

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Anwendung natürlicher Kältemittel bei Klima- und Kälteanlagen



Frigoteam Handels GmbH

Büro Nord

Fritschestraße 22
10585 Berlin

Telefon 0049 (0) 30 43727703

Telefax 0049 (0) 30 31012922

Büro Süd

Westendstraße 123
80339 München

Telefon 0049 (0) 89 37412671

Telefax 0049 (0) 89 37412670

Büro West

Alte Raesfelder Straße 13
46514 Schermbeck

Telefon 0049 (0) 2856 9092921

Telefax 0049 (0) 2856 9092924

Web www.frigoteam.com

Mail frigoteam@frigoteam.com

Frigoteam GmbH, Burkhard Dunst

Themenübersicht



- Historie der Kältemittel und deren Zukunft
- GWP Wert und ODP Wert, was ist das?
- Überblick über die gebräuchlichsten Kältemittel
- Neue EU - Verordnung Nr. 517/2014 über fluorierte Treibhausgase. Gültig ab dem 01.01.2015
- Die natürlichen Kältemittel R 744, R 717, R723, R 290 R1270 und R 600a
- Anwendungsbereiche der natürlichen Kältemittel
- Projektbeispiele für die Kälte – und Klimatechnik

Die Historie der Kältemittel und deren Zukunft

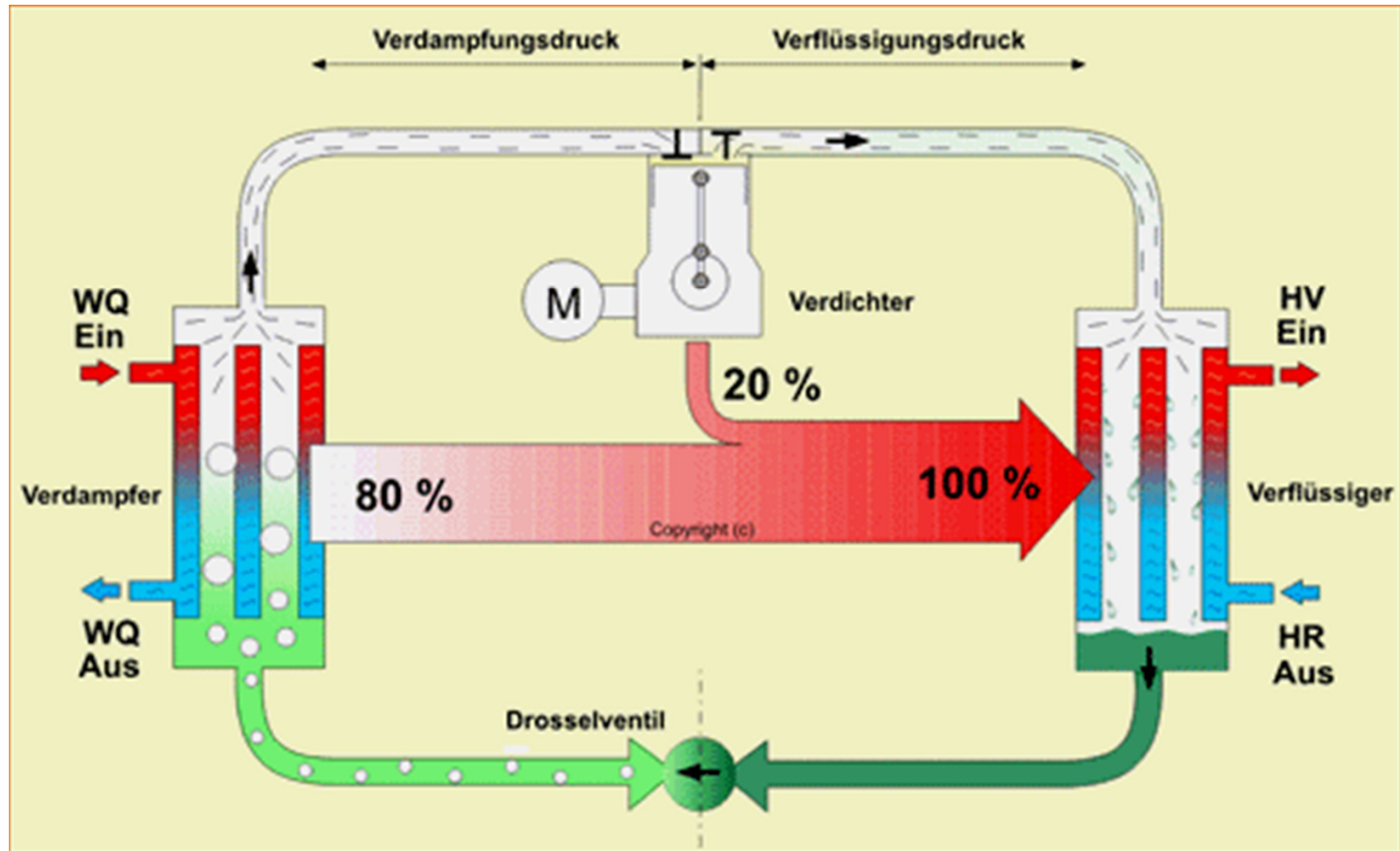


Erfinder der Kompressionskälteanlage
Carl von Linde geb. 11.06.1842 gestr.16.11.1934

- 1871 erste Anlagen für die Spatenbrauerei München
- Kältemittel Ammoniak
- 1876 erste Anlage zur Lebensmittelkühlung
- Kältemittel Ammoniak
- Ammoniak ist ein natürliches Kältemittel, umweltneutral, aber brennbar und toxisch



Der Kompressionskältekreislauf, erfunden von Carl von Linde



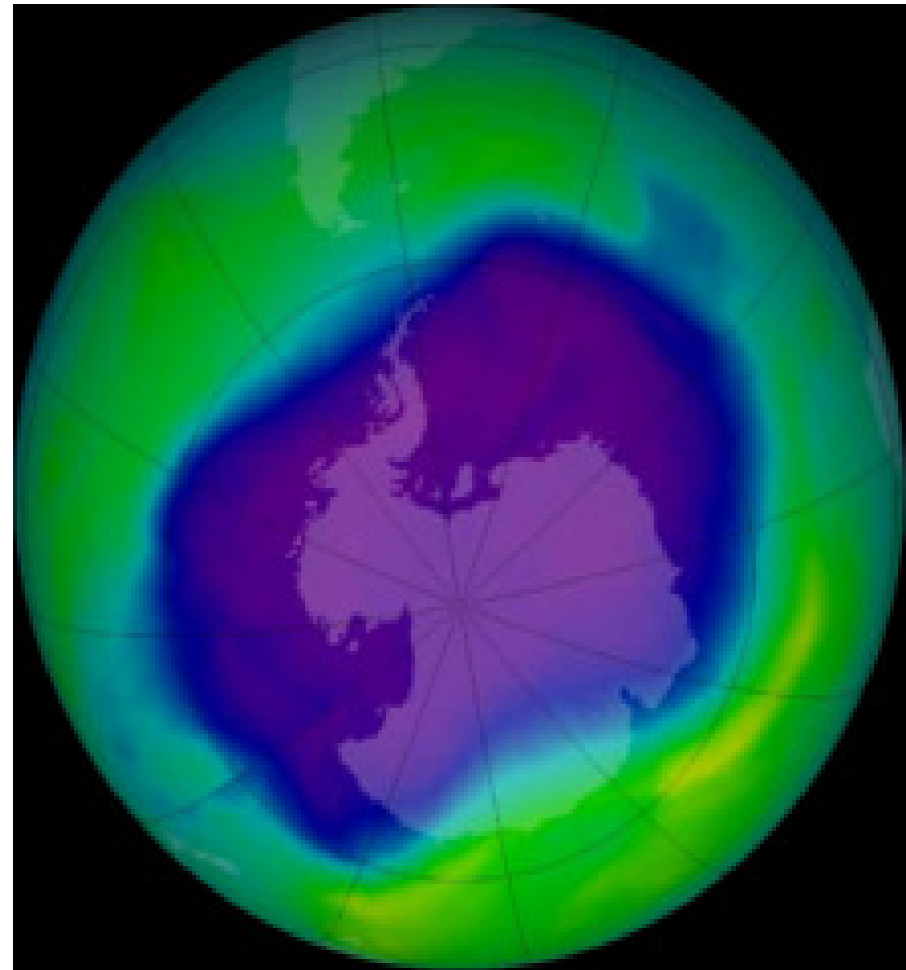
Entwicklung der „Sicherheitskältemittel“ R12 R22 R502

- 1920 wurden in den USA die ersten Kühlschränke mit dem „Sicherheitskältemittel“ R12 hergestellt und in großen Mengen produziert. R12 ist nicht giftig, geruchsneutral und nicht brennbar. R12 wurde als Sicherheitskältemittel gefeiert und ist einfach zu handhaben.
- 1929 wurden die ersten Kühlschränke in Deutschland bei DKW Kühlung in Zschopau hergestellt. Auch hier kam R12 zum Einsatz.
- Aber R12 ist ein Fluorchlorkohlenwasserstoff und besitzt ein sehr hohes Ozonzerstörungspotential (ODP) und ein sehr hohes Treibhauspotential (GWP)



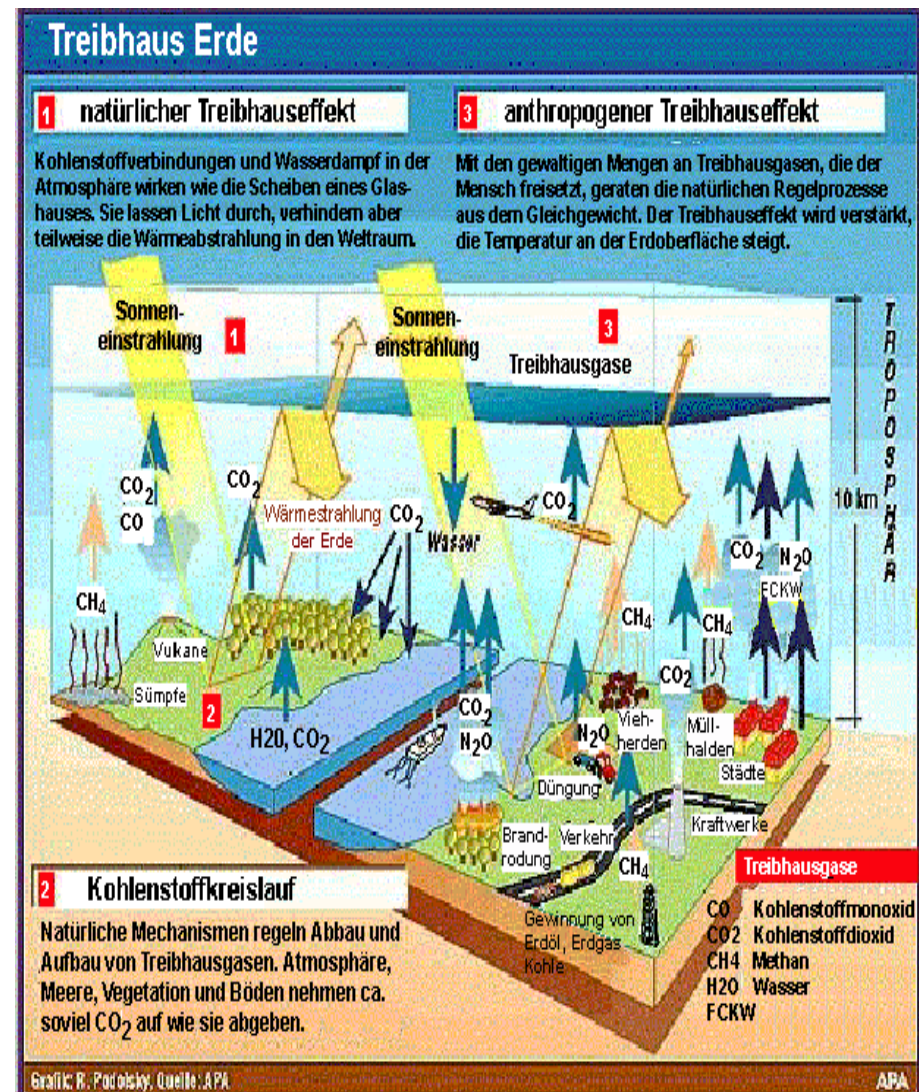
Umweltbelastung durch die „Sicherheitskältemittel“ Fluorchlorkohlenwasserstoffe **Ozonloch**

- Bereits 1974 warnte Mario J. Molina vor den negativen Auswirkungen des Fluorchlorkohlenwasserstoffes R12/R22 auf die schützende Ozonschicht der Erde.
- 1980 wurde dann das Ozonloch über dem Südpol entdeckt.
- 1989 wurde im **Montreal Protokoll** von den G8, EU Staaten ein schrittweiser Ausstieg aus den Fluorchlorkohlenwasserstoffen (**FCKW**) beschlossen. Als Ersatz wurden von der chemischen Industrie Fluorkohlenwasserstoffe (**H-FKW**) angeboten.



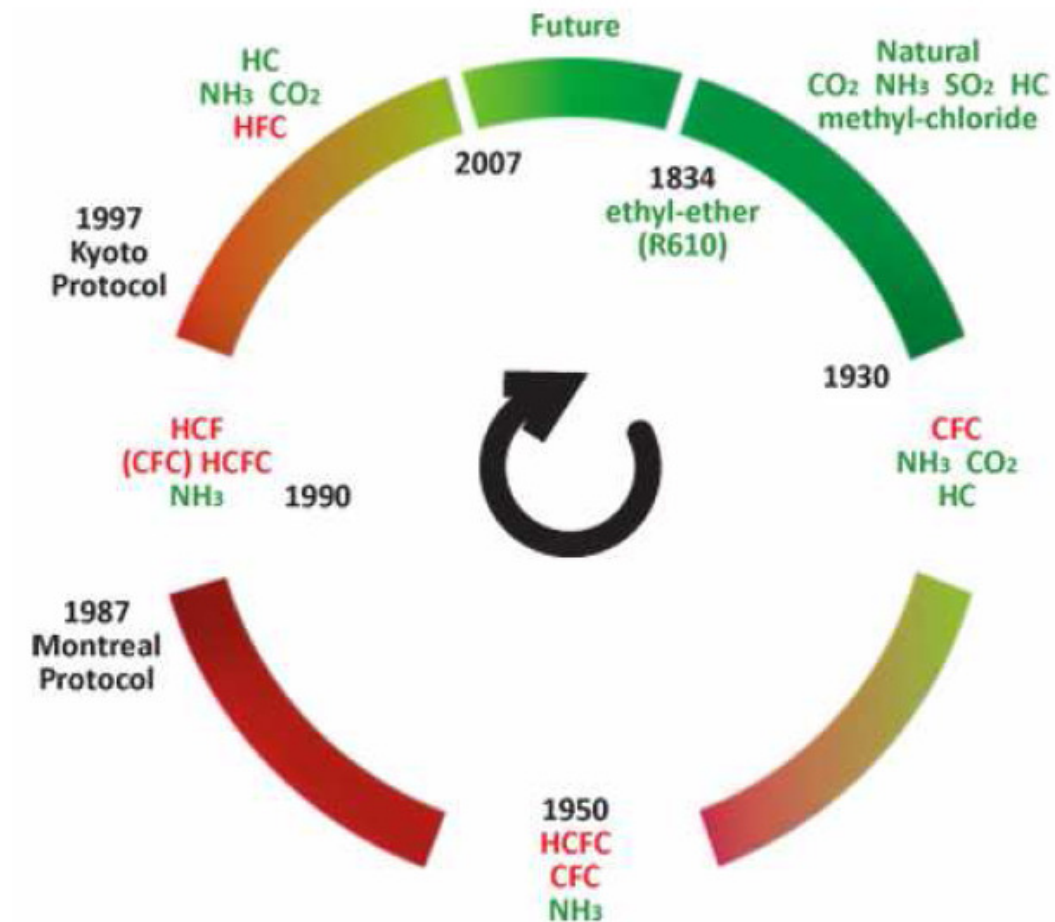
Umweltbelastung durch die „Sicherheitskältemittel“ Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe **Treibhauseffekt**

- Am 11.12.1997 wurde mit dem **Kyoto Protokoll** die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen (H-FKW) in die Atmosphäre beschlossen.
- Deutschland will den Ausstoß an CO₂ bis 2020 um 40% senken.
- Die heute verwendeten Kältemittel (H-FKW) sind hoch-wirksame Treibhausgase und unterliegen strengen Regularien.
- 1kg R404A entspricht dem CO₂ Äquivalent von ca. 30.000 km Fahrleistung mit einem Mittelklasse-PKW
- F-Gase Verordnung, Betreiberpflichten, künstliche Verknappung u.s.w.

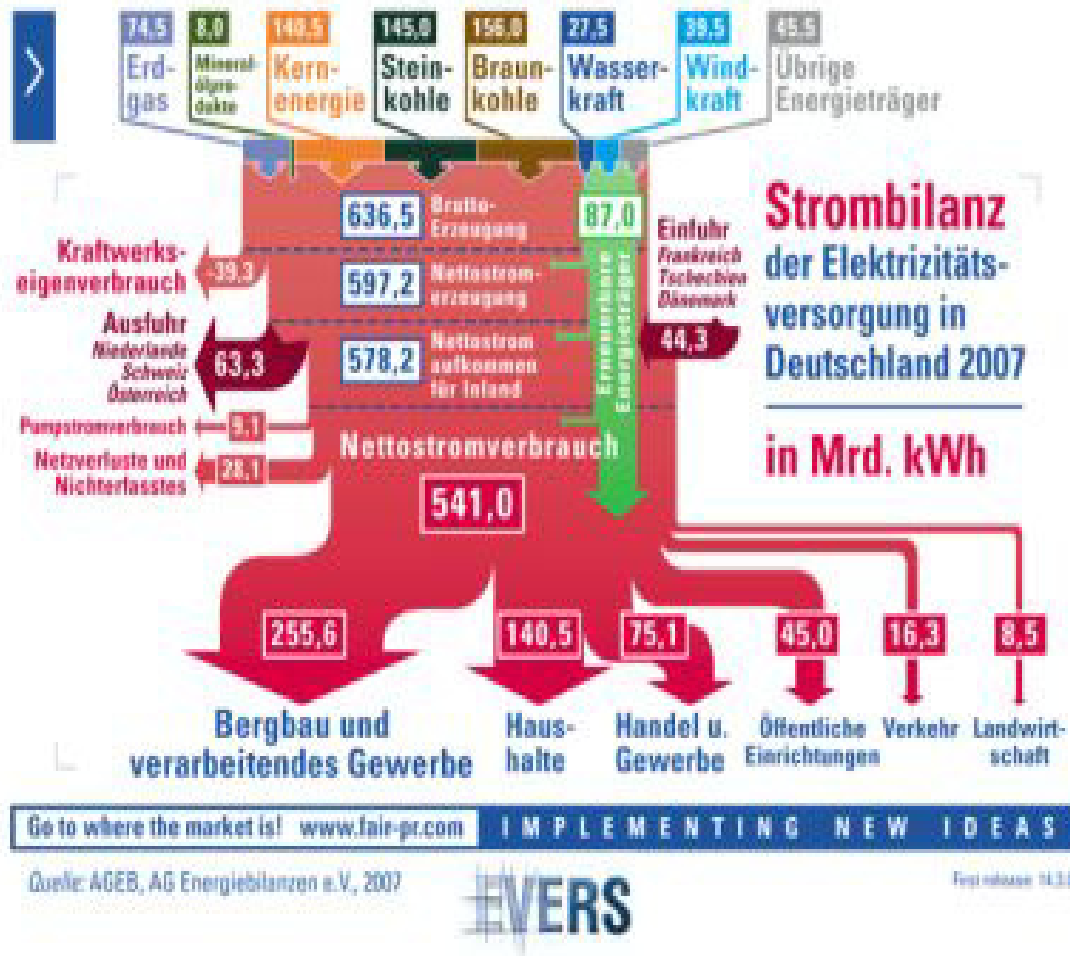


Historie der Kältemittel

einmal im Kreis gedreht



Energieherstellung/Energieverbrauch in Deutschland



- Die Kältetechnik trägt direkt und indirekt zum Treibhauseffekt bei
- Fast die Hälfte der benötigten Elektroenergie in Deutschland wird zur Zeit mit fossilen Brennstoffen erzeugt
- Die Kälte- Klimatechnik hat einen Anteil von 14% an Gesamtstromverbrauch, Tendenz steigend
- pro erzeugte kWh ca. 0,6 kg CO₂ Ausstoß

Argumente für natürliche Kältemittel / Klimaschutz



ODP und GWP Wert

- Das ODP (Ozone Depletion Potential) oder Ozonabbaupotential einer chemischen Verbindung (Kältemittel) ist eine Maßzahl für den relativen Effekt des Abbaus der Ozonschicht, die durch den Stoff ausgelöst wird, bezogen auf die im Montreal Protokoll mit dem ODP Wert = 1 festgelegte Substanz Trichlorfluormethan, Kältemittel bzw. Reinigungsmittel **R 11**
- Der GWP Wert (Global Warming Potential) oder CO² Äquivalent ist eine Maßzahl einer chemischen Verbindung für den relativen Beitrag zum Treibhauseffekt. Als Vergleichswert dient Kohlenstoffdioxid **CO²**
GWP Wert = 1
- ODP und GWP sind Referenzwerte!

