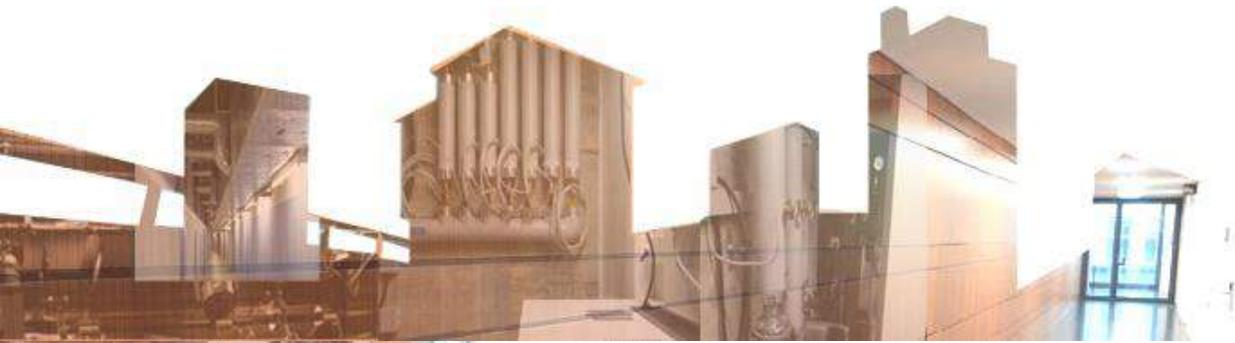


# Kältemaschinen mit natürlichen Kältemitteln

**Rolf Löhner**

---

Scheco AG



# Referent



## Aktuelle Tätigkeiten

- Scheco AG, Inhaber und Geschäftsleiter
- Vorstand SVK, Leiter Technische Kommission
- diverse Arbeitsgruppen KGTV, SWKI, FWS

## Ausbildung

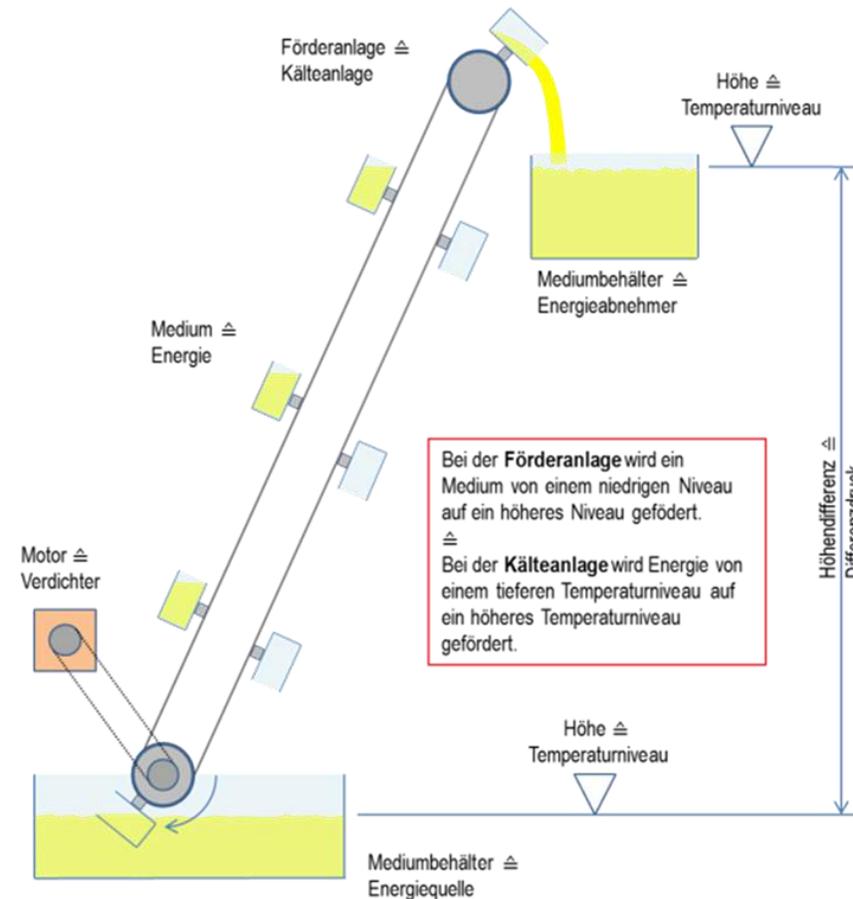
- Kühlanlagenzeichner / Gebr. Sulzer AG, Winterthur
- Dipl. Ing. HTL / Ingenieurschule, Bern

