.25	2.39	0.0007	0.5185	129.33	358.26	129.39	387.44	387.51	129.39	387.44	387.51	387.51	0.0016	0.0246	0.0016	387.51	387.51	387.51	387.51	236.47	423.43
-15.15	78.5	0.785	1228.26	2.52	0.0007	0.5018	130.64	357.72	130.71	388.03	398.36	130.71	388.03	398.36	398.36	0.0017	0.0236	0.0017	398.36	398.36	398.36	398.36	238.98	423.89
-10.15	82.6	0.826	1205.27	2.66	0.0007	0.4851	131.95	357.18	132.03	388.62	409.28	132.03	388.62	409.28	409.28	0.0018	0.0226	0.0018	409.28	409.28	409.28	409.28	241.49	424.35
-5.15	86.9	0.869	1182.28	2.8	0.0007	0.4684	133.26	356.64	133.34	389.21	420.20	133.34	389.21	420.20	420.20	0.0019	0.0216	0.0019	420.20	420.20	420.20	420.20	244.00	424.81
0.15	91.4	0.914	1159.29	2.95	0.0007	0.4517	134.57	356.10	134.65	389.74	431.12	134.65	389.74	431.12	431.12	0.0020	0.0206	0.0020	431.12	431.12	431.12	431.12	246.51	425.27
5.15	96.1	0.961	1136.30	3.1	0.0007	0.4350	135.88	355.56	135.97	390.27	442.04	135.97	390.27	442.04	442.04	0.0021	0.0196	0.0021	442.04	442.04	442.04	442.04	249.02	425.73
10.15	100.9	1.009	1113.31	3.26	0.0007	0.4183	137.19	355.02	137.28	390.80	452.96	137.28	390.80	452.96	452.96	0.0022	0.0186	0.0022	452.96	452.96	452.96	452.96	251.53	426.19
15.15	105.9	1.059	1090.32	3.43	0.0007	0.4016	138.50	354.48	138.59	391.33	463.88	138.59	391.33	463.88	463.88	0.0023	0.0176	0.0023	463.88	463.88	463.88	463.88	254.04	426.65
20.15	111.1	1.111	1067.33	3.6	0.0007	0.3849	139.81	353.94	139.90	391.86	474.80	139.90	391.86	474.80	474.80	0.0024	0.0166	0.0024	474.80	474.80	474.80	474.80	256.55	427.11
25.15	116.6	1.166	1044.34	3.78	0.0007	0.3682	141.12	353.40	141.21	392.39	485.72	141.21	392.39	485.72	485.72	0.0025	0.0156	0.0025	485.72	485.72	485.72	485.72	259.06	427.57
30.15	122.2	1.222	1021.35	3.97	0.0007	0.3515	142.43	352.86	142.52	392.92	496.64	142.52	392.92	496.64	496.64	0.0026	0.0146	0.0026	496.64	496.64	496.64	496.64	261.57	428.03
35.15	128.0	1.280	998.36	4.16	0.0007	0.3348	143.74	352.32	143.83	393.45	507.56	143.83	393.45	507.56	507.56	0.0027	0.0136	0.0027	507.56	507.56	507.56	507.56	264.08	428.49
40.15	134.1	1.341	975.37	4.36	0.0007	0.3181	145.05	351.78	145.14	393.98	518.48	145.14	393.98	518.48	518.48	0.0028	0.0126	0.0028	518.48	518.48	518.48	518.48	266.59	428.95
45.15	140.4	1.404	952.38	4.57	0.0007	0.3014	146.36	351.24	146.45	394.51	529.40	146.45	394.51	529.40	529.40	0.0029	0.0116	0.0029	529.40	529.40	529.40	529.40	269.10	429.41
50.15	146.9	1.469	929.39	4.79	0.0007	0.2847	147.67	350.70	147.76	395.04	540.32	147.76	395.04	540.32	540.32	0.0030	0.0106	0.0030	540.32	540.32	540.32	540.32	271.61	429.87
55.15	153.6	1.536	906.40	5.02	0.0007	0.2680	148.98	350.16	149.07	395.57	551.24	149.07	395.57	551.24	551.24	0.0031	0.0096	0.0031	551.24	551.24	551.24	551.24	274.12	430.33
60.15	160.6	1.606	883.41	5.25	0.0007	0.2513	150.29	349.62	150.38	396.10	562.16	150.38	396.10	562.16	562.16	0.0032	0.0086	0.0032	562.16	562.16	562.16	562.16	276.63	430.79
65.15	167.9	1.679	860.42	5.49	0.0007	0.2346	151.60	349.08	151.69	396.63	573.08	151.69	396.63	573.08	573.08	0.0033	0.0076	0.0033	573.08	573.08	573.08	573.08	279.14	431.25
70.15	175.4	1.754	837.43	5.74	0.0007	0.2179	152.91	348.54	152.99	397.16	584.00	152.99	397.16	584.00	584.00	0.0034	0.0066	0.0034	584.00	584.00	584.00	584.00	281.65	431.71
75.15	183.1	1.831	814.44	6	0.0008	0.2012	154.22	348.00	154.30	397.72	594.92	154.30	397.72	594.92	594.92	0.0035	0.0056	0.0035	594.92	594.92	594.92	594.92	284.16	432.17
80.15	191.1	1.911	791.45	6.27	0.0008	0.1845	155.53	347.46	155.61	398.28	605.84	155.61	398.28	605.84	605.84	0.0036	0.0046	0.0036	605.84	605.84	605.84	605.84	286.67	432.63
85.15	199.4	1.994	768.46	6.55	0.0008	0.1678	156.84	346.92	156.92	398.84	616.76	156.92	398.84	616.76	616.76	0.0037	0.0036	0.0037	616.76	616.76	616.76	616.76	289.18	433.09
90.15	208.0	2.080	745.47	6.84	0.0008	0.1511	158.15	346.38	158.23	399.39	627.68	158.23	399.39	627.68	627.68	0.0038	0.0026	0.0038	627.68	627.68	627.68	627.68	291.69	433.55
95.15	216.8	2.168	722.48	7.13	0.0008	0.1344	159.46	345.84	159.54	399.94	638.60	159.54	399.94	638.60	638.60	0.0039	0.0016	0.0039	638.60	638.60	638.60	638.60	294.20	434.01
100.15	226.0	2.260	700.49	7.44	0.0008	0.1177	160.77	345.30	160.85	400.49	649.52	160.85	400.49	649.52	649.52	0.0040	0.0006	0.0040	649.52	649.52	649.52	649.52	296.71	434.47
105.15	235.4	2.354	678.50	7.76	0.0008	0.1010	162.08	344.76	162.16	401.04	660.44	162.16	401.04	660.44	660.44	0.0041	0.0000	0.0041	660.44	660.44	660.44	660.44	299.22	434.93
110.15	245.1	2.451	656.51	8.09	0.0008	0.0843	163.39	344.22	163.47	401.59	671.36	163.47	401.59	671.36	671.36	0.0042	0.0000	0.0042	671.36	671.36	671.36	671.36	301.73	435.39
115.15	255.1	2.551	634.52	8.43	0.0008	0.0676	164.70	343.68	164.78	402.14	682.28	164.78	402.14	682.28	682.28	0.0043	0.0000	0.0043	682.28	682.28	682.28	682.28	304.24	435.85
120.15	265.4	2.654	612.53	8.78	0.0008	0.0509	166.01	343.14	166.09	402.69	693.20	166.09	402.69	693.20	693.20	0.0044	0.0000	0.0044	693.20	693.20	693.20	693.20	306.75	436.31
125.15	276.2	2.762	590.54	9.14	0.0008	0.0342	167.32	342.60	167.40	403.24	704.12	167.40	403.24	704.12	704.12	0.0045	0.0000	0.0045	704.12	704.12	704.12	704.12	309.26	436.77
130.15	287.2	2.872	568.55	9.52	0.0008	0.0175	168.63	342.06	168.71	403.79	715.04	168.71	403.79	715.04	715.04	0.0046	0.0000	0.0046	715.04	715.04	715.04	715.04	311.77	437.23
135.15	298.5	2.985	546.56	9.9	0.0008	0.0008	170.94	341.52	171.02	404.34	725.96	171.02	404.34	725.96	725.96	0.0047	0.0000	0.0047	725.96	725.96	725.96	725.96	314.28	437.69
140.15	310.2	3.102	524.57	10.3	0.0008	0.0000	173.25	341.00	173.33	404.89	736.88	173.33	404.89	736.88	736.88	0.0048	0.0000	0.0048	736.88	736.88	736.88	736.88	316.79	438.15
145.15	322.2	3.222	502.58	10.71	0.0008	0.0000	175.56	340.48	175.64	405.44	747.80	175.64	405.44	747.80	747.80	0.0049	0.0000	0.0049	747.80	747.80	747.80	747.80	319.30	438.61
150.15	334.6	3.346	480.59	11.14	0.0008	0.0000	177.87	340.00	177.95	405.99	758.72	177.95	405.99	758.72	758.72	0.0050	0.0000	0.0050	758.72	758.72	758.72	758.72	321.81	439.07
155.15	347.6	3.476	458.60	11.57	0.0008	0.0000	180.18	339.																



h,log p-Diagramm für R32



Dampf tabel für das Naßdampfgebiet von R32

t	p	ρ'	ρ''	h'	h''	h _{lg}	s'	s''
°C	bar	kg/m ³	kg/m ³	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
1	2	3	4	5	6	7	8	9
-85	0,1302	1288,8	0,4373	61,409	477,49	416,08	0,3966	2,8081
-80	0,1867	1277,0	0,6129	68,974	480,56	411,59	0,4363	2,5672
-75	0,2622	1264,9	0,8424	76,668	483,57	406,80	0,4758	2,3291
-70	0,3614	1252,7	1,1373	84,482	486,47	401,99	0,5145	2,0933
-65	0,4893	1240,3	1,5107	92,416	489,28	396,87	0,5530	2,4587
-60	0,6518	1227,7	1,9769	100,46	491,97	391,51	0,5911	2,4279
-55	0,8552	1214,8	2,5516	108,60	494,54	385,93	0,6288	2,3979
-50	1,1068	1201,7	3,2523	116,86	496,96	380,10	0,6661	2,3685
-45	1,4133	1188,3	4,0976	125,16	499,23	374,06	0,7028	2,3424
-40	1,7835	1174,7	5,1080	133,52	501,38	367,81	0,7389	2,3185
-35	2,2256	1160,8	6,3055	141,90	503,27	361,36	0,7744	2,2917
-34	2,3234	1157,9	6,5695	143,58	503,63	360,05	0,7814	2,2869
-32	2,5291	1152,3	7,1241	146,96	504,34	357,38	0,7954	2,2773
-30	2,7485	1146,5	7,7146	150,32	505,02	354,69	0,8092	2,2679
-28	2,9824	1140,7	8,3429	153,68	505,67	351,98	0,8228	2,2586
-26	3,2314	1134,9	9,0110	157,04	506,28	349,24	0,8364	2,2495
-24	3,4961	1129,0	9,7205	160,39	506,87	346,47	0,8498	2,2404
-22	3,7770	1123,0	10,473	163,74	507,42	343,68	0,8631	2,2315
-20	4,0750	1117,0	11,272	167,08	507,95	340,86	0,8762	2,2227
-18	4,3905	1110,9	12,118	170,44	508,43	338,00	0,8893	2,2140
-16	4,7244	1104,8	13,013	173,76	508,89	335,13	0,9022	2,2054
-14	5,0772	1098,5	13,960	177,08	509,31	332,23	0,9149	2,1969
-12	5,4497	1092,3	14,961	180,38	509,70	329,32	0,9275	2,1885
-10	5,8426	1085,9	16,018	183,68	510,06	326,38	0,9399	2,1802
-8	6,2565	1079,5	17,135	186,98	510,37	323,39	0,9523	2,1719
-6	6,6923	1073,0	18,313	190,25	510,66	320,41	0,9644	2,1638
-4	7,1506	1066,4	19,555	193,51	510,91	317,40	0,9764	2,1557
-2	7,6321	1059,7	20,864	196,75	511,12	314,37	0,9882	2,1478
0	8,1378	1052,9	22,244	200,00	511,29	311,29	1,0000	2,1396
2	8,6683	1046,1	23,697	203,22	511,43	308,21	1,0116	2,1317
4	9,2245	1039,2	25,226	206,42	511,53	305,11	1,0230	2,1238
6	9,8071	1032,1	26,836	209,61	511,59	301,98	1,0342	2,1160
8	10,417	1025,0	28,531	212,81	511,61	298,80	1,0454	2,1082
10	11,055	1017,7	30,314	215,97	511,60	295,62	1,0564	2,1005
12	11,722	1010,4	32,188	219,13	511,54	292,41	1,0673	2,0928
14	12,419	1002,9	34,162	222,29	511,43	289,14	1,0781	2,0850
16	13,147	995,3	36,236	225,42	511,29	285,87	1,0887	2,0774
18	13,907	987,6	38,421	228,57	511,10	282,53	1,0993	2,0697

