



SCHIESSL

Österreich 

Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 19:

**Sind brennbare Kältemittel
die Zukunft?**

Inhalt

1.	Welchen Anteil hat die Kälte- und Klimatechnik an den HFKW-Emissionen und am Treibhauseffekt?	3
2.	Was kann der Kälteanlagenbauer zur Reduzierung des Treibhauseffektes tun?	8
2.1	Einsatz alternativer Kälteverfahren und halogenfreier Kältemittel mit einem GWP ≤ 3	8
2.2	Bau energieeffizienter Kälteanlagen und deren energieeffizienter Betrieb	12
2.3	Einsatz von HFO-Kältemitteln mit geringem GWP und Umstellung von HFKW-Kälteanlagen	12
2.4	Dichtheit von Kälteanlagen und Lecksuche	16
3.	A2L-Kältemittel die langfristige Alternative für die Gewerbekälte	17
3.1	Einteilung der Kältemittel nach EN378 und Kriterien für die Einteilung	17
3.2	Sicherheitsvorschriften und Normen für den Einsatz brennbarer Kältemittel	19
3.2.1	Vorschriften und Normen für den Bau von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln	19
3.2.2	Freigrenzen für A2L- und A3-Kältemittel	23
3.2.3	Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378-1	25
3.2.4	Risikobeurteilung bei Verwendung brennbarer Kältemittel Klasse A2L oder A3	37
3.2.5	Sicherheitsvorschriften für das Betreiben von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln	42
4.	Monteurausrüstung für A2L- und A3-Kältemittel	43
5.	Hinweise zum Umgang mit A2L- und A3-Kältemitteln	43
6.	Zusammenfassung	44
	Notizen	45

1. Welchen Anteil hat die Kälte- und Klimatechnik an den HFKW-Emissionen und am Treibhauseffekt?

Im Kigali (Ruanda) -Abkommen 2016 verpflichtet sich die Staatengemeinschaft zum schrittweisen, globalen Ausstieg aus den HFKW, um den Temperaturanstieg der globalen Mitteltemperatur um 0,5K bis 2100 zu reduzieren.

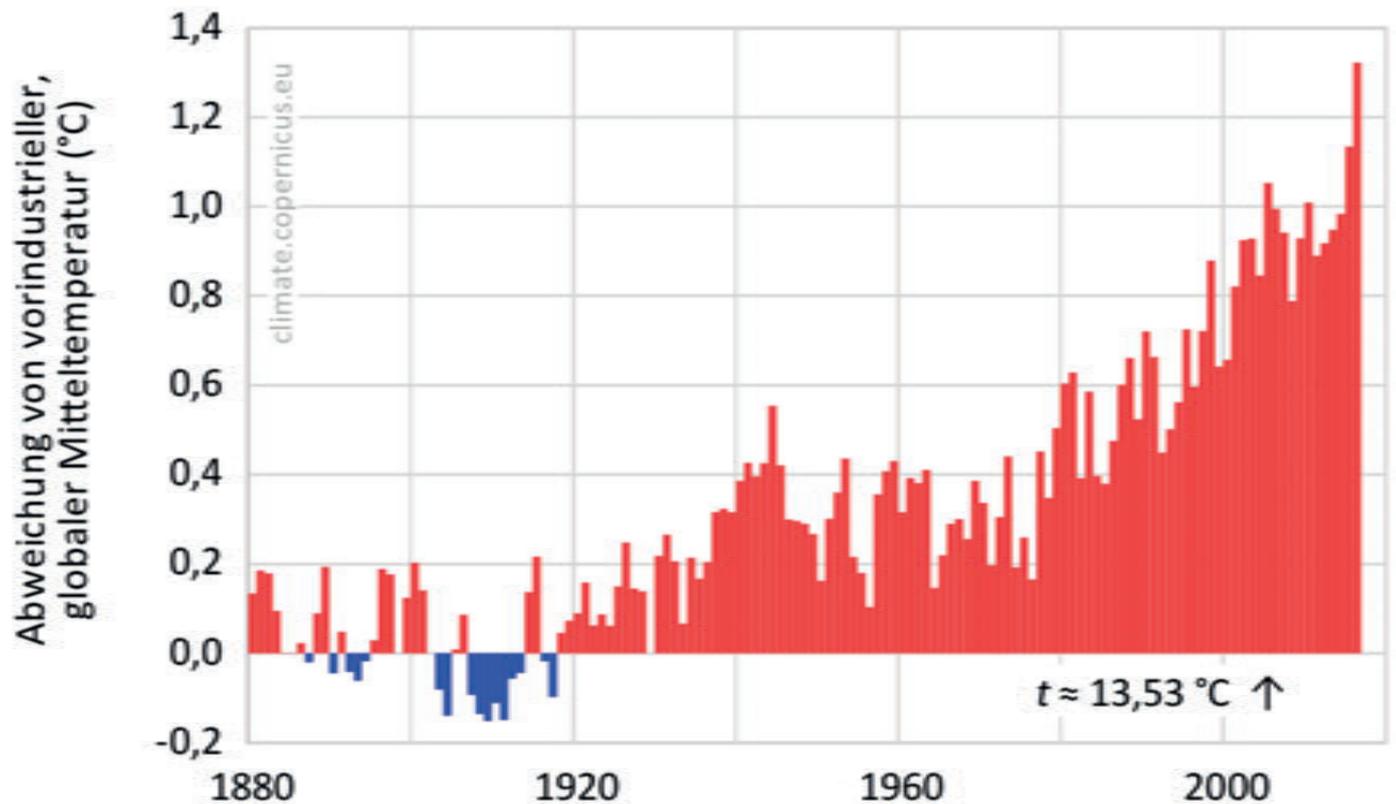
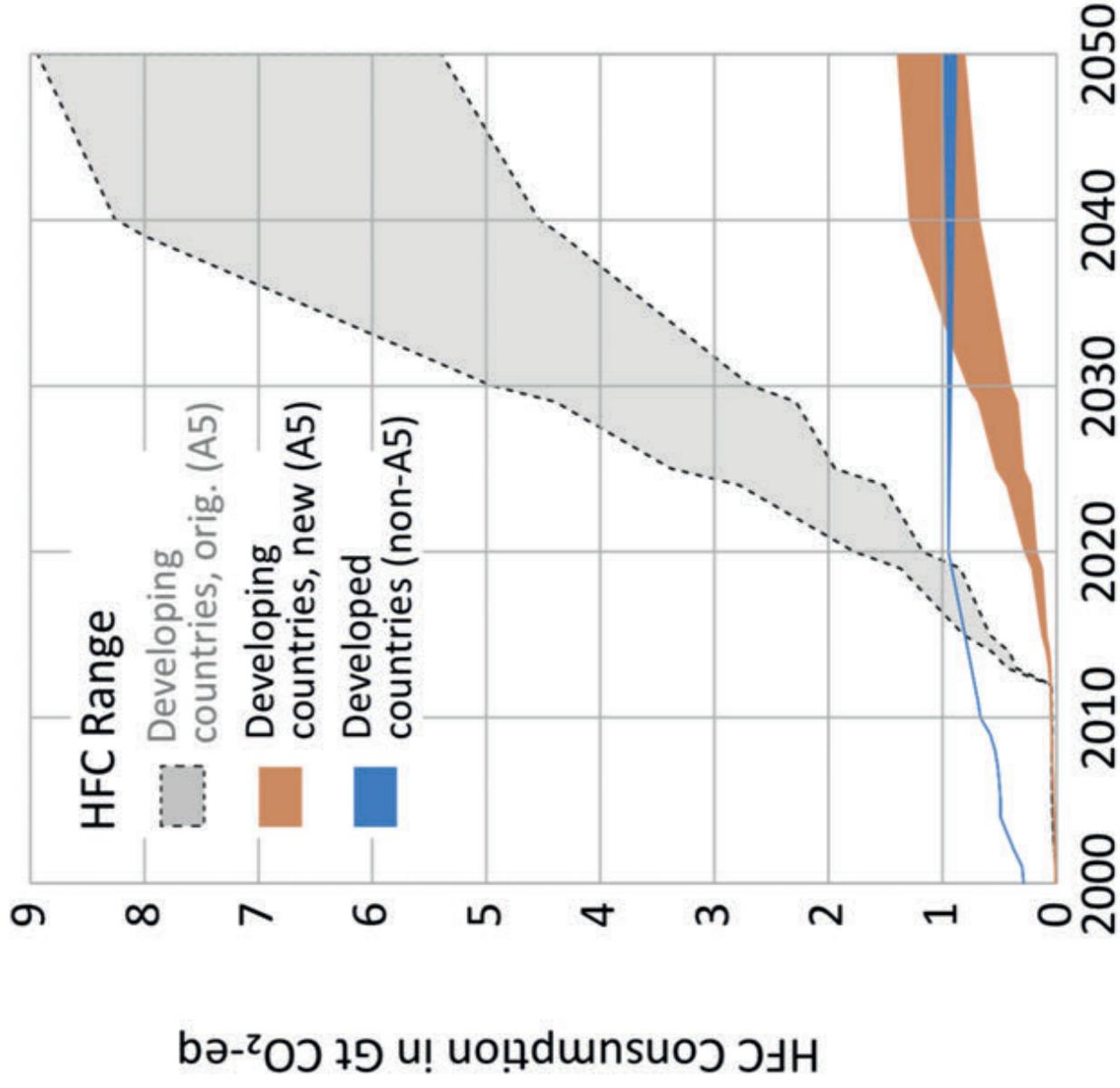


Bild 1: Abweichung der globalen Mitteltemperatur von der vorindustriellen Temperatur, 1880 - 2016

- Auslöser für den von der UN beschlossenen Anstieg aus den HFKW war der prognostizierte sehr hohe Verbrauch der Entwicklungsländer (Bild 2).
- Gegenwärtig haben die HFKW nur einen Anteil von 4% an den CO₂ - Äquivalenten Treibhausgasemissionen (Bild 3).
- Gemäß Bericht des Forschungszentrums der EU „EDGAR“ von 2014 hat die Kälte- und Klimatechnik nur einen kleinen Anteil an den HFK-Gesamtemissionen (Bild 4).