Übersicht über die wichtigsten Kältemittel (Liste nicht abschliessend)

Stand Oktober 2015

Rechtlicher Status gemäss ChemRRV	Kategorie		Kältemittel (Beispiele)	GWP ¹	Sicherheitsgruppe ²	Bemerkungen (Gemäss Anhang 2.10 ChemRRV (SR 814.81))
Verbotene Kältemittel	FCKW (chlorhaltig, perhalogeniert)		R11 R12 R502 R13B1		A1 A1 A1 A1	Verbot für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten. Bestehende Anlagen dürfen weiter betrieben, aber nicht mehr nachgefüllt werden. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
Ab 1.1.2015 verbotene Kältemittel	HFCKW (chlorhaltig, teilweise halogeniert)	Einstoff-Kältemittel	R22		A1	Verbot für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten. Bestehende Anlagen dürfen weiter betrieben und mit recycelten Kältemitteln bis Ende 2014 nachgefüllt werden. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
		Gemische (Blends), überwiegend R22-haltig	R401A (MP39) R402A (HP80) R402B (HP81) R408A (FX-10) R409A (FX-56)		A1 A1 A1 A1 A1	
Kältemittel für begrenzte Anwendungen in neuen Anlagen und Geräten	FKW / HFKW (chlorfrei)	Einstoff-Kältemittel	R23 R32 R134a R125 R143a	14800 675 1430 3500 4470	A1 (A2) ⁴ A1 A1 A2	Neuerstellungen, Erweiterungen und Umbauten von Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln über bestimmten Kälteleistungen sind ab 1.12.2013 verboten. Voraussetzung für eine Ausnahmegewilligung: nach dem Stand der Technik sind die Sicherheitsanforderungen gemäss SN EN 378 2008 ohne in der Luft stabile Kältemittel nicht erfüllbar. Für Anlagen mit mehr als 3 kg Kältemittel: Meldepflicht (www.smkw.ch), Wartungsheft und Dichtigkeitsprüfung erforderlich.
		Gemische (Blends)	R404A R407A R407B R407C R407D R407F R410A R413A R417A R422A R422D R427A R507A	3920 2110 2800 1770 1630 1825 2090 2050 2350 3140 2730 2140 3980	A1 A1 A1 A1 A1 A1 A1 A2 A1 A1 A1 A1	
		Gemische mit HFO (Blends)	R448A R449A R450A R513A	1386 1397 601 631	A1 A1 A1 A1	
Zugelassene Kältemittel unter Vorbehalt der Einhaltung der Sicherheitsanforderungen	natürliche	Einstoff-Kältemittel	R170 (Ethan) R290 (Propan) R717 (NH ₃) R718 (H ₂ O) R744 (CO ₂) R600a (Isobutan) R1270 (Propen)	3 3 0 < 1 1 3 3	A3 A3 (B2) ⁴ A1 A1 A3 A3	Natürliche Kältemittel sind für Neuanlagen, Erweiterungen und Umbauten anzustreben. Für Anlagen mit mehr als 3kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.
		Gemische (Blends)	R290/R600a R290/R170 R723 (DME/NH ₃) ³	3 3 8	A3 A3	
	HFO (teilhalogenierte Fluor-Olefine)		HFO-1234yf HFO-1234ze	4 6	(A2) ⁴ (A2) ⁴	Zugelassene Kältemittel. Für Anlagen mit mehr als 3kg Kältemittel: Wartungsheft erforderlich.

¹ Teilhauspotential (GWP) über einen Zeithorizont von 100 Jahren, Zahlenwerte aus IPCC IV (2007). www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm

GWP-Werte für Gemische: gemäss den jeweiligen Massenanteilen der Reinstoffe gewichtete Summe der GWP-Werte der Bestandteile.

² Sicherheitsgruppe gemäss SN EN 378-1:2008+A2:2012

³ R723 ist in der SN EN 378-1:2008+A2:2012 nicht erfasst (s. Hersteller Schick R723)

⁴ Sicherheitsgruppe nach SN EN 378-1:2008+A2:2012 ist noch nicht endgültig definiert

Übersicht der in der Kältetechnik verwendeten Kältemittel mit ODP und GWP Werte

- **Synthetisch hergestellte Kältemittel (heute in Europa verboten)**
 - HFCKW **R 11** Klimaanlage/Turboverdichter ODP= 1,00 GWP = 7100
 - **R 12** Normalkühlung ODP= 1,00 GWP = 7100
 - **R 502** Tiefkühlanwendungen ODP= 0,23 GWP = 4300
 - **R 22** Klimaanlageanwendungen ODP= 0,055 GWP = **1700**

- **Noch aktuelle Kältemittel**
 - HFKW **R134a** Normalkühlung ODP= 0 GWP = 1300
 - **R 404A** Normalkühlung/Tiefkühlung ODP= 0 GWP = **3780**
 - **R 407C** Klimaanlageanwendung ODP= 0 GWP = 1650
 - **R 410A** Klima/Normalkühlung ODP= 0 GWP = 1980
 - **R 422D** Ersatzkältemittel für R 22 ODP= 0 GWP = **2620**

- **Neue synthetische Kältemittel**
 - HFO **R1234yf** ODP= 0 GWP = **6**
 - HFO **R1234ze** ODP= 0 GWP = **4**
 - HFKW **R 32** ODP= 0 GWP = **675**

- ODP = Ozonzerstörungspotential (R11 als Referenzgröße = 1)
- GWP = Treibhauspotential (CO² als Referenzgröße = 1)

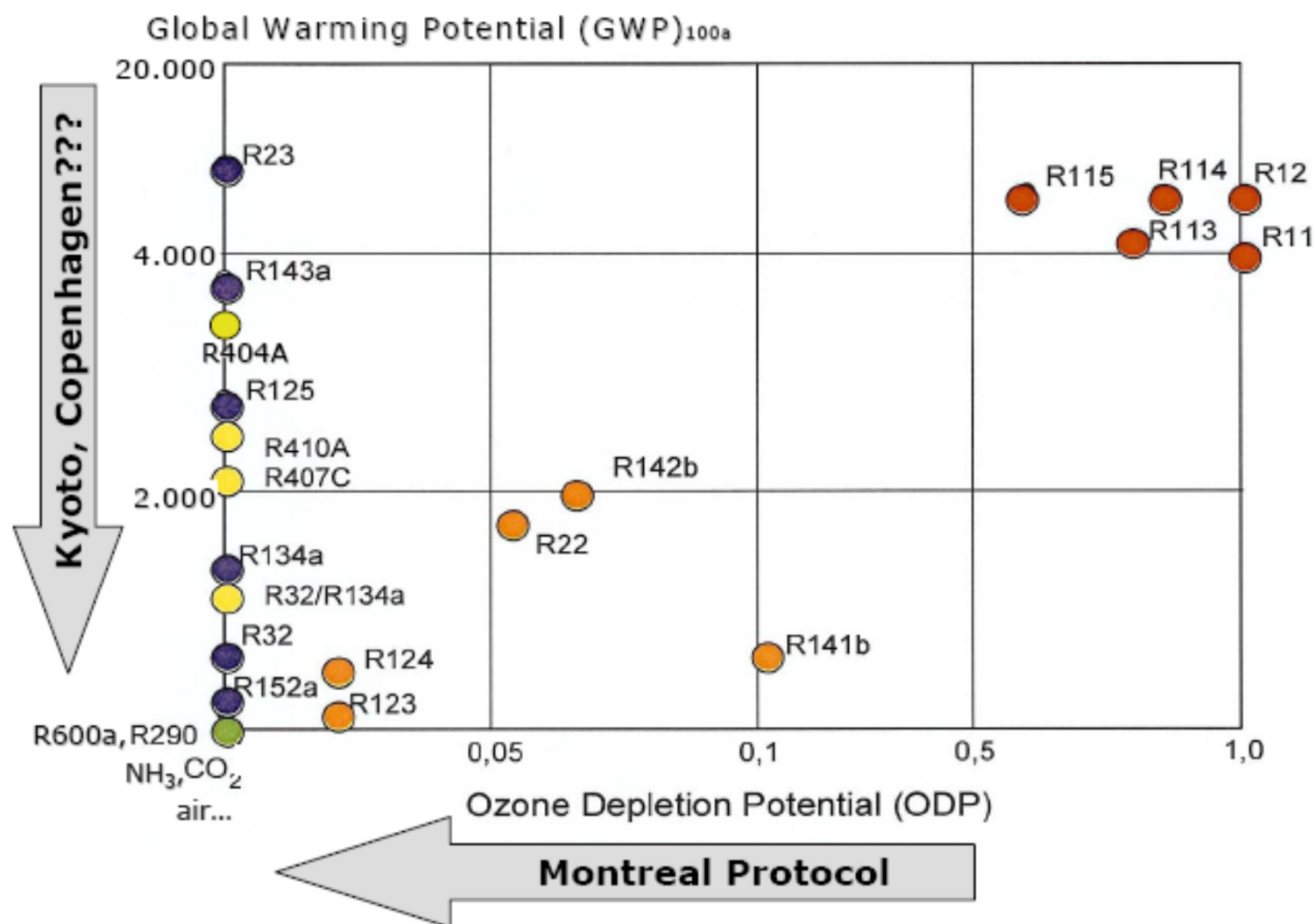
Übersicht der in der Kältetechnik verwendeten Kältemittel mit ODP und GWP Werte

- Synthetische Kältemittel der neuesten Generation für zukünftige Anwendungen
- HFO und HFC
- | | | | |
|----------------|--------|------------|----------------|
| • DR33 (R404A) | ODP= 0 | GWP = 1400 | nicht brennbar |
| • DR 7 (R404A) | ODP= 0 | GWP = 250 | brennbar |
| • DR 3 (R22) | ODP= 0 | GWP = 150 | brennbar |
| • DR 5 (R410A) | ODP=0 | GWP = 500 | brennbar |
| • R 1234yf | ODP=0 | GWP = 4 | brennbar |
| • R 1234 ze | ODP=0 | GWP = 3 | brennbar |
- HFKW sind alle der Gefahrengruppe A1 zugeordnet
- Natürliche Kältemittel der Gefahrengruppe A2 oder A3, (brennbar, toxisch, übel-
riechend oder verursachen hohe Drücke)
- Neue Gefahrenklasse für HFO und HFC A2L !!!!!????

Übersicht der in der Kältetechnik verwendeten Kältemittel mit ODP und GWP Werte

- Die natürlichen Kältemittel
- R 717 NH³ Normalkühlung Tiefkühlung ODP= 0 GWP = 0
- R 723 NH₃/DME Normalkühlung/Klima ODP= 0 GWP = 8
- R 744 CO₂ Tiefkühlung(Normalkühlung) ODP= 0 GWP = 1
- R 290/ R 1270 Propan Normalkühlung/Klima ODP= 0 GWP = 3
- R 600a Isobutan Hochtemperatur Wärmepumpen ODP= 0 GWP = 3
- H-FKW sind alle der Gefahrengruppe A1 zugeordnet also nicht brennbar, nicht toxisch, einfach zu handhaben
- Die natürlichen Kältemittel der Gefahrengruppe A2 oder A3, sind brennbar, toxisch, übel riechend oder verursachen hohe Drücke und stellen somit an die Anlagentechnik besondere Sicherheitsmaßnahmen und Anforderungen.

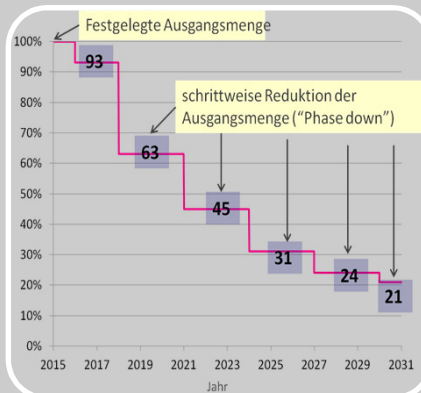
Ozone Depletion and Global Warming



Die neue F – Gas Verordnung

- 1 **NEUE F-GAS-VERORDNUNG (EU) Nr. 517/2014** des europäischen Parlaments und des Rates wurde am 20.05.2014 im offiziellen Amtsblatt der EU veröffentlicht. Die Verordnung über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der alten Verordnung Nr. 842/2006 tritt damit in 20 Tagen (am 9. Juni) in Kraft und **ist ab dem 1.1.2015 anzuwenden.**
- 2 **Die BETREIBERPFLICHTEN** wurden wesentlich erweitert und verschärft
- 3 **Es bestehen VERWENDUNGS- UND INVERKEHRBRINGENSVERBOTE** für H-FKW Kältemittel
- 4 **SCHRITTWEISE BESCHRÄNKUNG DER AUF DEM MARKT VERFÜGBAREN MENGEN AN HFKW – Kältemittel (PHASE DOWN)**

Die neue F-Gas-Verordnung besteht aus 3 Säulen



Anlagenbetreiber haben umfangreiche Pflichten

- Sie müssen sich mit der Verknappung von HFKW befassen

- Sie sind von einigen Verboten und Einschränkungen betroffen

- Dichtigkeitsprüfungen, Aufzeichnungen, qualifizierte Entsorgungen sind Pflicht

Einführung einer schrittweisen Beschränkung der auf dem Markt verfügbaren Mengen an teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (HFKW)
„phase-down“

Beibehaltung Ergänzung und Verschärfung der Regelungen zu Dichtheitsprüfungen, Zertifizierung des Fachpersonals, Entsorgung, Log-Buch für die Kälteanlage

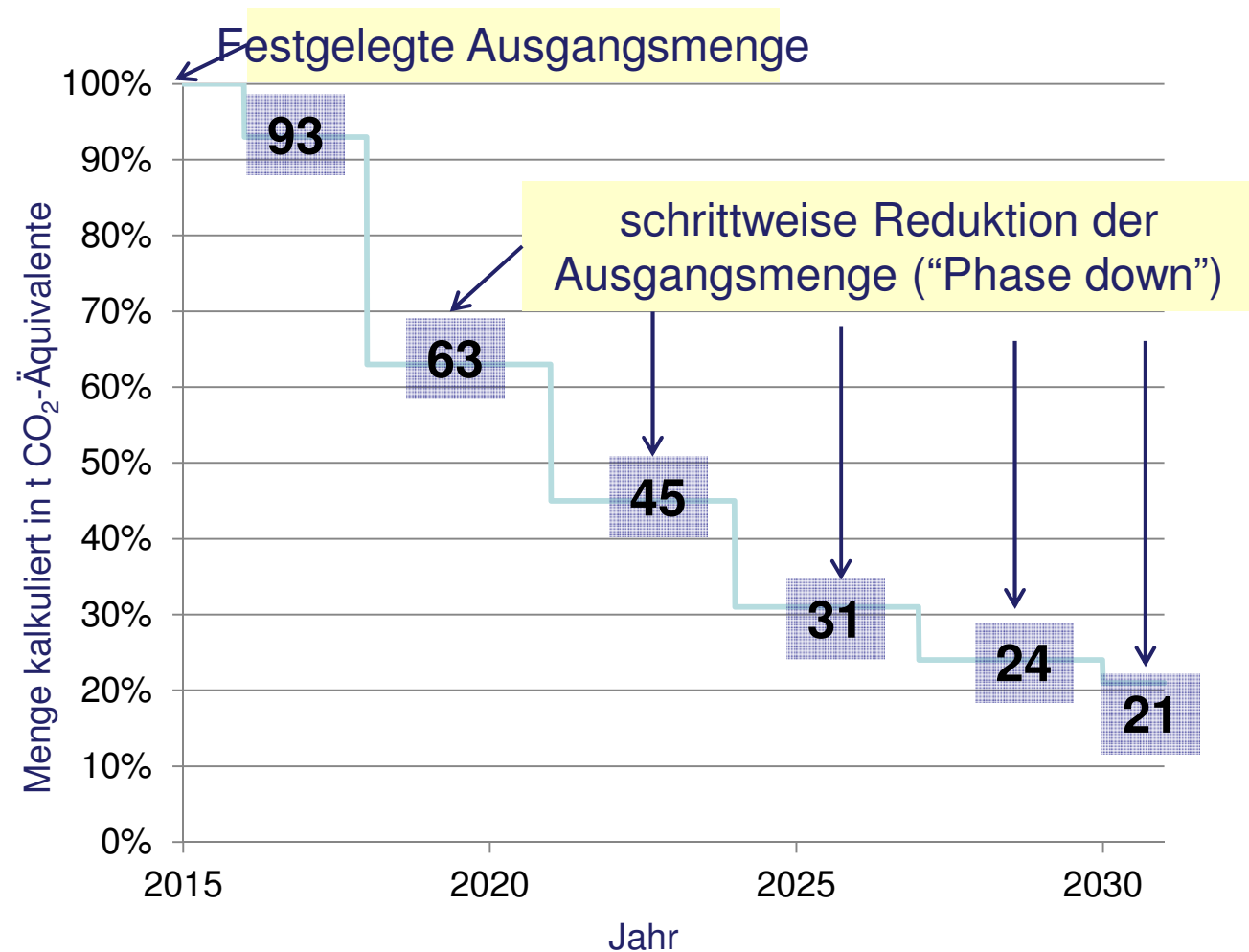
Erlass von Verwendungs- und Verkaufsverbote für H-FKW Kältemittel ab 2020

Quelle:
Stephan Bayer
/ pixelio.de
Andreas
Hermsdorf /
pixelio.de

Schrittweise Beschränkung der auf dem Markt verfügbaren Mengen an HFKW – Phase down

EU-weite Beschränkung der neu in Verkehr gebrachten Mengen von HFKW

1. H-FKW in Gebinden
2. Füllmengen in importierten Geräten
3. Kein eigenes Kontingent für Deutschland
4. Keine eigenen Kontingente für Kälte- und Klimatechnik oder andere Anwendungen!
5. Alle HFKW-Nachfrager in der EU konkurrieren um eine gemeinsame Gesamtmenge die sich immer weiter reduziert!
(Preisanstieg)

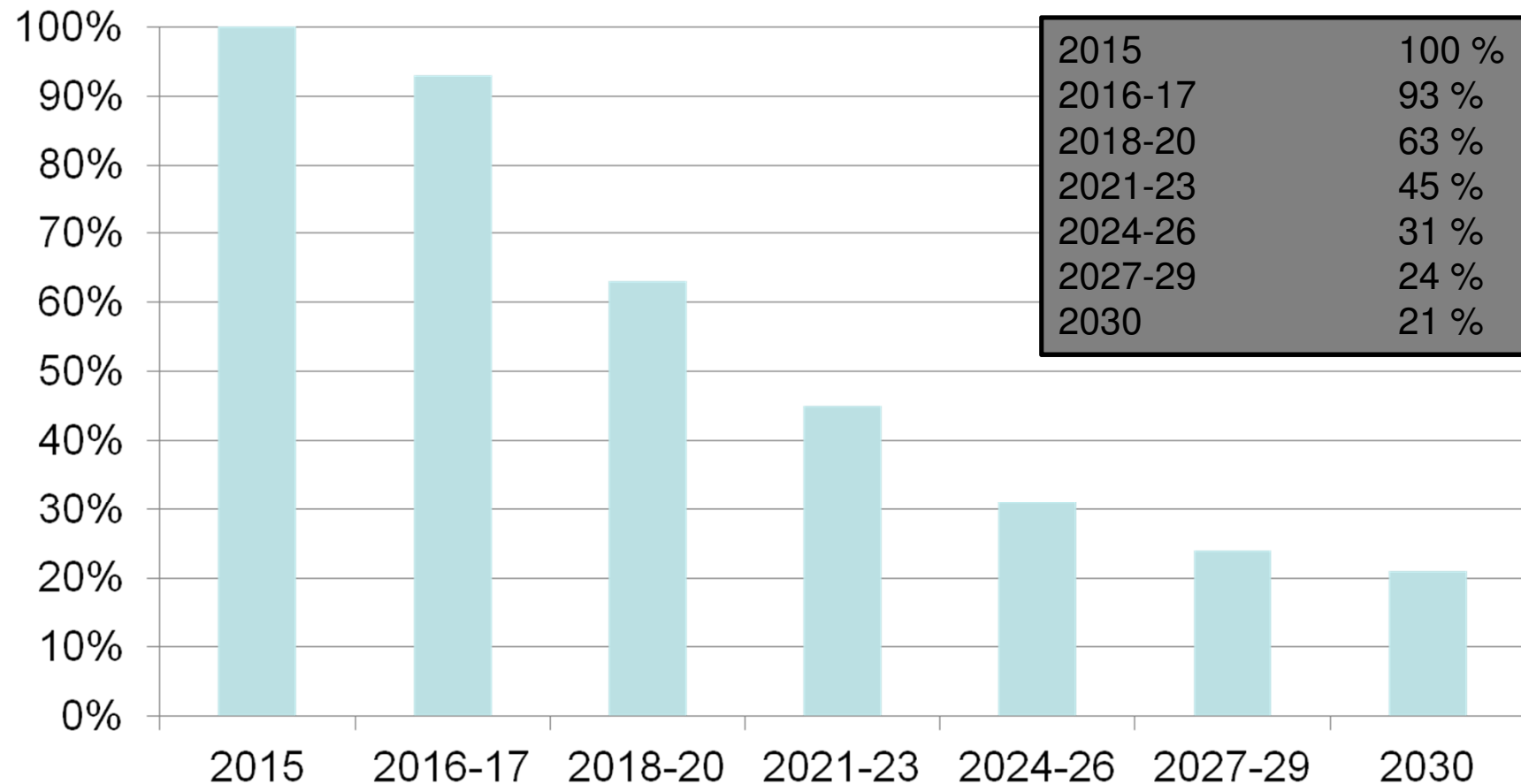


**VERORDNUNG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES
über die Reduktion fluoriierter Treibhausgase (EG) 842/2006**

Start 2015 ca. 16.700.000.000 kg CO² Äquivalent

**Reduzierung auf
Ende 2030 ca. 3.500.000.000 kg CO² Äquivalent**

**Verfügbarkeitsmenge teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
in Tonnen CO₂-Äquivalent**



Große Herausforderung für die Kälte- Klimabranche durch die Mengenbegrenzung des CO² Äquivalents in Europa