## Berufliche Stationen

- 1982-1987 Gebr. Sulzer AG, Winterthur
- 1987-1990 Schaller Uto AG, Bern
- 1991-1996 CTA AG, Münsingen
- 1996-heute Scheco AG, Winterthur

# Inhalt

- Scheco AG
- Gesetze und Normen
- Kältemittel
- Expansionssysteme
- Aus der Praxis
- Diskussion



# Scheco AG

Gründungsjahr	1865
Mitarbeiter	ca. 60
Rechtsform	Aktiengesellschaft
Hauptsitz	Winterthur
Servicestellen	10 mal in der Deutschschweiz
Servicepartner	in der Westschweiz und im Tessin
Qualitätssystem	ISO 9001:2015
Druckgeräte	2014/68/EU
Mitgliedschaften	SVK, SWKI



# Scheco AG

## Kunden

- Gastronomie und Gewerbe
- Verkaufsstellen
- Lebensmittelindustrie
- Landwirtschaft
- Produktionsanlagen
- Gesundheitswesen
- Logistik- und Verteilzentren
- Prozessindustrie
- Wohnungsbau und Sportanlagen
- Forschung und Entwicklung

## Planung

- Konzepte
- Projekte und Angebote
- Beratung und Schulung

## Ausführung

- Auslegung und Berechnung
- Werkstatt und Montage
- Inbetriebnahme

## Service

- Störungsdienst rund um die Uhr
- Wartung und Reparaturen
- Betriebsoptimierung



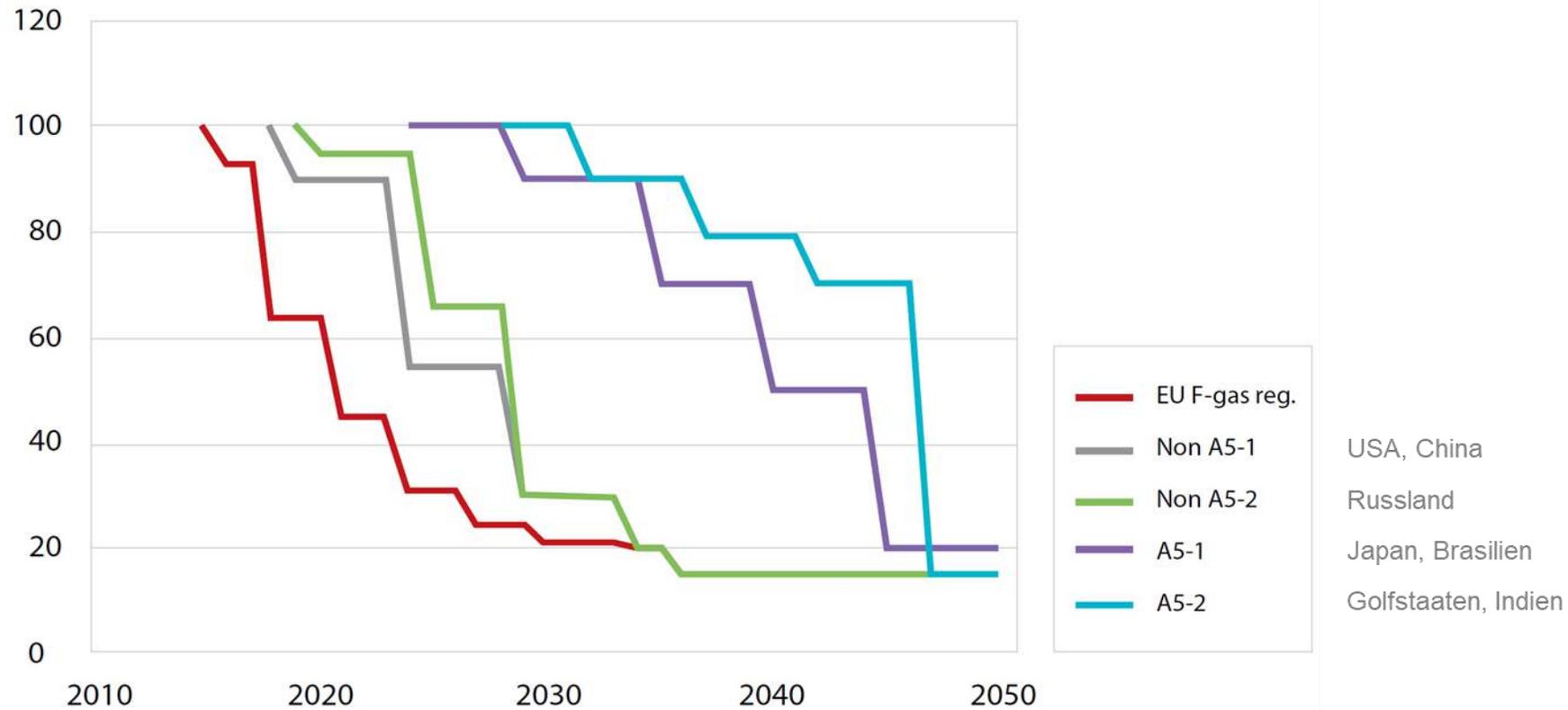
# Scheco AG

## Angebot

- Gewerbekälte
- Industriekälte
- Kühlgeräte
- Klimakälte
- Klimageräte
- Wärmepumpen
- Regelsysteme
- Engineering