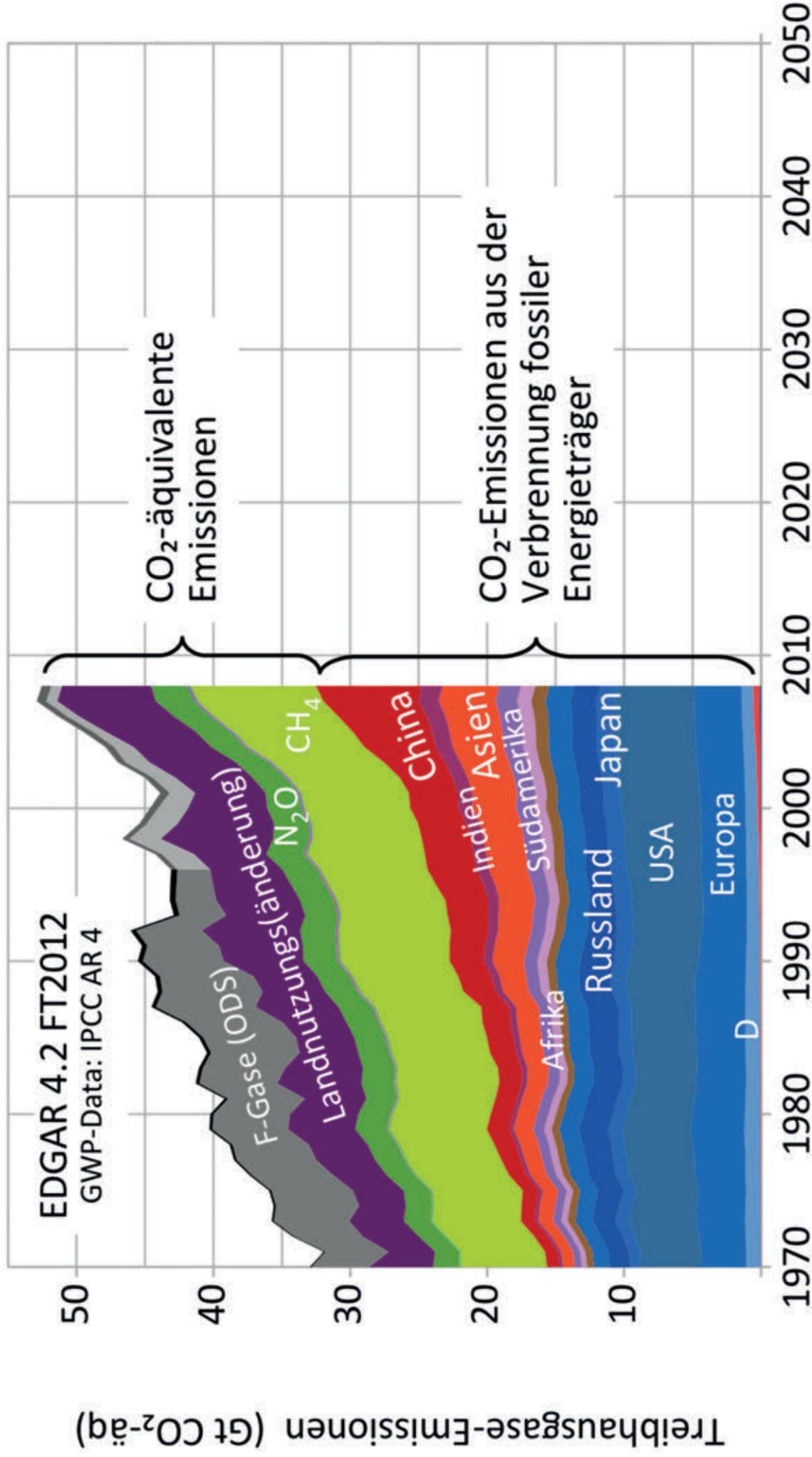
Bild 2: HFKW-Verbrauch bis 2050



Verbrauchs-Projektion

- mit ursprünglicher Steigerungsrate 2012/2013
- mit geänderter Steigerungsrate 2012/2013
- Verringerung des Verbrauchs um 84 - 85 %
- Wie verändern sich dann die Emissionen? →

Bild 3: Globale Emissionen aller Treibhausgase bis 2008, JRC EU-Kommission
 Emission Database for Global Atmospheric Research, F-Gase (Ozone Depleting Substances): UNEP



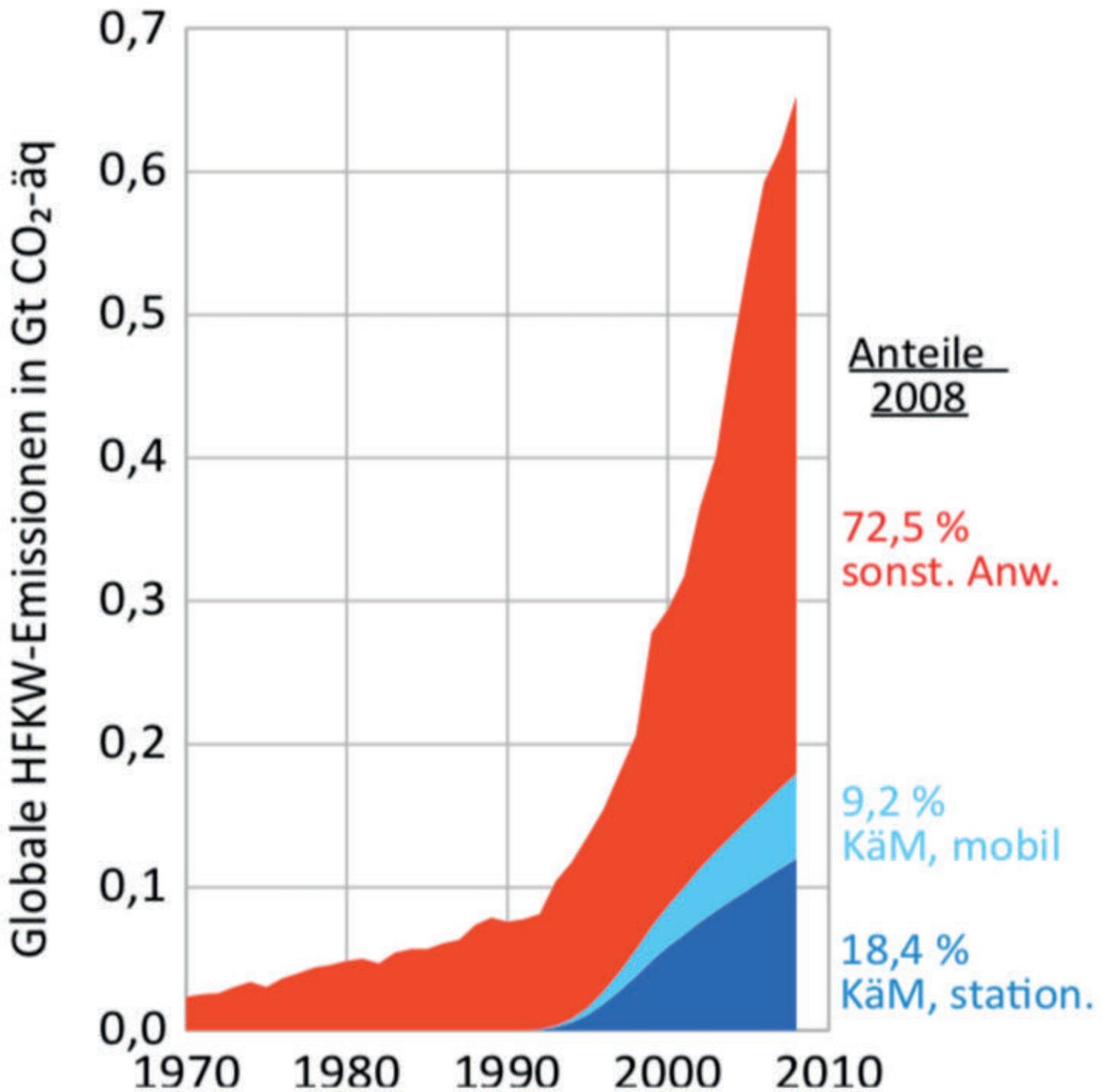


Bild 4: Globale HFKW-Emissionen nach Kältemittel-(KäM) und sonstigen Anwendungen

Bild 5 zeigt wichtige Anwendungen von F-Gasen nach DESTATIS.

Nach DESTATIS wurden in Deutschland 21% der CO₂ - Äquivalenten F-Gase in der stationären Kältetechnik eingesetzt. 2017 waren das, für die Instandhaltung stationäre Kälteanlagen 4,8 Miot CO₂ - äq = 0,46% der Gesamtemissionen.

Bild 5: Wichtigste technische Anwendungen von F-Gasen
(fluorhaltige Kohlenwasserstoff-Derivate)

PFKW (voll- oder perfluorierte Kohlenwasserstoffe)	HFKW (teilfluorierte Kohlenwasserstoffe)	SF₆ (Schwefelhexafluorid)
Primäraluminiumproduktion	PU-Hartschäume	Isoliergas in elektr. Schaltsystemen
Plasmaätzverfahren	PU-Integralschäume	Schallschutzscheiben
Ausgangsstoff zur PTFE-Herstellung	PU-Montageschäume	Autoreifen
Herstellung von Leiterplatten	XPS-Dämmstoffe	Magnesium-Guss
Halbleiterherstellung	Feuerlöschmittel	Spurengas
Kältemittel (minimale Mengen)	Dosieraerosole	Aluminium-Reinigung
	allgemeine Aerosole	Flugzeug-Radar
	Novelty-Aerosole	Sportschuhsolen
	Lösemittel	Teilchenbeschleuniger
	Kältemittel	Starkstrom-Kondensatoren
		Leiterplattenfertigung
		Halbleiterfertigung
		Aluminiumproduktion

Schlussfolgerung des DKV und des BIV:

- Der Ausstieg der Kältebranche aus den HFKW-Kältemitteln wird nicht den erhofften Einfluß auf die globale Mitteltemperatur haben.
- Es sind effektive Maßnahmen erforderlich, um den Klimawandel zu begrenzen.
- Im Bereich der Kälte- und Klimatechnik und Wärmepumpen ist eine Steigerung der Energieeffizienz in Kombination mit erneuerbaren Energien notwendig.
- Speicherung thermischer Energie in Form von Wärme und Kälte.

2. Was kann der Kälteanlagenbauer zur Reduzierung des Treibhauseffektes tun?

2.1 Einsatz alternativer Kälteverfahren und halogenfreier Kältemittel mit einem GWP ≤ 3

Bedingungen für einen breiten Einsatz:

- Technische Beherrschung der Sicherheitsrisiken bei brennbaren und giftigen Stoffen.
- Keine Erhöhung des Energieverbrauches gegenüber F-Gasen. Der Energieverbrauch der Kälteanlage = indirekter Treibhauseffekt = 80% des Gesamt-GWP

Unproblematisch ist der Einsatz brennbarer und giftiger Stoffe bei indirekter Kühlung mit Kaltwasser oder Sole.

Die Nachteile dabei sind:

- 10 bis 15% höherer Energieverbrauch durch tiefere Verdampfungstemperatur und Antriebsleistung für Pumpen
- 10 bis 20% höhere Investitionskosten gegenüber Direktverdampfung

Einsatz von CO₂ (R744) - GWP = 1

- Kaskaden- oder Booster-Systeme im Supermarkt
- Industrie-Kälteanlagen
- Verkaufsautomaten für Getränke
- Hochtemperatur-Wärmepumpen
- Erdsonden für Wärmepumpen

Einsatz von NH₃ (R717) und R723 (NH₃ / DME) - GWP = 0

- Großkälteanlagen für Brauereien, Molkereien, fleischverarbeitende Betriebe, Obstkühlhäuser
- Groß-Wärmepumpen
- große Kaltwassersätze
- Absorptions Kälte-Geräte