Quelle Bitzer

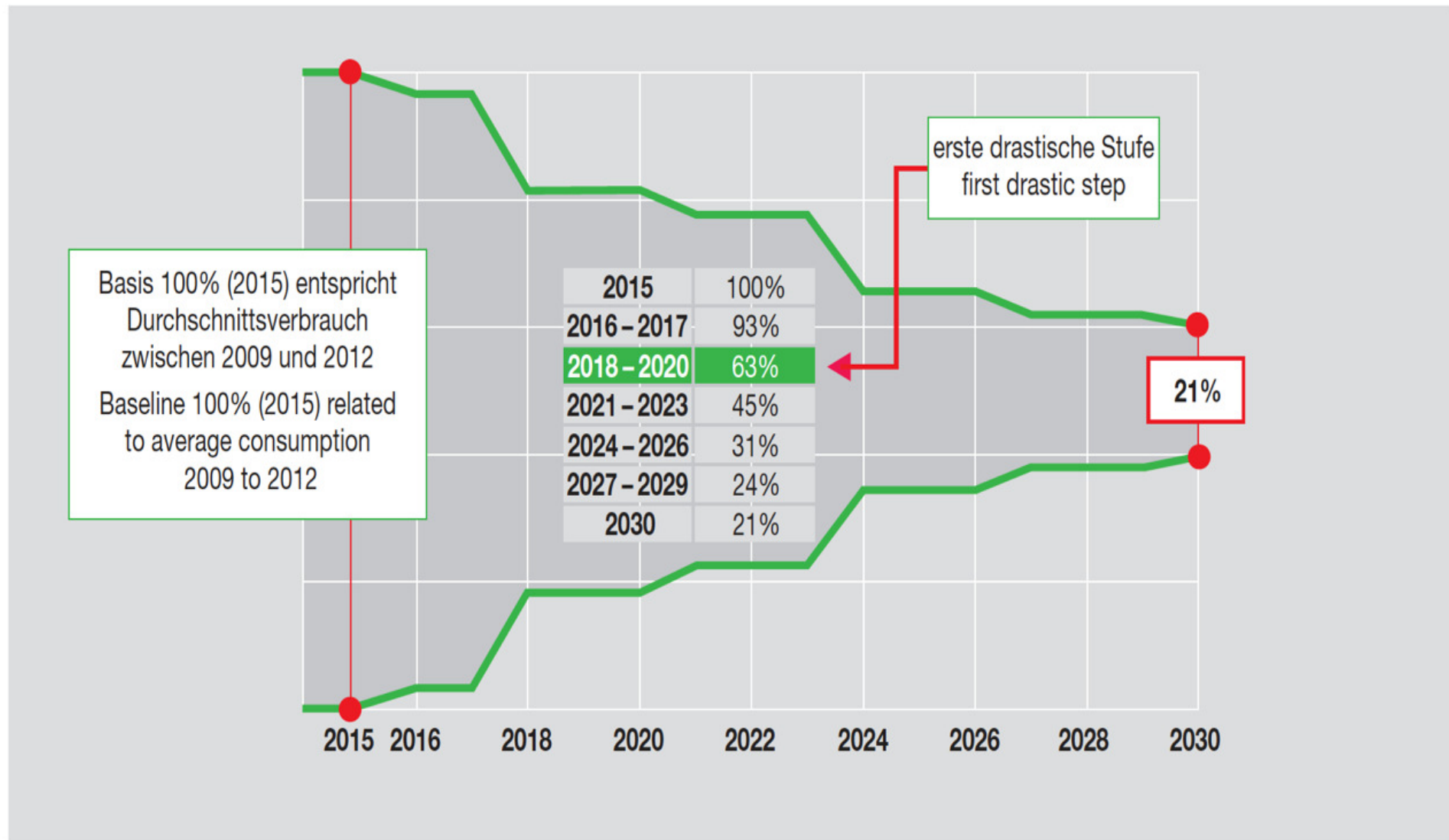


Abb. 1 Mengenbegrenzung („Phase-Down“) bis 2030

Fig. 1 Quantitative limit ("phase-down") until 2030

Große Herausforderung für die Kälte- Klimabranche durch die Mengenbegrenzung des CO² Äquivalents in Europa und der zu erwartende durchschnittliche GWP Wert

(Quelle Bitzer)

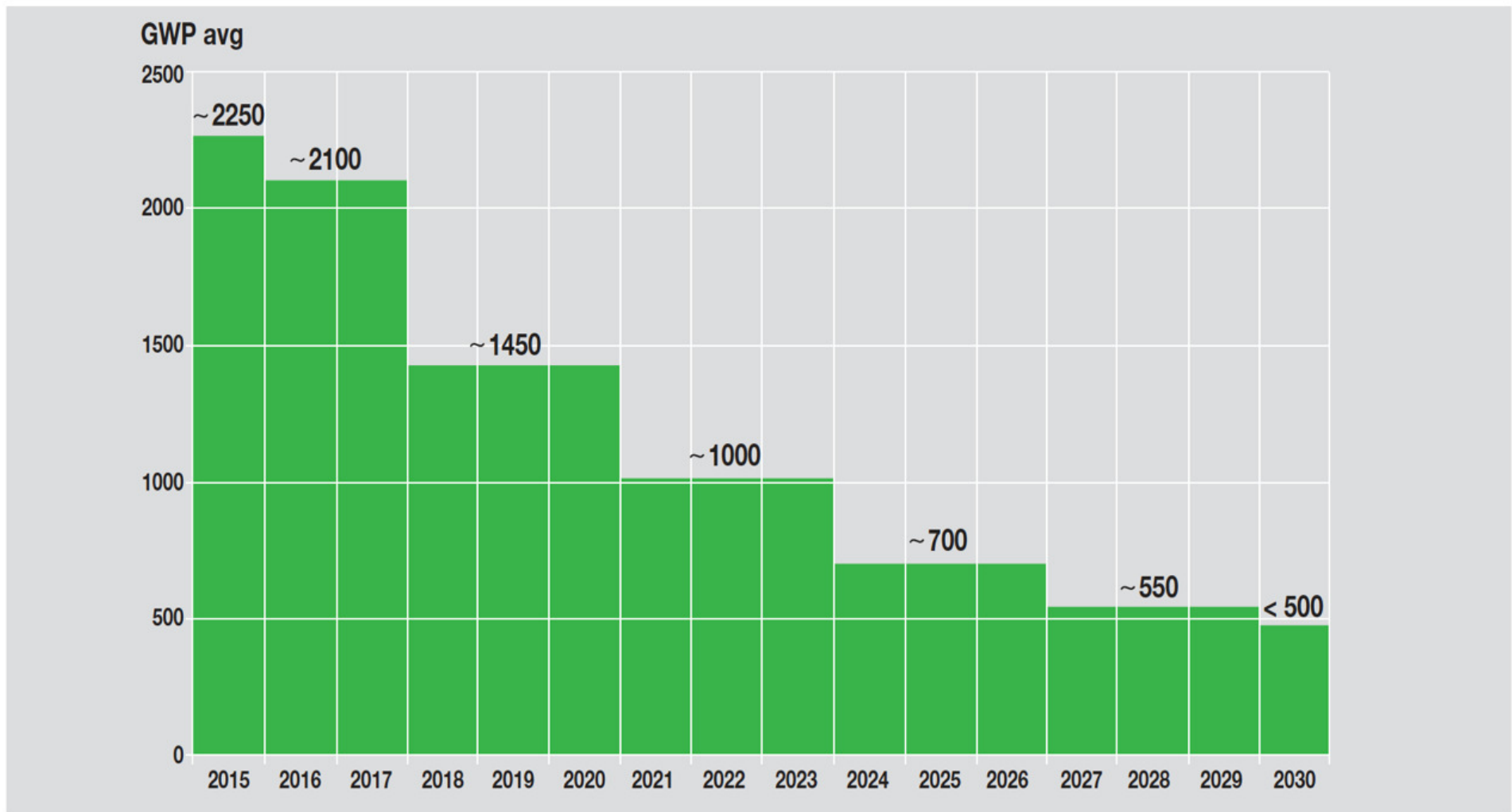


Abb. 2 Theoretische durchschnittliche GWP-Werte durch Mengenbegrenzung („Phase-Down“)

Fig. 2 Theoretical average GWP values due to phase-down

Verwendungs- und Inverkehrbringungsverbote

VERWENDUNGSBESCHRÄNKUNGEN (ART. 13)

Die Verwendung von fluorierten Treibhausgasen mit einem Treibhausgaspotential **von GWP 2.500** oder mehr zur Wartung oder Instandhaltung von Kälteanlagen mit einer Füllmenge von **40 t CO₂-eq.** oder mehr **ist ab dem 01.01.2020 untersagt**

Ausnahmen nur für

- Militärische Einrichtungen
- Anwendungen zur Kühlung von Produkten auf < -50°C
- aufgearbeitete oder recycelte F-Gase noch bis 1.1.2030 (Preis?)
- Wichtig: Beschränkung der Verwendung von recycelten F-Gasen auf bestimmte Unternehmen!

40 t CO₂eq

Entspricht:

**10,0 kg R507
10,2 kg R404A
14,7 kg R422D**

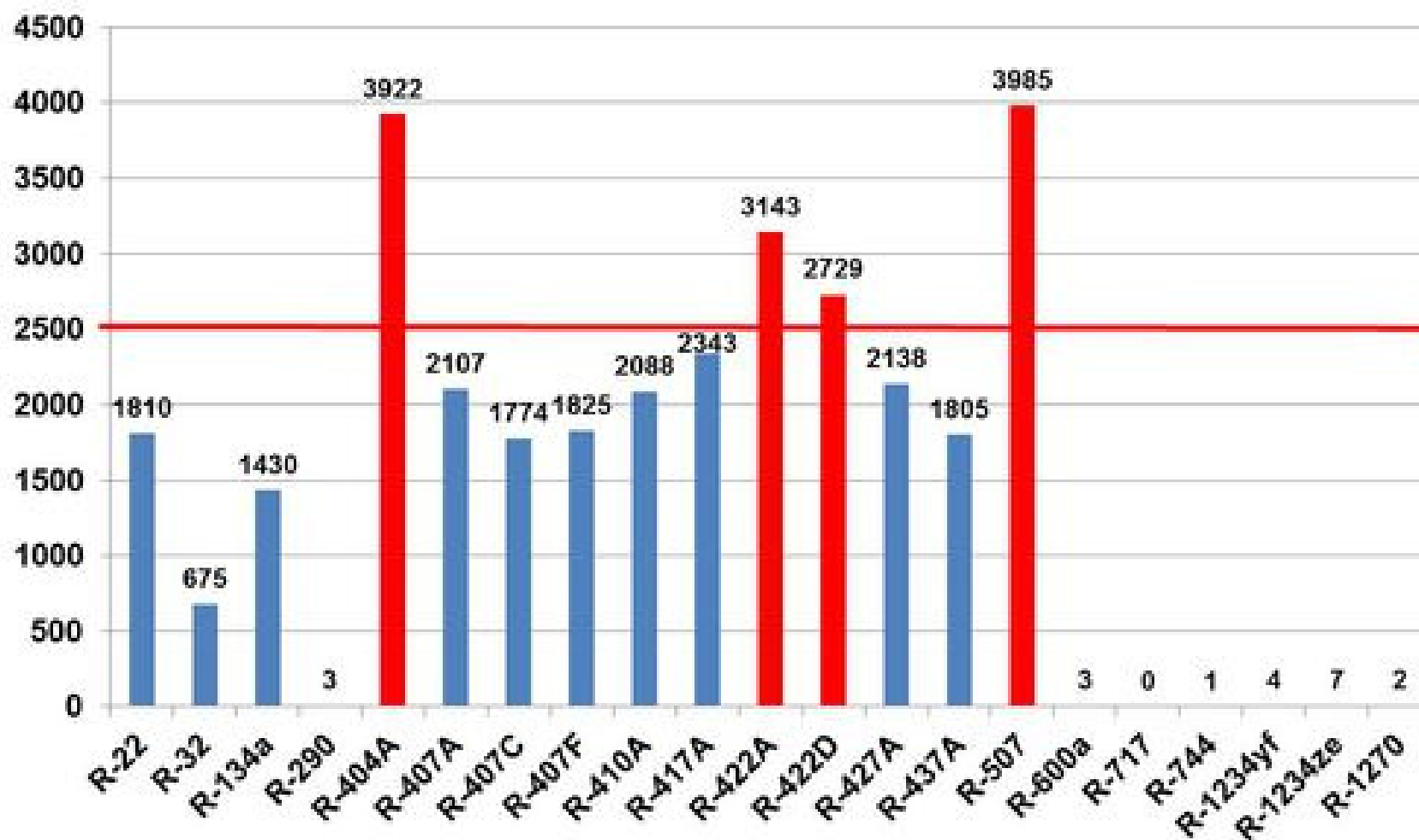
Füllmenge der Kälteanlage

Aufgearbeitet: Eigenschaften gleichwertig ungebrauchter Stoffe

Recycelt: einfaches Reinigungsverfahren

Gewährleistung?
Verfügbarkeit?

Übersicht der Kältemittel mit einem GWP Werte über 2500
 Achtung für Betreiber von umgestellten R 422D Kälteanlagen



Die neue F- Gase-Verordnung

- Was tun ?
- Ganz einfach: verwenden Sie möglichst natürliche Kältemittel oder Kältemittel mit niedrigem GWP Wert !
- Das hat aber in der Regel indirekte Kaltwasser/soleanlagen zur Folge!
- Aber dafür erhält man:
 - Hohe Energieeffizienz, zukunftsichere Investitionen.
 - BAFA Förderprogramm nutzen!
 - Alle Auflagen der F Gase Verordnung gelten **nicht** für die natürlichen Kältemittel CO₂, R290, R 600a, R 1270, R717, R 723

Kaltsoleanlagen mit den natürlichen Kältemitteln **Generelle Anlagenkonzepte**



Anlagenkonzeptionen für Kälte- Klimaanlage mit natürlichen Kältemitteln



- **Welche natürlichen Kältemittel stehen der Branche zur Verfügung?**
- **R 717/ R 723 Ammoniak:** umweltfreundlich, hervorragende thermodynamische Eigenschaften, günstige Drucklagen, übel riechend, toxisch ab einer bestimmten Konzentration, brennbar ab einer bestimmten Konzentration, bedingte Materialverträglichkeit, Einsatz meist nur bei Großkälteanlagen mit geschultem Personal.
- **R 290/ R 1270/ R 600a Kohlenwasserstoffe:** umweltfreundlich, gute thermodynamische Eigenschaften, günstige Drucklagen, geruchlos, brennbar bei geringer Konzentration, gute Materialverträglichkeit, Einsatz in fast allen Bereichen der Kälte- und Klimatechnik, bei Innenaufstellungen besondere Sicherheitsvorschriften und Füllmengenbegrenzungen, besonders geschultes Personal notwendig.
- **R 744 CO2 Kohlendioxid:** umweltfreundlich, hervorragende thermodynamische Eigenschaften, ungünstige hohe Drucklagen, nicht brennbar, Erstickungsgefahr, gute Materialverträglichkeit, hoher Regelungsaufwand, Stillstandskühlsysteme notwendig, Einsatz gut im Supermarktbereich, besonders geschultes Personal notwendig

Anlagenkonzeptionen für Kälte- Klimaanlage mit natürlichen Kältemittel

**Ein Vergleich zwischen den natürlichen Kältemittel
R 717 Ammoniak und R 744 CO²
Vor- und Nachteile**

1.1. Raumbelüftung

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
Raumluft über dem Boden absaugen, Frischluft an Decke einbringen	2/3 Raumabluft an Decke absaugen, 1/3 Raumabluft über Boden absaugen (wegen möglichem Flüssigkeitsaustritt mit daraus folgendem, sehr kaltem Ammoniakdampf)

1.2. Raumüberwachung

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
Gemäss EN 378 ist Gaswarnung in Maschinenräumen erforderlich, wenn die CO ₂ Füllmenge grösser ist als der Grenzwert von 0.1 kg CO ₂ /m ³ Raumvolumen oder bei Füllmengen > 25 kg	Gemäss EN 378 ist Gaswarnung in Maschinenräumen erforderlich bei Füllmengen > 50 kg
CO ₂ Sensor Standort nahe am Boden (sowohl in Maschinenräumen wie auch in anderen Räumen, wie Kühlräume, Verkaufsräume mit CO ₂ Kühlgeräten)	NH ₃ Sensor Standort in Maschinenräumen an Decke und bei Flüssigbehältern unterhalb des Behälters oder in Pumpensumpfgruben
	NH ₃ Sensor Standort in Arbeitsräumen auf Kopfhöhe bis Decke

1.3. Warnwirkung

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
CO ₂ wird in der Raumluft erst bei gefährlich hohen Konzentrationen wahrgenommen	NH ₃ wird bei Konzentrationen die weit unter der Gefahrenschwelle sind wahrgenommen. Wahrnehmungsschwelle bei ca. 5 ppm

Anlagenkonzeptionen für Kälte- Klimaanlage mit natürlichen Kältemittel

2. Vorschriften

2.1. Füllmengen

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
A1	Sicherheitsgruppe nach EN 378	B2
2	Fluidgruppe nach DGRL	1
keine	Bewilligungspflicht	Störfallverordnung (CH) ab 2000 kg Inhalt, BImSchG (D) ab 3'000 kg. TRAS 110 ab 3'000 kg
Keine Bewilligungspflicht	Chem RRV	Keine Bewilligungspflicht
Keine Meldepflicht	Meldepflicht BAFU	Keine Meldepflicht

3. Einfluss auf Menschen

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Fast geruchslos, resp. schwach säuerlich	Geruch	Charakteristisch stechend
Ab ca. 2 - 3 Vol % {37'000 – 56'000 ppm [mg/m ³]} wahrnehmbar Prickeln in der Nase	Wahrnehmungsgrenze	5 ppm [mg/m ³] {0.0007 Vol %}
<ul style="list-style-type: none"> • 1 – 2 Vol.% {19'000 – 37'000 ppm} keine Gefährdung • 2 – 4 Vol.% {37'000 – 74'000 ppm} Verstärkte Atmung, erhöhte Pulsfrequenz • 4 – 8 Vol.% {74'000 – 148'000 ppm} Kopfschmerzen, Schwindel, Brechreiz, Ohrensausen • 8 – 10 Vol.% {148'000–185'000 ppm} Krämpfe, Bewusstlosigkeit, Tod durch Atemstillstand • Über 10 Vol.% {185'000 ppm} schnelle Lähmung der lebens- wichtigen Zentren, tödlich 	Gesundheitsgefährdung	<ul style="list-style-type: none"> • 250 ppm {0.035 Vol %} Belästigungsschwelle • 500 – 1000 ppm {0.07 – 0.14 Vol %} Erträglichkeitsgrenze • 2500 ppm {0.35 Vol %} Vergiftungserscheinungen • >5000 ppm {0.7 Vol %} Tödliche Konzentration
9100 ppm [mg/m ³], (0.5 Vol %)	AGW- vormalig MAK - Wert	20 ppm ppm [mg/m ³], {0.007 Vol %}

4. Umwelteinfluss

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
1	GWP, Treibhauspotential	0
0	ODP, Ozonabbaupotential	0
Weniger günstig (stark abhängig von Klimazone)	TEWI, Gesamttreibhausbelastung	Günstig
Ungiftig bis ca. 4 Vol%	Giftigkeit	giftig
Nicht explosiv	Explosionsgefahr	Explosiv Explosionsgrenze 15 – 34 Vol.%

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
-78.4 °C (Sublimationspunkt, CO ₂ verwandelt sich direkt von Trockeneis in CO ₂ Gas)	Siedetemperatur bei Atmosphärendruck (1013 mbar)	-33.3 °C
64 bar	Druck bei Umgebungstemperatur (25 °C)	10 bar
44.01 kg/kmol	Molmasse	17.03 kg/kmol
31.06 °C	Kritische Temperatur	132.35 °C
73.8 bar	Kritischer Druck	113.53 bar
< 5.2 bar, -56.6°C (Gefahr von Trockeneisbildung)	Tripelpunkt	-77.9 °C
-	Zündtemperatur	650 °C
38 Jahre	Halbwertszeit in der Atmosphäre	14 Tage
0.04 Vol %	Konzentration in der Atmosphäre	Nicht feststellbar
Schwerer als Luft, $\gamma = \text{ca. } 1.85 \text{ kg/m}^3$ Sinkt in der Umgebungsluft ab (hohe Konzentration am Boden)	Verhalten gegenüber Umgebungsluft (bei 15°C, 1 bar) $\gamma_{\text{Luft}} = \text{ca. } 1.225 \text{ kg/m}^3$	Leichter als Luft, $\gamma = \text{ca. } 0.71 \text{ kg/m}^3$ steigt in der Umgebungsluft auf (hohe Konzentration an der Decke) (dies gilt bei einer rel. Feuchte $\leq 50\%$)

Anlagenkonzeptionen für Kälte- Klimaanlage mit natürlichen Kältemittel

6. Spezielle Eigenschaften

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Geringe Wasseraufnahmefähigkeit	Wasseraufnahme	Stark hygroskopisch (starke Wasseraufnahmefähigkeit)
Gute Löslichkeit in Wasser (Bildung von Kohlensäure) Ca. 2g/Liter Wasser bei 20 °C	Löslichkeit in Wasser	Sehr gute Löslichkeit in Wasser (Bildung von Ammoniakwasser, Salmiakgeist) Ca. 0.52 kg NH ₃ /kg Wasser bei 20 °C
Sehr hoch ca. 18'400 kJ/m ³	Volumetrische Kälteleistung -10°C	Hoch ca. 3'100 kJ/m ³
Gering 260 kJ/kg	Verdampfungsenthalpie bei -10°C	Sehr hoch ca. 1'300 kJ/kg
Sehr hoch (45 %, -40 auf +20°C)	Ausdehnung des flüssigen Kältemittels bei Erwärmung	Eher gering (13%, -40 auf +20°C)
<p>Verträglichkeit von Ammoniak und Kohlendioxid</p> <p>Treffen Ammoniak und Kohlendioxid in geschlossenen Kältesystemen zusammen entsteht eine heftige chemische Reaktion. Das Reaktionsprodukt ist Ammoniumcarbamat, welches sich an der Leckstelle bildet und sich als weisses Pulver, in Form eines ziemlich festen Belags an Oberflächen niederschlägt. Dies kann bei Anlagen mit Kaskadenwärmetauschern zu einem totalen Ausfall des Systems führen</p>		