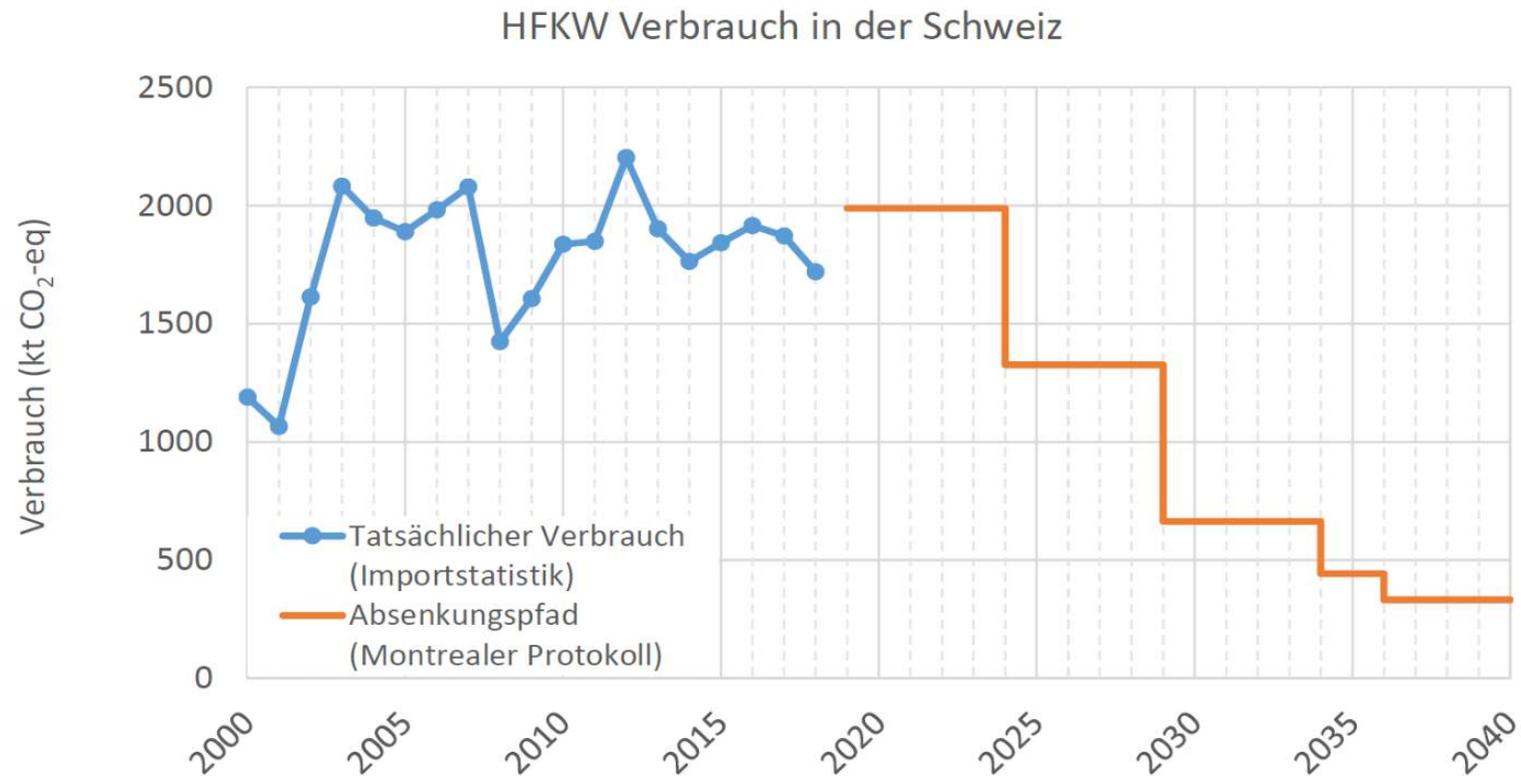
# FKW-Ausstieg Global



Quelle: Kältemittel – jetzt und in Zukunft (Danfoss)



# «Fahrplan» Schweiz

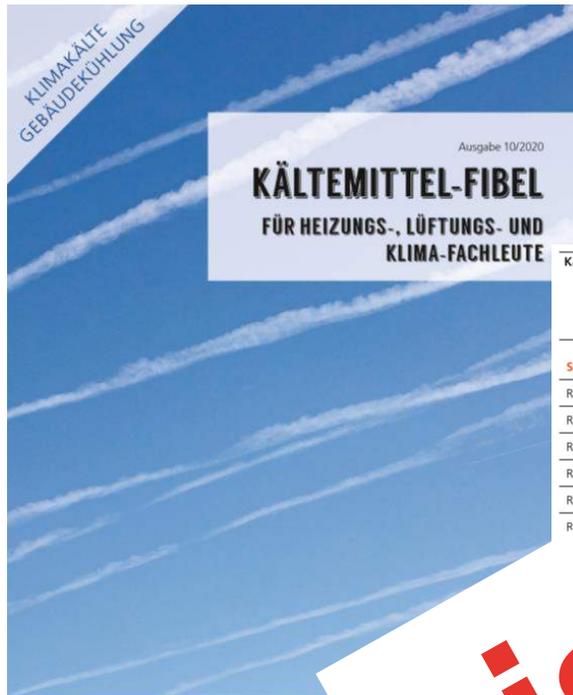


Quelle: Bundesamt für Umwelt (BAFU)



# Kältemittelfibel für HLK-Fachleute

Ausgabe 10/2020 (nur per PDF erhältlich)



**WIE BESTIMME ICH DIE MAXIMALE ERLAUBTE KÄLTEMITTEL-FÜLLMENGE?**  
 Je nach Nutzung des Gebäudes und dem Standort der kältemittelführenden Teile kann aus Sicherheitsüberlegungen (Toxizität und Brandschutz) die maximale Kältefüllmenge begrenzt sein. Die folgenden 5 Schritte zeigen den Weg zur maximalen Füllmenge.

**1. ZU WELCHER SICHERHEITSKLASSE GEHÖRT DAS KÄLTEMITTEL?**  
 Die Sicherheitsklasse (siehe Seite 5) zeigt, wie toxisch (A oder B) und wie brennbar (1, 2, 2 oder 3) das Kältemittel ist.

**2. WER HAT ZUGANG ZUM GEBÄUDE?**  
 Die SN EN 378-1 (Kapitel 4.2.5) unterscheidet drei verschiedene Aufstellungs- respektive Zugangsbereiche (Räume, Gebäude- teile, Gebäude).

**Kategorie a: Publikumsverkehr:** Hier halten sich eine unkontrollierte Anzahl Personen auf. Diese sind mit den Sicherheits- vorkehrungen nicht vertraut. Beispiele: Spitäler, Supermärkte, Schulen, Hotels, Gaststätten, Wohnungen etc.

**Kategorie b: Beschränkter Personen Zutritt:** Hier halten sich nur eine bestimmte Anzahl Personen auf. Mindestens eine ist mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut. Beispiele: Büro- oder Geschäftsräume, Laborkontainer etc.

**Kategorie c: Kontrollierter Personenzutritt:** Hier halten sich nur berechnete Personen auf. Diese sind mit den Sicherheits- vorkehrungen vertraut. Beispiele: Produktionsbetriebe (Nahrungsmittel), Chemie, Molkereien, Schlachthöfe, nicht öffentlicher Bereich von Supermärkten etc.