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

Tabelle 1: Kohlenwasserstoffe als Kältemittel

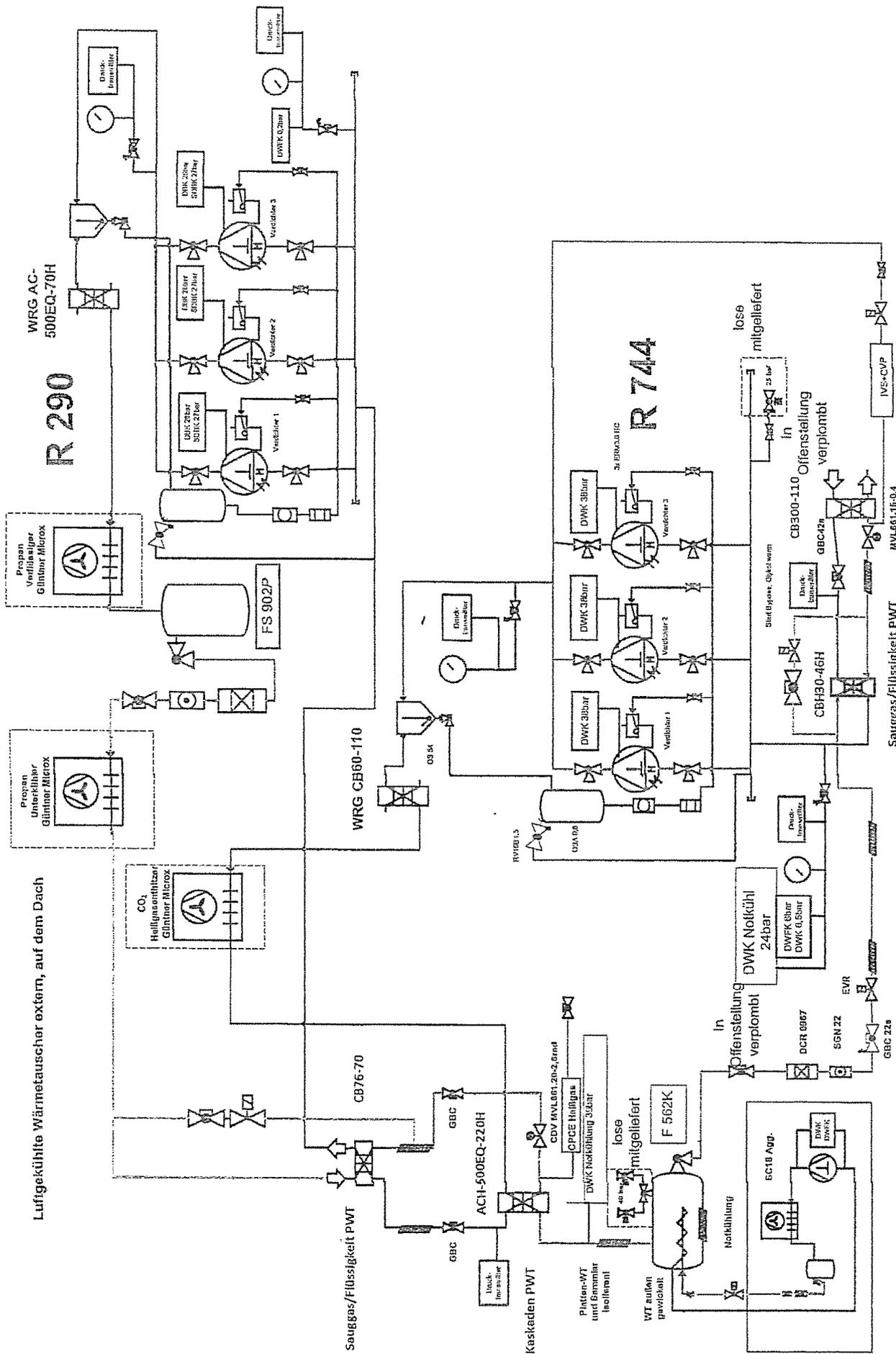
Kältemittel	Anwendungsbereich
R600a	Haushaltskühlschränke, Kühlmöbel, ORC-Anlagen
R290	<ul style="list-style-type: none"> steckerfertige Kühlmöbel (z.B. Lidl-Märkte) kompakte Wärmepumpen Luft-Wasser Split-Klimageräte Kaltwassersätze Industrie-Kälteanlagen Supermarkt mit indirekter Kühlung
R1270 / R170 Kaskaden	Kühlgeräte für Medizin und Pharmazie (Tiefsttemperaturanwendungen)

Einsatz von Wasser (R718) als Kältemittel

- H₂O / LiBr - Absorptionskälteanlagen zur Klimatisierung, Leistungsbereich bis zu mehreren MW
- H₂O / Molsieb oder H₂O / Silikagel - Adsorptionskälteanlagen zur Klimatisierung, kleine kompakte Geräte, Leistung 8 bis 40 kW und große Anlagen bis 1 MW

Der COP von Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen ist ca. 30 % niedriger im Vergleich zu Kompressions-Kälteanlagen. Einsatz erfolgt, wenn Abwärme aus Industriebetrieben, Kraftwerken, BHKW's zu Verfügung steht oder mit Solarkollektoren.

- Dampfstrahlkälteanlagen im Industriebereich bis 50 MW
- Kaltwassersätze mit Turboverdichtern, z.B. von der „Efficient Energy GmbH“
- Adiabate Kühlung zur Klimatisierung
- Vakuumkühlung für Gemüse und Backwaren



Luftgekühlte Wärmetauscher extern, auf dem Dach

Euro-Line Verbundanlage
 EV3B-6H R290
 174 KW
 bei -10/-45 Grad C

Sauggas/Flüssigkeit PWT
 Datum: 14.05.2012
 Kom.:IHV

Euro-Line Verbundanlage
 EV3B-4VSL R744
 130 KW @ -40 / -5°C
 TK-Verbund

Schieschl
 Kälte- und Klimaanlagebedarf

Robert Schieschl GmbH
 Baust
 NL Oberntaching

Bild 6: Propan / CO2 - Kaskade zur Hopfenkühlung

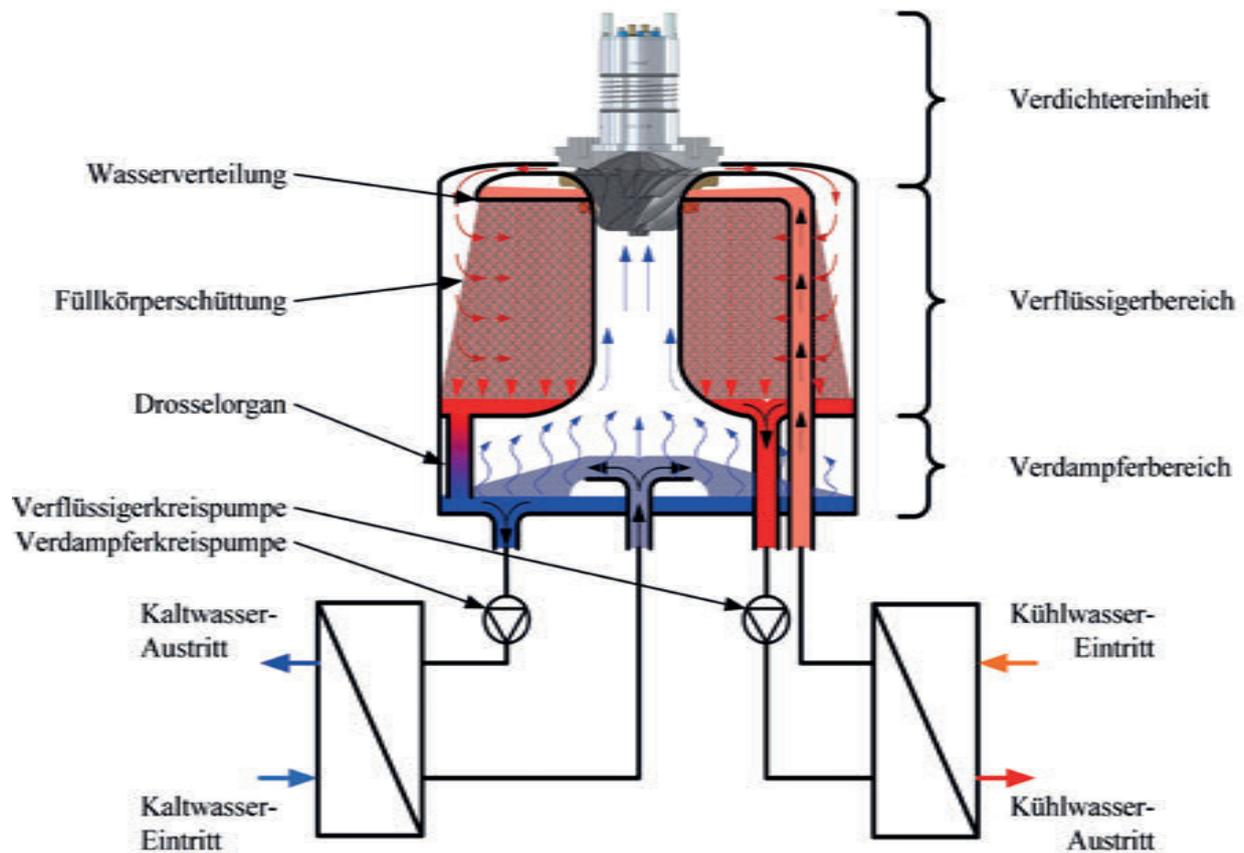


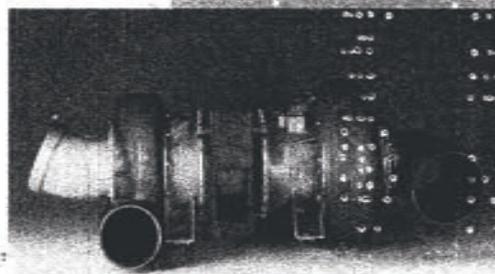
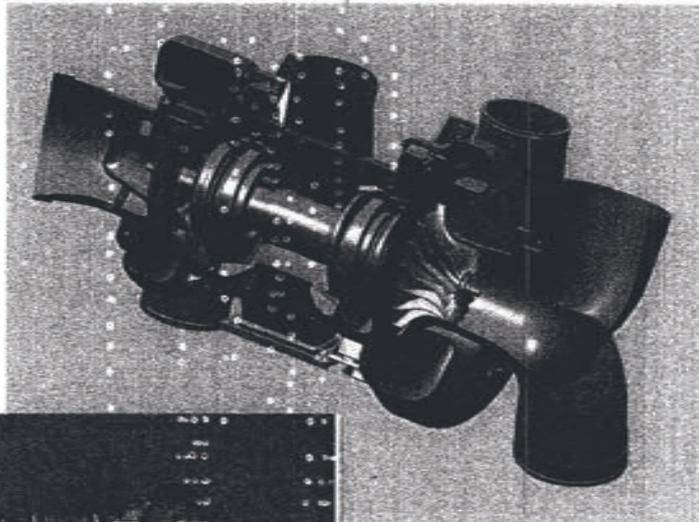
Bild 7: Der Kältesatz des eChillers (Efficient Energy GmbH)

Einsatz von Luft als Kältemittel in Kaltgasanlagen, z.B. Klimatisierung des ICE3

HVAC module of ICE3, 2nd production

Motorized Air cycle machine (MACM):

- 40 kW AC brushless synchronous motor
- Air cooled
- Axial turbine stage
- Radial compressor stage
- 38,500 rpm
- Magnetic bearings
- No lubricants
- 80 kg



LIEBHERR

Bild 7: ICE3

Fazit:

Für die Vielzahl von Kälteanlagen kleiner und mittlerer Leistung ist keine generelle neue Lösung in Sicht!

2.2 Bau energieeffizienter Kälteanlagen und deren energieeffizienter Betrieb

- Klimaschutzziele sind nur mit Senkung des Energieverbrauches erreichbar
- Der indirekte Treibhauseffekt = Energieverbrauch beträgt 80%!