7. Materialien

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Bei kleineren Anlagen kann das einfach zu verarbeitende Kupferrohr eingesetzt werden. Für grössere Anlagen ist normaler Stahl oder Edelstahl geeignet. Bei transkritischem Betrieb, in Funktion der Nennweite, Edelstahl erforderlich	Rohrleitungen	Für alle Anlagengrößen ist normaler Stahl bestens geeignet. Bei Leitungen mit häufig und stark ändernden Temperaturen ist Edelstahl vorzuziehen (z.B. Abtauleitungen). Kupferleitungen oder andere Buntmetalleitungen sind nicht geeignet
Alle Metalle sind geeignet (Buntmetall, Alu, Stahl, Edelstahl)	Armaturen, Ventile	Stahl, Edelstahl, Grauguss, Stahlguss (Je nach Druck oder Temperatureinsatz kann es Beschränkungen geben)
PTFE, PCTFE, PA, PE, PP, ALU	Dichtungen	PTFE, PCTFE, PA, PE, PP, ALU
Kupfer, Buntmetall, Alu, Stahl, Edelstahl	Wärmetauscher	Edelstahl, Stahl
Reinheitsklasse N 4.5 oder vergleichbar Reinheit min. 99.9 % (Masse) Wassergehalt max. 5 ppm (Masse)	Anforderung an die Reinheit von Kältemittel	Reinheit min. 99.95 % (Masse) Wassergehalt max. 400 ppm (Masse)

10.1. Vorteile

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Ungiftig bis ca. 4 Vol%		Feuchtigkeit im Kältesystem ist wenig kritisch
Nicht explosiv		Lecksuche einfach
ODP = 0		ODP = 0
GWP = 1		GPP = 0
Preisgünstig und gut verfügbar		Preisgünstig
Kein Recycling notwendig		Gute Warnwirkung bei Austritt
Gute Wärmeübertragungseigenschaften		Seit über 120 Jahren erfolgreich im Einsatz
Kleines Druckverhältnis der Verdichter, besserer Verdichtерwirkungsgad		Hohe Energieeffizienz
Für Wärmepumpen mit hohem Temperaturhub auf der Abgabeseite vorzüglich geeignet (Brauchwarmwassererwärmung, Speisewassererwärmung für Dampferzeuger)		
Gute Drucklage auf Verdampferseite, d.h. nie Unterdruck, kein Eindringen von Feuchtigkeit und Fremdgase bei einer Leckage		
Für eine bestimmte Leistung können, im Vergleich zu NH ₃ wesentlich kleinere Verdichter eingesetzt werden (geringere Verdichterhubvolumen notwendig), insbesondere bei Tiefkühlanlagen (-30 bis -50°C)		
Die Leitungsquerschnitte sind wesentlich geringer als bei gleichen Anlagen mit NH ₃		

10.2. Nachteile

CO₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH₃ Ammoniak R717
Giftig ab ca. 4 Vol. %		Giftig
Absicherung mit Sicherheitsventilen notwendig		Explosiv bei sehr hohen Konzentrationen, aber grosse Zündenergie notwendig
Kondensation ist nur bis ca. +25°C möglich. Darüber ist ein transkritischer Prozess notwendig		Gefahrenpotential bei unsachgemäßem Umgang mit NH ₃ – Anlagen, d.h. erfordert gut geschultes Unterhaltspersonal
Mögliche Trockeneisbildung bei der Expansion unter 5,2 bar		
Feuchtigkeit im Kältesystem ist sehr kritisch		
Hohe Ausdehnung des flüssigen CO ₂ bei Erwärmung		
Keine Warnwirkung bei zu hoher CO ₂ – Konzentration in der Atemluft		
Gesundheitsgefährdung bei zu hoher CO ₂ – Konzentration in der Atemluft		Gesundheitsgefährdung bei zu hoher NH ₃ – Konzentration in der Atemluft
Lecksuche schwierig		
Hoher Stillstands Druck (63,3 bar bei +25 °C)		

11. Einsatzgebiete, Anwendungen

11.1. Allgemein

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Ca. -56°C (Tripelpunkt -56.56°C)	Tiefste Verdampfungstemperatur	Ca. -75°C (begrenzt durch tiefen Druck und grosses Gasvolumen)
unter + 31 °C Kondensation (unterkritisch) über +31°C Gaskühlung (transkritisch)	Höchste Kondensationstemperatur	Ca. +90 °C (Begrenzung durch Verdichter Konstruktion, Maximaldruck)
Sehr gut geeignet für Tiefkühlanlagen -30 bis -45 °C als Kaskadenanlage	Einsatzbereich	Einsatz im gesamten Anwendungsbereich von ca. -60°C Tiefkühlung bis ca. +80°C als Wärmepumpe
Sehr gut geeignet als verdampfender Kälte Träger in Temperaturbereichen von ca. 0 bis -45 °C	Einsatzbereich	Geeignet für grosse Kälteleistungen
Bei Wärmeabgabe mit Umgebungstemperatur höher als 20°C ist transkritischer Betrieb notwendig (hohe Drücke bis 150 Bar)		

11.2. Als Kältemittel bei Pluskühlung $\geq 0^{\circ}\text{C}$

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
Unterkritischer Betrieb nur möglich bei Umgebungstemperaturen welche 20°C nicht überschreiten	NH ₃ kann im Pluskühlbereich uneingeschränkt angewendet werden. Die COP Werte sind gut
Bei Umgebungstemperaturen > 20°C ist der Prozess transkritisch, was sehr hohe Drücke und entsprechend schlechtere COP zur Folge hat	
Bei variablen Umgebungstemperaturen (Sommer/Winter, Tag/Nacht) kann jeweils zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet werden. Dies bedeutet ein erhöhter technischer Aufwand, hat aber bessere COP Werte zur Folge	

11.3. Als Kältemittel bei Tiefkühlung $\leq -20^{\circ}\text{C}$

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
CO ₂ ist gut geeignet als Tieftemperatur Kältemittel in der unteren Stufe von Kaskadenanlagen. Durch die hohe Gasdichte ergeben sich kleine Komponenten (Verdichter, Rohrleitungen und Armaturen). Der COP Wert ist besser als bei NH ₃ Anlagen	Für tiefe Verdampfungstemperaturen ist NH ₃ weniger geeignet. Die Gründe liegen in der geringen Gasdichte, was grosse Saugvolumen der Verdichter erfordert und in der niedrigen Drucklage, was unter -33°C Vakuum bedeutet
Transkritische Anlagen sind grundsätzlich auch möglich, sind aber 2 – stufig auszuführen und werden dadurch aufwendig, mit entsprechend schlechterem COP	

11.4. Als Kältemittel in Wärmepumpen

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
<p>CO₂ eignet sich in Wärmepumpen mit transkritischem Prozess insbesondere zur Brauchwasser- oder Speisewasser- Erwärmung (Dampferzeugung).</p> <p>Massgebend für den guten COP ist dabei der Grad der Wassererwärmung, d.h. je grösser die Wassererwärmung ist, umso tiefer liegt die Gaskühler – Austrittstemperatur, was sich positiv auf den COP auswirkt.</p>	<p>NH₃ eignet sich als Kältemittel für Wärmepumpen in einem grossen Anwendungsbereich.</p>
<p>Für Wärmepumpen mit geringer Warmwassererwärmung (z.B. Gebäudeheizung) ist CO₂ im transkritischen Prozess schlecht geeignet, weil der COP durch die hohe Gaskühler-austrittstemperatur negativ beeinflusst wird.</p>	<p>Sehr günstige COP-Werte liefert eine NH₃ Wärmepumpe wenn sie die NH₃ Sauggase direkt von der Druckseite einer Kälteanlage bezieht. Diese Technik erhöht aber den Komplexitätsgrad einer Anlage wesentlich.</p>

11.5. Als Kälte­träger

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
<p>CO₂ kann sehr gut als verdampfender Kälte­träger in Kältesystemen mit Temperaturen von ca. -30 bis +10°C eingesetzt werden.</p> <p>Gegenüber konventionellen Kälte­träger (Glycol etc.) ergeben sich geringere Rohrquerschnitte und Pumpenleistungen.</p> <p>Ein grosser Vorteil ist auch, dass das flüssige CO₂ während der ganzen Wärmeübertragung die gleich tiefe Temperatur hat.</p> <p>Einziger Nachteil ist die hohe Drucklage im Betrieb und der hohe Stillstandsdruck.</p>	<p>Reines NH₃ wird wegen seiner Giftigkeit und Explosionsgefahr nicht als Kälte­träger eingesetzt</p>
	<p>Ammoniakwasser oder Salmiakgeist eignen sich wegen der tiefen Viskosität (dünnflüssig) hervorragend als Kälte­träger für tiefere Temperaturen. Dadurch ergeben sich geringe Pumpenleistungen und gute Wärmeübertragungswerte in den Wärmetauschern. Nachteilig ist, dass bei einer Leckage Ammoniak in die Umgebungsluft gelangen kann, mit möglicher Personengefährdung und dass im System keine Buntmetalle eingesetzt werden können (günstige Armaturen)</p>

12. Äquivalente Rohrdurchmesser

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744		NH ₃ Ammoniak R717
Ca. 70 m ³ /h	Verdichter Saugvolumen bei 125 kW, -35/-5°C	Ca. 440 m ³ /h
42.1 mm	Saugleitungsdurchmesser bei 125 kW, -35/-5°C	112.6 mm
29.8 mm	Druckleitungsdurchmesser bei 125 kW, -35/-5°C	71.4 mm
31.3 mm	Flüssigkeitsleitungsdurch- messer bei 125 kW, -35/-5°C	17.8 mm
100 % (z.B. 29 cm ²)	Prozentualer Vergleich der Leitungsquerschnitte für Saugleitung, Flüssigkeitsleitung und Druckleitung zusammen	Ca. 500 % (z.B. 143 cm ²)

13. Lecksuche

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
Druckprobe und Abseifen	Druckprobe und Abseifen
Lecksuche mittels störungsanfälligen, elektronischen Lecksuchgeräten	Kleine Leckagen können noch mit der Nase festgestellt werden
	Lecksuche mittels Schwefelgas aus Flasche oder Schwefelschnitten (Beim Zusammentreffen von Schwefelgas und geringer Ammoniakmenge bildet sich gut sichtbarer Nebel)

14. Herstellung

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
Industrielle Herstellung mittels verschiedener chemischen Prozessen	Industrielle Herstellung mittels verschiedener chemischen Prozessen

15. Entsorgung

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	NH ₃ Ammoniak R717
<p>Übliche Entsorgung durch Ablassen in Atmosphäre.</p> <p>CO₂ kann ohne spezielle Hochdruckverdichter nicht mehr in Flaschen zurückgebracht werden.</p>	<p>Entsorgung mittels Recycling Behälter und bei ausreichender Reinheit (Wassergehalt, Restöl und andere Verunreinigungen) Wiederverwendung in anderen Anlagen</p>
<p>Abfüllen mittels Hochdruckverdichter und Kondensationseinheit in Recycling Flaschen.</p> <p>Bei ausreichender Reinheit (Wassergehalt, Restöl und andere Verunreinigungen) Wiederverwendung in anderen Anlagen</p>	<p>Entsorgung mittels Recycling Behälter und Verbrennung in speziellem Verbrennungsofen bei Entsorgungsfirma</p>
	<p>Kleinere, besonders gasförmige Mengen können in Wasser gelöst werden.</p> <p>Neutralisierung des Wassers oder Entsorgung in ARA</p>
	<p>Sehr kleine Mengen (Inhalt von Ventilstationen etc.) können dosiert an die Aussenluft abgegeben werden</p>
	<p>Grössere Mengen können vor Ort mittels eines speziellen Verbrennungsofen verbrannt werden</p>

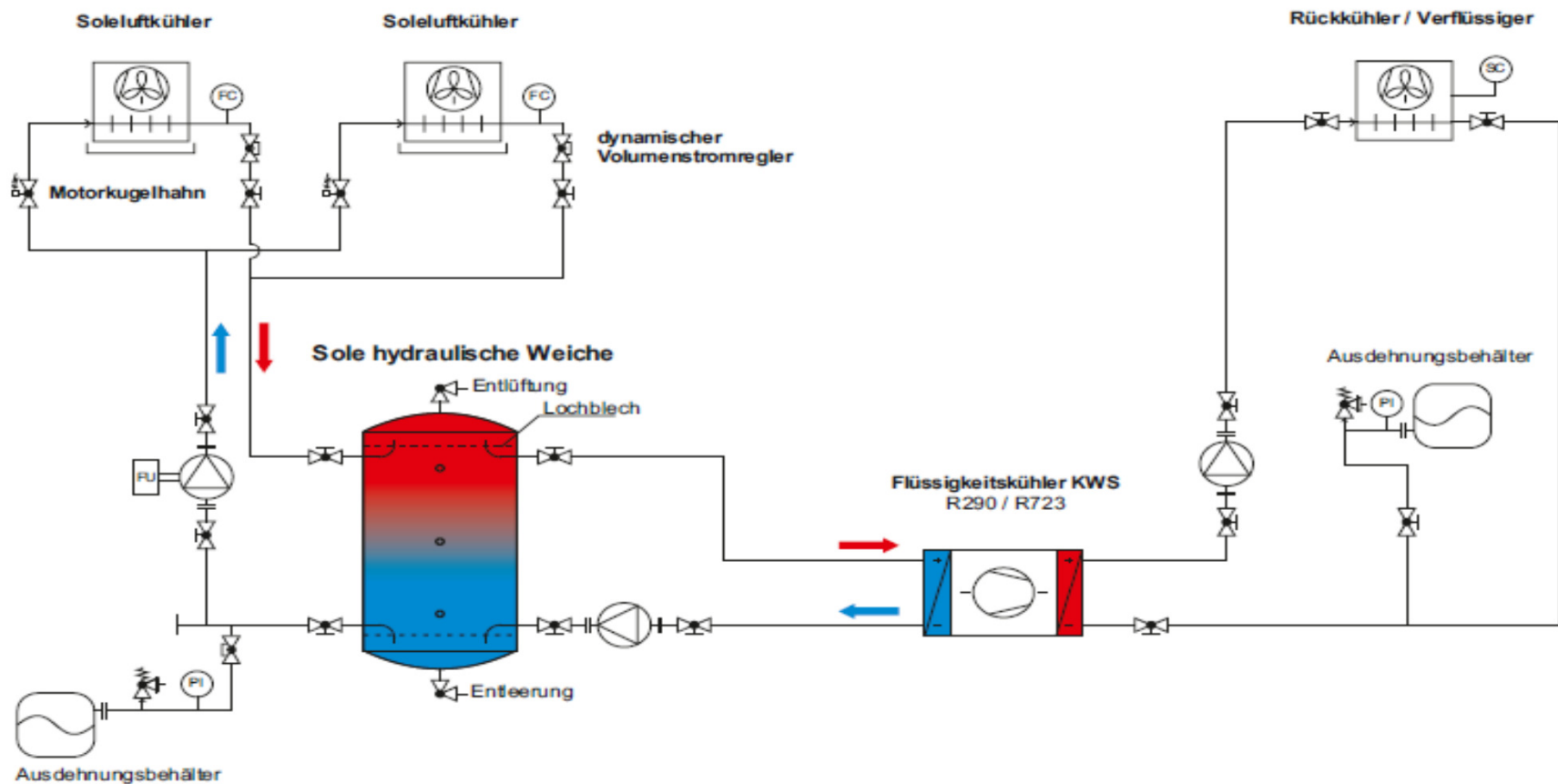
Anlagenkonzeptionen für Kälteanlagen mit den natürlichen Kältemitteln R 290, R 1270, R 600a, R717, R 723 und R 744

- Ein **Direktverdampfungssystem mit R290 oder R 717** ist im Supermarkt, Hotel oder Metzgerei **nicht** realistisch, da Ammoniak toxisch, übelriechend und R290 brennbar ist. Daher werden indirekte **Kaltwasser/Kaltsolesysteme eingesetzt**.
- Kaltwasser oder Kaltsole (Glykollmischungen) transportiert die „Kälte“ von der Kältemaschine über ein Rohrsystem mit Pumpen zu den Kühlstellen.
- Die „Kälte“ wird von kompakten Kältemaschinen erzeugt, dadurch reduzieren sich die Kältemittelfüllmengen erheblich im Gegensatz zu herkömmlichen Direkt- Verdampfungskälteanlagen (Reduzierung um ca. 80 %)
- Es ergeben sich viele neue interessante Anlagenvarianten, wie z.B. Warmsoleabtausysteme der Luftkühler oder die Einbindung von Eis- oder PCM Latentspeicher in Verbindung mit Photovoltaik Anlagen.
- R 744 kann und wird bei Direktverdampfungssystemen eingesetzt

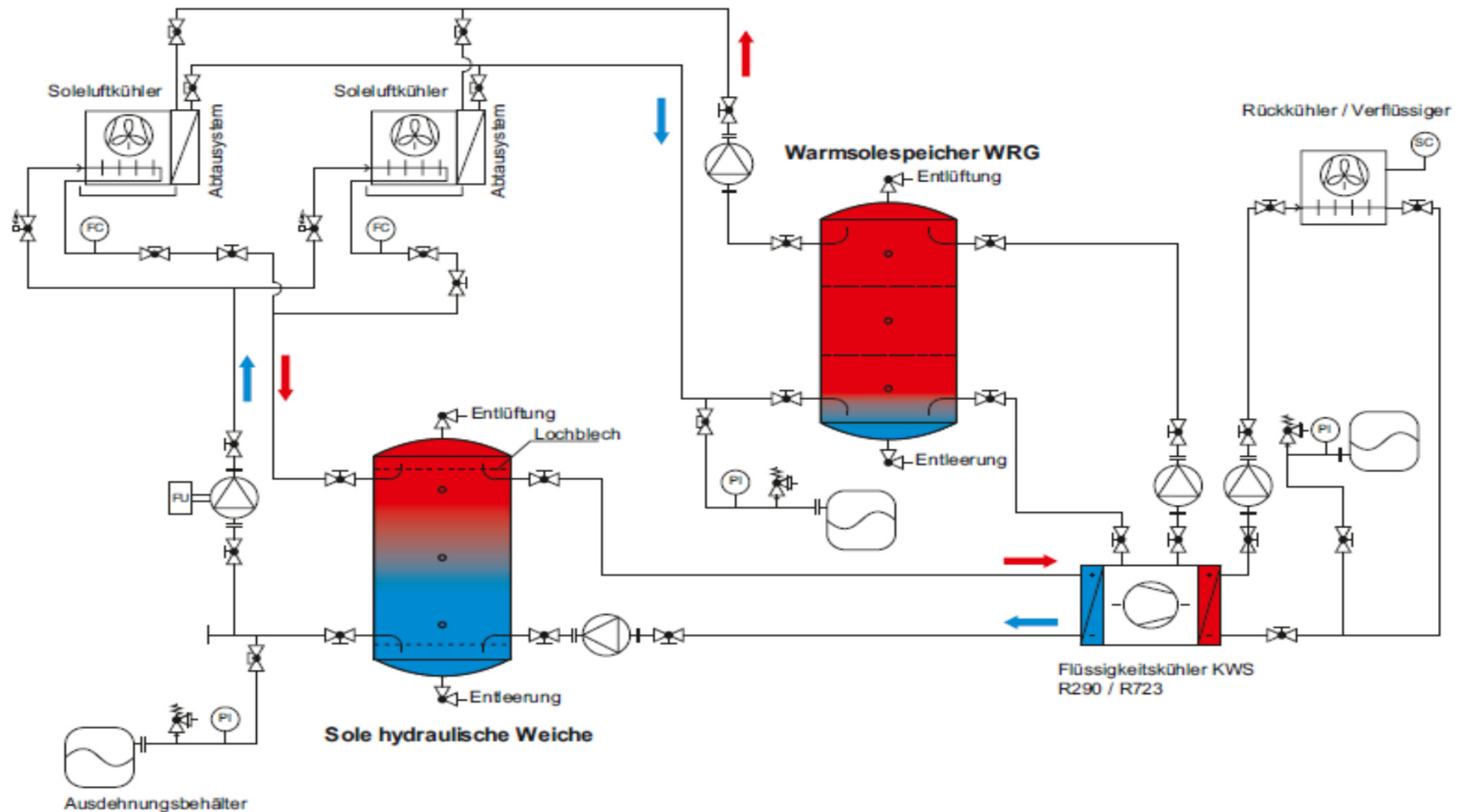
Anlagenkonzeptionen für Kälte- Klimaanlage mit natürlichen Kältemitteln

- Auf Grund der besonderen Eigenschaften der natürlichen Kältemittel kommen **indirekte Kältsollesysteme** zum Einsatz. Diese sind ähnlich wie bei Heizungsanlagen und unterliegen den gleichen hydraulischen Regeln.
- Wirtschaftliche Soltemperatures liegen bei $-1/-7^{\circ}\text{C}$, bei einer Raumtemperatur von $0^{\circ}\text{C}/+2^{\circ}\text{C}$
- **Warmsole zur Abtauung der Luftkühler** verwenden, Wärmepumpeneffekt der Kälteanlage nutzen!
- **Tiefkühlung möglichst** mit dem **Kältemittel CO₂** (R744) im unterkritische Betrieb ausführen. Bei $t_o -30^{\circ}\text{C} = 4 \text{ bar}$, bei $t_c -2^{\circ}\text{C} = 32 \text{ bar}$