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	14,699	979,8	40,716	231,69	510,86	279,17	1,1097	2,0820
22	15,525	971,8	43,135	234,83	510,59	275,75	1,1201	2,0544
24	16,386	963,6	45,677	237,96	510,25	272,29	1,1304	2,0467
26	17,283	955,3	48,358	241,10	509,86	268,76	1,1406	2,0390
28	18,217	946,8	51,181	244,25	509,42	265,17	1,1508	2,0313
30	19,189	938,2	54,153	247,40	508,93	261,54	1,1608	2,0236
32	20,201	929,3	57,292	250,58	508,38	257,80	1,1709	2,0158
34	21,253	920,3	60,605	253,78	507,76	253,98	1,1810	2,0079
36	22,347	911,0	64,106	257,01	507,07	250,06	1,1911	2,0000
38	23,484	901,5	67,808	260,28	506,31	246,04	1,2012	1,9920
40	24,667	891,7	71,728	263,59	505,48	241,89	1,2114	1,9839
42	25,895	881,7	75,985	266,95	504,56	237,61	1,2217	1,9757
44	27,171	871,3	80,307	270,38	503,55	233,16	1,2321	1,9673
45	27,828	866,0	82,623	272,14	503,00	230,86	1,2374	1,9630
50	31,303	838,2	95,385	281,22	499,87	218,65	1,2644	1,9411
55	35,122	807,5	110,66	291,13	495,86	204,73	1,2934	1,9173
60	39,315	772,9	128,38	302,28	490,63	188,35	1,3256	1,8909
65	43,920	732,6	153,40	315,38	483,54	168,16	1,3628	1,8601
70	48,978	682,5	186,94	331,84	473,14	141,31	1,4090	1,8208
75	54,539	609,4	246,16	355,82	454,11	98,288	1,4758	1,7592

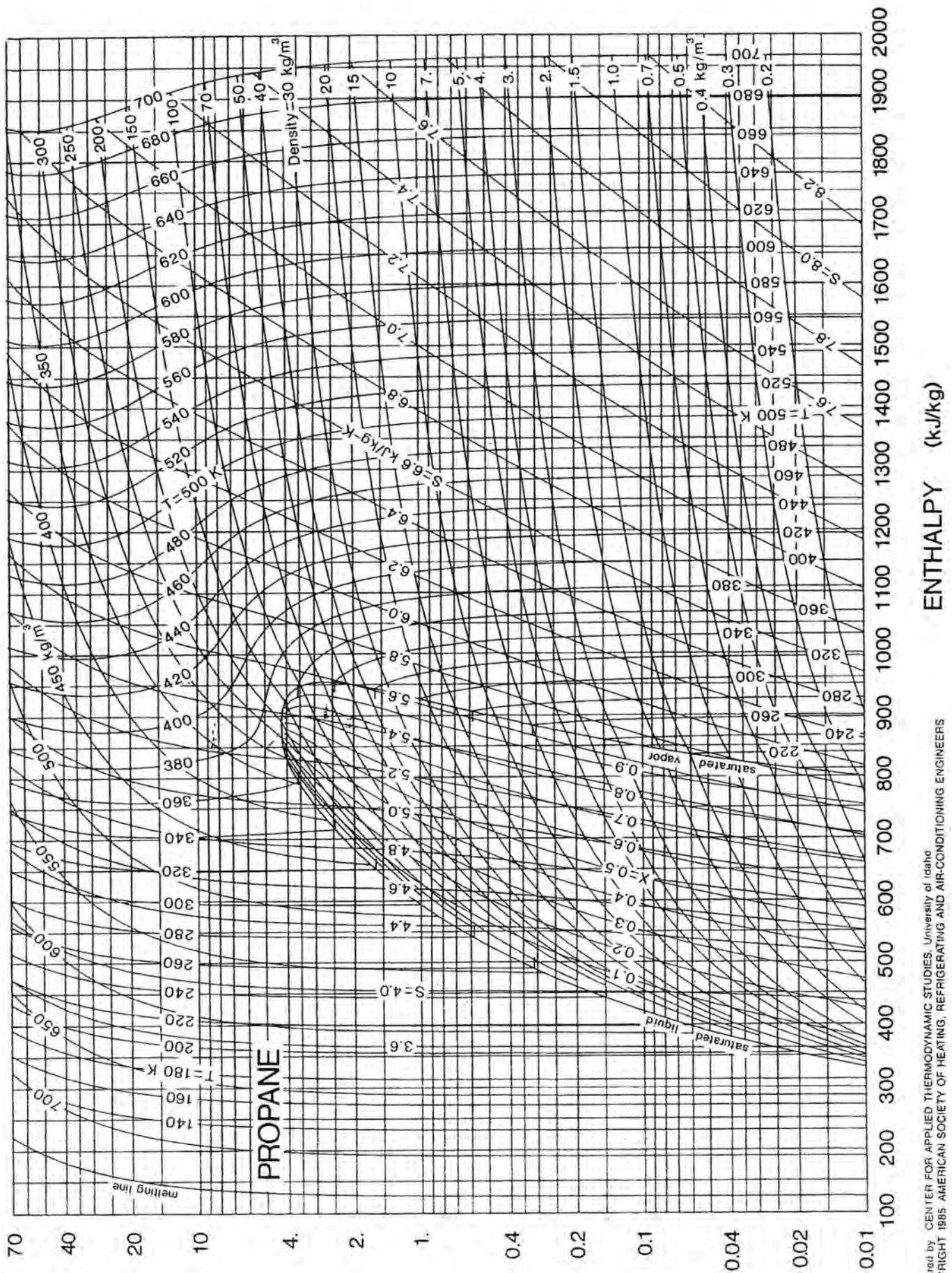
Dampf tabel für das Naßdampfgebiet von Propan (R290)

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Liquid Density (kg/m³)	Vapor Density (kg/m³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
-80	0,042605	601,88	1,0822	60,434	504,36	0,42792	2,5108
-79	0,044911	600,57	1,1364	62,607	505,56	0,43807	2,5085
-78	0,047316	599,47	1,1926	64,784	506,76	0,44819	2,5025
-77	0,049822	598,36	1,2511	66,965	507,96	0,45829	2,4985
-76	0,052433	597,24	1,3117	69,15	509,16	0,46836	2,4947
-75	0,055151	596,13	1,3746	71,34	510,36	0,4784	2,4909
-74	0,057979	595,01	1,4398	73,534	511,57	0,48841	2,4872
-73	0,060922	593,89	1,5074	75,733	512,77	0,4984	2,4836
-72	0,063981	592,76	1,5775	77,936	513,97	0,50836	2,48
-71	0,06716	591,63	1,65	80,144	515,17	0,51829	2,4785
-70	0,070462	590,5	1,7252	82,356	516,37	0,5282	2,4731
-69	0,073891	589,37	1,8029	84,572	517,57	0,53809	2,4696
-68	0,07745	588,23	1,8834	86,794	518,77	0,54795	2,4666
-67	0,081143	587,09	1,9666	89,02	519,97	0,55779	2,4634
-66	0,084971	585,95	2,0526	91,251	521,17	0,5676	2,4603
-65	0,088941	584,8	2,1415	93,487	522,36	0,57739	2,4572
-64	0,093053	583,65	2,2333	95,727	523,56	0,58716	2,4542
-63	0,097313	582,49	2,3282	97,973	524,76	0,59691	2,4513
-62	0,10172	581,34	2,4261	100,22	525,95	0,60663	2,4484
-61	0,10629	580,17	2,5272	102,48	527,15	0,61634	2,4456
-60	0,11101	579,01	2,6315	104,74	528,34	0,62602	2,4429
-59	0,1159	577,84	2,7391	107,01	529,54	0,63568	2,4402
-58	0,12095	576,67	2,85	109,28	530,73	0,64532	2,4376
-57	0,12616	575,49	2,9644	111,55	531,92	0,65494	2,435
-56	0,13155	574,31	3,0823	113,83	533,11	0,66454	2,4325
-55	0,13712	573,13	3,2037	116,12	534,3	0,67413	2,4301
-54	0,14287	571,94	3,3289	118,41	535,48	0,68369	2,4277
-53	0,1488	570,75	3,4577	120,71	536,67	0,69323	2,4253
-52	0,15492	569,55	3,5903	123,01	537,85	0,70276	2,423
-51	0,16123	568,35	3,7268	125,32	539,04	0,71227	2,4208
-50	0,16774	567,15	3,8673	127,64	540,22	0,72176	2,4186
-49	0,17445	565,94	4,0118	129,96	541,4	0,73124	2,4164
-48	0,18136	564,73	4,1605	132,28	542,58	0,74069	2,4143
-47	0,18848	563,51	4,3133	134,62	543,75	0,75013	2,4123
-46	0,19581	562,29	4,4704	136,95	544,93	0,75956	2,4103
-45	0,20336	561,06	4,6319	139,3	546,1	0,76897	2,4083
-44	0,21113	559,83	4,7976	141,65	547,28	0,77836	2,4064
-43	0,21912	558,6	4,9683	144	548,45	0,78774	2,4045
-42	0,22734	557,36	5,1434	146,36	549,61	0,7971	2,4027
-41	0,23579	556,11	5,3232	148,73	550,78	0,80645	2,4009
-40	0,24448	554,86	5,5078	151,11	551,94	0,81579	2,3992
-39	0,25341	553,61	5,6973	153,49	553,1	0,82511	2,3975
-38	0,26258	552,35	5,8918	155,87	554,26	0,83442	2,3958
-37	0,27201	551,08	6,0914	158,27	555,42	0,84371	2,3942
-36	0,28168	549,81	6,2962	160,67	556,58	0,853	2,3926
-35	0,29162	548,54	6,5062	163,07	557,73	0,86227	2,391
-34	0,30182	547,26	6,7216	165,49	558,88	0,87152	2,3895
-33	0,31228	545,97	6,9426	167,91	560,03	0,88077	2,3881
-32	0,32302	544,68	7,169	170,33	561,17	0,89	2,3866
-31	0,33403	543,38	7,4012	172,77	562,31	0,89922	2,3852
-30	0,34532	542,08	7,6392	175,21	563,45	0,90843	2,3838
-29	0,35689	540,77	7,8831	177,65	564,59	0,91763	2,3825
-28	0,36876	539,45	8,133	180,11	565,72	0,92682	2,3812
-27	0,38091	538,13	8,389	182,57	566,85	0,936	2,3799
-26	0,39337	536,81	8,6513	185,04	567,98	0,94517	2,3786
-25	0,40612	535,47	8,9199	187,51	569,1	0,95433	2,3774
-24	0,41919	534,13	9,195	189,99	570,22	0,96348	2,3762
-23	0,43256	532,79	9,4768	192,48	571,34	0,97263	2,375
-22	0,44625	531,44	9,7652	194,98	572,46	0,98176	2,3739
-21	0,46026	530,08	10,061	197,49	573,57	0,99088	2,3728
0	0,47459	528,71	10,363	200	574,67	1	2,3717
1	0,48926	527,34	10,672	202,52	575,78	1,0091	2,3706
2	0,50426	525,97	10,989	205,05	576,87	1,0182	2,3696
3	0,51959	524,58	11,313	207,58	577,97	1,0273	2,3685
4	0,53527	523,19	11,645	210,13	579,06	1,0364	2,3676
5	0,5513	521,79	11,984	212,68	580,15	1,0455	2,3666
6	0,56768	520,38	12,331	215,24	581,23	1,0545	2,3656
7	0,58442	518,97	12,686	217,81	582,31	1,0636	2,3647
8	0,60152	517,55	13,049	220,38	583,38	1,0727	2,3638
9	0,61899	516,12	13,421	222,97	584,45	1,0817	2,3629
10	0,63683	514,68	13,801	225,56	585,51	1,0908	2,362
11	0,65505	513,23	14,19	228,16	586,57	1,0998	2,3612
12	0,67365	511,78	14,587	230,77	587,62	1,1089	2,3603
13	0,69263	510,32	14,994	233,39	588,67	1,1179	2,3595
14	0,71201	508,85	15,409	236,02	589,71	1,1269	2,3587
15	0,73178	507,37	15,834	238,66	590,75	1,136	2,3579
16	0,75195	505,88	16,269	241,3	591,78	1,145	2,3571
17	0,77253	504,39	16,713	243,96	592,81	1,154	2,3563
18	0,79352	502,88	17,167	246,62	593,83	1,163	2,3556
19	0,81492	501,37	17,632	249,29	594,84	1,1721	2,3548
20	0,83675	499,85	18,107	251,98	595,85	1,1811	2,3541