$$t_o \text{ um } 1\text{K zu tief} = +4\% P_{el}$$

$$t_k \text{ um } 1\text{K zu hoch} = +1 \text{ bis } 2\% P_{el}$$

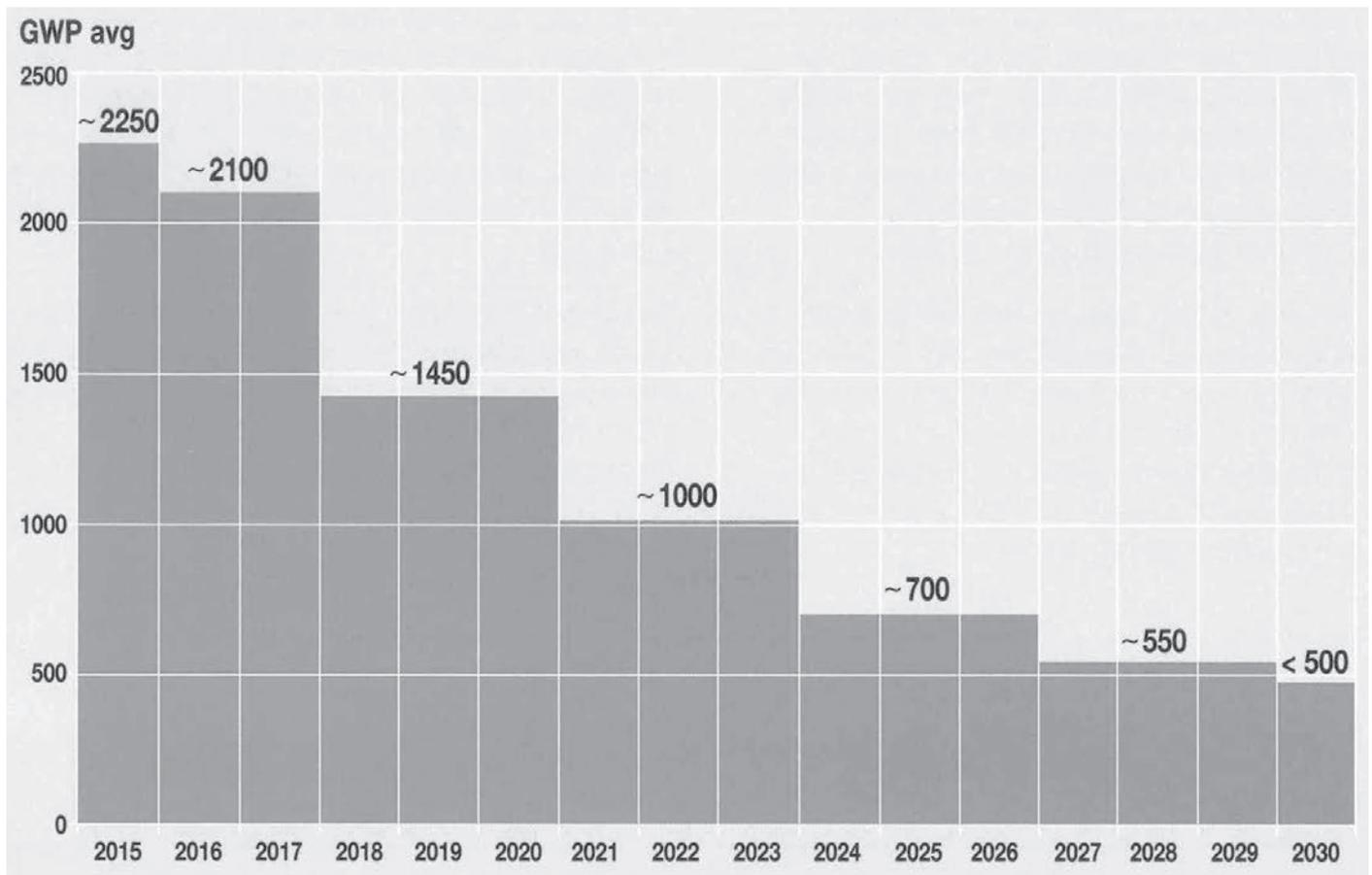
- effiziente Abtauverfahren, z.B. Heißgasabtauung, Elektroabtauung nur mit Bedarfsabtaureglern, Soleabtauung
- Konsequente Abwärmenutzung von Kälteanlagen
- Einsatz von Wärmepumpen, Kälte-Wärme-Kopplung, Energiespeicherung
- regelmäßige Wartung von Kälteanlagen

2.3 Einsatz von HFO-Kältemitteln mit geringem GWP und Umstellung von HFKW-Kälteanlagen

Die F-Gase-Verordnung 517/2014/EU schreibt eine Senkung des durchschnittlichen GWP für Kältemittel auf ca. 500 bis 2030 vor (Bild 9).

Tabelle 2 zeigt mittel- und langfristig einsetzbare HFO-Kältemittel. Dabei sind nur Stoffe von Chemours (DuPont) und Honeywell aufgelistet, die in erster Linie von den Großhändlern in Deutschland und Österreich vertrieben werden.

Bild 9: Theoretische durchschnittliche GWP-Werte durch Mengenbegrenzung („Phase-Down“)



Bereich	jetzt		mittelfristig A1		langfristig A2L	
	HFKW	GWP	HFO	GWP	HFO	GWP
NK-Bereich	R134a	1430	R513A	631	R1234yf	4
			R450A	604	R444A	92
					R515B ³⁾	299
TK-Bereich	R404A	3922	R449A	1397	R454A	239
	R507	3985	R448A	1387	R454C	148
	R407A	1770	R452A	2140		
	R407F	1820	R513A ¹⁾	631		
Klima	R407C	1520	R32 ²⁾	675	R444B	295
	R410A	1720	R466A	696	R454B	466

Tabelle 2: Mittel- und langfristig einsetzbare HFO-Kältemittel

¹⁾ mit Unterkühlung
²⁾ A2L
³⁾ A1

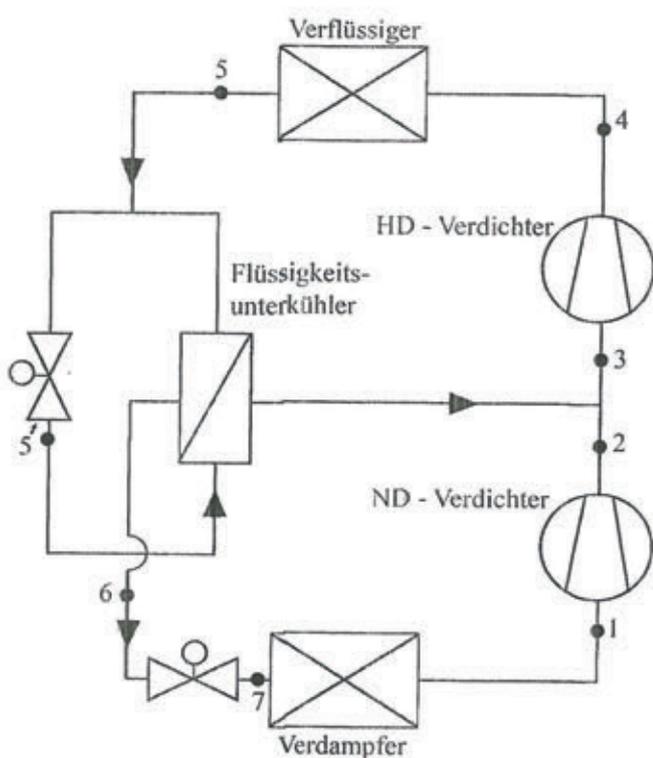


Bild 10: Schema einer Kälteanlage mit zweistufiger Verdichtung einstufiger Entspannung und Flüssigkeitsunterkühlung

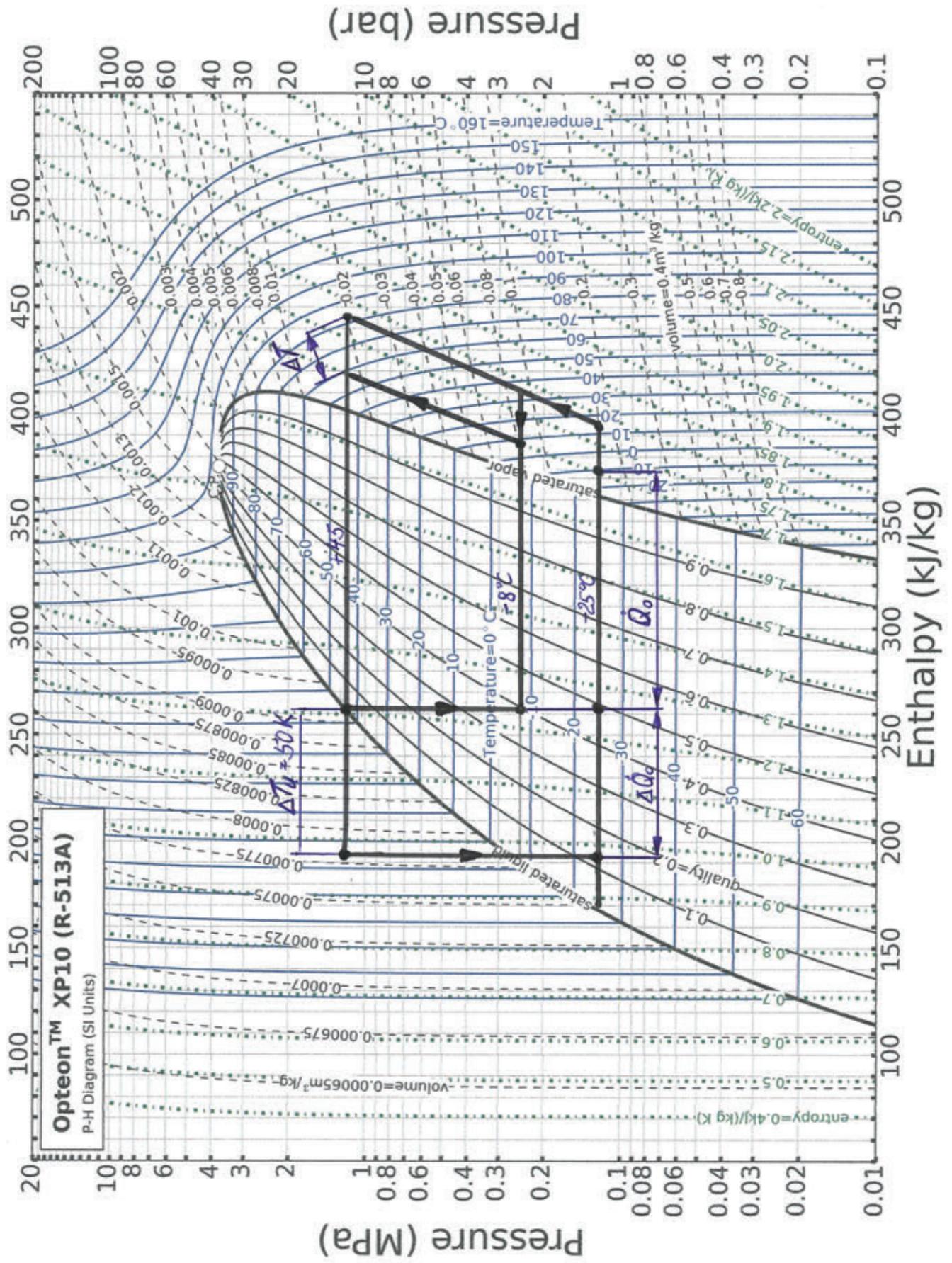


Bild 11: logp, h-Diagramm // R513A (XP10)

Leistungsvergleich R449A mit R513A

Basis: Bitzer-Verdichter 4 HE-18Y-40P

$$t_o = -25^{\circ}\text{C}, t_k = +45^{\circ}\text{C}, t_{\text{oh}^2} = -10^{\circ}\text{C}$$

Kältemittel	Qo (kW)	Pel (kW)	COP	t _{vend} (°C)
R449A	16,45	10,36	1,59	103,5
R513A	10,01	6,44	1,55	83,8
R513A t _u = 30K	13,94	6,44	2,17	~70
R513A t _u = 40K	15,15	6,44	2,35	~65
R513A t _u = 50K	16,32	6,44	2,54	~60

2.4 Dichtheit von Kälteanlagen und Lecksuche

- Bau von technisch dichten Kälteanlagen
- Weitgehender Verzicht auf lösbare Verbindungen
- Beherrschung von Rohrleitungsschwingungen und Gaspulsationen
- Reduzierung der Füllmengen, z.B. microox-Verflüssiger
- Regelmäßige Lecksuche und Beseitigung der Leckagen
- Gemäß Verordnung 517/2014/EU Kontrollintervalle nach Tonnen CO₂-Äquivalent = GWP x Kältemittelmenge in kg

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

- Ab 500t muss eine Gaswarnanlage eingesetzt werden
- Einsatz hochwertiger Lecksuchgeräte
- Lecksuche nur durch sachkundiges und zertifiziertes Personal
- Unterweisungen und Schulungen des Personals

3. A2L-Kältemittel die langfristige Alternative für die Gewerbekälte

3.1 Einteilung der Kältemittel nach EN378 und Kriterien für die Einteilung

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

Tabelle 3: Klassifikation der Kältemittel nach Sicherheitsgruppen gemäß EN378-1 mit Beispielen