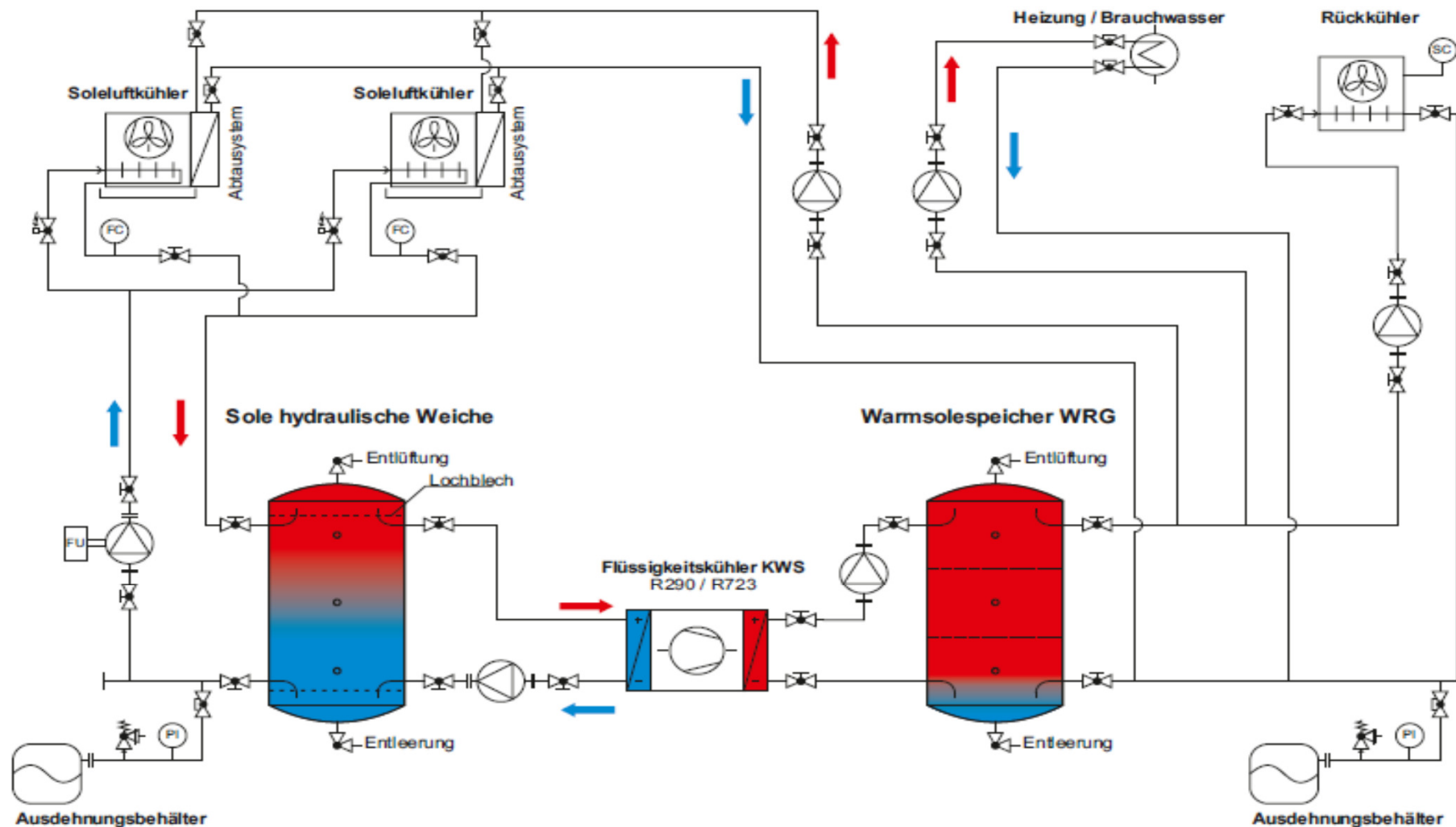
Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R 290 / R 717 für die Kühlung von Zerlegeräumen, Verarbeitungsräumen, Gemüse / Obstlagerung



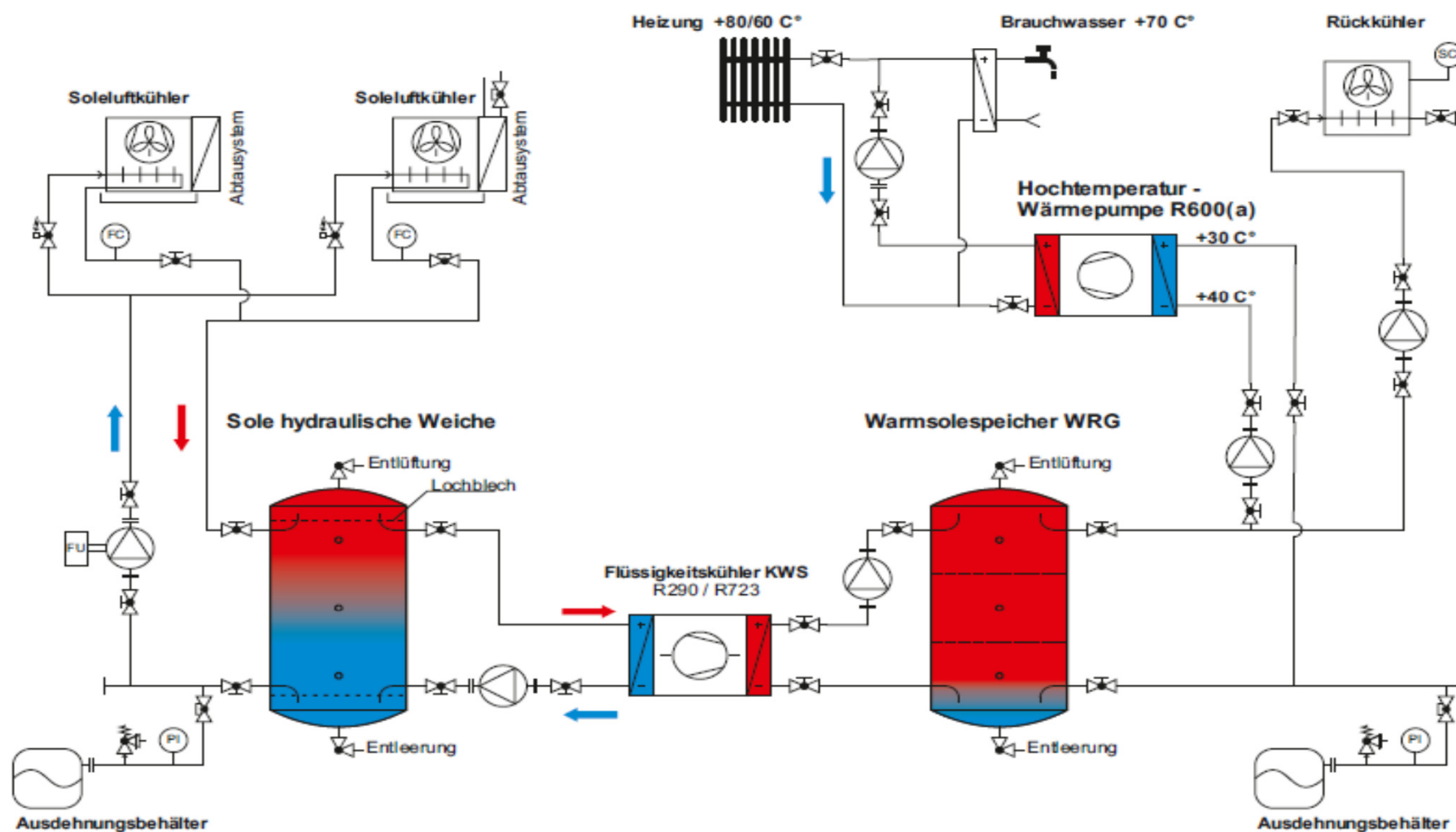
Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R 290 / R 717 mit luftgekühltem Verflüssiger, Wärmerückgewinnung und Warmsoleabtauung z.B. für Fleischkühlung



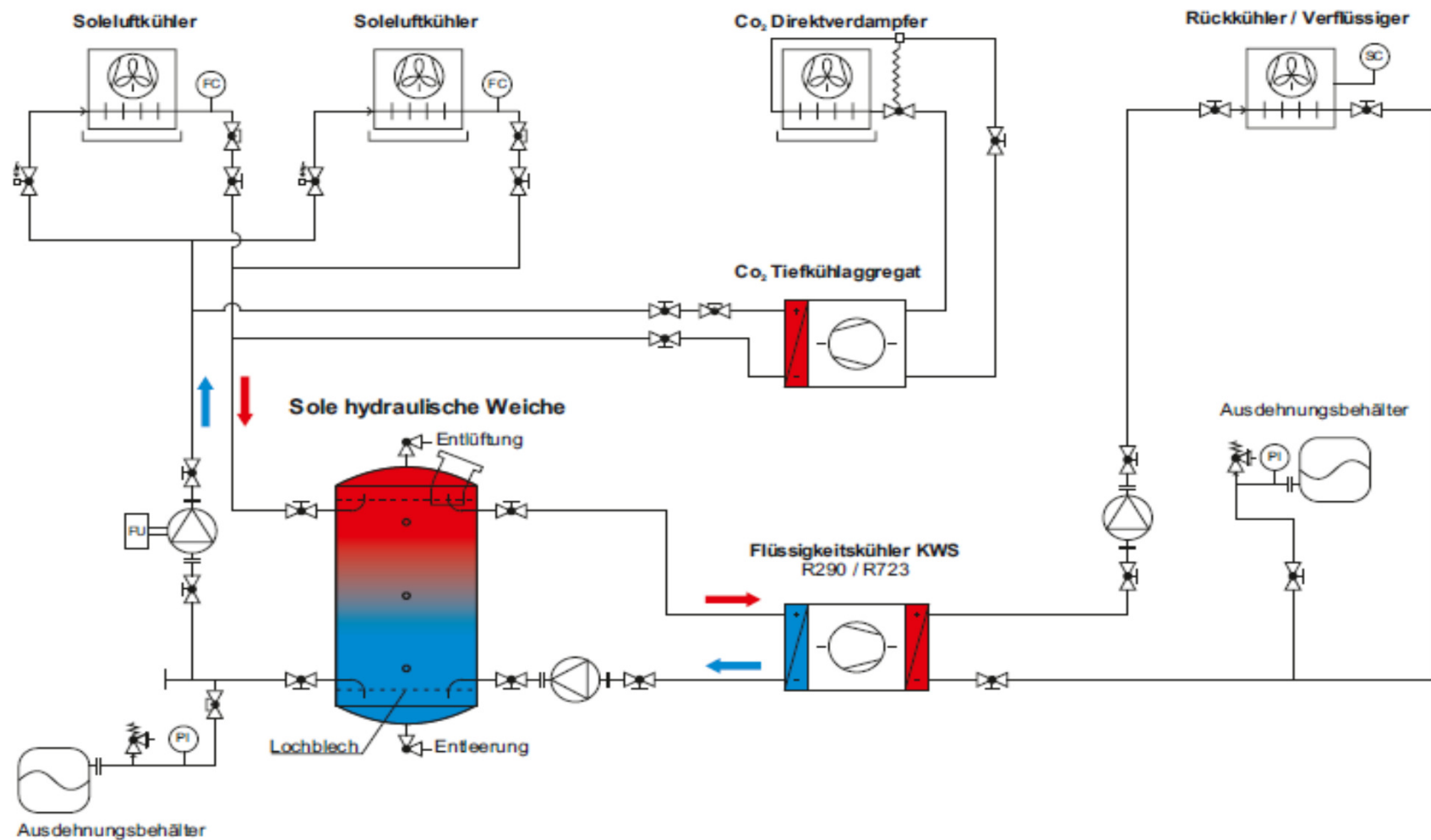
Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , Wärmerückgewinnung für die Heizungsanlage/Brauchwassererwärmung und Warmsoleabtauung



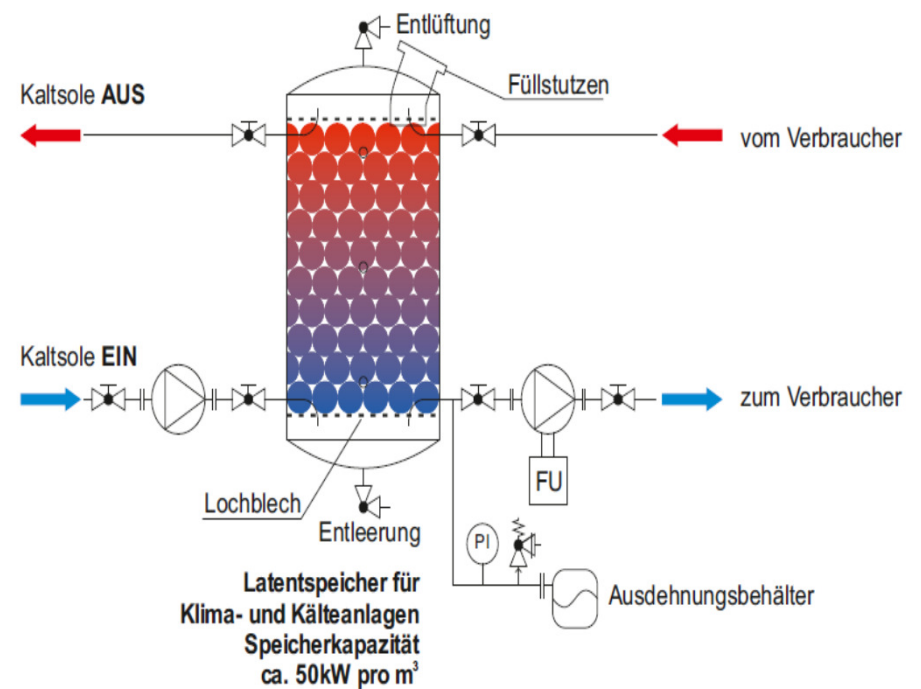
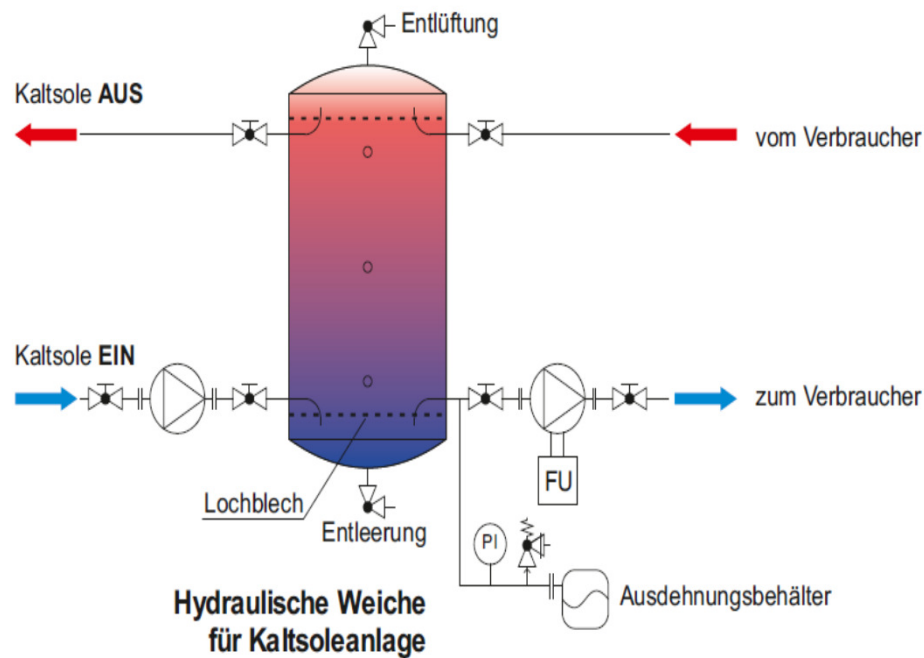
Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , mit Hochtemperatur Wasser/Wasser Wärmepumpe R 600a zur Wärmerückgewinnung Energiequelle ist die Abwärme der Kälteanlage



Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , mit CO2 Tiefkühlanlage subkritisch

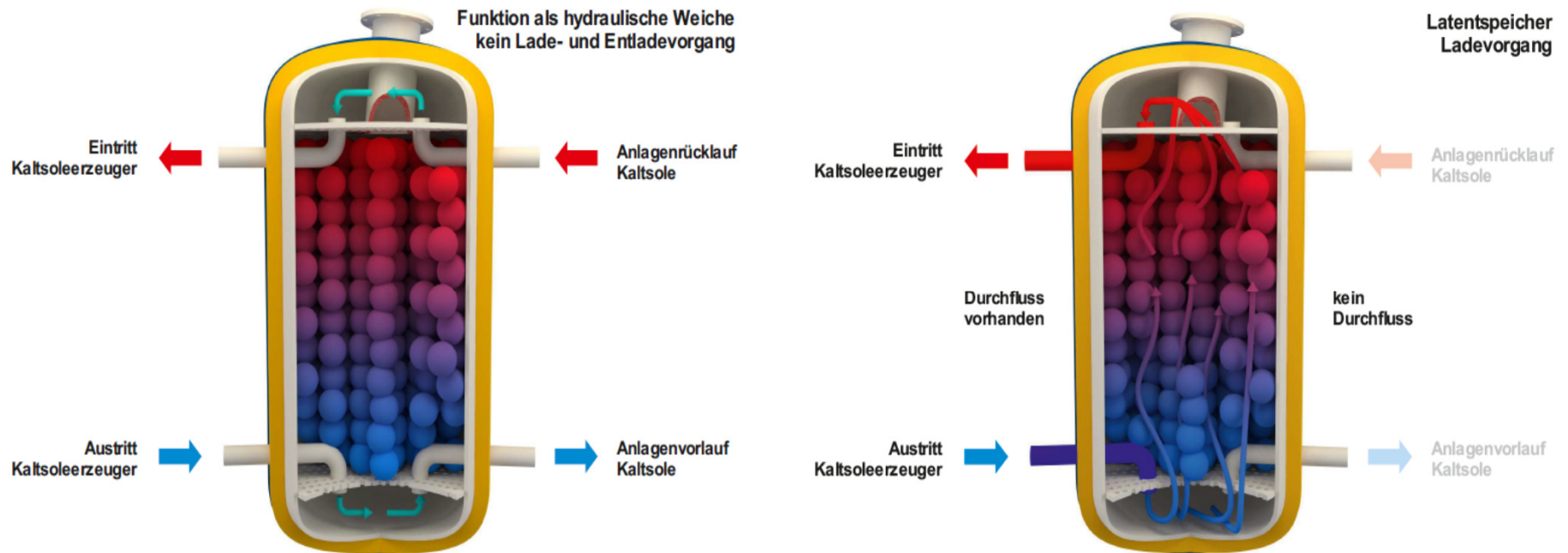


Kaltsoleanlage mit hydraulischer Weiche erweitert als PCM Latentspeicher Speicherkapazität ca. 50 kWh