Dampf tabel für das Naßdampfgebiet von Propan (R290) Fortsetzung

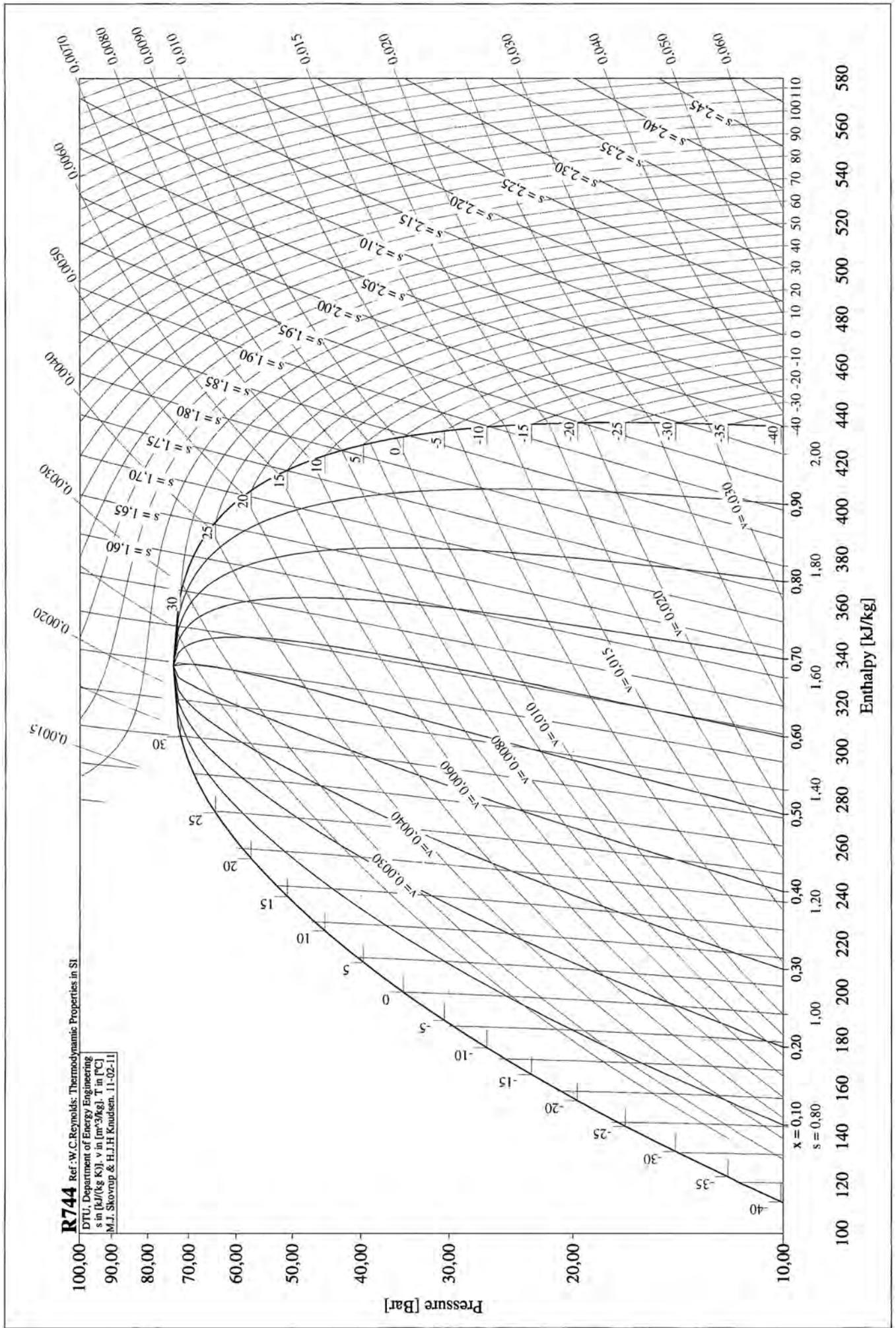
21	0,859	498,31	18,592	254,67	596,85	1,1901	2,3534
22	0,88168	496,77	19,089	257,37	597,85	1,1991	2,3527
23	0,9048	495,22	19,596	260,08	598,83	1,2081	2,352
24	0,92836	493,65	20,115	262,8	599,81	1,2171	2,3513
25	0,95237	492,08	20,646	265,53	600,78	1,2262	2,3506
26	0,97683	490,5	21,188	268,28	601,75	1,2352	2,3499
27	1,0017	488,9	21,742	271,03	602,71	1,2442	2,3492
28	1,0271	487,3	22,309	273,79	603,66	1,2532	2,3486
29	1,053	485,68	22,889	276,56	604,6	1,2622	2,3479
30	1,0793	484,05	23,482	279,35	605,53	1,2712	2,3472
31	1,1061	482,41	24,088	282,14	606,45	1,2803	2,3465
32	1,1333	480,76	24,707	284,95	607,37	1,2893	2,3459
33	1,1611	479,1	25,341	287,77	608,28	1,2983	2,3452
34	1,1894	477,42	25,989	290,59	609,17	1,3073	2,3445
35	1,2181	475,73	26,652	293,43	610,06	1,3164	2,3439
36	1,2474	474,03	27,33	296,29	610,93	1,3254	2,3432
37	1,2772	472,31	28,024	299,15	611,8	1,3345	2,3425
38	1,3075	470,58	28,733	302,03	612,65	1,3435	2,3418
39	1,3383	468,83	29,459	304,92	613,5	1,3526	2,3411
40	1,3696	467,07	30,202	307,82	614,33	1,3616	2,3404
41	1,4015	465,3	30,962	310,73	615,15	1,3707	2,3397
42	1,4339	463,5	31,74	313,66	615,96	1,3798	2,339
43	1,4669	461,69	32,536	316,6	616,75	1,3889	2,3383
44	1,5004	459,87	33,352	319,56	617,54	1,398	2,3375
45	1,5344	458,03	34,186	322,52	618,3	1,4071	2,3368
46	1,5691	456,17	35,041	325,51	619,06	1,4162	2,336
47	1,6043	454,29	35,917	328,51	619,8	1,4254	2,3352
48	1,64	452,39	36,814	331,52	620,52	1,4345	2,3344
49	1,6764	450,47	37,733	334,55	621,23	1,4437	2,3336
50	1,7133	448,53	38,674	337,59	621,92	1,4529	2,3327
51	1,7509	446,57	39,64	340,65	622,6	1,4621	2,3319
52	1,789	444,59	40,63	343,73	623,26	1,4713	2,331
53	1,8278	442,58	41,645	346,83	623,9	1,4805	2,33
54	1,8671	440,55	42,686	349,94	624,52	1,4898	2,3291
55	1,9071	438,5	43,755	353,07	625,12	1,499	2,3281
56	1,9477	436,42	44,852	356,22	625,7	1,5083	2,3271
57	1,989	434,31	45,978	359,39	626,26	1,5177	2,326
58	2,0308	432,17	47,135	362,58	626,8	1,527	2,3249
59	2,0734	430,01	48,323	365,79	627,31	1,5364	2,3238
60	2,1166	427,81	49,545	369,02	627,8	1,5458	2,3226
61	2,1604	425,58	50,801	372,27	628,26	1,5553	2,3214
62	2,205	423,31	52,094	375,55	628,7	1,5647	2,3201
63	2,2502	421,01	53,424	378,85	629,11	1,5742	2,3187
64	2,2961	418,67	54,794	382,17	629,49	1,5838	2,3174
65	2,3427	416,3	56,206	385,52	629,84	1,5934	2,3159
66	2,39	413,87	57,661	388,9	630,15	1,603	2,3144
67	2,438	411,41	59,161	392,3	630,44	1,6127	2,3128
68	2,4867	408,89	60,711	395,74	630,68	1,6224	2,3111
69	2,5362	406,33	62,311	399,21	630,89	1,6322	2,3094
70	2,5864	403,71	63,966	402,71	631,06	1,6421	2,3076
71	2,6374	401,04	65,677	406,24	631,19	1,652	2,3056
72	2,6891	398,3	67,45	409,81	631,27	1,662	2,3036
73	2,7416	395,5	69,287	413,42	631,3	1,672	2,3015
74	2,7948	392,63	71,183	417,07	631,28	1,6822	2,2992
75	2,8489	389,69	73,174	420,76	631,2	1,6924	2,2969
76	2,9038	386,66	75,234	424,49	631,07	1,7027	2,2944
77	2,9594	383,55	77,379	428,28	630,87	1,7131	2,2917
78	3,0159	380,34	79,618	432,12	630,6	1,7237	2,2889
79	3,0733	377,03	81,957	436,02	630,26	1,7343	2,2859
80	3,1315	373,61	84,406	439,98	629,84	1,7451	2,2827
81	3,1905	370,06	86,976	444	629,33	1,756	2,2793
82	3,2505	366,37	89,679	448,1	628,71	1,7671	2,2757
83	3,3113	362,54	92,53	452,28	627,99	1,7784	2,2718
84	3,3731	358,53	95,546	456,55	627,15	1,7899	2,2676
85	3,4357	354,32	98,749	460,92	626,17	1,8016	2,263
86	3,4994	349,9	102,17	465,41	625,03	1,8136	2,2581
87	3,564	345,22	105,83	470,03	623,71	1,826	2,2527
88	3,6297	340,24	109,78	474,8	622,18	1,8387	2,2467
89	3,6963	334,9	114,08	479,76	620,4	1,8518	2,2402
90	3,764	329,11	118,8	484,94	618,31	1,8656	2,2328

h,log p-Diagramm für Propan (R290)



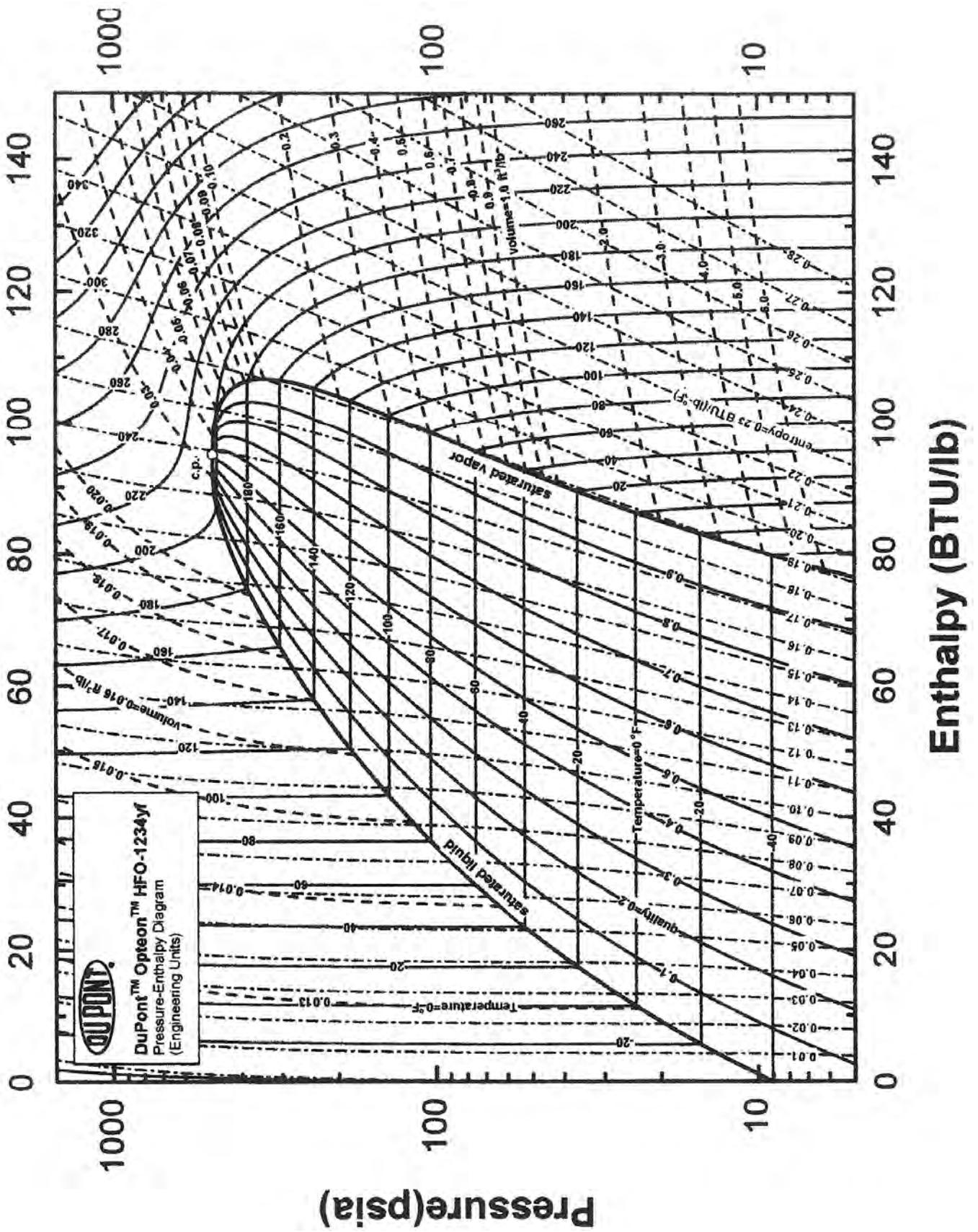
ENTHALPY (kJ/kg)

Prepared by CENTER FOR APPLIED THERMODYNAMIC STUDIES, University of Idaho
 COPYRIGHT 1985 AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS



Dampftafel für das Naßdampfgebiet von CO₂ (R744)

Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Liquid Density (kg/m ³)	Vapor Density (kg/m ³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
-50	0,68234	1154,6	17,925	92,943	432,68	0,57939	2,1018
-49	0,71049	1150,8	18,638	94,922	432,99	0,58813	2,0963
-48	0,73949	1147,1	19,373	96,905	433,29	0,59684	2,0909
-47	0,76937	1143,4	20,131	98,891	433,58	0,60553	2,0855
-46	0,80015	1139,6	20,912	100,88	433,86	0,61418	2,0801
-45	0,83184	1135,8	21,717	102,87	434,13	0,62282	2,0747
-44	0,86445	1132	22,547	104,87	434,39	0,63143	2,0694
-43	0,898	1128,1	23,401	106,87	434,64	0,64001	2,0642
-42	0,93252	1124,2	24,281	108,88	434,88	0,64858	2,0589
-41	0,96801	1120,3	25,187	110,89	435,11	0,65712	2,0537
-40	1,0045	1116,4	26,121	112,9	435,32	0,66564	2,0485
-39	1,042	1112,5	27,082	114,92	435,53	0,67413	2,0434
-38	1,0805	1108,5	28,071	116,95	435,72	0,68261	2,0382
-37	1,1201	1104,5	29,089	118,98	435,9	0,69107	2,0331
-36	1,1607	1100,5	30,137	121,01	436,07	0,69951	2,0281
-35	1,2024	1096,4	31,216	123,05	436,23	0,70794	2,023
-34	1,2452	1092,4	32,328	125,1	436,37	0,71634	2,018
-33	1,2891	1088,3	33,469	127,15	436,51	0,72474	2,0129
-32	1,3342	1084,1	34,644	129,2	436,62	0,73311	2,0079
-31	1,3804	1079,9	35,854	131,27	436,73	0,74148	2,0029
-30	1,4278	1075,7	37,098	133,34	436,82	0,74982	1,998
-29	1,4763	1071,5	38,378	135,41	436,9	0,75816	1,993
-28	1,5261	1067,2	39,696	137,5	436,96	0,76649	1,988
-27	1,577	1062,9	41,051	139,59	437,01	0,77481	1,9831
-26	1,6293	1058,6	42,445	141,69	437,04	0,78311	1,9781
-25	1,6827	1054,2	43,88	143,79	437,06	0,79141	1,9732
-24	1,7375	1049,8	45,356	145,91	437,06	0,79971	1,9683
-23	1,7935	1045,3	46,875	148,03	437,04	0,80799	1,9633
-22	1,8509	1040,8	48,437	150,16	437,01	0,81627	1,9584
-21	1,9096	1036,3	50,045	152,3	436,96	0,82455	1,9535
-20	1,9696	1031,7	51,7	154,45	436,89	0,83283	1,9485
-19	2,031	1027	53,402	156,61	436,81	0,8411	1,9436
-18	2,0938	1022,3	55,155	158,77	436,7	0,84937	1,9386
-17	2,1581	1017,6	56,959	160,95	436,58	0,85765	1,9337
-16	2,2237	1012,8	58,816	163,14	436,44	0,86593	1,9287
-15	2,2908	1008	60,728	165,34	436,27	0,87421	1,9237
-14	2,3593	1003,1	62,697	167,55	436,09	0,88249	1,9187
-13	2,4294	998,14	64,725	169,78	435,89	0,89078	1,9137
-12	2,501	993,13	66,814	172,01	435,68	0,89908	1,9086
-11	2,574	988,06	68,967	174,26	435,41	0,90739	1,9036
-10	2,6487	982,93	71,185	176,52	435,14	0,91571	1,8985
-9	2,7249	977,73	73,471	178,8	434,84	0,92405	1,8934
-8	2,8027	972,46	75,829	181,09	434,51	0,9324	1,8882
-7	2,8821	967,12	78,261	183,39	434,17	0,94076	1,883
-6	2,9632	961,7	80,77	185,71	433,79	0,94915	1,8778
-5	3,0459	956,21	83,359	188,05	433,38	0,95756	1,8725
-4	3,1303	950,63	86,032	190,4	432,95	0,96599	1,8672
-3	3,2164	944,97	88,794	192,77	432,48	0,97444	1,8618
-2	3,3042	939,22	91,647	195,16	431,98	0,98293	1,8563
-1	3,3938	933,38	94,596	197,57	431,46	0,99145	1,8509
0	3,4851	927,43	97,647	200	430,89	1	1,8453
1	3,5783	921,38	100,8	202,45	430,29	1,0086	1,8397
2	3,6733	915,23	104,07	204,93	429,65	1,0172	1,834
3	3,7701	908,95	107,46	207,43	428,97	1,0259	1,8282
4	3,8688	902,56	110,98	209,95	428,25	1,0346	1,8223
5	3,9695	896,03	114,62	212,5	427,48	1,0434	1,8163
6	4,072	889,36	118,41	215,08	426,67	1,0523	1,8102
7	4,1765	882,55	122,34	217,69	425,81	1,0612	1,8041
8	4,2831	875,58	126,44	220,34	424,89	1,0702	1,7977
9	4,3916	868,44	130,71	223,01	423,92	1,0792	1,7913
10	4,5022	861,12	135,16	225,73	422,88	1,0884	1,7847
11	4,6149	853,6	139,8	228,49	421,79	1,0976	1,7779
12	4,7297	845,87	144,67	231,29	420,62	1,107	1,771
13	4,8466	837,91	149,76	234,13	419,37	1,1165	1,7638
14	4,9658	829,7	155,11	237,03	418,05	1,1261	1,7565
15	5,0871	821,21	160,73	239,99	416,64	1,1359	1,7489
16	5,2108	812,41	166,66	243,01	415,12	1,1458	1,7411
17	5,3368	803,27	172,93	246,1	413,5	1,1559	1,7329
18	5,4651	793,76	179,57	249,26	411,76	1,1663	1,7244
19	5,5958	783,81	186,64	252,52	409,89	1,1769	1,7155
20	5,7291	773,39	194,2	255,87	407,87	1,1877	1,7062
21	5,8648	762,4	202,32	259,33	405,67	1,1989	1,6964
22	6,0031	750,77	211,08	262,93	403,26	1,2105	1,686
23	6,144	738,36	220,62	266,68	400,63	1,2225	1,6749
24	6,2877	725,02	231,1	270,61	397,7	1,2352	1,6629
25	6,4342	710,5	242,73	274,78	394,43	1,2485	1,6498



DuPont™ Opteon™ yf
Saturation Properties - Temperature Table

Rev 1, 10 Nov 2010

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
	Liquid P _l	Vapor P _v	Liquid V _l	Vapor V _g	Liquid d _l	Vapor d _g	Liquid H _l	Latent H _g	Vapor H _g	Liquid S _l	Vapor S _g	
-50	37.423	37.423	0.000758	0.4247	1318.4	2.355	139.6	190.2	329.9	0.757	1.610	-50
-49	39.477	39.477	0.000760	0.4040	1315.8	2.475	140.8	189.8	330.5	0.762	1.609	-49
-48	41.622	41.622	0.000762	0.3846	1313.2	2.600	141.9	189.3	331.2	0.767	1.608	-48
-47	43.859	43.859	0.000763	0.3662	1310.5	2.731	143.0	188.8	331.9	0.772	1.607	-47
-46	46.192	46.192	0.000765	0.3489	1307.9	2.866	144.2	188.4	332.5	0.777	1.607	-46
-45	48.624	48.624	0.000766	0.3326	1305.2	3.007	145.3	187.9	333.2	0.782	1.606	-45
-44	51.157	51.157	0.000768	0.3172	1302.6	3.153	146.5	187.4	333.9	0.787	1.605	-44
-43	53.795	53.795	0.000769	0.3026	1299.9	3.305	147.6	186.9	334.6	0.792	1.605	-43
-42	56.540	56.540	0.000771	0.2889	1297.2	3.462	148.8	186.5	335.2	0.797	1.604	-42
-41	59.397	59.397	0.000772	0.2758	1294.6	3.625	149.9	186.0	335.9	0.802	1.604	-41
-40	62.367	62.367	0.000774	0.2635	1291.9	3.795	151.1	185.5	336.6	0.807	1.603	-40
-39	65.454	65.454	0.000776	0.2519	1289.2	3.970	152.2	185.0	337.3	0.812	1.603	-39
-38	68.661	68.661	0.000777	0.2409	1286.5	4.152	153.4	184.5	337.9	0.817	1.602	-38
-37	71.992	71.992	0.000779	0.2304	1283.8	4.340	154.6	184.0	338.6	0.822	1.602	-37
-36	75.450	75.450	0.000781	0.2205	1281.0	4.535	155.7	183.5	339.3	0.827	1.601	-36
-35	79.039	79.039	0.000782	0.2111	1278.3	4.737	156.9	183.0	339.9	0.832	1.601	-35
-34	82.761	82.761	0.000784	0.2022	1275.6	4.948	158.1	182.5	340.6	0.837	1.600	-34
-33	86.620	86.620	0.000786	0.1937	1272.8	5.162	159.3	182.0	341.3	0.842	1.600	-33
-32	90.620	90.620	0.000787	0.1857	1270.1	5.386	160.4	181.5	342.0	0.847	1.600	-32
-31	94.764	94.764	0.000789	0.1780	1267.3	5.617	161.6	181.0	342.6	0.852	1.599	-31
-30	99.056	99.056	0.000791	0.1708	1264.5	5.855	162.8	180.5	343.3	0.857	1.599	-30
-29	103.500	103.500	0.000793	0.1639	1261.8	6.102	164.0	180.0	344.0	0.861	1.599	-29
-28	108.098	108.098	0.000794	0.1573	1259.0	6.357	165.2	179.5	344.7	0.866	1.598	-28
-27	112.856	112.856	0.000796	0.1511	1256.2	6.620	166.4	178.9	345.3	0.871	1.598	-27
-26	117.775	117.775	0.000798	0.1451	1253.4	6.891	167.6	178.4	346.0	0.876	1.598	-26
-25	122.861	122.861	0.000800	0.1394	1250.5	7.171	168.8	177.9	346.7	0.881	1.598	-25
-24	128.117	128.117	0.000801	0.1340	1247.7	7.460	170.0	177.4	347.4	0.886	1.598	-24
-23	133.548	133.548	0.000803	0.1289	1244.9	7.758	171.2	176.8	348.0	0.891	1.597	-23
-22	139.155	139.155	0.000805	0.1240	1242.0	8.066	172.4	176.3	348.7	0.895	1.597	-22
-21	144.945	144.945	0.000807	0.1193	1239.2	8.383	173.7	175.7	349.4	0.900	1.597	-21
-20	150.921	150.921	0.000809	0.1148	1236.3	8.709	174.9	175.2	350.1	0.905	1.597	-20
-19	157.086	157.086	0.000811	0.1105	1233.4	9.046	176.1	174.6	350.7	0.910	1.597	-19
-18	163.444	163.444	0.000813	0.1065	1230.5	9.392	177.3	174.1	351.4	0.915	1.597	-18
-17	170.001	170.001	0.000815	0.1026	1227.6	9.750	178.6	173.5	352.1	0.919	1.597	-17
-16	176.759	176.759	0.000817	0.0988	1224.7	10.117	179.8	172.9	352.7	0.924	1.597	-16
-15	183.724	183.724	0.000818	0.0953	1221.8	10.496	181.0	172.4	353.4	0.929	1.597	-15
-14	190.898	190.898	0.000820	0.0919	1218.8	10.885	182.3	171.8	354.1	0.934	1.597	-14
-13	198.287	198.287	0.000822	0.0886	1215.9	11.286	183.5	171.2	354.7	0.939	1.597	-13
-12	205.895	205.895	0.000824	0.0855	1212.9	11.699	184.8	170.6	355.4	0.943	1.597	-12
-11	213.726	213.726	0.000826	0.0825	1209.9	12.123	186.0	170.0	356.1	0.948	1.597	-11
-10	221.783	221.783	0.000829	0.0796	1207.0	12.559	187.3	169.5	356.7	0.953	1.597	-10
-9	230.072	230.072	0.000831	0.0769	1203.9	13.008	188.5	168.9	357.4	0.958	1.597	-9
-8	238.597	238.597	0.000833	0.0742	1200.9	13.469	189.8	168.3	358.0	0.962	1.597	-8
-7	247.363	247.363	0.000835	0.0717	1197.9	13.943	191.0	167.7	358.7	0.967	1.597	-7
-6	256.373	256.373	0.000837	0.0693	1194.9	14.431	192.3	167.0	359.4	0.972	1.597	-6
-5	265.632	265.632	0.000839	0.0670	1191.8	14.931	193.6	166.4	360.0	0.976	1.597	-5
-4	275.144	275.144	0.000841	0.0647	1188.7	15.446	194.9	165.8	360.7	0.981	1.597	-4
-3	284.915	284.915	0.000843	0.0626	1185.6	15.974	196.1	165.2	361.3	0.986	1.597	-3
-2	294.948	294.948	0.000846	0.0605	1182.5	16.517	197.4	164.6	362.0	0.991	1.598	-2
-1	305.249	305.249	0.000848	0.0586	1179.4	17.074	198.7	163.9	362.6	0.995	1.598	-1
0	315.821	315.821	0.000850	0.0567	1176.3	17.647	200.0	163.3	363.3	1.000	1.598	0
1	326.670	326.670	0.000852	0.0548	1173.1	18.234	201.3	162.6	363.9	1.005	1.598	1
2	337.800	337.800	0.000855	0.0531	1170.0	18.837	202.6	162.0	364.6	1.009	1.598	2
3	349.216	349.216	0.000857	0.0514	1166.8	19.457	203.9	161.3	365.2	1.014	1.598	3
4	360.923	360.923	0.000859	0.0498	1163.6	20.092	205.2	160.7	365.9	1.019	1.599	4
5	372.925	372.925	0.000862	0.0482	1160.4	20.744	206.5	160.0	366.5	1.023	1.599	5
6	385.227	385.227	0.000864	0.0467	1157.2	21.413	207.8	159.3	367.2	1.028	1.599	6
7	397.833	397.833	0.000867	0.0452	1153.9	22.100	209.1	158.7	367.8	1.033	1.599	7
8	410.750	410.750	0.000869	0.0439	1150.6	22.804	210.5	158.0	368.4	1.037	1.599	8
9	423.981	423.981	0.000872	0.0425	1147.3	23.526	211.8	157.3	369.1	1.042	1.600	9
10	437.532	437.532	0.000874	0.0412	1144.0	24.267	213.1	156.6	369.7	1.047	1.600	10
11	451.408	451.408	0.000877	0.0400	1140.7	25.027	214.4	155.9	370.3	1.051	1.600	11
12	465.613	465.613	0.000879	0.0387	1137.4	25.807	215.8	155.2	371.0	1.056	1.600	12
13	480.152	480.152	0.000882	0.0376	1134.0	26.606	217.1	154.5	371.6	1.061	1.601	13
14	495.031	495.031	0.000884	0.0365	1130.6	27.425	218.5	153.8	372.2	1.065	1.601	14