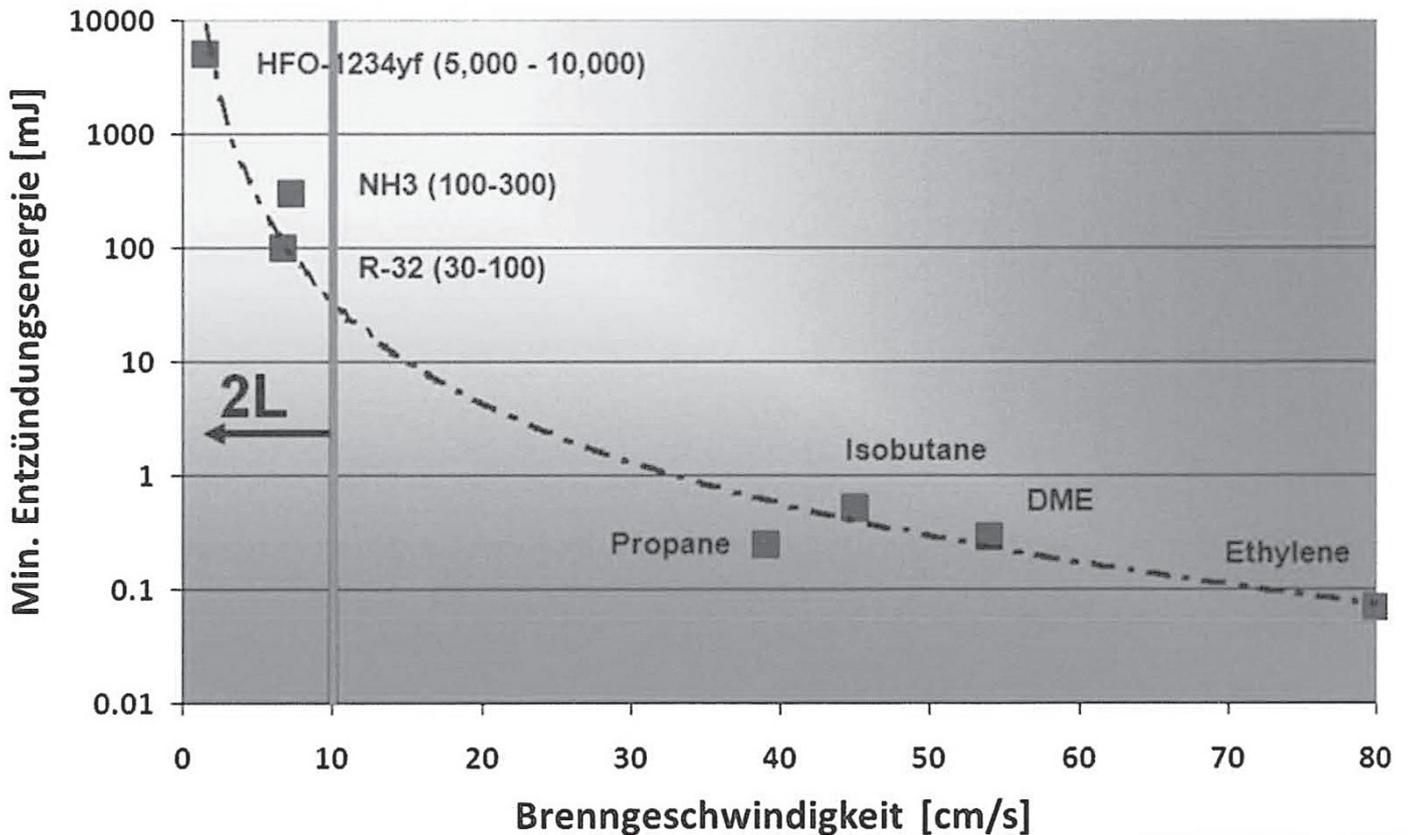
- Buchstabe A: Keine oder geringe Giftigkeit, keine Gefährdung von Personen bei Freisetzung, AGW > 400 ppm
 einziges Risiko: Sauerstoffverdrängung - praktischer Grenzwert / Toxizitätsgrenze
- Ziffer 1: Keine Brandausbreitung bei beliebiger Konzentration, bei Umgebungsdruck (1bar) und bis max. 60°C
- Ziffer 2L bis 3: Kältemittel sind entzündbar in bestimmten Konzentrationen, bei Umgebungsdruck und Umgebungstemperatur bis max. 60°C

Eigenschaften zur Entzündbarkeit / Brennbarkeit der Kältemittel

- Entzündbarkeitsbereich (untere Zündgrenze, obere Zündgrenze)
- Mindestzündenergie (Funken, Lichtbogen oder dgl. als Zündquelle wirkend)
- Zündtemperatur (Temperatur als Zündquelle wirkend, z.B. an einer Oberfläche)
- Verbrennungswärme (Auswirkung der Verbrennung)
- Brenngeschwindigkeit (Ausbreitung eines Brandes)
- Verbrennungsprodukte (Auswirkung der Verbrennung)

dazu siehe auch Bild 12

Brenngeschwindigkeit und minimale Entzündungsenergie



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

Tabelle 3 zeigt HFO-Kältemittel der Klasse A2L

Ersatz für	HFO oder HFO-Gemisch	Zusammensetzung	GWP	Gleit	UEG (kg / m ³)
R134a	R1234yf	-	4	-	0,289
	R1234ze	-	7	-	0,303
	R516A			-	0,449
R404A / R507 R407A / F / C	R454A	R32 / R1234yf 35 / 65%	238	5K	0,278
	R454C	R32 / R1234yf 21,5 / 78,5%	146	6K	0,239
	R455A	R32 / R744 / R1234yf 21,5 / 3 / 75,5%	146	6,3K	0,431
R410A	R452B	R32 / R125 / R1234yf 67 / 7 / 26%	676	1K	0,310
	R454B	R32 / R1234yf 68,9 / 31,1%	467	1,5K	0,303
	R444B	R32 / R152a / R1234yf 41,5 / 10 / 48,5%	295	8,8K	

Tabelle 3: HFO-Kältemittel und HFO/HFKW-Gemische der Klasse A2L

3.2 Sicherheitsvorschriften und Normen für den Einsatz brennbarer Kältemittel

Es gibt z.Z. kein umfassendes , einheitliches Regelwerk zum Einsatz von brennbaren Kältemitteln!
Die Europäische Kommission M/555 hat den Auftrag bis Ende 2020 ein Europäisches Normungsdokument zu erstellen:

Erstellung der Technischen Spezifikationen für die sichere Installation von Anlagen und Geräten mit brennbaren Kältemitteln

- mit Berücksichtigung der Gewährleistung der Sicherheit bei der Installation und bei Betrieb
- Erweiterung der Füllmengengrenzen und Beschreibung von Maßnahmen zur Riskoreduzierung
- Spezifikationen für Räume/Bereiche in denen die Anlagen und Geräte installiert sind
- Nutzbarkeit dieser Spezifikationen für Änderungen in den nationalen Vorschriften

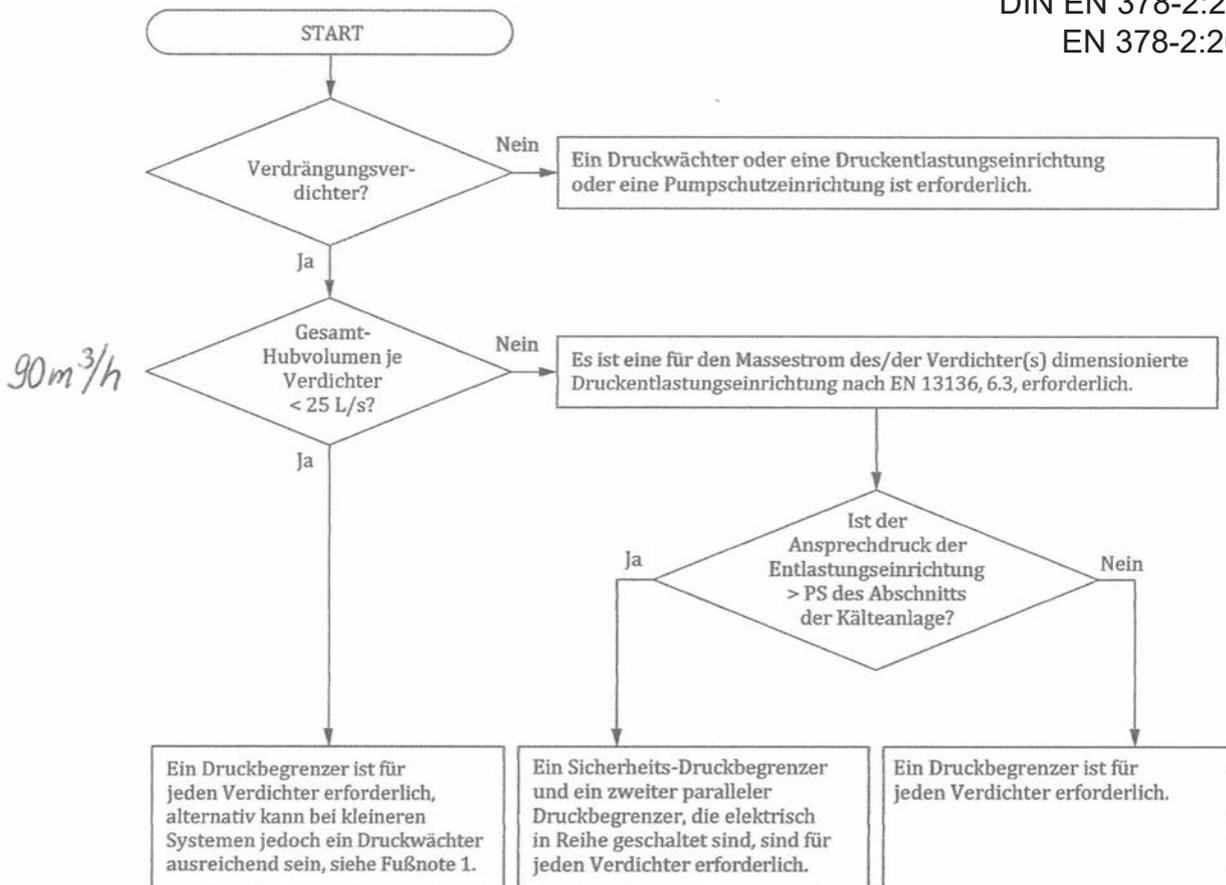
3.2.1 Vorschriften und Normen für den Bau von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln

Wichtige Vorschriften sind:

- EN378, Teil 1 bis 3
- Kälteanlagenverordnung in Österreich
- Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU
- identisch mit Druckbehälterverordnung in Österreich
- Produktnorm IEC 60335-2-40 vom 26.01.2018
- bzw. EN 60335-2-40 „Klimageräte/Wärmepumpen“ und EN 60335-2-89 „Gewerbliche Kühlgeräte“

EN378 „Kälteanlagen und Wärmepumpen“

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



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

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

Einstufung nach Druckgeräterichtlinie

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

Fluide (Artikel 9)

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

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

Für die Feststellung der Druckgeräte - Kategorie gelten folgende Einstufungskriterien:

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

Höhere Kategorie = höheres Gefahrenpotential !