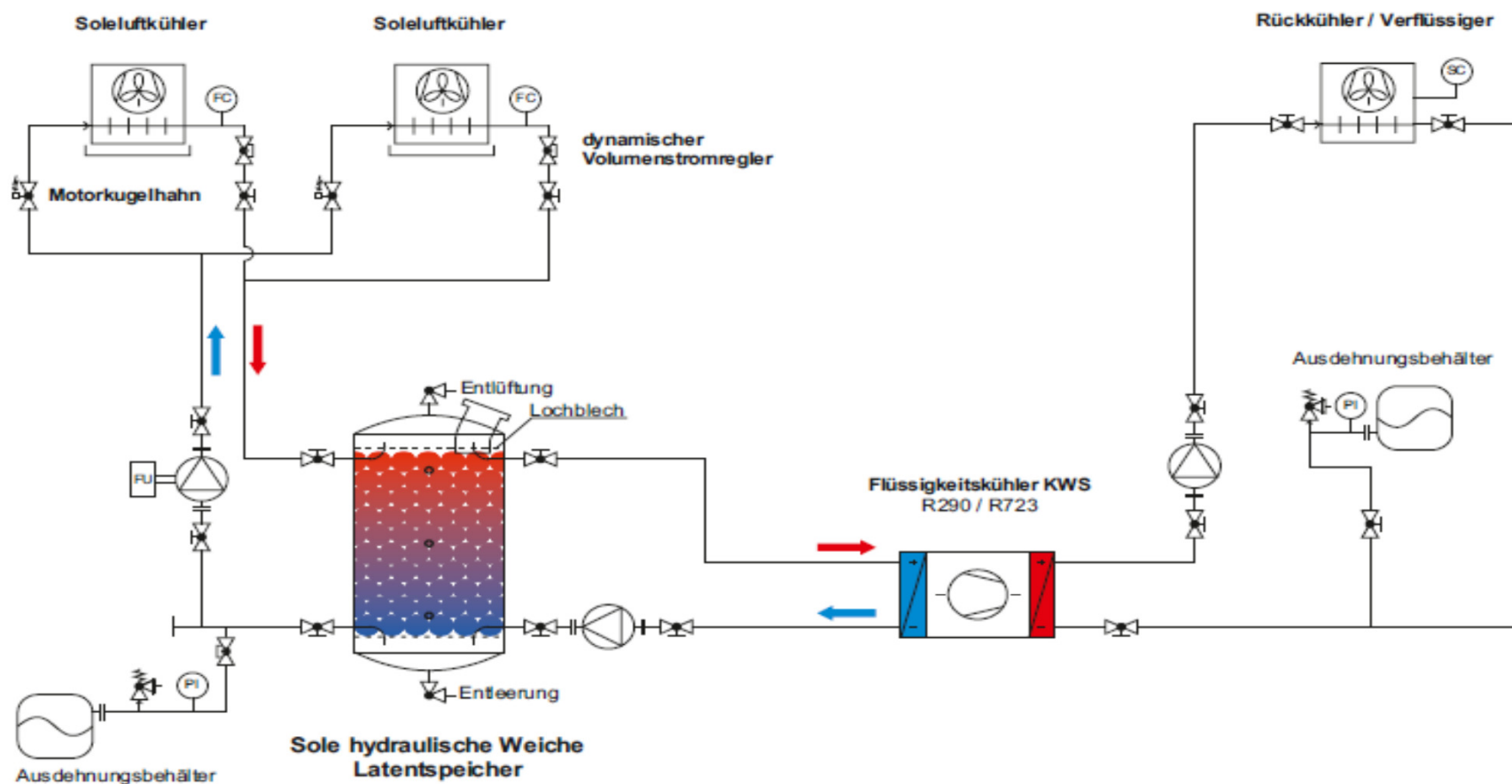


PCM Latentspeicher in Kälte- und Klimaanlage

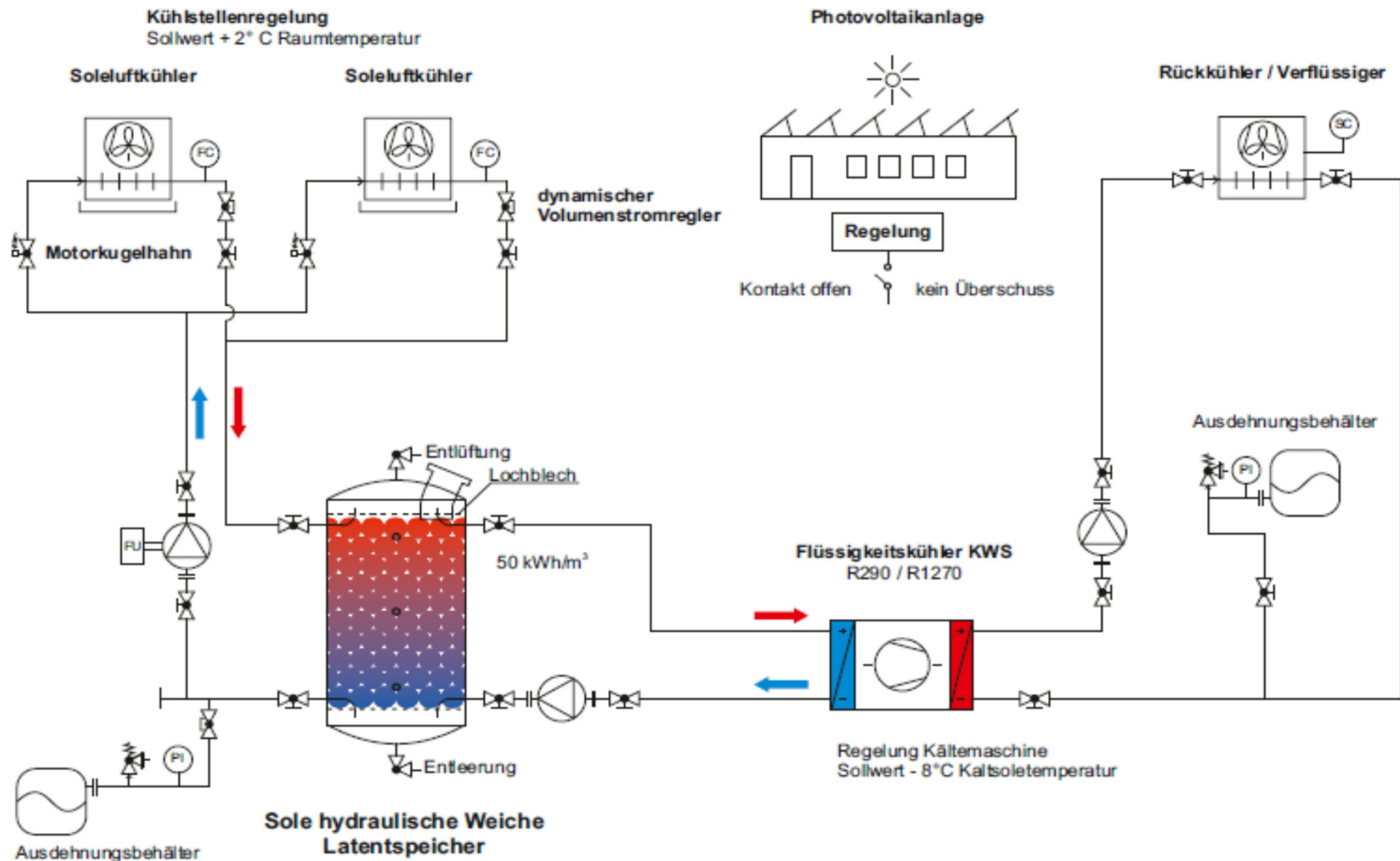
Speicherkapazität ca. 50 kWh pro m³



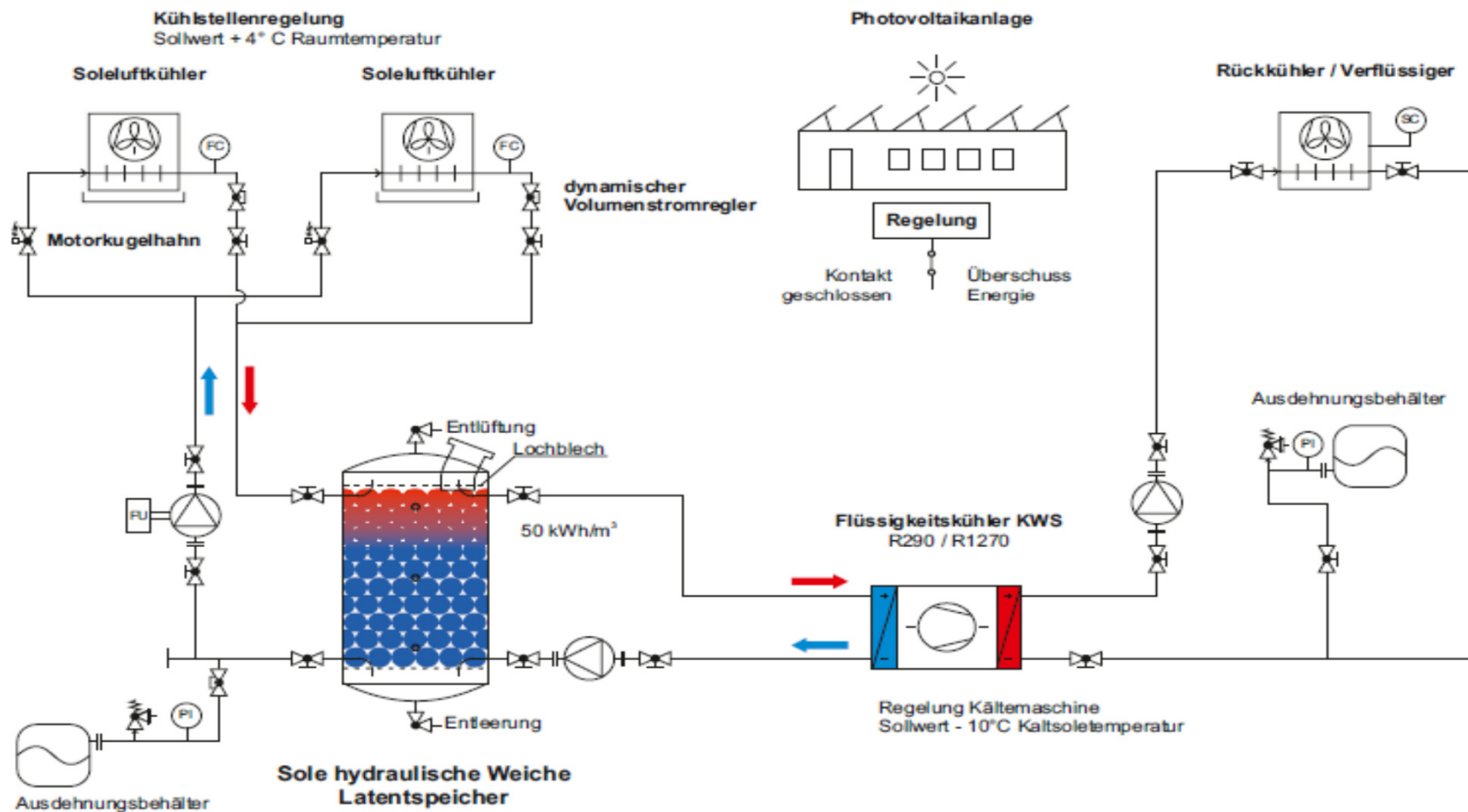
Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , mit PCM Speicher zur Speicherung von „Kälteenergie“



Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , mit PCM Speicher zur Speicherung von „Kälteenergie“ in Verbindung mit einer Photovoltaik Anlage



Kaltsoleanlage Kälteanlage mit R290 / R 717 , mit PCM Speicher zur Speicherung von „Kälteenergie“ in Verbindung mit einer Photovoltaik Anlage



Luftgekühlter Kälteerzeuger Kältemittel R 290 Propan Kälteleistung 34 kW
mit PCM Latentspeicher Soletemperatur -8°C Speicherkapazität 50 kWh in
Verbindung mit einer Photovoltaikanlage



Luftgekühlter Kaltsoleerzeuger Kältemittel R 290 Propan mit PCM
Latentspeicher Soletemperatur -8°C Speicherkapazität 50 kWh in
Verbindung mit einer Photovoltaikanlage



Anlagenkonzepte und Anwendungen mit den Kältemitteln Ammoniak **R717** und R **723** Kälteanlagen

ANWENDUNGEN BEI

BRAUEREIEN

EISBAHNEN

RODELBAHNEN

SCHLACHTHÖFE

VERTEILZENTREN

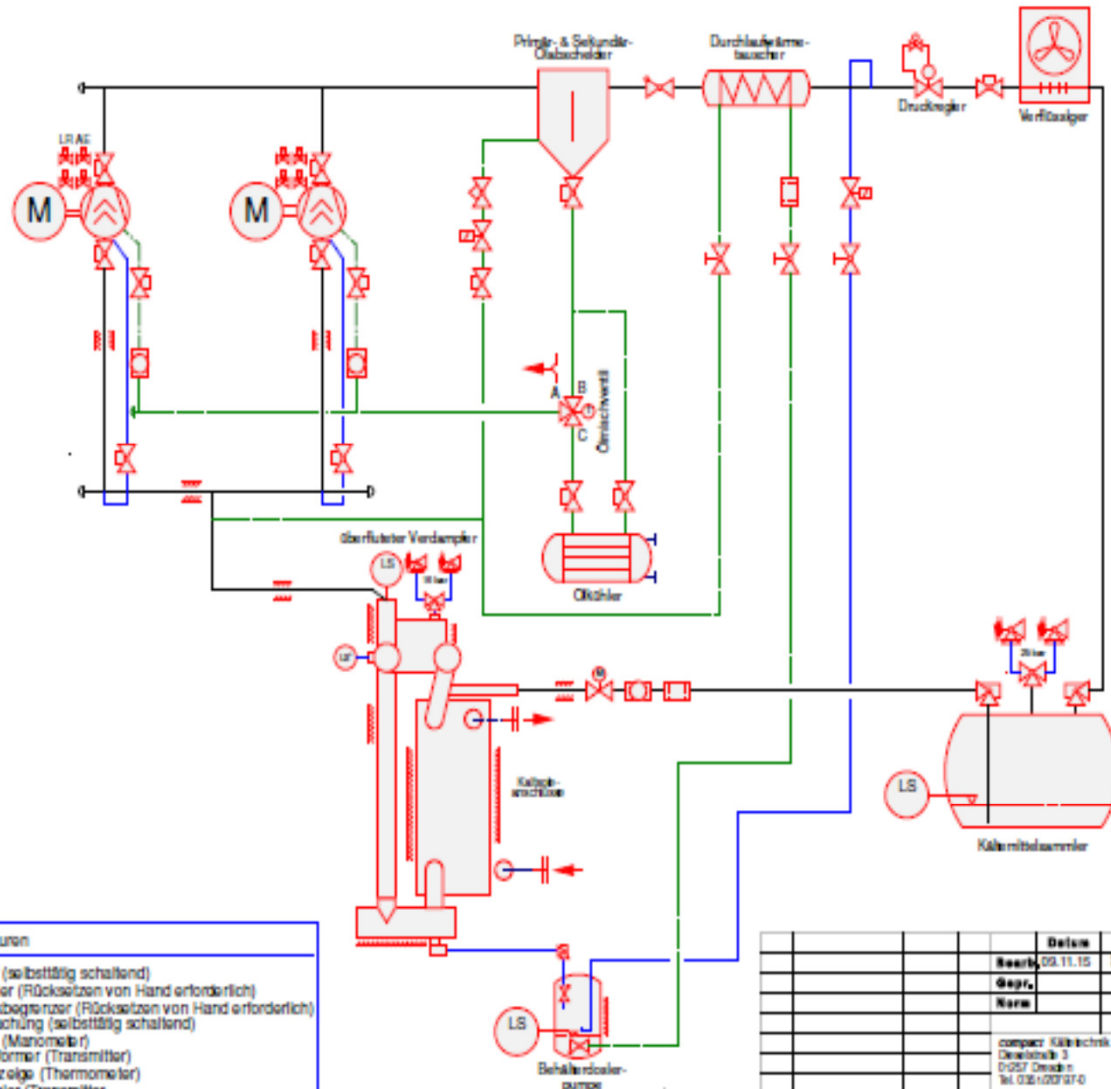
TUNNELBAU / VEREISUNG

INDUSTRIEWÄRMEPUMPEN

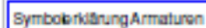
GROßKÄLTEANLAGEN



Grundsätzliches R&I-Fließschema einer R717 - Kälteanlage



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

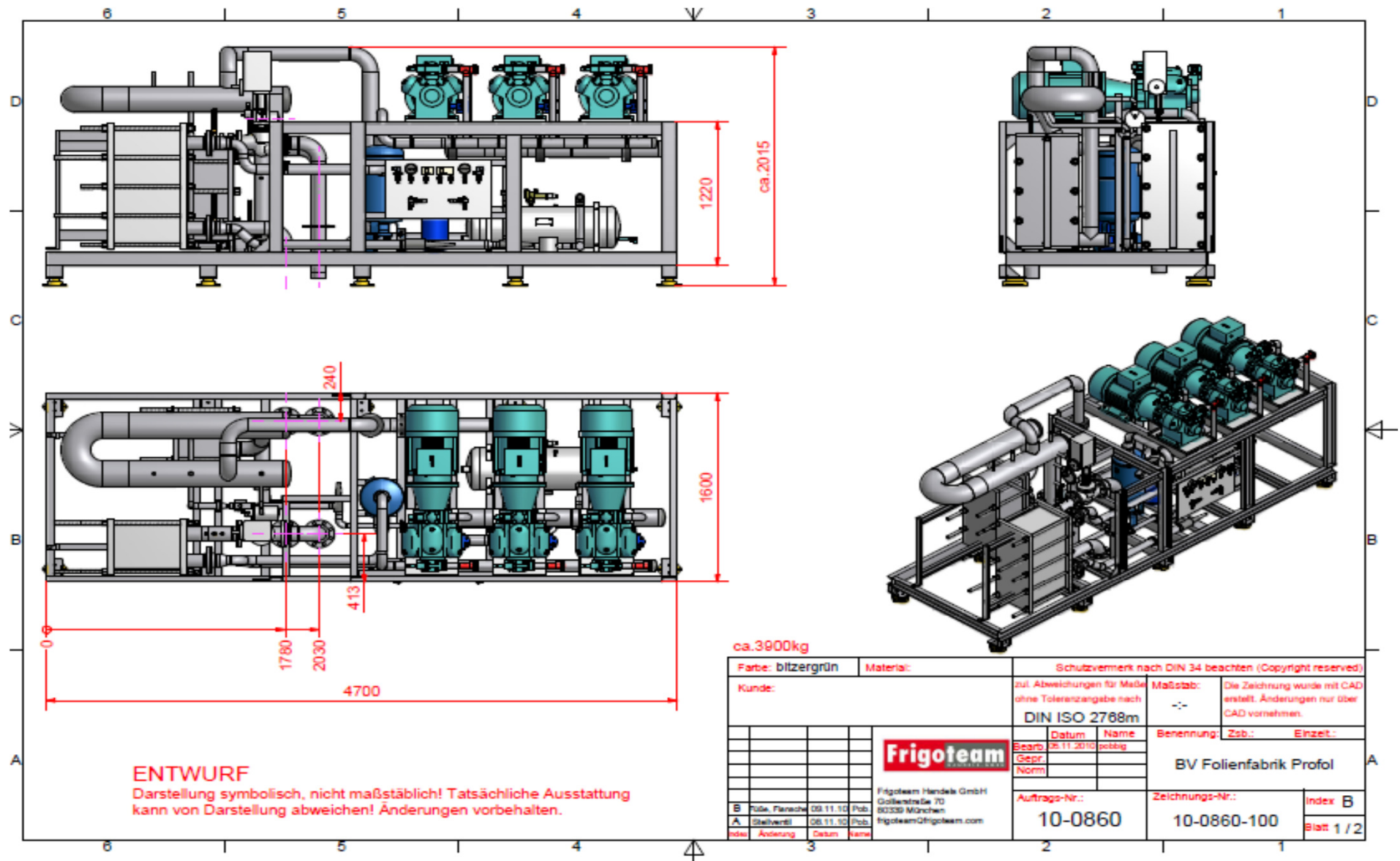


PS	Druckschalter (selbsttätig schallend)
PZ	Druckbegrenzer (Rückschützen von Hand erforderlich)
LSZ	Druckrückbegrenzer (Rückschützen von Hand erforderlich)
PL	Niveausteuervachung (selbsttätig schallend)
PI	Druckanzeiße (Manometer)
PT	Druckm. Umformer (Transmitter)
TI	Temperaturanzeiße (Thermometer)
TT	Temperaturfühler (Transmitter)

				Datum	Name	Bemerkung			
				Recht	09.11.15	SZGsch	NH3- Hubkolben- Kälteolesatz wassergekühlt		
				Gegr.					
				Norm					
				computer Kältetechnik GmbH Dienstestraße 3 D-52571 Creden Tel. 0261-92974-0			Zeichnungsnummer		Blatt
									Bl.
Zust.	Änderung	Datum	Name	Gegr.			Br. f.1	Br. f.1	

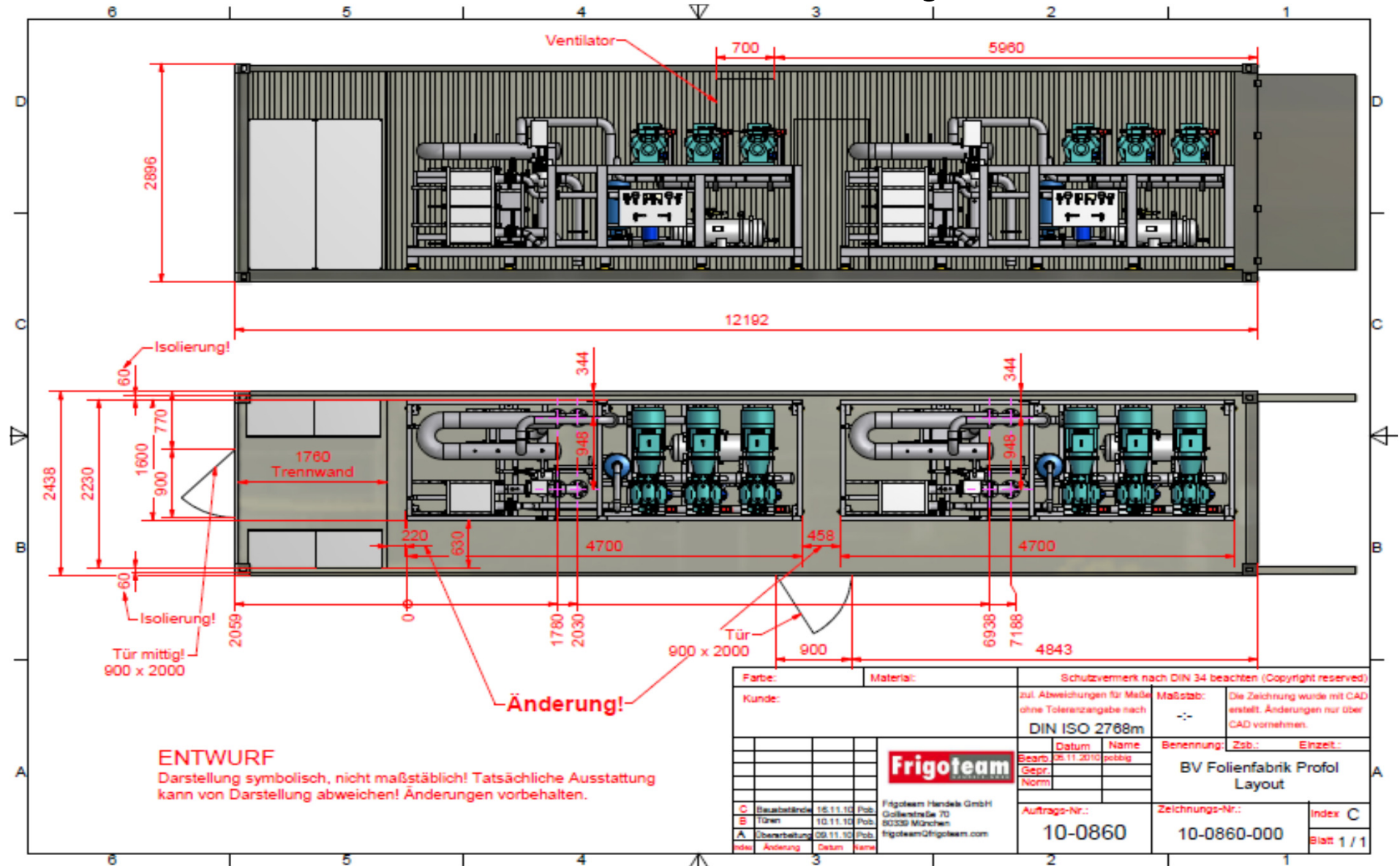
Industriekaltwassersatz für eine Folienfabrik in Halfing Oberbayern