DuPont™ Opteon™ yf
Saturation Properties - Temperature Table

Rev 1, 10 Nov 2010

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K·kg]		Temp °C
	Liquid P _l	Vapor P _g	Liquid V _l	Vapor V _g	Liquid d _l	Vapor d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapor H _g	Liquid S _l	Vapor S _g	
15	510.255	510.255	0.000887	0.0354	1127.2	28.266	219.8	153.0	372.8	1.070	1.601	15
16	525.828	525.828	0.000890	0.0343	1123.8	29.127	221.2	152.3	373.4	1.075	1.601	16
17	541.756	541.756	0.000893	0.0333	1120.3	30.011	222.5	151.6	374.1	1.079	1.602	17
18	558.044	558.044	0.000895	0.0323	1116.9	30.916	223.9	150.8	374.7	1.084	1.602	18
19	574.697	574.697	0.000898	0.0314	1113.4	31.845	225.2	150.1	375.3	1.088	1.602	19
20	591.721	591.721	0.000901	0.0305	1109.9	32.796	226.6	149.3	375.9	1.093	1.602	20
21	609.120	609.120	0.000904	0.0296	1106.3	33.772	228.0	148.5	376.5	1.098	1.603	21
22	626.901	626.901	0.000907	0.0288	1102.8	34.772	229.3	147.7	377.1	1.102	1.603	22
23	645.068	645.068	0.000910	0.0279	1099.2	35.797	230.7	147.0	377.7	1.107	1.603	23
24	663.626	663.626	0.000913	0.0271	1095.5	36.848	232.1	146.2	378.3	1.112	1.603	24
25	682.582	682.582	0.000916	0.0264	1091.9	37.925	233.5	145.4	378.9	1.116	1.604	25
26	701.940	701.940	0.000919	0.0256	1088.2	39.029	234.9	144.6	379.5	1.121	1.604	26
27	721.707	721.707	0.000922	0.0249	1084.5	40.161	236.3	143.7	380.0	1.125	1.604	27
28	741.887	741.887	0.000925	0.0242	1080.8	41.321	237.7	142.9	380.6	1.130	1.605	28
29	762.487	762.487	0.000928	0.0235	1077.1	42.510	239.1	142.1	381.2	1.135	1.605	29
30	783.511	783.511	0.000932	0.0229	1073.3	43.729	240.5	141.2	381.8	1.139	1.605	30
31	804.966	804.966	0.000935	0.0222	1069.5	44.979	241.9	140.4	382.3	1.144	1.605	31
32	826.857	826.857	0.000938	0.0216	1065.7	46.260	243.4	139.5	382.9	1.148	1.606	32
33	849.190	849.190	0.000942	0.0210	1061.8	47.573	244.8	138.7	383.4	1.153	1.606	33
34	871.971	871.971	0.000945	0.0204	1057.9	48.920	246.2	137.8	384.0	1.158	1.606	34
35	895.206	895.206	0.000949	0.0199	1054.0	50.301	247.6	136.9	384.5	1.162	1.606	35
36	918.900	918.900	0.000952	0.0193	1050.0	51.717	249.1	136.0	385.1	1.167	1.607	36
37	943.060	943.060	0.000956	0.0188	1046.0	53.169	250.5	135.1	385.6	1.171	1.607	37
38	967.691	967.691	0.000960	0.0183	1042.0	54.658	252.0	134.1	386.1	1.176	1.607	38
39	992.800	992.800	0.000963	0.0178	1037.9	56.186	253.4	133.2	386.7	1.181	1.607	39
40	1018.393	1018.393	0.000967	0.0173	1033.8	57.753	254.9	132.3	387.2	1.185	1.608	40
41	1044.476	1044.476	0.000971	0.0168	1029.6	59.360	256.4	131.3	387.7	1.190	1.608	41
42	1071.055	1071.055	0.000975	0.0164	1025.5	61.010	257.8	130.3	388.2	1.194	1.608	42
43	1098.137	1098.137	0.000979	0.0159	1021.2	62.702	259.3	129.4	388.7	1.199	1.608	43
44	1125.728	1125.728	0.000983	0.0155	1017.0	64.440	260.8	128.4	389.2	1.204	1.608	44
45	1153.834	1153.834	0.000988	0.0151	1012.6	66.223	262.3	127.4	389.7	1.208	1.608	45
46	1182.462	1182.462	0.000992	0.0147	1008.3	68.053	263.8	126.3	390.1	1.213	1.609	46
47	1211.618	1211.618	0.000996	0.0143	1003.9	69.933	265.3	125.3	390.6	1.217	1.609	47
48	1241.310	1241.310	0.001001	0.0139	999.4	71.863	266.8	124.3	391.1	1.222	1.609	48
49	1271.543	1271.543	0.001005	0.0135	994.9	73.846	268.3	123.2	391.5	1.227	1.609	49
50	1302.325	1302.325	0.001010	0.0132	990.4	75.884	269.9	122.1	392.0	1.231	1.609	50
51	1333.663	1333.663	0.001014	0.0128	985.8	77.978	271.4	121.0	392.4	1.236	1.609	51
52	1365.563	1365.563	0.001019	0.0125	981.1	80.130	272.9	119.9	392.8	1.241	1.609	52
53	1398.032	1398.032	0.001024	0.0121	976.4	82.343	274.5	118.8	393.3	1.245	1.609	53
54	1431.079	1431.079	0.001029	0.0118	971.6	84.619	276.0	117.7	393.7	1.250	1.609	54
55	1464.709	1464.709	0.001034	0.0115	966.7	86.961	277.6	116.5	394.1	1.254	1.610	55
56	1498.931	1498.931	0.001040	0.0112	961.8	89.371	279.2	115.3	394.5	1.259	1.610	56
57	1533.751	1533.751	0.001045	0.0109	956.8	91.852	280.7	114.1	394.9	1.264	1.610	57
58	1569.178	1569.178	0.001051	0.0106	951.7	94.407	282.3	112.9	395.2	1.269	1.609	58
59	1605.219	1605.219	0.001056	0.0103	946.6	97.040	283.9	111.7	395.6	1.273	1.609	59
60	1641.882	1641.882	0.001062	0.0100	941.3	99.754	285.5	110.4	395.9	1.278	1.609	60
61	1679.174	1679.174	0.001068	0.0098	936.0	102.552	287.1	109.1	396.3	1.283	1.609	61
62	1717.104	1717.104	0.001075	0.0095	930.6	105.438	288.8	107.8	396.6	1.287	1.609	62
63	1755.680	1755.680	0.001081	0.0092	925.1	108.418	290.4	106.5	396.9	1.292	1.609	63
64	1794.911	1794.911	0.001088	0.0090	919.5	111.496	292.1	105.1	397.2	1.297	1.609	64
65	1834.805	1834.805	0.001094	0.0087	913.7	114.676	293.7	103.7	397.5	1.302	1.609	65
66	1875.370	1875.370	0.001101	0.0085	907.9	117.964	295.4	102.3	397.7	1.307	1.608	66
67	1916.617	1916.617	0.001109	0.0082	901.9	121.367	297.1	100.9	398.0	1.311	1.608	67
68	1958.553	1958.553	0.001116	0.0080	895.8	124.891	298.8	99.4	398.2	1.316	1.608	68
69	2001.189	2001.189	0.001124	0.0078	889.6	128.544	300.5	97.9	398.4	1.321	1.607	69
70	2044.535	2044.535	0.001132	0.0076	883.2	132.332	302.2	96.3	398.6	1.326	1.607	70
71	2088.600	2088.600	0.001141	0.0073	876.7	136.266	304.0	94.8	398.7	1.331	1.606	71
72	2133.395	2133.395	0.001149	0.0071	870.0	140.355	305.7	93.1	398.9	1.336	1.606	72
73	2178.931	2178.931	0.001159	0.0069	863.1	144.611	307.5	91.5	399.0	1.341	1.605	73
74	2225.219	2225.219	0.001168	0.0067	856.1	149.044	309.3	89.8	399.1	1.346	1.605	74
75	2272.271	2272.271	0.001178	0.0065	848.8	153.671	311.1	88.0	399.1	1.351	1.604	75
76	2320.100	2320.100	0.001189	0.0063	841.4	158.505	313.0	86.2	399.2	1.356	1.603	76
77	2368.717	2368.717	0.001199	0.0061	833.7	163.566	314.8	84.3	399.2	1.361	1.602	77
78	2418.137	2418.137	0.001211	0.0059	825.7	168.874	316.7	82.4	399.1	1.366	1.601	78
79	2468.375	2468.375	0.001223	0.0057	817.5	174.454	318.6	80.4	399.0	1.372	1.600	79
80	2519.445	2519.445	0.001236	0.0055	809.0	180.333	320.5	78.4	398.9	1.377	1.599	80

Solstice[®] N40 (R-448A)

Honeywell

Characteristics

Solstice N40 (R-448A) is a zeotropic blend designed to serve as a replacement for R-22 and R-404A in supermarket refrigeration retrofits or new systems. It provides an excellent combination of low GWP and high energy efficiency.

Applications

Solstice N40 (R-448A) is an excellent low GWP and non-flammable refrigerant option for low and medium temperature in commercial refrigeration. This includes supermarket systems, vending machines (plug-ins) and other similar.