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

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

Tabelle 2 — Festgelegte Konstruktionstemperaturen

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

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

Flüssigkeitsstandanzeiger

Kältemittelsammler in Anlagen, die mehr als:

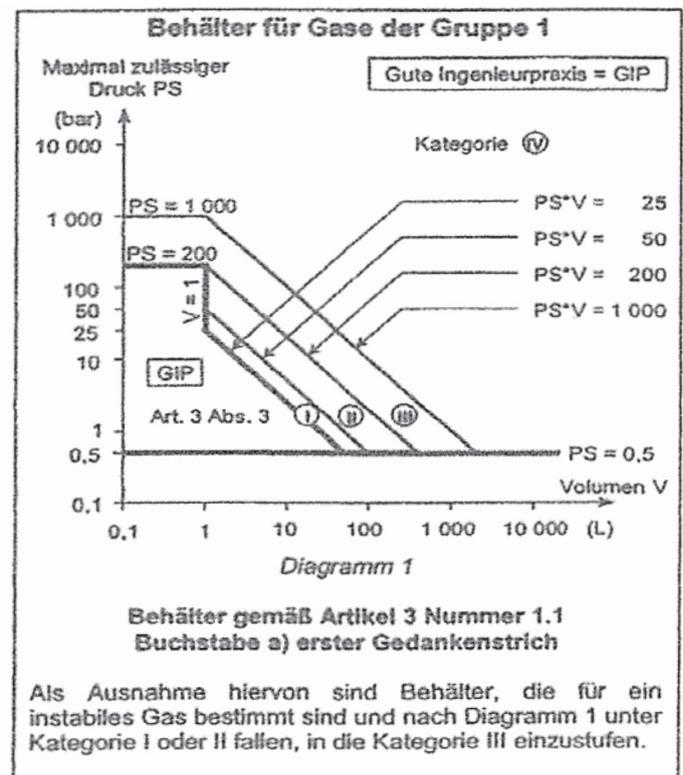
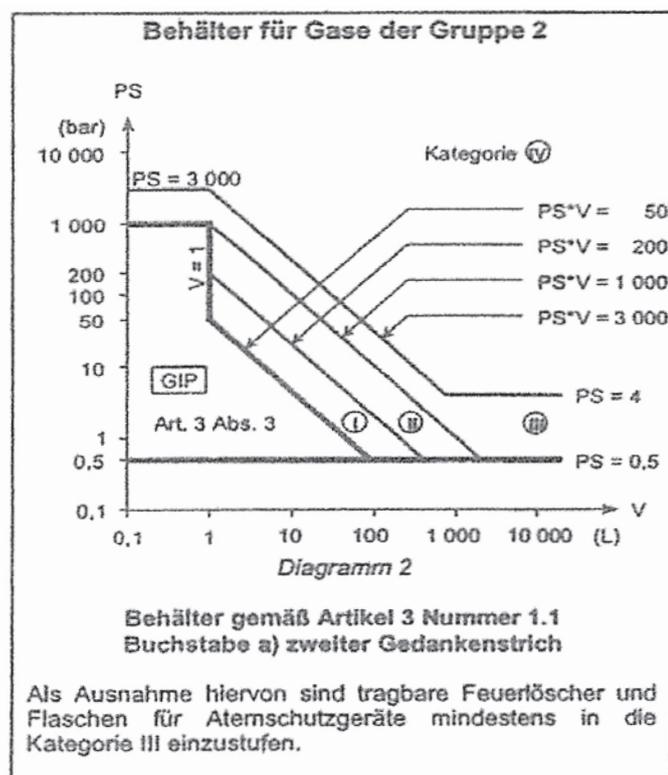
- 100 kg Kältemittel der Gruppe A1;
- 25 kg Kältemittel der Gruppe A2L, B2L, A2, B1 oder B2;
- 2,5 kg Kältemittel der Gruppe A3 oder B3;

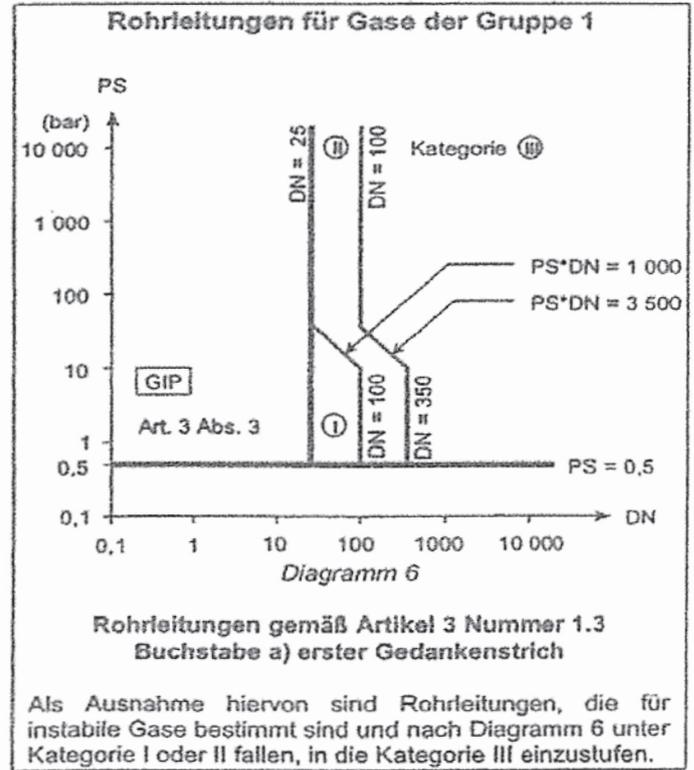
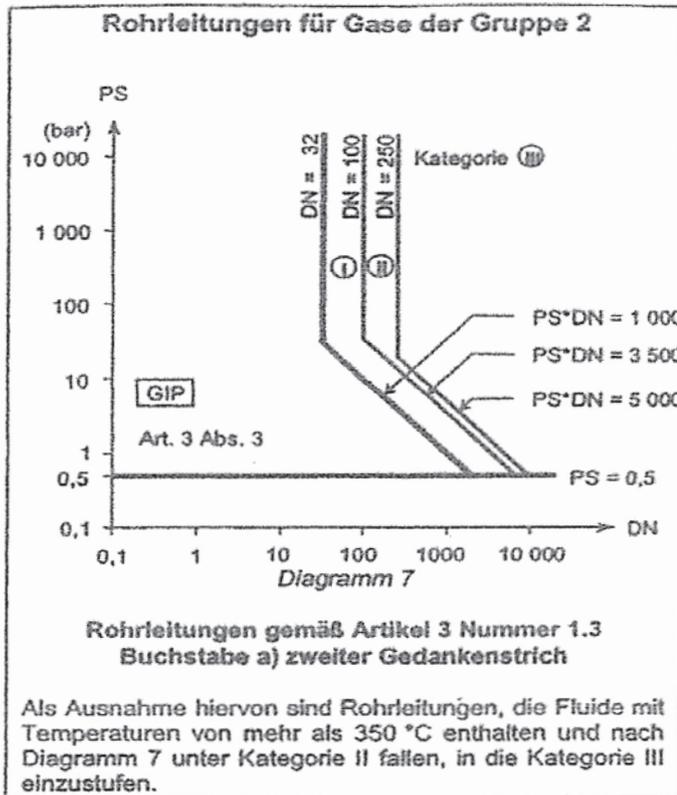
enthalten und abgesperrt werden können, müssen mit einem Flüssigkeitsstandanzeiger ausgerüstet sein, der mindestens den maximalen Kältemittelstand anzeigt.

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

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

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





Übersichtsdiagramme

3.2.2 Freigrenzen für A2L- und A3-Kältemittel

Die Freimengen oder Füllmengen-Bagatell-Grenzen m_f ergeben sich aus der EN378, Teil 1, Abschnitt C1.

- für A2- und A3-Kältemittel: $m_f = 4\text{m}^3 \times \text{LFL}$
- für A2L-Kältemittel $m_f = 4\text{m}^3 \times 1,5 \times \text{LFL}$

dabei ist LFL (kg/m^3) die untere Zündgrenze (UEG) und 4m^3 gilt als kleinste räumliche Aufstellungsmöglichkeit in einem Personen-Aufenthaltsbereich.

Sicherheitsgruppe A2L	Bagatell-Grenze $m_1 \times 1,5$		Bagatell-Grenze gemäß § 1.KAV
	LFL	$4m^3 \times 1,5 \times \text{LFL}$	
	[kg/m ³]	[kg]	
R32	0,307		1,842
R1234yf	0,289		1,734
R1234ze(E)	0,303		1,818
Ersatz für			
R454C (R404A)	0,293		1,758
R452B (R410A)	0,310		1,860
R454B (R410A)	0,303		1,818
R516A (R134a)	0,449		2,694
Sicherheitsgruppe A3	Bagatell-Grenze m_1		Abgerundet 150 Gramm im Weißwarenbereich.
	LFL	$4m^3 \times \text{LFL}$	
	[kg/m ³]	[kg]	
R290 Propan	0,038		0,152
R600 Butan	0,038		0,152
R600a Isobutan	0,043		0,172
R1270 Propylen	0,046		0,184

Ausblick auf die Zukunft

(entnommen aus „Information Nr. 34e für den Kälte-, Klima- und Wärmepumpenbauer“ vom 12.05.2019)

Speziell für gewerbliche Anwendungen war bis Ende 2019 die Überarbeitung der Norm IEC 60335-2-89 vorgesehen, um die Freigrenze für A3-Kältemittel zu erweitern. Unter strikter Angabe der mindestens erforderlichen Grundfläche am Typenschild sollte die Freigrenze auf $m_1 = 13m^3 \times \text{LFL}$ angehoben werden. Vom IEC-Komitee wurde der Normenentwurf u.a. mit den Stimmen der USA, Japan und Niederlande abgelehnt.

Sicherheitsgruppe A3	Bagatell-Grenze m_1		mindest erforderliche Grundfläche bei $h_o = 2,2m$ ^{#)}
	LFL	$13m^3 \times \text{LFL}$	
	[kg/m ³]	[kg]	
R290 Propan	0,038		0,494
R600 Butan	0,038		0,494
R600a Isobutan	0,043		0,559
R1270 Propylen	0,046		0,598

^{#)} $A_{min} = 4xM / 2,2xLFL$

Zu einem späteren Zeitpunkt sollte auch die Freigrenze für A2L-Kältemittel bei strikter Einhaltung der erforderlichen Grundfläche auf folgende Werte angehoben werden:

Sicherheitsgruppe A2L	Bagatell-Grenze m₁'		mindest erforderliche Grundfläche bei z.B. ho = 2,65m #)
	LFL	13m ³ x 1,5 x LFL	
	[kg/m ³]	[kg]	[m ²]
R32	0,307	5,990	29,43
R1234yf	0,289	5,636	
R1234ze(E)	0,303	5,909	
R454C	0,293	5,714	
R452B	0,310	6,045	
R454B	0,303	5,909	
R516A	0,449	8,756	

3.2.3 Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378-1

Die Ermittlung erfolgt auf die Basis folgender Kriterien:

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

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

Grenzwerte nach Tabelle E.1 bis E.3:

ODL - Grenzwert für Sauerstoffmangel (oxygen deprivation limit)

ATEL - Grenzwert für Toxizität (acute toxicity exposure limit)

LFL - untere Explosionsgrenze (lower flammability limit)

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

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

Tabelle E.