Kältemittel Ammoniak Leistung 2 x 550 kW

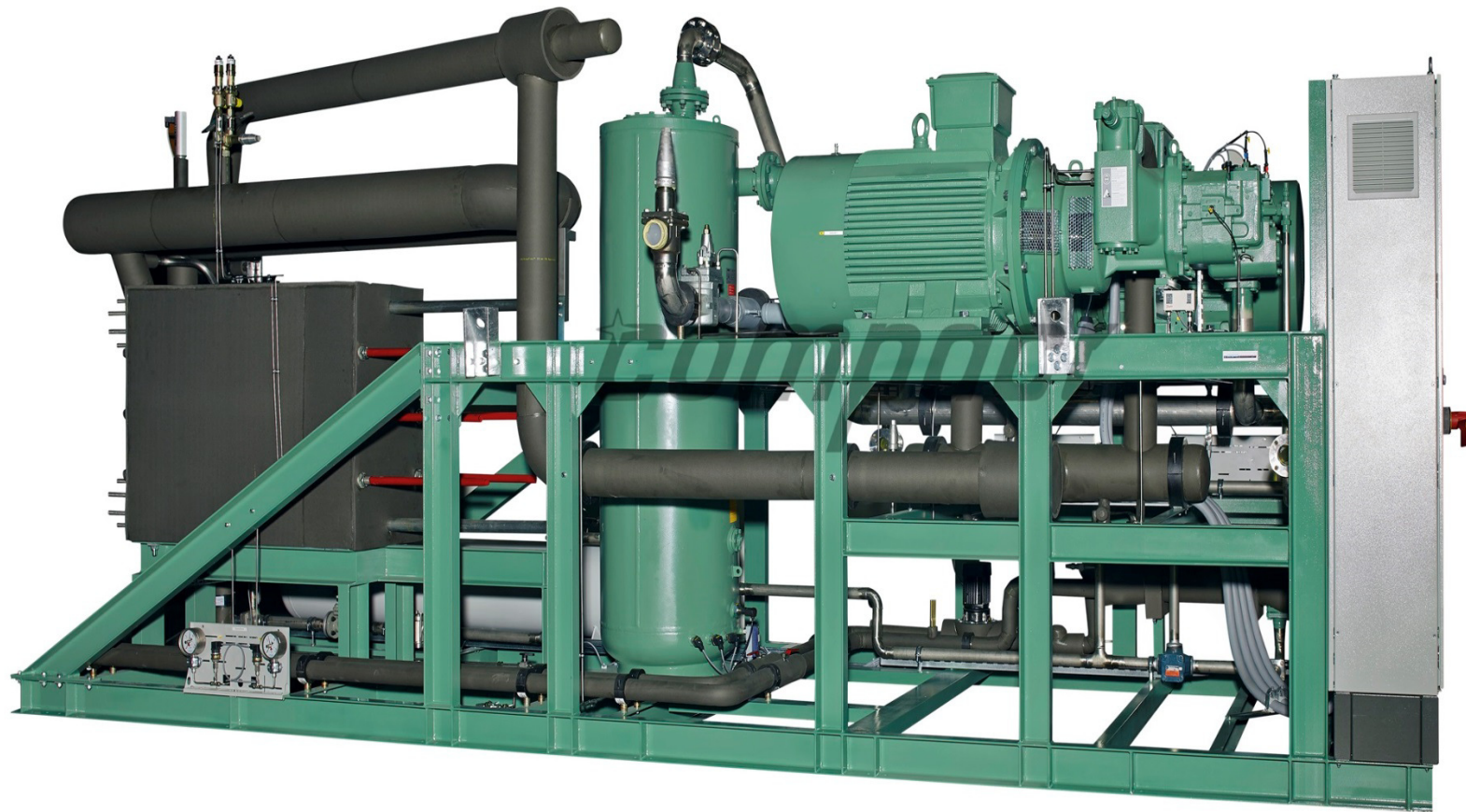


Industriekaltwassersatz für eine Folienfabrik in Halfing

Kältemittel Ammoniak R 717 Leistung 1100 kW



Industriekaltwassersatz mit Schraubenverdichtern
Kältemittel Ammoniak R 717 Kälteleistung 800 kW



Kaltsoleerzeuger Kälteleistung 3 x 260 kW -8/-3°C Kühlsole für Wurstfabrik Donauland Obertraubling



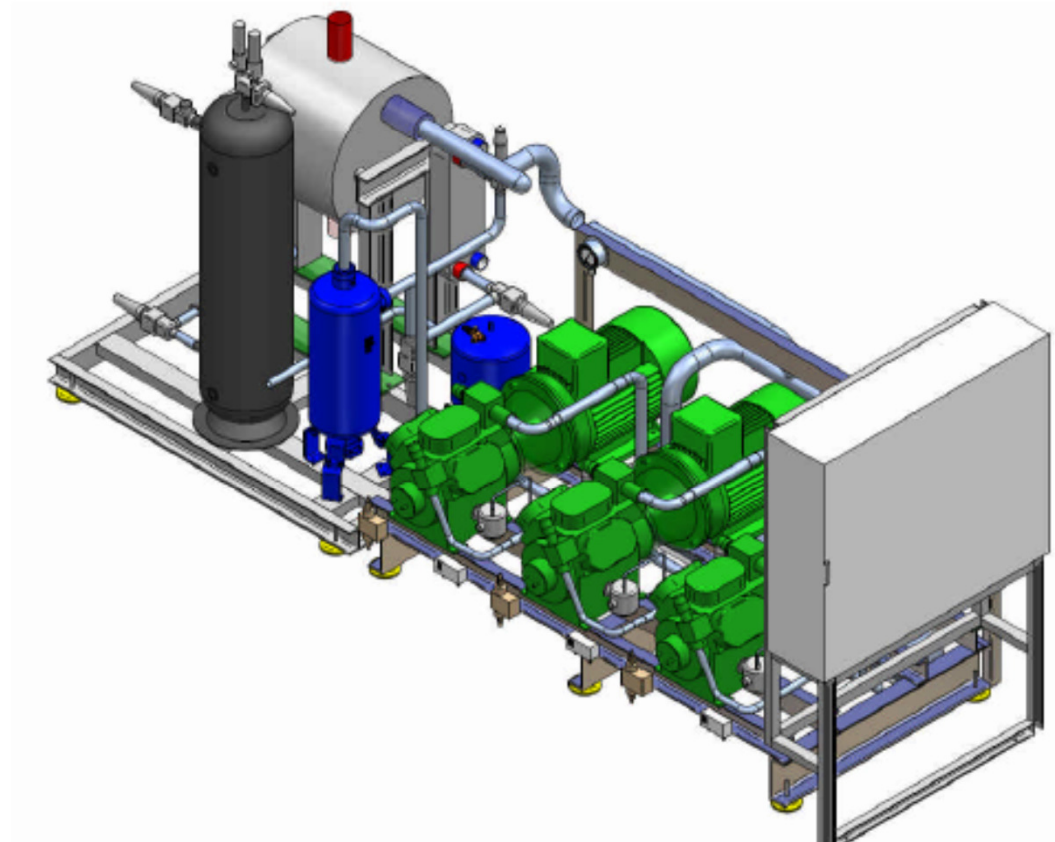
R723-Flüssigkeitskühlsätze für Innenaufstellung



Kaltsoleerzeuger Kälteleistung 3 x 260 kW -8/-3°C Kühlsole für
Wurstfabrik Donauland Obertraubling



R723-Flüssigkeitskühlsätze für Innenaufstellung



Industrie Kälteanlagen Ammoniak R 717 Hersteller Witt Aachen



Industrie Kälteanlagen Ammoniak R 717



Industrie Kälteanlagen Ammoniak R 717 Pumpenbetrieb



Industrie Kälteanlagen Ammoniak R 717 Maycom Schraubenverdichter

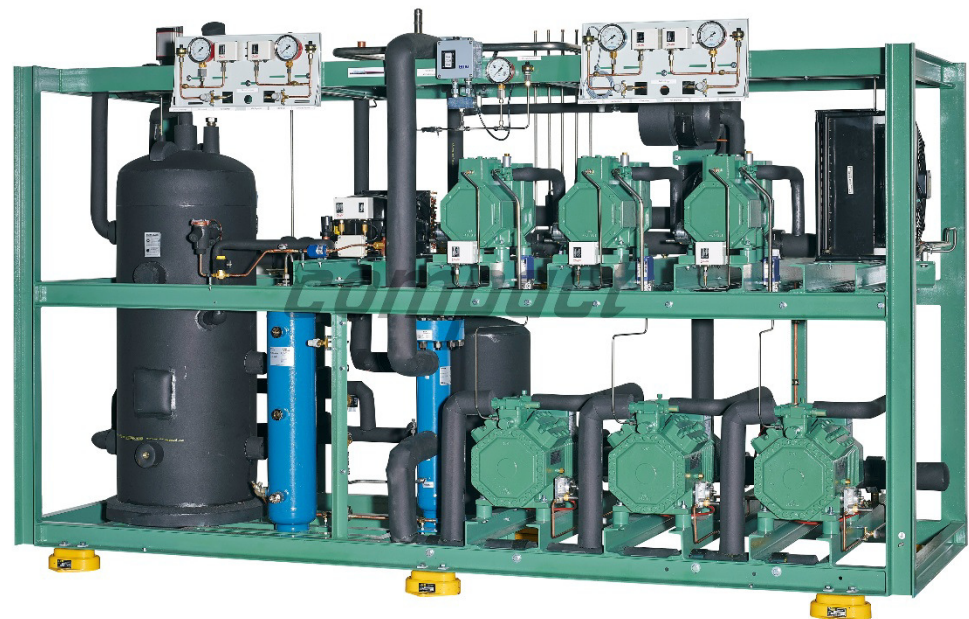


Anlagenkonzepte und Anwendungen mit dem Kältemittel R 744 CO2 Kälteanlagen

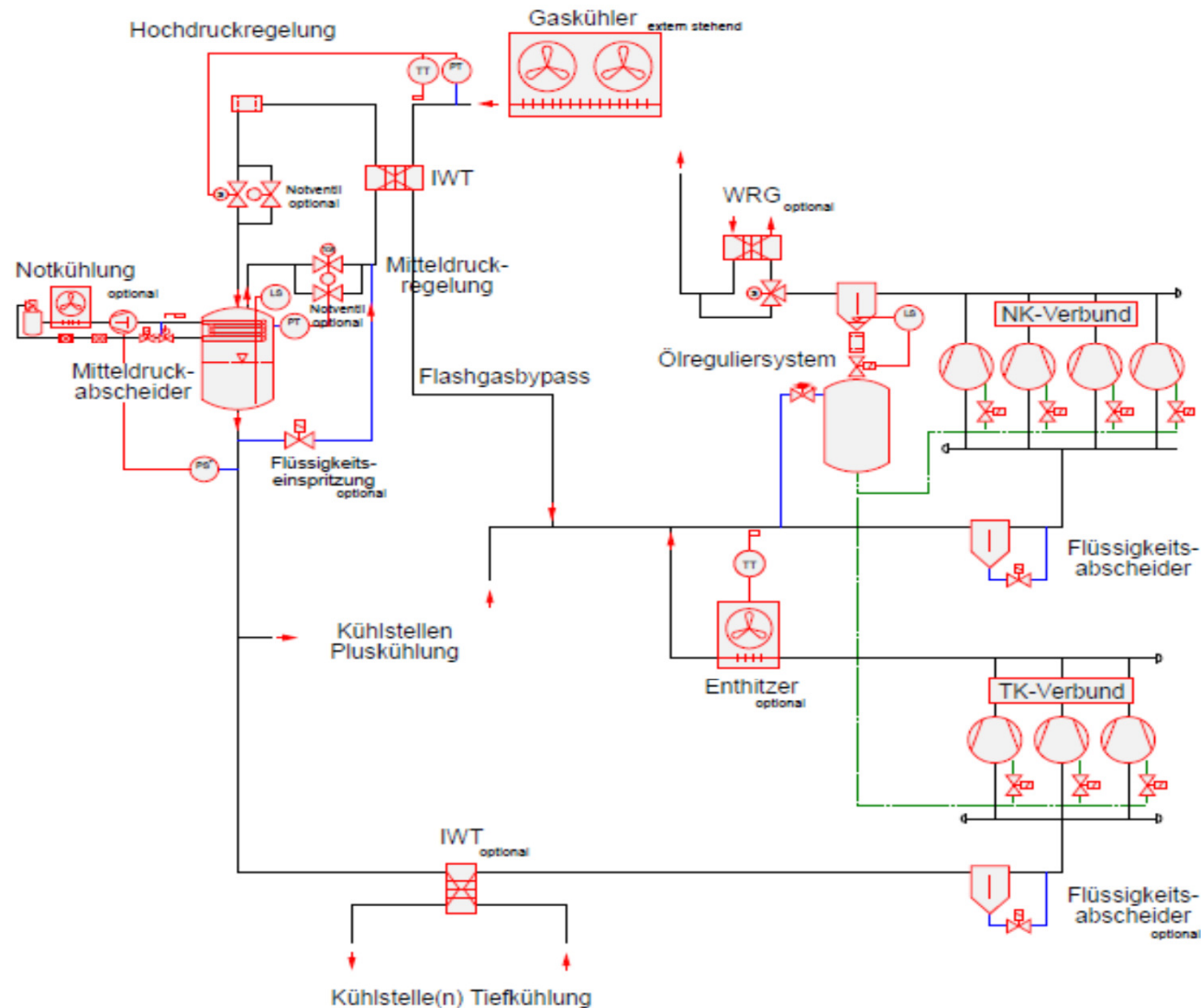
ANWENDUNGEN BEI

SUPERMÄRKTEN
TIEFKÜHLHÄUSERN
KASKADENANLAGEN
HT WÄRMEPUMPEN

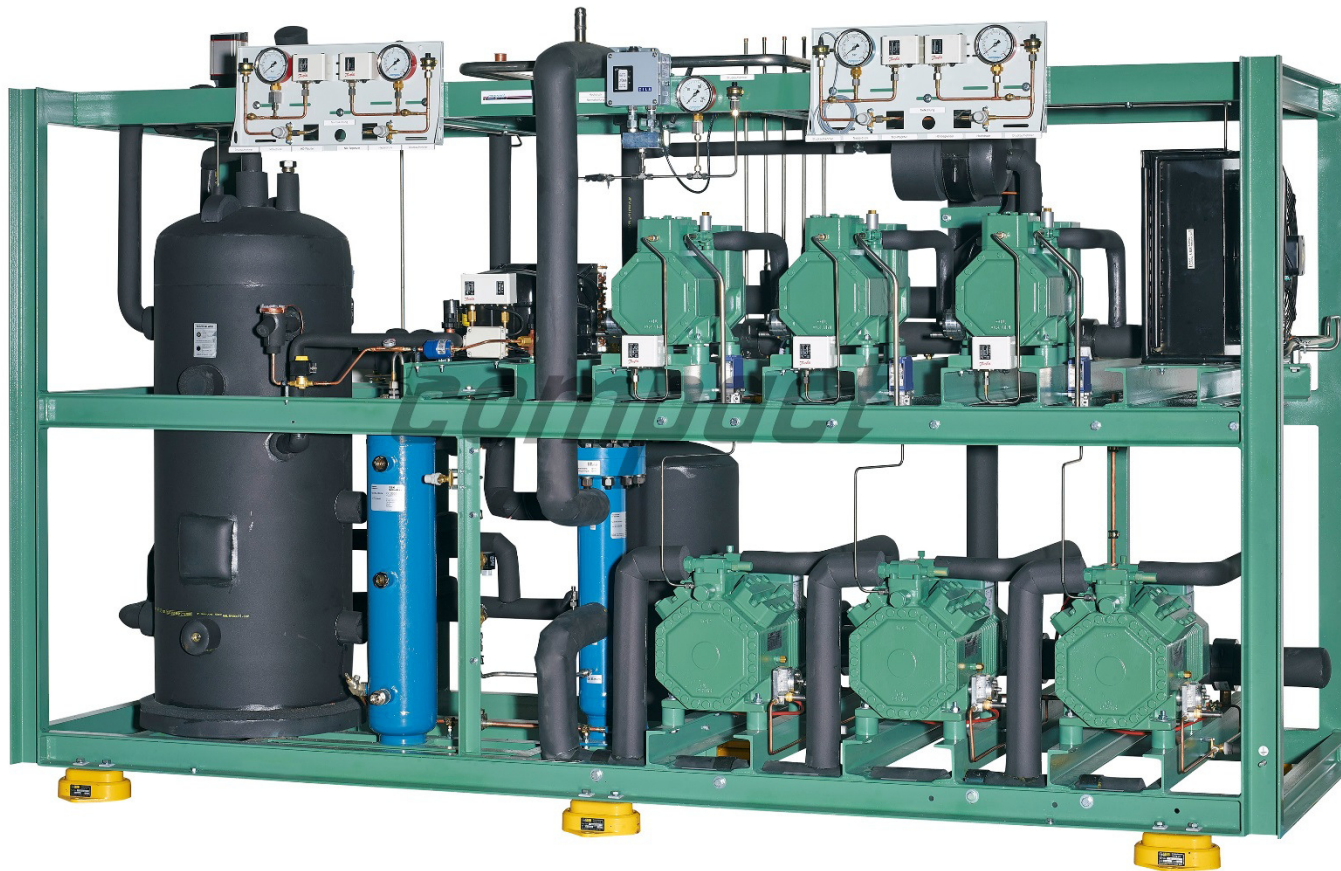
SEIT NEUESTEM
AUCH BEI
AUTOKLIMAANLAGEN



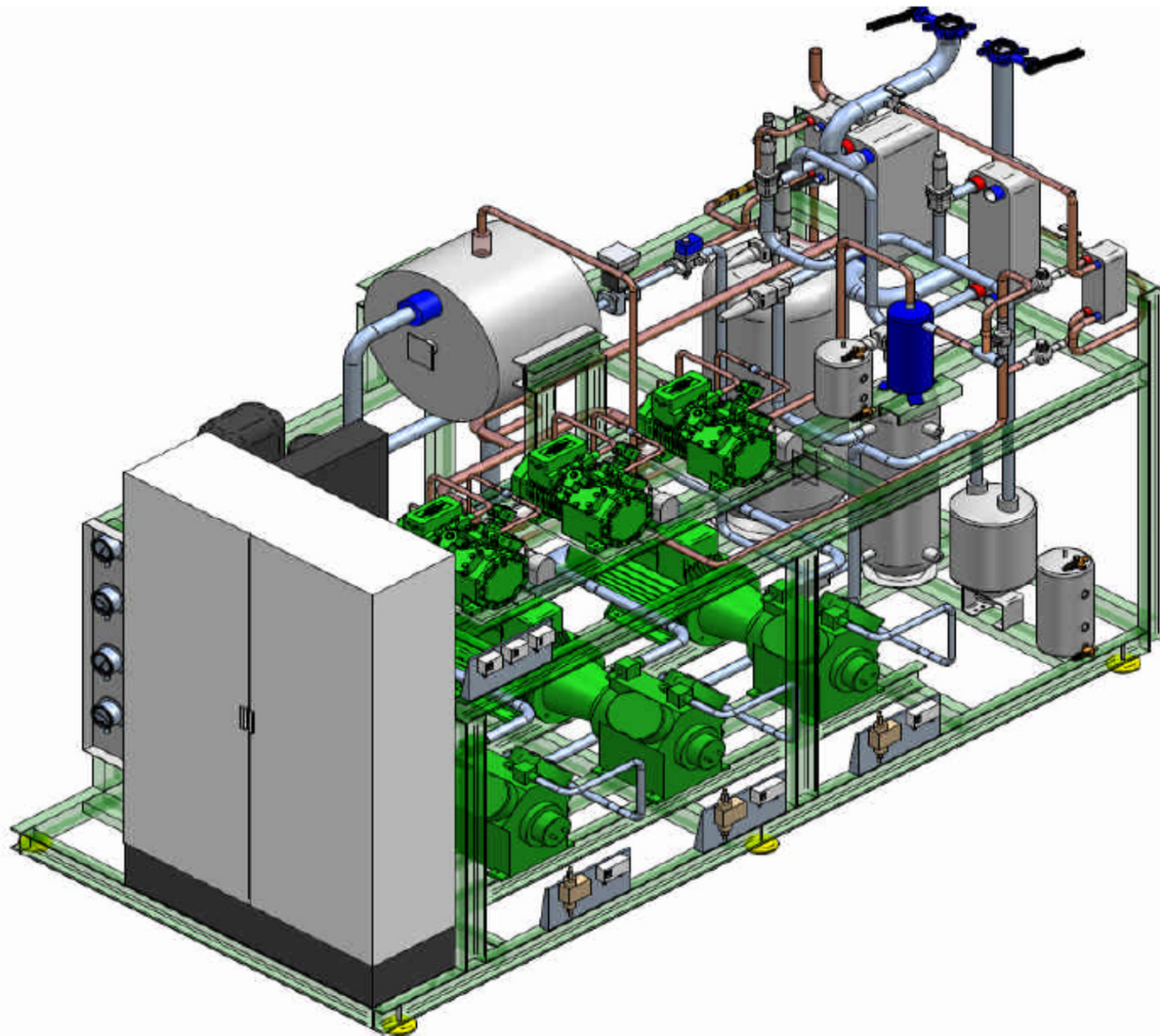
Generelles Anlagenkonzept einer CO₂ / R 744 Booster Kälteanlage für einen Supermarkt