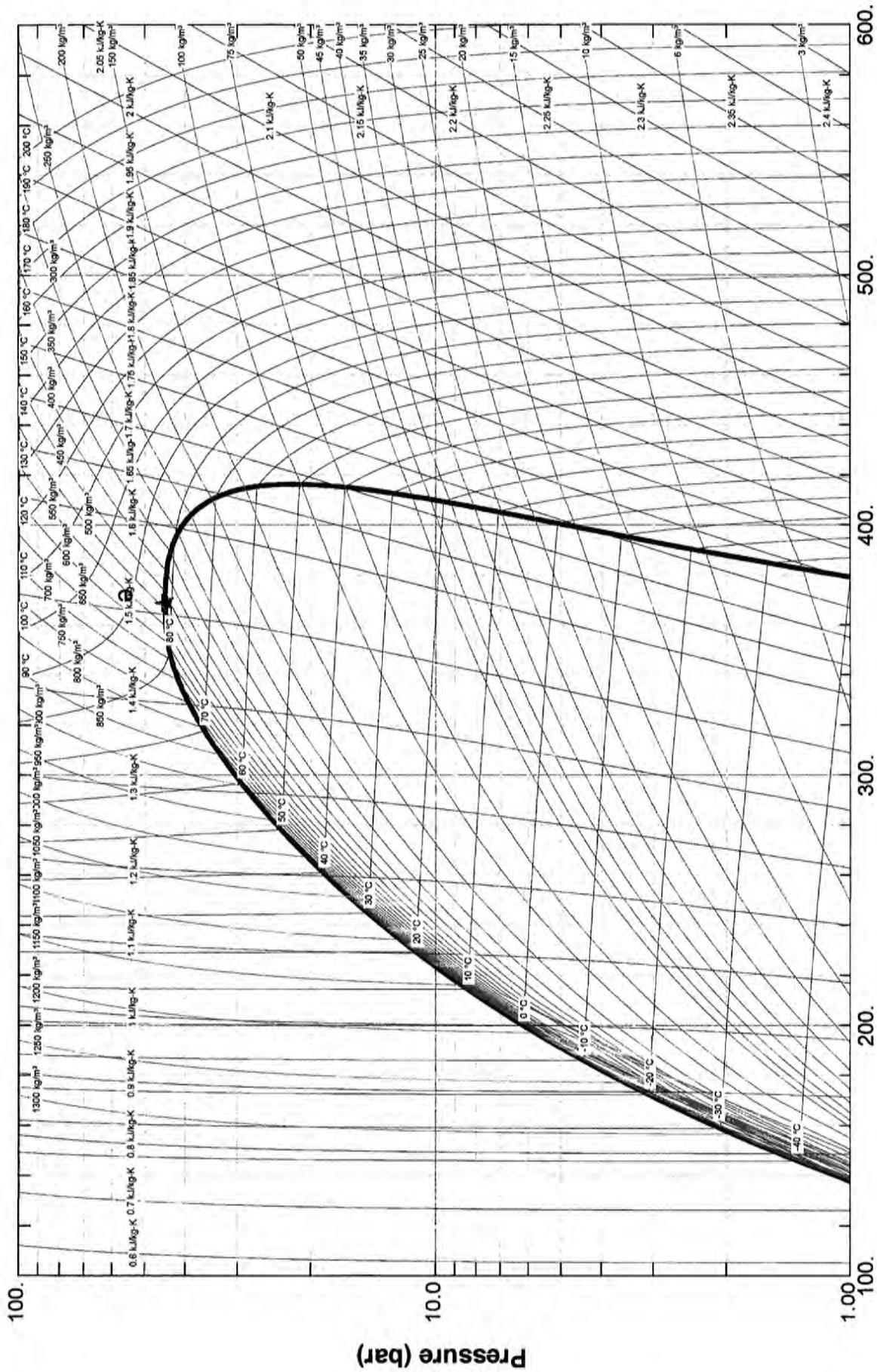
Physical properties

Solstice [®] N40 (R-448A)	
Class/Type	Zeotropic blend
Formula	26%/26%/21%/7%/20% R-32/R-125/R-134a/R-1234ze/R-1234yf
Kind	HFC / HFO
Appearance	Colourless
ODP (ODP-R11=1)	0
GWP rev 3rd/4th/5th IPCC	1300 / 1387 / 1273
Flammability Limits – ASTM E681-04 @ 21°C	Non Flammable
ASHRAE Std. 34 Safety Class	A1
ATEL/ODL (kg/m ³)	0.390
Practical limit kg/m ³	0.390
LFL (% vol)	Non flammable
REACH	Registered
Units	SI
Molecular weight	86.3 g/mol
Boiling temperature	-45.9°C
Critical temperature	83.7°C
Critical pressure	46.6 bar
Critical volume	0.00208 m ³ /kg
Critical density	480.2 kg/m ³
Vapour density at boiling point	4.701 kg/m ³
Liquid density at 0°C	1192.5 kg/m ³
Liquid density at 25°C	1092.3 kg/m ³
Vapour density at 25°C	48.5 kJ/kg °K
Liquid heat capacity at 25°C	1.553 kJ/kg °K
Vapour heat capacity at 25°C	1.165 kJ/kg °K
Heat of vaporisation at boiling point	241.1 kJ/kg
Vapour pressure at 25°C	1107.1 kPa
Liquid thermal conductivity at 25°C	80.6 W/m °K
Vapour thermal conductivity at 25°C	14.6 W/m °K
Liquid viscosity at 25°C	138.1 µPa sec
Vapour viscosity at 25°C	12.5 µPa sec

Pressure and temperature

Pressure (absolute) kPa	Liquid (bubble) Temperature °C	Vapor (Dew) Temperature °C
100	-46.2	-40.0
150	-37.5	-31.4
200	-30.8	-24.8
250	-25.3	-19.4
300	-20.6	-14.7
350	-16.5	-10.6
400	-12.8	-7.0
450	-9.4	-3.7
500	-6.4	-0.6
550	-3.5	2.2
600	-0.8	4.8
650	1.7	7.3
700	4.1	9.6
750	6.3	11.8
800	8.5	13.9
850	10.5	15.9
900	12.4	17.8
950	14.3	19.7
1000	16.1	21.4
1050	17.9	23.1
1100	19.5	24.8
1150	21.2	26.4
1200	22.7	27.9
1250	24.2	29.4
1300	25.7	30.8
1350	27.2	32.2
1400	28.6	33.6
1450	29.9	34.9
1500	31.2	36.2
1550	32.5	37.4
1600	33.8	38.6
1650	35.0	39.8
1700	36.2	41.0
1750	37.4	42.1
1800	38.6	43.2
1850	39.7	44.3
1900	40.8	45.4
1950	41.9	46.5
2000	43.0	47.5
2050	44.0	48.5
2100	45.1	49.5
2200	47.1	51.4
2300	49.0	53.2
2400	50.9	55.0
2500	52.7	56.8
2600	54.5	58.4
2700	56.2	60.1
2800	57.9	61.6
2900	59.5	63.2

N40



Enthalpy (kJ/kg)

Reference State:
 $h = 200 \text{ kJ/kg}$, $s = 1.00 \text{ kJ/kg}$
 sat. liq at $0 \text{ }^\circ\text{C}$

Honeywell

Solstice® N13 (R-450A)

Honeywell

Characteristics

Solstice N13 (R-450A) is a zeotropic blend of R-134a and HFO-1234ze (Solstice® ze) designed to serve as an alternative to R-134a, offering similar performance but with a lower global warming potential of only 547 (a reduction of almost 60% of GWP).

Applications

Solstice N13 (R-450A) is an excellent medium pressure, low GWP, high efficiency and non-flammable refrigerant. It is an energy-efficient alternative to R-134a in different medium temperature systems:

- Heat pumps
- Air-cooled and water-cooled chillers
- District heating and cooling
- Vending machines and beverage dispensers
- High stage of CO2 cascade systems
- High stage of cascade CO2 systems.
- DX medium temperature refrigeration, etc.

Physical properties

Solstice® N13 (R-450A)	
Class/Type	Zeotropic blend
Formula	42%/58% (R-134a/R-1234ze)
Kind	HFC / HFO
Appearance	Colourless
ODP (ODP-R11=1)	0
GWP rev 3rd/4th/5th IPCC	546 / 604 / 547
ASHRAE Std. 34 Safety Class	A1
ATEL/ODL (kg/m ³)	0.330
Practical limit kg/m ³	0.320
LFL (% vol)	Non flammable
REACH	Registered
Units	SI
Molecular weight	108.6 kg/mol
Boiling temperature	-23.1°C
Critical temperature	104.4°C
Critical pressure	38.2 bar
Critical volume	0.002032 m ³ /kg
Critical density	492.2 kg/m ³
Vapour density at boiling point	5.443 kg/m ³
Liquid density at 0°C	1257.7 kg/m ³
Liquid density at 25°C	1175.1 kg/m ³
Vapour density at 25°C	29.6 kJ/kg °K
Liquid heat capacity at 25°C	1.404 kJ/kg °K
Vapour heat capacity at 25°C	1.000 kJ/kg °K
Heat of vaporisation at boiling point	203.64 kJ/kg
Vapour pressure at 25°C	584.4 kPa
Liquid thermal conductivity at 25°C	76.4 W/m °K
Vapour thermal conductivity at 25°C	13.9 W/m °K
Liquid viscosity at 25°C	194.2 µPa sec
Vapour viscosity at 25°C	12.2 µPa sec

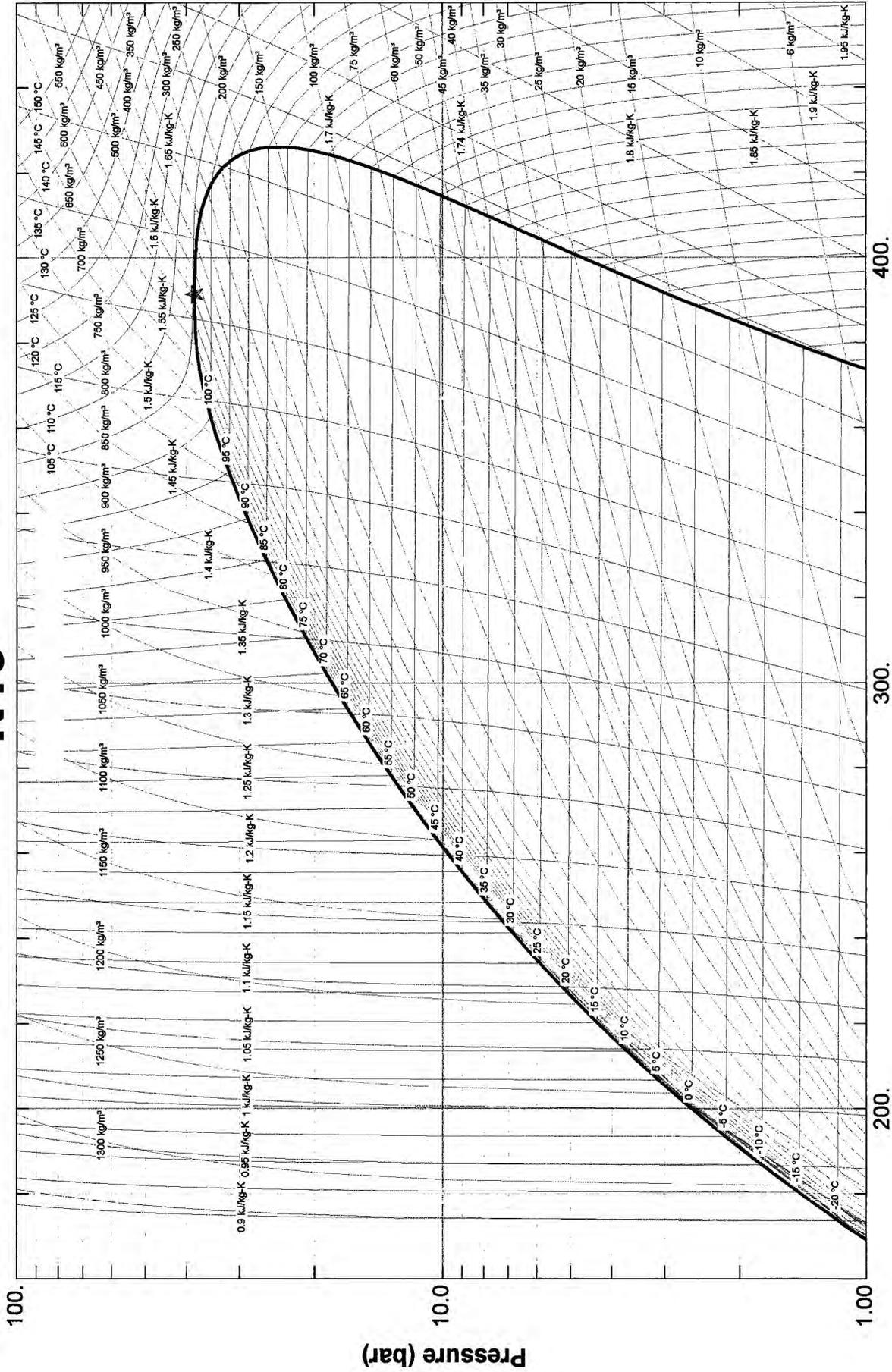
Thermodynamic Performance

- Offers a 60% reduction of GWP
- Shows 87% capacity with similar efficiency (100%)
- Small glide (0.4°C) can be easily addressed during system design

Pressure and temperature

Pressure (absolute)kPa	Liquid (bubble) Temperature°C	Vapor (Dew) Temperature°C
100	-23.7	-23.0
200	-7.0	-6.3
300	4.1	4.7
400	12.6	13.2
500	19.6	20.2
600	25.6	26.2
700	30.9	31.5
800	35.6	36.2
900	39.9	40.6
1000	43.9	44.5
1100	47.6	48.2
1200	51.0	51.7
1300	54.3	54.9
1400	57.3	57.9
1500	60.2	60.8
1600	63.0	63.6
1700	65.6	66.2
1800	68.1	68.7
1900	70.5	71.1
2000	72.9	73.4
2100	75.1	75.6
2200	77.2	77.8
2300	79.3	79.8
2400	81.3	81.8
2500	83.3	83.7
2600	85.2	85.6
2700	87.0	87.4
2800	88.8	89.2
2900	90.5	90.9
3000	92.2	92.6
3100	93.8	94.2
3200	95.4	95.7
3300	96.9	97.3
3400	98.5	98.7
3500	99.9	100.2
3600	101.4	101.6
3700	102.8	102.9
3800	104.1	104.2

N13



Enthalpy (kJ/kg)

Honeywell

This plot was generated using the NIST REFPROP Database (Lemmon, E.W., Huber, M.L., McLinden, M.O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 9.1, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2013) Reference State - IIR