Kältemittelnummer	Chemische Bezeichnung ^b	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED m	Praktischer Grenzwert ^d (kg/m ³)	ATEL/ODL ^g (kg/m ³)	LFL ^h (kg/m ³)	Dampfdichte 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molare Masse ^a	Normaler Siedepunkt ^a (°C)	ODP ^{a,e}	GWP ^f (100 y ITH)	GWP ^{a,f} (AR5) (100 y ITH)	Selbstentzündungstemperatur (°C)
134a	1,1,1,2-Tetrafluorethan	CH ₂ FCF ₃	A1	2	0,25 ⁱ	0,21 ^j	NF	4,17	102,0	-26	0	1 430	1 300	743
32	Difluormethan (Methylenfluorid)	CH ₂ F ₂	A2L	1	0,061	0,30 ^j	0,307	2,13	52,0	-52	0	675	677	648
1234yf	2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	CF ₃ CF=CH ₂	A2L	1	0,058	0,47 ^j	0,289	4,66	114,0	-26	0	4	<1	405
1234ze(E)	trans-1,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	CF ₃ CF=CHF	A2L	2 ⁿ	0,061	0,28	0,303	4,66	114,0	-19	0	7	<1	368
448A	R-32/125/1234yf/134a/1234ze(E) (26/26/20/21/7)	+0,5-2,0/+2,0-0,5/ +0,5-2,0/+2,0-1,0/ +0,5-2,0	A1	2	0,388	0,388	NF	3,58	86,28	-45,9 bis -39,8	0	1 387	1 270	ND
449A	R-32/125/1234yf/134a (24,3/24,7/25,3/25,7)	+2,0-1,0/+1,0-0,2/ +0,2-1,0/+1,0-0,2	A1	2	0,357	0,357	NF	3,62	87,21	-46,0 bis -39,9	0	1 397	1 280	ND
450A	R-134a/1234ze(E) (42/58)	±2,0/±2,0	A1	2	0,319	0,345	NF	4,54	108,67	-23,4 bis -22,8	0	604,7	547	ND
513A	R-134a/1234yf (44/56)	+1,0/-1,0, +1,0/-1,0	A1	2	0,319	0,319	NF	4,256	108,4	-29,05	0	631,4	573	ND

2.3 Klassifikation der Aufstellungsorte von Kälteanlagen

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

Die vier Klassen von Aufstellungsorten sind:

a) Klasse IV — Belüftetes Gehäuse

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

b) Klasse III — Maschinenraum oder im Freien

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

c) Klasse II — Verdichter im Maschinenraum oder im Freien

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

d) Klasse I — Mechanische Geräte im Personen-Aufenthaltsbereich

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

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

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

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

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

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

a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

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

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Brennbarkeits- klasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation				
			I	II	III	IV	
3	a	Menschlicher Komfort	Unterrirdisch	Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg (größerer Wert)		Nicht mehr als 5 kg ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als m_3
				Andere Anwendungen	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg		
	b	Menschlicher Komfort	Oberirdisch	Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg (größerer Wert)		Nicht mehr als 10 kg ^c	
				Andere Anwendungen	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1,5 kg		
	c	Menschlicher Komfort	Unterrirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^a		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	
				Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg		
	Andere Anwendungen	Oberirdisch	Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg (größerer Wert).		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c		
			Unterrirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^c			
				20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 10 kg ^c	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c		

a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

c für die Aufstellung im Freien gilt prEN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt prEN 378-3:2016, 4.3.

Beispiele

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

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

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

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

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

Praktischer Grenzwert = ODL = 0,388kg/m³

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

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

C.2.1 Kältemittelführende Teile in einem Personen-Aufenthaltsbereich

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

$\bigg\} m_{\max}$ nach Formel C.1

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

Propan (A3): LFL = 0,038kg/m³, LFL^{5/4} = 0,0167

R32 (A2L): LFL = 0,307 kg/m³, LFL^{5/4} = 0,228

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

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

Dabei ist

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

m die Kältemittel-Füllmenge in der Anlage in kg;

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

A die Raumfläche in m²;

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

h_0 der Höhenfaktor des Gerätes:

— 0,6 bei Aufstellung auf dem Boden;

— 1,8 bei Wandmontage;

— 1,0 bei Fenstermontage;

— 2,2 bei Deckenmontage.

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

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

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

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

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

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

Zulässige Füllmengen in Abhängigkeit von der Raumgröße für Klimageräte

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

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

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

m: Kältemittel-Füllgewicht (kg)

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

h₀: Höhe (m)

A: Raumfläche (m²)

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

bei "Anderer Anwendung" Klassifikation II

Beispiel:

Einbau R32 Klimaanlage im Privathaus:

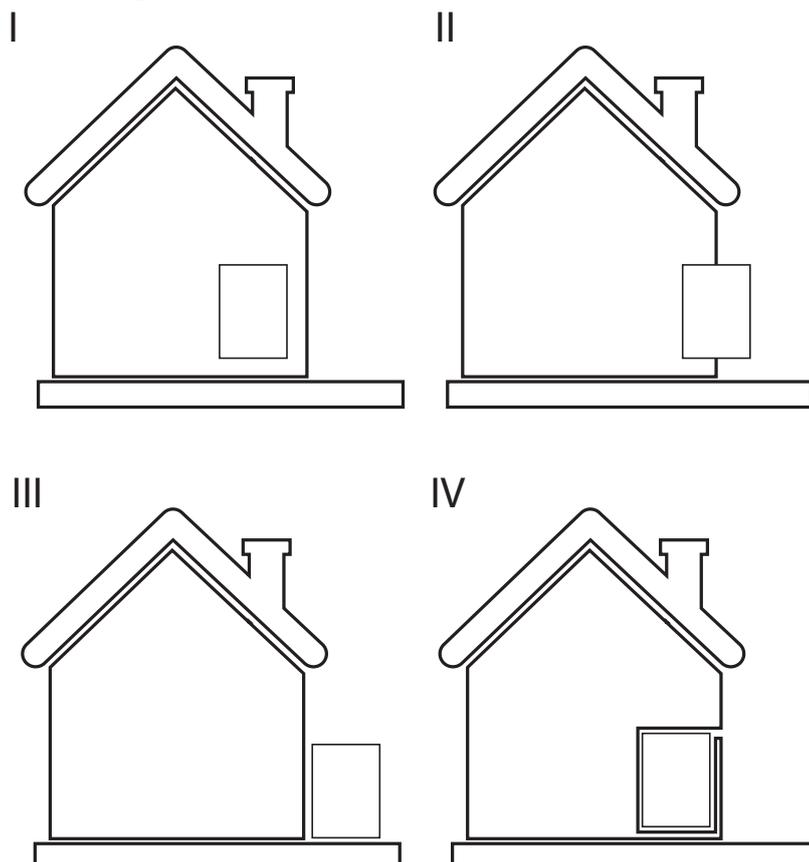
- Kältemittel A2L
- Allgemeiner Zugangsbereich
- Menschlicher Komfort (Alternativ: „Andere Anwendungen“)
- Aufstellungsort Klasse II

siehe EN 378-1 Tabelle C2 Brennbarkeitsklasse A2L:

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

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

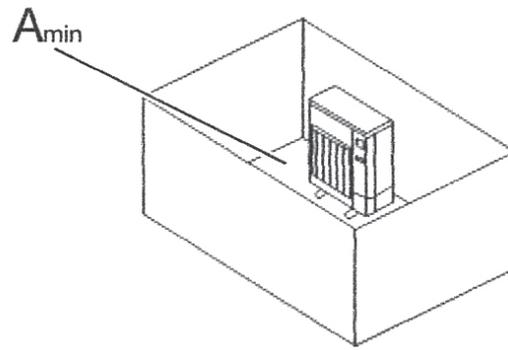
Aufstellungsort - Klassifikation:



Mindestaufstellfläche für Innengeräte

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

Mindestaufstellflächen für Außengeräte



Mindestaufstellfläche

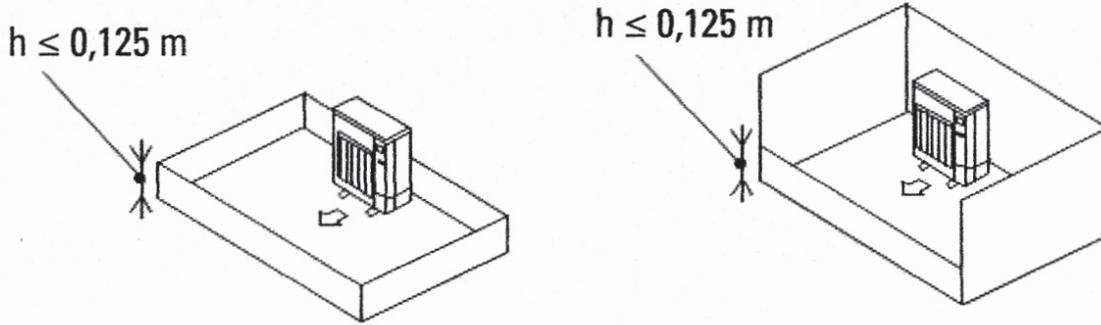
Kältemittelfüllmenge M [kg]

Mindestaufstellfläche A_{min} [m²]

1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
3,5
4,0
4,5
5,0
5,5
6,0
6,5
7,0
7,5

12
17
23
28
34
39
45
50
56
62
67
73
78
84

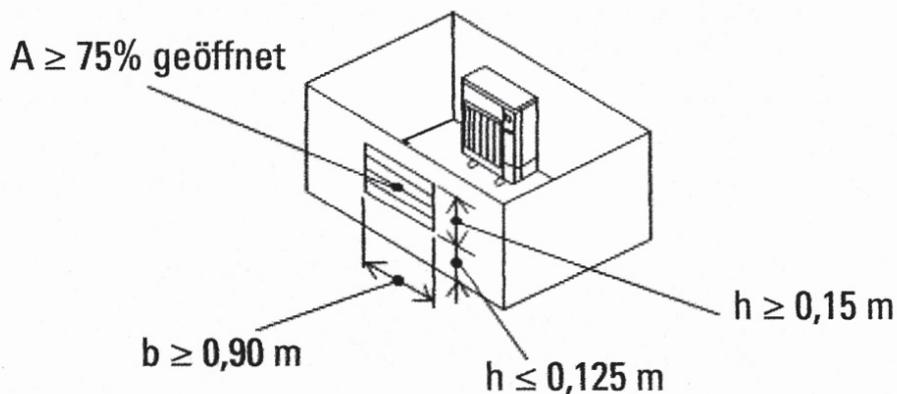
B. Stellen Sie sicher, dass die Tiefe der Senke nicht mehr als 0,125 m beträgt.



Tiefe der Senke

C. Schaffen Sie eine ausreichende Belüftungsfläche.

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



Vorgaben für eine Belüftungsöffnung

Zu C) Anforderungen an Rohrleitungen (aus Information Nr. 34e):

Gemäß IEC 60335-2-40 RLV Absatz 22.116

A2L-Kältemittelrohrleitungen, welche die Kälteanlage teile verbinden, werden bei der Beurteilung hinsichtlich eines Brand- oder Explosionsrisikos **nicht als potentielle Leckage-Quelle betrachtet**, wenn sie alle nachstehenden Anforderungen erfüllen :

- keine Verbindungsstücke im Sinne Flansch, Verschraubung oder Bördel,
- keine Bögen deren Mittellinien-Radien kleiner als 2,5 x Rohrdurchmesser sind,
- Die A2L-Kältemittelrohrleitungen sind im normalen Betrieb, bei der Wartung, Instandhaltung und Instandsetzung gegen zufällige Beschädigung zu schützen.

Anmerkung zu C):

Im Sinne der bekannten Ausführung, **Kältemittelrohrleitungen sind grundsätzlich dauerhaft technisch dicht herzustellen**

- Anlagen und Anlagenteile wie Rohrverbindungen z.B. von Kälteanlagen die auf Grund ihrer Herstellung (Schweißen, Hartlöten) und einer nachher erfolgten Druckprüfung als dauerhaft technisch dicht gelten, stellen keine Gefahr für das Austreten von Gasen im Sinne des Erlasses dar.
- Damit müssen Rohrleitungen und dauerhaft dichte Anlagenteile, sofern sie diese Kriterien erfüllen, nicht in die Betrachtung einer allfälligen Undichtheit einbezogen werden und es sind dort keine weiteren Maßnahmen nötig.

Für A3-Kältemittel gilt gemäß EN378-2:

- Rohrleitungen und Verbindungen müssen im Personen-Aufenthaltsbereich dauerhaft technisch dicht ausgeführt werden.
- Schwingungen und Pulsationen vermeiden
- Rohrleitungen gegen zufällige Beschädigung schützen

3.2.4 Risikobeurteilung bei Verwendung brennbarer Kältemittel Klasse A2L oder A3

- Voraussetzung für die Anwendung brennbarer Kältemittel ist:
die Dichtheit der Kältemittelkreisläufe
- Bei einem „auf Dauer dichten Kreislauf“ ist nicht mit einer Freisetzung von Kältemittel zu rechnen bzw. die Auswirkungen sind vernachlässigbar.
- Eine Bewertung „auf Dauer technisch dicht“ könnte nach DIN EN 1127-1, Anhang B oder TRBS 2152, Teil 2 erfolgen

Reihenfolge zur Gewährleistung der Sicherheit einer Kälteanlage:

1.Wahl: Kältemittelkreislauf ist auf Dauer technisch dicht

- Bau einer dichten Kälteanlage ohne lösbare Verbindungen
- Feststellung der Dichtheit durch Dichtheitsprüfung
- Kältemittelkreislauf bleibt während der gesamten Lebensdauer dicht, auch z.B. bei Schwingungen und Pulsationen
- Es muss nicht mit der Freisetzung von Kältemitteln gerechnet werden
- Es müssen keine gefährdeten Bereiche festgelegt werden

Beim heutigen Stand der Technik nicht erfüllt!