CO² R 744 Booster Kälteanlage für einen Supermarkt



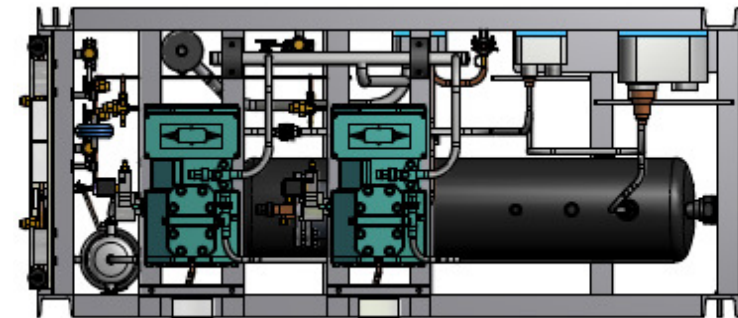
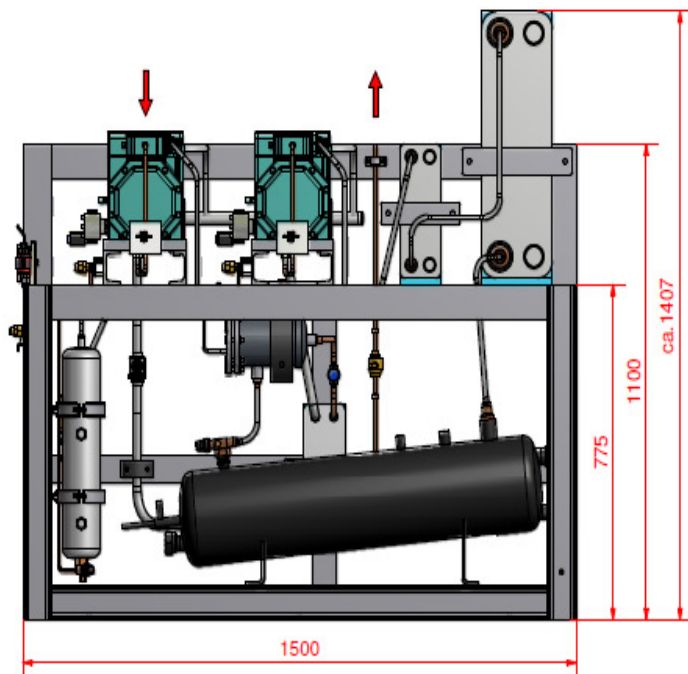
Tiefkühl Kaskade CO₂ / R 723 Kälteleistung
Chiemgauer Fleischwaren Traunstein
Kälteleistung 110 KW Raumtemperatur -35°C



CO² R744 Hochtemperatur Wärmepumpe
Leistung 186 kW Warmwasser +50°C/+85°C



CO₂ Tiefkühlverbundanlage unterkritische Betriebsweise
Abgabe der Verflüssigerwärme an ein Kaltsolesystem -8 °C/-3 °C



Anlagenkonzepte und Anwendungen mit den Kältemitteln

R 290 Propan R 1270 Propen R 600a Isobutan

ANWENDUNGEN BEI

SUPERMÄRKTEN
(LIDL ODER ROCHE)
KALTWASSERSÄTZE
OBSTKÜHLUNG
FLEISCHKÜHLUNG
WÄRMEPUMPEN
KÜHLSCHRÄNKE
KÜHLMÖBEL
KÜHLTHEKEN
KLIMAGERÄTE (BEDINGT)



Anlagenkonzepte und Anwendungen mit den Kältemitteln R 290 Propan R 1270 Propen R 600a Isobutan

PROPAN, PROPEN, ISOBUTAN ALS
KÄLTEMITTEL

SIE SIND BRENNBAR UND DIE AN-
WENDUNGEN IN DER KÄLTE- KLIMA-
TECHNIK UNTERLIEGEN BESONDEREN
SICHERHEITSANFORDERUNGEN.
GASWARNGERÄTE, GEHÄUSE-
BELÜFTUNG, FÜLLMENGEN-
BEGRENZUNGEN USW.

DIESE KÄLTEMITTEL SIND SEHR
EFFIZIENT UND UMWELTFREUNDLICH

DIE ANWENDUNG VON PROPAN BEI
KALTWASSERSÄTZEN HAT SICH SEIT
JAHREN OHNE PROBLEME BEWÄHRT



Der Kohlenwasserstoff Propan R 290 ähnelt dem HFCKW R22

Symbol Symbol		R290	R1270	R22	R404A	R410A	R134a
M	Molmasse Molecular mass g/mol	44,1	42,1	86,5	97,6	72,6	102
K	Isentropenexponent Isentropic compression index cp/cv*	1,12	1,15	1,18	1,1	1,17	1,1
t _n	Normal-Siedepunkt Normal Boiling point °C	-41,6	-47,6	-40,8	-46,2	-51,4	-26,1
ρ	Dichte der Flüssigkeit Liquid density kg/dm ³ (40°C)	0,47	0,48	1,13	0,97	0,98	1,15
p	Dampfdruck Vapour pressure bar (-10°C / +40°C)	3,42 / 13,66	4,3 / 16,5	3,54 / 15,3	4,34 / 18,2	5,72 / 24,1	2,01 / 10,2
t _c	Kritische Temperatur Critical temperature °C	96,8	91,1	96,1	72	71,3	101,1
p _c	Kritischer Druck Critical pressure bar	42,6	45,5	49,9	37,3	49	40,7
LFL	Untere Explosionsgrenze Lower flammability limit Vol. %	1,7	2	–	–	–	–
UFL	Obere Explosionsgrenze Upper flammability limit Vol. %	10,9	11,1	–	–	–	–
AEL	Toxizität (AEL*) Toxicity (AEL*) ppm	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ODP	Ozon-Abbaupotential Ozone Depletion Potential	0	0	0,055	0	0	0
GWP	Treibhauspotential Global Warming Potential	3	3	1810	3922	2088	1430

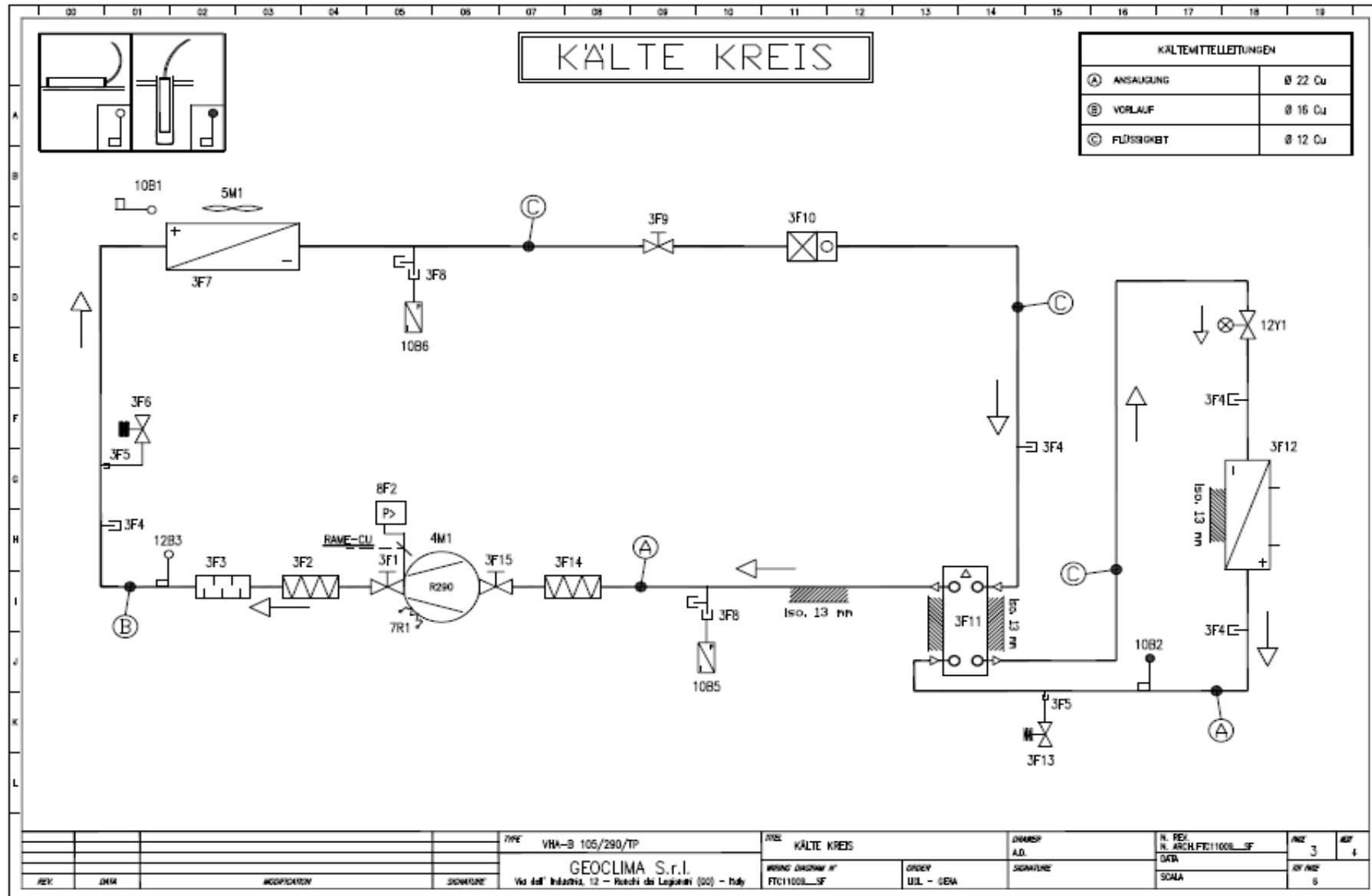
* Werte bezogen auf 0°C und 1,01325 bar

* Data based on 0°C and 1.01325 bar

Abbildung 1 Eigenschaften von R290 und R1270 im Vergleich zu R22 und HFCKW-Kältemitteln

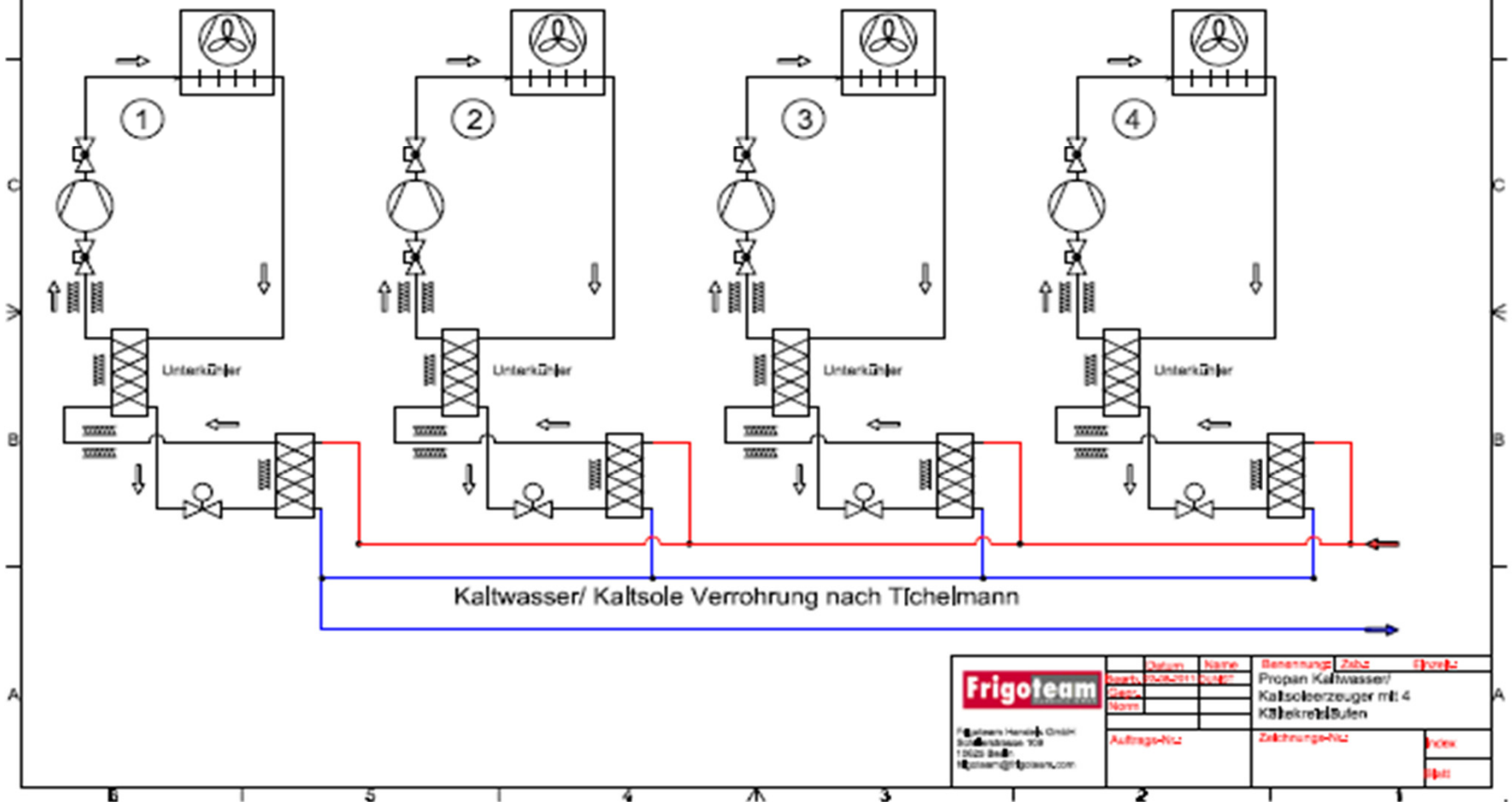
Figure 1 Properties of R290 and R1270 compared to R22 and HFC refrigerants

Kältekreislauf Propan R 290



Bei größeren Leistungen werden mehrere Kältemodule zusammengeschaltet

Propan Kaltwassersatz/ Kaltsoleerzeuger mit 4 Stck Kältekreisläufen.
Kälteleistung bis 400 kW. Luftgekühlte Ausführung mit
MICROCHANNEL Verflüssiger



EN 378-1

C.3.3 Besondere Anforderung an mechanisch belüftete Gehäuse, bei einer Innenaufstellung von Kälteanlagen mit R290 innerhalb von Gebäuden

C.3.3 Besondere Anforderungen an mechanisch belüftete Gehäuse

Der Kältemittel-Kreislauf ist mit einem separaten Gehäuse versehen, das mit dem Raum nicht in Verbindung ist. Das Gehäuse der Anlage muss mit einem Belüftungssystem versehen sein, das über einen Lüftungskanal den Luftstrom von der Innenseite der Anlage zur Außenseite führt. Anlagen mit mechanisch belüfteten Gehäusen können mit Kältemitteln A2 oder A3 betrieben werden. Die maximale Füllmenge für diese Anlagen darf folgenden Wert nicht überschreiten:

$$m_{\max} = 130 \times \text{LFL},$$

Dabei ist

m_{\max} die zulässige maximale Füllmenge, in kg;

LFL die untere Explosionsgrenze (LFL) in kg/m^3 , siehe Anhang B.

EN 378-1

C.3.3 Besondere Anforderung an mechanisch belüftete Gehäuse

C.3.3 Besondere Anforderungen an mechanisch belüftete Gehäuse

$$m_{\max} = 130 \times \text{LFL},$$

Dabei ist

m_{\max} die zulässige maximale Füllmenge, in kg;

LFL die untere Explosionsgrenze (LFL) in kg/m^3 , siehe Anhang B.

LFL R290 = 0,038 kg/m^3

R1270 = 0,047 kg/m^3

R290 130 x 0,038

= 4,94 kg

R1270 130 x 0,047

= 6,11 kg

Einzelfallbetrachtung mit Risiko- und Gefährdungsanalyse bei Innenaufstellung

Maßnahmen

Folgende Maßnahmen werden getroffen, um die Sicherheit der Anlage am Aufstellungsort zu gewährleisten.

Einzelbetrachtung mit Risikobeurteilung

- Ausrüstung der Maschine mit einem gasdichten Gehäuse und geschlossener Bodenwanne.
- Ausrüstung der Maschine mit Gassensoren und Gaswarnanlage.
Die Gaswarnanlage wird durch eine separate elektrische Einspeisung versorgt.
Die Gaswarnanlage schaltet die Maschine bei einer Gaskonzentration <25% LFL stromlos und setzt den internen Ex-Ventilator in Betrieb.
- Ausrüstung der Maschine mit einem Ex-Ventilator zur Be- und Entlüftung des Maschinengehäuses. Der Ex-Ventilator wird durch eine separate elektrische Einspeisung versorgt.
- Ausrüstung der Maschine mit Zuluftöffnung zur Luftansaugung (aus Maschinenraum bzw. Frischluft). Abluftöffnung zur gefahrlosen Abführung der Abluft über ein gasdichtes Rohrsystem ohne Einbauten in einen ungefährdeten Bereich bzw. ins Freie.
- Gaswarnalarmmeldung als potentialfreier Hardwarekontakt zur externen Auswertung bzw. Weiterverarbeitung.

**Kaltwassersatz R290, Kälteleistung 3 x 310 kW, Außenaufstellung
pro KWS 4 Stück Kältekreisläufe, Propan Füllmenge pro Kreislauf 4,1 kg**



**Grundwasser Wärmepumpe Heizleistung 350 kW Kältemittel R 290 zur
Beheizung eines Bürogebäudes in Planegg Innenaufstellung mit Gehäuse**



Kaltwassersatz R 290 für einen Fleischverarbeitungsbetrieb in Ravensburg
Innenaufstellung mit belüftetem Gehäuse und Gaswarnanlage



Kaltsoleerzeuger -8/-3 °C R 290 85 kW zur Kälteversorgung eines Supermarktes in Trostberg



**Kaltwassersatz R 290 15 kW zur Kühlung eines EDV Serverraums
Lidl Logistikcenter**



Kaltwassersatz R 290 275 kW zur Kühlung eines Kartoffellagers, Linthe



**Kaltwassersatz R 290 Leistung 85 kW Kühlung von einem MRT System in
Freudenstadt Innenaufstellung mit Gehäuse**



Hochtemperatur Wasser – Wasser Wärmepumpe
Kältemittel R 600a Isobutan Vorlauftemperatur bis +85 °C

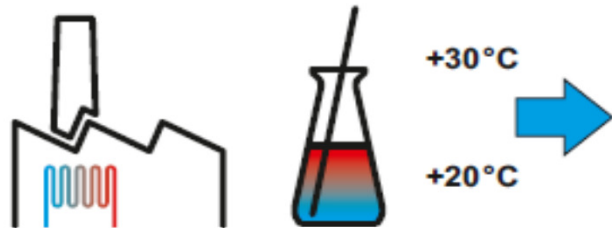


Hochtemperatur Wasser - Wasser Wärmepumpe Kältemittel R 600a Isobutan

Mögliche Einsatzbereiche und Anwendungen

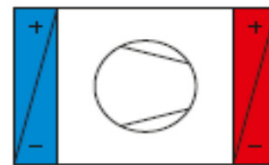
Abwärmegewinnung

Abwärme aus Fertigungsprozessen



Wärmenutzung

Hochtemperatur - Wärmepumpe R600(a)



Verbraucher

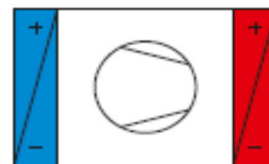
Radiatorheizungsanlage



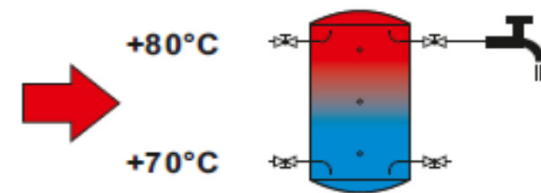
Abwärme aus Kälte- und Klimaanlage



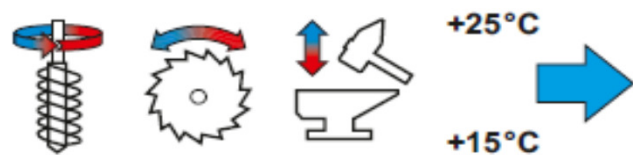
Hochtemperatur - Wärmepumpe R600(a)



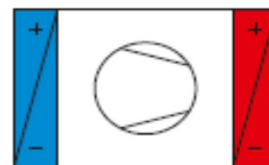
Brauchwassererwärmung



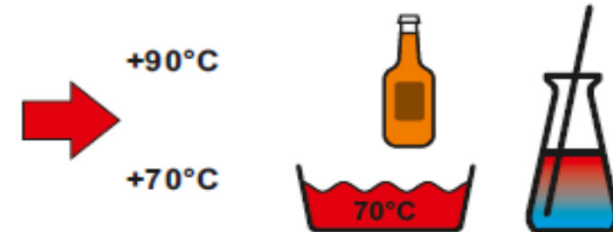
Maschinen / Werkzeugkühlung



Hochtemperatur - Wärmepumpe R600(a)



Produktionsprozesse



Sole – Luftkühler im Kühlraum mit Motorkugelventil und Warmsoleabtauung



Kaltsole/Warmsole hydraulische Weiche/Pufferspeicher und Pumpenstation



Kaltsolepumpenstation Doppelpumpe mit Frequenzumrichter



Zusammenfassung

- Aufgrund der besonderen Eigenschaften der natürlichen Kältemittel kommen zukünftig mehr Kaltwasser- oder Kaltsoleanlagen zum Einsatz.
- Es gelten fast die gleichen Regeln wie bei wie bei Heizungsanlagen bezüglich Pumpenauslegung, hydraulischer Abgleich usw.
- Großer Fort- und Weiterbildungsbedarf bei den Kältefachbetrieben.
- Die Betreiber von Kälte- und Klimaanlage sollten schon heute natürliche Kältemittel einsetzen, denn die Politik gibt indirekt für zukünftige Kälteanlagen die Anlagenkonzepte durch Verbote oder durch die Phase Down bezüglich der Kältemittel vor EU Verordnung Nr. 517/2014 vor.
- Die Auflagen der F Gase Verordnung gelten **nicht** bei dem Einsatz von natürlichen Kältemitteln.
- Diverse Förderprogramme z.B. des Bundesumweltministeriums oder der Stadt Hamburg nutzen!
- Künstliche Mengenverknappung! Steigende Preise der Kältemittel in der Zukunft!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