Opteon® XP40
Saturation Properties – Temperature Table
REFPROP

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/(kg.K)]		Temp °C
	Liquid p _f	Vapour p _g	Liquid v _f	Vapour v _g	Liquid d _f	Vapour d _g	Liquid H _f	Latent H _{fg}	Vapour H _g	Liquid S _f	Vapour S _g	
-80	13.940	8.636	0.000690	2.1158	1448.8	0.473	95.6	256.7	352.3	0.551	1.907	-80
-79	14.950	9.325	0.000692	1.9687	1446.0	0.508	96.8	256.1	352.9	0.558	1.902	-79
-78	16.019	10.060	0.000693	1.8335	1443.2	0.545	98.0	255.5	353.5	0.564	1.898	-78
-77	17.151	10.842	0.000694	1.7092	1440.3	0.585	99.3	254.8	354.1	0.570	1.895	-77
-76	18.348	11.673	0.000696	1.5947	1437.5	0.627	100.5	254.2	354.7	0.577	1.891	-76
-75	19.613	12.558	0.000697	1.4892	1434.6	0.672	101.7	253.6	355.3	0.583	1.887	-75
-74	20.949	13.497	0.000698	1.3918	1431.8	0.718	103.0	253.0	356.0	0.589	1.883	-74
-73	22.359	14.493	0.000700	1.3019	1428.9	0.768	104.2	252.3	356.6	0.595	1.879	-73
-72	23.845	15.549	0.000701	1.2189	1426.1	0.820	105.5	251.7	357.2	0.601	1.876	-72
-71	25.412	16.669	0.000703	1.1420	1423.2	0.876	106.7	251.1	357.8	0.608	1.872	-71
-70	27.062	17.853	0.000704	1.0708	1420.3	0.934	107.9	250.5	358.4	0.614	1.869	-70
-69	28.799	19.106	0.000705	1.0049	1417.4	0.995	109.2	249.8	359.0	0.620	1.866	-69
-68	30.625	20.431	0.000707	0.9438	1414.6	1.060	110.4	249.2	359.6	0.626	1.862	-68
-67	32.545	21.830	0.000708	0.8870	1411.7	1.127	111.7	248.6	360.2	0.632	1.859	-67
-66	34.562	23.306	0.000710	0.8342	1408.8	1.199	112.9	247.9	360.9	0.638	1.856	-66
-65	36.679	24.863	0.000711	0.7852	1405.9	1.274	114.2	247.3	361.5	0.644	1.853	-65
-64	38.900	26.504	0.000713	0.7396	1403.0	1.352	115.4	246.6	362.1	0.650	1.850	-64
-63	41.228	28.233	0.000714	0.6971	1400.1	1.435	116.7	246.0	362.7	0.656	1.847	-63
-62	43.669	30.052	0.000716	0.6575	1397.1	1.521	117.9	245.3	363.3	0.662	1.844	-62
-61	46.225	31.965	0.000717	0.6205	1394.2	1.611	119.2	244.7	363.9	0.668	1.841	-61
-60	48.900	33.977	0.000719	0.5861	1391.3	1.706	120.5	244.1	364.5	0.674	1.838	-60
-59	51.698	36.090	0.000720	0.5539	1388.4	1.805	121.7	243.4	365.1	0.680	1.835	-59
-58	54.624	38.308	0.000722	0.5238	1385.4	1.909	123.0	242.7	365.7	0.686	1.832	-58
-57	57.682	40.635	0.000723	0.4956	1382.5	2.018	124.2	242.1	366.3	0.691	1.830	-57
-56	60.876	43.075	0.000725	0.4693	1379.5	2.131	125.5	241.4	366.9	0.697	1.827	-56
-55	64.210	45.632	0.000726	0.4446	1376.6	2.249	126.8	240.8	367.5	0.703	1.825	-55
-54	67.688	48.310	0.000728	0.4214	1373.6	2.373	128.0	240.1	368.1	0.709	1.822	-54
-53	71.315	51.112	0.000730	0.3997	1370.6	2.502	129.3	239.4	368.8	0.715	1.820	-53
-52	75.096	54.045	0.000731	0.3794	1367.6	2.636	130.6	238.8	369.4	0.720	1.817	-52
-51	79.035	57.110	0.000733	0.3602	1364.6	2.776	131.9	238.1	370.0	0.726	1.815	-51
-50	83.137	60.314	0.000734	0.3422	1361.6	2.922	133.1	237.4	370.6	0.732	1.812	-50
-49	87.406	63.660	0.000736	0.3253	1358.6	3.074	134.4	236.7	371.2	0.737	1.810	-49
-48	91.848	67.153	0.000738	0.3094	1355.6	3.232	135.7	236.1	371.8	0.743	1.808	-48
-47	96.466	70.797	0.000739	0.2945	1352.6	3.396	137.0	235.4	372.4	0.749	1.806	-47
-46	101.267	74.597	0.000741	0.2803	1349.6	3.567	138.3	234.7	372.9	0.754	1.803	-46
-45	106.254	78.558	0.000743	0.2670	1346.5	3.745	139.5	234.0	373.5	0.760	1.801	-45
-44	111.434	82.685	0.000744	0.2545	1343.5	3.929	140.8	233.3	374.1	0.766	1.799	-44
-43	116.810	86.982	0.000746	0.2427	1340.4	4.121	142.1	232.6	374.7	0.771	1.797	-43
-42	122.390	91.454	0.000748	0.2315	1337.3	4.320	143.4	231.9	375.3	0.777	1.795	-42
-41	128.176	96.107	0.000749	0.2209	1334.3	4.527	144.7	231.2	375.9	0.782	1.793	-41
-40	134.175	100.945	0.000751	0.2109	1331.2	4.741	146.0	230.5	376.5	0.788	1.791	-40

Opteon® XP4o
Saturation Properties – Temperature Table
REFPROP

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/(kg.K)]		Temp °C
	Liquid p _l	Vapour p _g	Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
-39	140.393	105.973	0.000753	0.2015	1328.1	4.963	147.3	229.8	377.1	0.793	1.789	-39
-38	146.834	111.198	0.000755	0.1926	1325.0	5.193	148.6	229.1	377.7	0.799	1.787	-38
-37	153.504	116.623	0.000757	0.1841	1321.8	5.432	149.9	228.4	378.3	0.805	1.785	-37
-36	160.409	122.255	0.000758	0.1761	1318.7	5.679	151.2	227.6	378.8	0.810	1.784	-36
-35	167.554	128.099	0.000760	0.1685	1315.6	5.935	152.5	226.9	379.4	0.815	1.782	-35
-34	174.944	134.160	0.000762	0.1613	1312.4	6.200	153.8	226.2	380.0	0.821	1.780	-34
-33	182.586	140.444	0.000764	0.1545	1309.3	6.474	155.1	225.4	380.6	0.826	1.778	-33
-32	190.485	146.956	0.000766	0.1480	1306.1	6.758	156.4	224.7	381.1	0.832	1.777	-32
-31	198.647	153.703	0.000768	0.1418	1302.9	7.051	157.8	224.0	381.7	0.837	1.775	-31
-30	207.078	160.690	0.000769	0.1360	1299.7	7.354	159.1	223.2	382.3	0.843	1.773	-30
-29	215.784	167.922	0.000771	0.1304	1296.5	7.668	160.4	222.5	382.9	0.848	1.772	-29
-28	224.770	175.406	0.000773	0.1251	1293.3	7.991	161.7	221.7	383.4	0.853	1.770	-28
-27	234.043	183.148	0.000775	0.1201	1290.1	8.326	163.0	220.9	384.0	0.859	1.768	-27
-26	243.609	191.154	0.000777	0.1153	1286.8	8.671	164.4	220.2	384.5	0.864	1.767	-26
-25	253.474	199.429	0.000779	0.1108	1283.6	9.028	165.7	219.4	385.1	0.870	1.765	-25
-24	263.643	207.980	0.000781	0.1064	1280.3	9.396	167.0	218.6	385.7	0.875	1.764	-24
-23	274.124	216.812	0.000783	0.1023	1277.0	9.776	168.4	217.8	386.2	0.880	1.762	-23
-22	284.922	225.934	0.000785	0.0983	1273.7	10.168	169.7	217.1	386.8	0.885	1.761	-22
-21	296.044	235.350	0.000787	0.0946	1270.4	10.572	171.1	216.3	387.3	0.891	1.760	-21
-20	307.495	245.066	0.000789	0.0910	1267.1	10.989	172.4	215.5	387.9	0.896	1.758	-20
-19	319.283	255.091	0.000791	0.0876	1263.8	11.419	173.8	214.7	388.4	0.901	1.757	-19
-18	331.414	265.429	0.000793	0.0843	1260.4	11.862	175.1	213.9	389.0	0.907	1.755	-18
-17	343.894	276.088	0.000796	0.0812	1257.0	12.318	176.5	213.0	389.5	0.912	1.754	-17
-16	356.730	287.073	0.000798	0.0782	1253.6	12.789	177.8	212.2	390.0	0.917	1.753	-16
-15	369.928	298.393	0.000800	0.0753	1250.2	13.273	179.2	211.4	390.6	0.922	1.751	-15
-14	383.495	310.053	0.000802	0.0726	1246.8	13.772	180.5	210.6	391.1	0.928	1.750	-14
-13	397.437	322.061	0.000804	0.0700	1243.4	14.286	181.9	209.7	391.6	0.933	1.749	-13
-12	411.761	334.423	0.000806	0.0675	1239.9	14.815	183.3	208.9	392.2	0.938	1.748	-12
-11	426.475	347.146	0.000809	0.0651	1236.5	15.359	184.7	208.0	392.7	0.943	1.746	-11
-10	441.584	360.238	0.000811	0.0628	1233.0	15.920	186.0	207.2	393.2	0.948	1.745	-10
-9	457.095	373.704	0.000813	0.0606	1229.5	16.496	187.4	206.3	393.7	0.954	1.744	-9
-8	473.015	387.553	0.000816	0.0585	1226.0	17.089	188.8	205.4	394.2	0.959	1.743	-8
-7	489.352	401.792	0.000818	0.0565	1222.4	17.700	190.2	204.6	394.8	0.964	1.742	-7
-6	506.112	416.427	0.000820	0.0546	1218.9	18.327	191.6	203.7	395.3	0.969	1.741	-6
-5	523.301	431.467	0.000823	0.0527	1215.3	18.973	193.0	202.8	395.8	0.974	1.739	-5
-4	540.927	446.918	0.000825	0.0509	1211.7	19.637	194.4	201.9	396.3	0.979	1.738	-4
-3	558.997	462.788	0.000828	0.0492	1208.1	20.319	195.8	201.0	396.8	0.985	1.737	-3
-2	577.519	479.084	0.000830	0.0476	1204.4	21.020	197.2	200.1	397.3	0.990	1.736	-2
-1	596.498	495.814	0.000833	0.0460	1200.8	21.742	198.6	199.2	397.7	0.995	1.735	-1
0	615.942	512.986	0.000835	0.0445	1197.1	22.483	200.0	198.2	398.2	1.000	1.734	0
1	635.859	530.607	0.000838	0.0430	1193.4	23.244	201.4	197.3	398.7	1.005	1.733	1

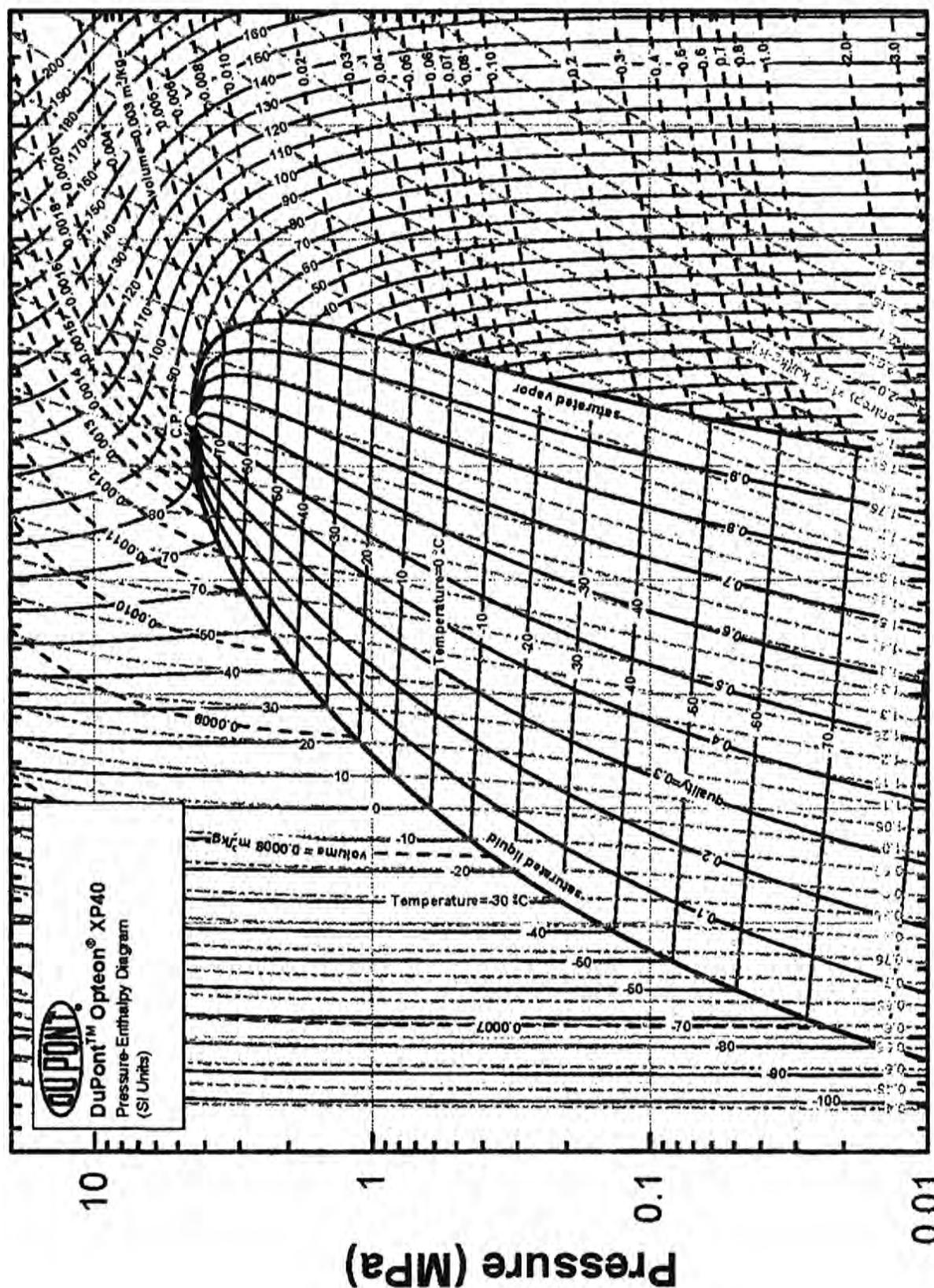
Opteon® XP40
Saturation Properties – Temperature Table
REFPROP