2. Wahl: Technisch dichter Kältemittelkreislauf + Vermeidung von Zündquellen

- Es muss mit seltenen Freisetzungen von Kältemitteln gerechnet werden.
- Man muss gefährdete Bereiche festlegen.
- Zündquellen innerhalb dieser gefährdeten Bereiche vermeiden.
- Verringerung der Gefahr durch gezielte Belüftung
- Bei kleiner Füllmenge und guter Durchlüftung ist ein Schutzniveau entsprechend „Zone 2“ ausreichend

3. Wahl: Technisch dichter Kältemittelkreislauf + Schutzkonzept (z.B. Gaswarnanlage)

- Es muss mit seltenen Freisetzungen von Kältemitteln gerechnet werden.
- Deshalb müssen gefährdete Bereiche festgelegt werden.
- Durch ein Schutzkonzept müssen Zündquellen in diesen Bereichen vermieden werden.
- Es können Bauteile ohne „Ex-Schutz“ verwendet werden (hohes Schutzniveau - Redundanz, hohe Kosten, Störanfälligkeit beachten)

Tabelle K.1 — Relevanz der Zündquellen aus EN 1127

Abschnitt in EN 1127-1	In EN 1127-1 aufgelistete Zündquellen:	Üblicherweise zur Beurteilung von Kältemaschinen unter normalen Betriebsbedingungen relevant	Beispiele
5.1	Heiße Oberflächen	Ja	Elektrische Heizungen
5.2	Flammen und heiße Gase	Ja	Gasheizungen
5.3	Mechanisch erzeugte Funken	Ja	Im Betrieb
5.4	Elektrische Einrichtung	Ja	Elektrische Funken durch sich öffnende Schaltkreise.
5.5	Elektrische Leckströme und kathodischer Korrosionsschutz	Nein	-
5.6	Statische Elektrizität	Ja	Große Kunststoffoberflächen
5.7	Blitzschlag	Nein	Es ist sehr unwahrscheinlich, dass ein Blitzschlag gleichzeitig mit einem Leck auftritt
5.8	Hochfrequente (HF) elektromagnetische Wellen von 104 Hz bis 3×10^{11} Hz	Nein	-
5.9	Elektromagnetische Wellen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz	Nein	-
5.10	Ionisierende Strahlung	Nein	-
5.11	Ultraschall	Nein	-
5.12	Adiabatische Kompression und Stoßwellen	Nein	Ein Luftverdichter, der Luft im Bereich

Tabelle 4: Zündquellen nach EN378-2, Anlage K

Die Temperatur an heißen Oberflächen darf die Selbstentzündungstemperatur minus 100K nicht übersteigen.

Komponenten und Geräte werden gemäß EN378-2 nicht als Zündquelle angesehen, wenn sie eine der folgenden Anforderungen erfüllen:

- **Außerhalb des potenziell entflammaren Bereiches positioniert**, in dem freigesetztes Kältemittel fließen oder sich sammeln könnte, oder
- durch einen ausreichend **starken Luftstrom belüftet**, der entweder **dauerhaft ist oder vor dem Einschalten** der Komponenten und Geräte **aktiviert wird**. Ein **Luftstrom** ist **ausreichend stark**, wenn die **Kältemittelkonzentration** an der potenziellen Zündquelle **50 % der LFL nicht überschreitet**, oder
- die **Anforderungen für geschützte Geräte** für Zone 2, Zone 1 oder Zone 0 erfüllt, die in EN 60079-10-1 definiert sind, oder
- die maximal mögliche **Energie** eines Funkens oder Lichtbogens **in den Schaltkreisen von elektrischen Geräten** die brennbarste Konzentration des verwendeten Kältemittels **nicht entzünden kann**.

Schlussfolgerung:

- Der dauerhaft dichte Kältemittelkreislauf hat Priorität ist aber z.Z. nicht realisierbar.
- Der Kälteanlagenbauer muss durch eine Risikobeurteilung (Pflicht) Maßnahmen in der Reihenfolge 2. und 3. Wahl festlegen.
- Es sind die geeigneten Komponenten auszuwählen
- Zündquellen sind zu vermeiden
- Ziel muss sein, das Gesamt-Risiko beim Betrieb einer Kälteanlage nicht zu erhöhen.

Beispiel für ein Schutzkonzept:

„Sole-Verbundkältesatz in Kaskadenschaltung Propan/CO2 mit 40kg Propan-Füllung zur Hopfenkühlung in An/Hallertau“

- Technikraum min. F60 und Not-Aus-Schalter innen und außen.
- Notbeleuchtung in EX-Ausführung
- Lüftungsanlage saugend in EX-Ausführung; 15-facher Luftwechsel.
- Bei Erreichen des Praktischen Grenzwertes (Gaswarnanlage) startet der Lüfter, der Alarm (optisch und akustisch) wird weitergeleitet und die Anlage wird spannungsfrei geschaltet.
- Gaswarnung und Lüftung haben eine separate Stromversorgung.
- Besonders elektrische Bauteile müssen die entsprechende Eignung (CE-Zeichen) für Propan haben
- Der Hersteller muss eine Risikobeurteilung unter besonderer Berücksichtigung von Propan haben.
- Der Betreiber muss eine Gefährdungsbeurteilung unter besonderer Berücksichtigung von Propan erstellen.
- Die Anlage muss gemäß DGRL hier Modul G abgenommen werden.
- Gemäß EN378 unterliegt die Anlage keiner Füllmengenbegrenzung.

Anhang D

Explosionsschutzdokument (Beispiel)

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

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

Allgemeine Angaben

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

ANMERKUNG Werte nach Stoffdatenbank -GESTIS der BG

3.2.5 Sicherheitsvorschriften für das Betreiben von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln

Die Vorschriften müssen noch um die Kältemittelgruppe A2L ergänzt werden.

▶ **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 Prüfungen von Rohrleitungen, wenn $DN > 25$ alle 5 Jahre durch Sachkundigen, wenn $PS \times DN \leq 2000$, durch Sachverständigen bei $PS \times DN > 2000$
- 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“**

4. Monteurausrüstung für A2L- und A3-Kältemittel

- Vakuumpumpe
 - Absauggerät
 - Elektronische Füllwaage
- } mit amtlicher Zulassung (ATEX)
- Elektronisches Lecksuchgerät A2L- oder A3 zertifiziert
 - Lüftungsventilator in ATEX-Ausführung
 - Recycling-Kältemittelflasche aus Stahl, 48 bar, Linksgewinde, Schulter rot RAL 3000
 - Adapter für Kältemittelflasche (Linksgewinde)
 - Füllschläuche mit Linksgewinde-Anschluß

5. Hinweise zum Umgang mit A2L- und A3-Kältemitteln

- Ist Kältemittel in den Raum entwichen, für gute Belüftung sorgen, Geräte spannungsfrei schalten, offene Flammen vermeiden.
- Vor Reparaturarbeiten an der Kälteanlage Kältemittel in gekennzeichnete Recycling-Kältemittelflasche absaugen.
- Kleine Mengen können in die Umgebung abgeblasen werden. Dabei sicherstellen, dass keine Zündquellen vorhanden sind. Abblasort darf nicht in der Nähe von Schächten, Kellereingängen, Kanalisationen und Garagezufahrten liegen!
- Große Mengen A3-Kältemittel können auch über eine gestützte Fackel vor Ort im Freien verbrannt werden.
- Bei Arbeiten an der Kälteanlage auf ausreichende Belüftung achten.
- Bei Lötarbeiten sicherstellen, dass sich kein Kältemittel im Kältesystem befindet (kein Restdruck), bei Bedarf Rohrleitungen vorher mit Stickstoff spülen.
- Stellen Sie bei Lötarbeiten eine Veränderung der Lötflamme (Größe, Form, Farbe) fest, sofort Arbeit stoppen und Raum gut belüften.
- Denken Sie daran, dass im Öl Kältemittel gelöst ist und entweichen kann.
- Ausgebaute Verdichter mit Stickstoff füllen und verschließen.
- Vor dem Befüllen den Kreislauf gut evakuieren (0,5 mbar).
- Nach dem Befüllen prüfen, ob Druck mit der Temperatur übereinstimmt, damit ausgeschlossen werden kann, dass sich Fremdgas im System befindet.
- Verhindern, dass Luft in das Kältesystem gelangen kann (Anlage nicht im Unterdruck betreiben, Niederdruckbegrenzer einsetzen).
- Füllschläuche regelmäßig auf Beschädigung und Undichten prüfen.
- Kältemittelflaschen nicht überfüllen (max. 80% des Volumens), flüssige Kohlenwasserstoffe haben etwa nur die halbe Dichte von F-Gasen.
- Grobdichtheitsprüfung der Kälteanlage durch Druckstandprobe mit Stickstoff (1xPs) und Lecksuchspray. Feindichtheitsprüfung mit elektronischem Lecksuchgerät für Kohlenwasserstoffe.
- Alternativ: Grobdichtheitsprüfung mit Formiergas (95% N₂ / 5% H₂), Feindichtheitsprüfung mit elektrischem Lecksuchgerät für Wasserstoff (H₂).

6. Zusammenfassung

- Die Ära der F-Gase geht schrittweise zu Ende.
- Alternative Kälteverfahren für kleine und mittlere Kälteleistungen im Gewerbebereich sind nicht in Sicht.
- Der Bau speziell transkritischer CO₂-Kälteanlagen für große Kälteleistungen erfordert umfassende Fachkenntnisse und ist z.Z. in der Hand weniger darauf spezialisierter Kältefirmen.
- Kurz- und mittelfristig können HFO-Kältemittel der Klasse A1 eingesetzt werden.
- Langfristig zwingt uns die F-Gase-Verordnung zum Einsatz von HFO-Kältemitteln der Klasse A2L (GWP ≤ 500).
- Die Kältefirmen müssen sich mit den Vorschriften für brennbare Kältemittel befassen und das Personal schulen lassen.
- Die Verwendung von A2L- und A3-Kältemitteln im Rahmen der Freigrenzen ist völlig unproblematisch.
- Die Vorschriften zum Bau und Betreiben von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln sind unübersichtlich, teilweise widersprüchlich.
- Der Bau von Kälteanlagen mit A3-Kältemitteln (Propan, Isobutan u.a.) mit Füllmengen über den Freigrenzen sollte wegen der Unsicherheit in der Gesetzeslage und dem Restrisiko z.Z. der absolute Ausnahmefall sein.

Notizen

Blank lined area for notes.

Notizen

A series of 12 horizontal grey bars, stacked vertically, intended for taking notes. Each bar is a solid light grey color and spans most of the width of the page.

Notizen

Blank lined area for notes.



www.schiessl-kaelte.com

office@schiessl.at

- | | |
|--|-----------------------|
| ▶ BERGHEIM , Plainbachstrasse 1 | ☎ +43 (0) 662 455 777 |
| ▶ WIEN , Biròstraße 9 | ☎ +43 (0) 180 48 502 |
| ▶ PASCHING bei Linz, Gewerbepark Wagram 6 | ☎ +43 (0) 722 963 050 |
| ▶ GRAZ , Kärntnerstraße 303 | ☎ +43 (0) 316 685 744 |
| ▶ THAUR bei Innsbruck, Römerstraße 14 | ☎ +43 (0) 522 344 677 |
| ▶ PÖRTSCHACH am Wörthersee, Gaisrückenstrasse 1 | ☎ +43 (0) 427 245 302 |
| ▶ WOLFURT bei Bregenz, Bahnhofstraße 10 | ☎ +43 (0) 557 420 868 |