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/(kg.K)]		Temp °C
	Liquid p _f	Vapour p _g	Liquid v _f	Vapour v _g	Liquid d _f	Vapour d _g	Liquid H _f	Latent H _{fg}	Vapour H _g	Liquid S _f	Vapour S _g	
2	656.255	548.685	0.000841	0.0416	1189.7	24.027	202.8	196.3	399.2	1.010	1.732	2
3	677.137	567.228	0.000843	0.0403	1185.9	24.831	204.3	195.4	399.7	1.015	1.731	3
4	698.514	586.244	0.000846	0.0390	1182.1	25.657	205.7	194.4	400.1	1.020	1.730	4
5	720.392	605.741	0.000849	0.0377	1178.3	26.506	207.1	193.5	400.6	1.026	1.729	5
6	742.778	625.726	0.000851	0.0365	1174.5	27.378	208.6	192.5	401.0	1.031	1.728	6
7	765.681	646.208	0.000854	0.0354	1170.7	28.274	210.0	191.5	401.5	1.036	1.727	7
8	789.107	667.196	0.000857	0.0343	1166.8	29.193	211.5	190.5	402.0	1.041	1.726	8
9	813.063	688.696	0.000860	0.0332	1162.9	30.138	212.9	189.5	402.4	1.046	1.725	9
10	837.558	710.719	0.000863	0.0321	1159.0	31.109	214.4	188.5	402.8	1.051	1.724	10
11	862.599	733.272	0.000866	0.0311	1155.0	32.105	215.8	187.5	403.3	1.056	1.723	11
12	888.193	756.363	0.000869	0.0302	1151.0	33.128	217.3	186.4	403.7	1.061	1.722	12
13	914.348	780.002	0.000872	0.0293	1147.0	34.179	218.8	185.4	404.1	1.066	1.721	13
14	941.072	804.196	0.000875	0.0284	1143.0	35.259	220.2	184.3	404.5	1.071	1.720	14
15	968.371	828.956	0.000878	0.0275	1138.9	36.367	221.7	183.3	405.0	1.076	1.719	15
16	996.255	854.289	0.000881	0.0267	1134.8	37.505	223.2	182.2	405.4	1.081	1.718	16
17	1024.730	880.204	0.000884	0.0259	1130.6	38.674	224.7	181.1	405.8	1.086	1.717	17
18	1053.804	906.711	0.000888	0.0251	1126.4	39.874	226.2	180.0	406.2	1.091	1.716	18
19	1083.486	933.819	0.000891	0.0243	1122.2	41.106	227.7	178.9	406.5	1.096	1.715	19
20	1113.783	961.536	0.000894	0.0236	1118.0	42.372	229.2	177.7	406.9	1.102	1.714	20
21	1144.702	989.873	0.000898	0.0229	1113.7	43.672	230.7	176.6	407.3	1.107	1.713	21
22	1176.253	1018.839	0.000901	0.0222	1109.4	45.006	232.2	175.5	407.7	1.112	1.712	22
23	1208.442	1048.443	0.000905	0.0216	1105.0	46.378	233.7	174.3	408.0	1.117	1.711	23
24	1241.277	1078.695	0.000909	0.0209	1100.6	47.786	235.3	173.1	408.4	1.122	1.710	24
25	1274.768	1109.605	0.000912	0.0203	1096.2	49.232	236.8	171.9	408.7	1.127	1.709	25
26	1308.921	1141.183	0.000916	0.0197	1091.7	50.718	238.3	170.7	409.1	1.132	1.708	26
27	1343.745	1173.438	0.000920	0.0191	1087.2	52.245	239.9	169.5	409.4	1.137	1.707	27
28	1379.249	1206.382	0.000924	0.0186	1082.6	53.814	241.4	168.3	409.7	1.142	1.706	28
29	1415.440	1240.024	0.000928	0.0180	1078.0	55.425	243.0	167.0	410.0	1.147	1.705	29
30	1452.326	1274.375	0.000932	0.0175	1073.3	57.082	244.6	165.8	410.3	1.152	1.704	30
31	1489.916	1309.445	0.000936	0.0170	1068.6	58.784	246.1	164.5	410.6	1.157	1.703	31
32	1528.219	1345.246	0.000940	0.0165	1063.9	60.535	247.7	163.2	410.9	1.162	1.702	32
33	1567.242	1381.788	0.000944	0.0160	1059.0	62.334	249.3	161.9	411.2	1.167	1.701	33
34	1606.994	1419.082	0.000949	0.0156	1054.2	64.184	250.9	160.5	411.5	1.172	1.700	34
35	1647.484	1457.141	0.000953	0.0151	1049.3	66.087	252.5	159.2	411.7	1.178	1.699	35
36	1688.720	1495.975	0.000958	0.0147	1044.3	68.045	254.1	157.8	412.0	1.183	1.698	36
37	1730.711	1535.596	0.000962	0.0143	1039.2	70.058	255.8	156.4	412.2	1.188	1.697	37
38	1773.465	1576.016	0.000967	0.0139	1034.1	72.131	257.4	155.0	412.4	1.193	1.696	38
39	1816.992	1617.247	0.000972	0.0135	1029.0	74.264	259.0	153.6	412.6	1.198	1.695	39
40	1861.299	1659.303	0.000977	0.0131	1023.7	76.461	260.7	152.1	412.8	1.203	1.693	40
41	1906.396	1702.195	0.000982	0.0127	1018.4	78.723	262.3	150.7	413.0	1.208	1.692	41
42	1952.292	1745.936	0.000987	0.0123	1013.1	81.054	264.0	149.2	413.2	1.213	1.691	42

Opteon® XP40
Saturation Properties – Temperature Table
REFPROP

Temp °C	Pressure [kPa]		Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/(kg.K)]		Temp °C
	Liquid p _f	Vapour p _g	Liquid v _f	Vapour v _g	Liquid d _f	Vapour d _g	Liquid H _f	Latent H _{fg}	Vapour H _g	Liquid S _f	Vapour S _g	
43	1998.995	1790.540	0.000992	0.0120	1007.6	83.456	265.7	147.7	413.3	1.219	1.690	43
44	2046.515	1836.020	0.000998	0.0116	1002.1	85.931	267.4	146.1	413.5	1.224	1.689	44
45	2094.860	1882.391	0.001004	0.0113	996.5	88.485	269.1	144.5	413.6	1.229	1.687	45
46	2144.041	1929.666	0.001009	0.0110	990.8	91.119	270.8	142.9	413.7	1.234	1.686	46
47	2194.065	1977.861	0.001015	0.0107	985.0	93.837	272.5	141.3	413.8	1.239	1.685	47
48	2244.943	2026.989	0.001021	0.0103	979.1	96.644	274.2	139.7	413.9	1.245	1.683	48
49	2296.684	2077.068	0.001028	0.0100	973.1	99.544	276.0	138.0	414.0	1.250	1.682	49
50	2349.297	2128.113	0.001034	0.0098	967.0	102.541	277.7	136.3	414.0	1.255	1.681	50
51	2402.791	2180.140	0.001041	0.0095	960.8	105.641	279.5	134.5	414.0	1.261	1.679	51
52	2457.176	2233.167	0.001048	0.0092	954.5	108.848	281.3	132.7	414.0	1.266	1.678	52
53	2512.465	2287.211	0.001055	0.0089	948.0	112.169	283.1	130.9	414.0	1.271	1.676	53
54	2568.662	2342.291	0.001062	0.0086	941.5	115.610	284.9	129.1	414.0	1.277	1.674	54
55	2625.779	2398.425	0.001070	0.0084	934.7	119.179	286.8	127.2	413.9	1.282	1.673	55
56	2683.826	2455.635	0.001078	0.0081	927.9	122.882	288.6	125.2	413.8	1.288	1.671	56
57	2742.812	2513.941	0.001086	0.0079	920.8	126.729	290.5	123.2	413.7	1.293	1.669	57
58	2802.748	2573.365	0.001095	0.0076	913.6	130.729	292.4	121.2	413.6	1.299	1.668	58
59	2863.643	2633.930	0.001103	0.0074	906.3	134.893	294.3	119.1	413.4	1.304	1.666	59
60	2925.507	2695.661	0.001113	0.0072	898.7	139.232	296.3	116.9	413.2	1.310	1.664	60
61	2988.349	2758.583	0.001122	0.0070	890.9	143.759	298.2	114.7	413.0	1.316	1.662	61
62	3052.179	2822.728	0.001133	0.0067	882.9	148.490	300.2	112.5	412.7	1.321	1.659	62
63	3117.006	2888.119	0.001143	0.0065	874.6	153.441	302.3	110.1	412.4	1.327	1.657	63
64	3182.838	2954.792	0.001155	0.0063	866.0	158.632	304.3	107.7	412.0	1.333	1.655	64
65	3249.685	3022.780	0.001167	0.0061	857.2	164.084	306.4	105.2	411.6	1.339	1.652	65
66	3317.553	3092.121	0.001179	0.0059	848.0	169.824	308.5	102.6	411.2	1.345	1.650	66
67	3386.449	3162.858	0.001193	0.0057	838.4	175.881	310.7	100.0	410.7	1.351	1.647	67
68	3456.379	3235.034	0.001207	0.0055	828.4	182.291	312.9	97.2	410.1	1.357	1.644	68
69	3527.346	3308.702	0.001223	0.0053	818.0	189.098	315.2	94.2	409.4	1.364	1.641	69
70	3599.350	3383.920	0.001239	0.0051	807.0	196.352	317.5	91.2	408.7	1.370	1.638	70
71	3672.390	3460.755	0.001257	0.0049	795.4	204.117	319.9	88.0	407.9	1.377	1.635	71
72	3746.456	3539.285	0.001277	0.0047	783.1	212.473	322.4	84.6	407.0	1.384	1.631	72
73	3821.535	3619.602	0.001299	0.0045	769.9	221.522	325.0	81.0	405.9	1.391	1.627	73
74	3897.595	3701.821	0.001323	0.0043	755.7	231.400	327.7	77.1	404.8	1.399	1.622	74
75	3974.589	3786.086	0.001351	0.0041	740.2	242.290	330.5	72.9	403.4	1.406	1.617	75
76	4052.434	3872.587	0.001383	0.0039	723.0	254.453	333.5	68.3	401.8	1.415	1.612	76
77	4130.986	3961.590	0.001421	0.0037	703.6	268.283	336.8	63.2	400.0	1.424	1.605	77
78	4209.967	4053.496	0.001468	0.0035	681.0	284.419	340.4	57.3	397.7	1.434	1.598	78
79	4288.774	4148.988	0.001531	0.0033	653.1	304.039	344.6	50.3	394.9	1.445	1.589	79
80	4365.740	4249.490	0.001626	0.0030	614.9	329.798	350.0	41.0	391.1	1.460	1.577	80

Pressure (Bar)



550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50

Enthalpy (kJ/kg)



www.schiessl.at

A-5101 **Bergheim** b. Salzburg, Plainbachstr. 1
 A-4061 **Pasching** b. Linz, Gewerbepark Wagram 6
 A-1230 **Wien**, Bürostraße 9
 A-8051 **Graz**, Kärntnerstraße 303
 A-6065 **Thaur** b. Innsbruck, Römerstraße 14
 A-9201 **Krumpendorf** a. Wörthersee, Hauptstr. 155
 A-6922 **Wolfurt**, Bahnhofstr. 10

☎ (0043) 0662/455 777 - 0	Fax (0043) 0662/455 777-37
☎ (0043) 07229/630 50 - 0	Fax (0043) 07229/630 50-20
☎ (0043) 01/804 85 02	Fax (0043) 01/804 85 02 -25
☎ (0043) 0316/685 744	Fax (0043) 0316/685 744-20
☎ (0043) 05223/446 77	Fax (0043) 05223/447 99
☎ (0043) 04229/402 89	Fax (0043) 04229/403 89
☎ (0043) 05574/208 68	Fax (0043) 05574/208 68-40