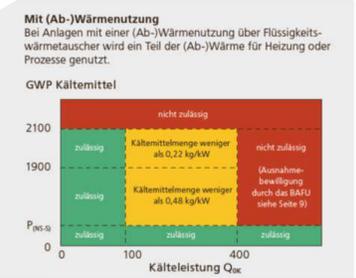
**3. WIE BEFINDEN SICH DIE KÄLTEMITTEL FÜHRENDEN TEILE?**

Kältemittel	GWP	Volumenstrom- bezogene Kälteleistung kJ/m <sup>3</sup>	Temperaturbereich einer wirtschaftlichen Abwärmenutzung °C	Praktisch- Gr...
	[1]	[2]	[3]	
<b>Synthetische, in der Luft stabile Kältemittel</b>				
R32	675	5300		
R134a	[9]	1430		
R410A	[9]			
R452B				
R454B				
RE...				

...	A2L	gering toxisch	schwer ent...
...	A2L <td>gering toxisch <td>schwer ent...</td> </td>	gering toxisch <td>schwer ent...</td>	schwer ent...
...	A3 <td>gering toxisch <td>hoch entfl...</td> </td>	gering toxisch <td>hoch entfl...</td>	hoch entfl...
...	B2L <td>hoch toxisch <td>schwer entflammb...</td> </td>	hoch toxisch <td>schwer entflammb...</td>	schwer entflammb...
...	A3 <td>gering toxisch <td>hoch entflammb...</td> </td>	gering toxisch <td>hoch entflammb...</td>	hoch entflammb...
...	A1 <td>gering toxisch <td>nicht entflammb...</td> </td>	gering toxisch <td>nicht entflammb...</td>	nicht entflammb...

**ist keine Bibel!**



**UMS**  
 ...men beschrieben. In den Klammern ... beachten, dass für die anderen Kältemitt... ..r Planer beigezogen wird. Zudem sind ... beachten (z. B. SUVA-Merkblatt 66139).

**NOTMASSNAHMEN**  
 Alle Maschinenräume müssen mit Kältemittel-Detektoren ausgerüstet werden, sofern der praktische Grenzwert überschritten wird. Die Kältemittel-Detektoren müssen einen Alarm auslösen und die mechanische Lüftung (Sturmflütlung) einschalten. (9.1)

**Not-Aus-Schalter 1:** Im Maschinenraum muss ein Not-Aus-Schalter vorgesehen sein. (5.6)

**Ein Notausgang** muss ins Freie oder in einen Notausgangskorridor führen. (5.12.2)

**Not-Aus-Schalter 2:** Ausserhalb des Maschinenraums – in der Nähe der Türe – ist eine Fernabschaltung vorzusehen. (5.6)

**DICHTIGKEIT**  
 Alle Stellen, an denen Rohrleitungen und Lüftungskanäle durch Wände, Decken und Böden dringen, müssen abgedichtet sein. (5.8)

**TÜREN**  
 Die Türen müssen nach aussen öffnen und eine Feuerbeständigkeit von 30 Minuten (EI30) haben. (EKAS 6517 und VKF 24-15)

Übersteigt die Füllmenge der Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L den zugelassenen praktischen Grenzwert (kg/m<sup>3</sup>), muss der Raum entweder eine Tür haben, die direkt ins Freie führt oder, die in einen Vorraum mit einer selbstschliessenden dichten Tür führt. Der Vorraum wiederum muss eine Türe haben, die ins Freie führt. (nach SN EN 378 Teil 1 5.14.5)

**WÄNDE, BODEN, DECKE**  
 Wände, Böden und Decken müssen so ausgeführt werden, dass sie mindestens 1 Stunde feuerbeständig sind (EI60).



# SN EN 378

Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen

**Teil 1 Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien**

Teil 2 Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation

**Teil 3 Aufstellungsort und Schutz von Personen**

Teil 4 Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung



# Toxizität und Brennbarkeit

Die Kältemittel sind entsprechend Toxizität und Brennbarkeit nach ISO 817:1014 und SN EN 378-1:2017 eingeordnet:

## Toxizität

- A** geringe Giftigkeit
- B** grössere Giftigkeit

## Brennbarkeit

- 1** keine Flammenausbreitung
- 2L** schwer entflammbar
- 2** geringere Brennbarkeit
- 3** grössere Brennbarkeit



# SVK-Planungshilfe zur SN EN 378

verfügbar ab Herbst 2021

Der Schweizerische Verband für Kältetechnik (SVK) erstellt aktuell ein Software-Tool, welches die Anwendung der SN EN 378 in Bezug auf den Aufstellungsort, die Kältemittelart und Füllmenge.

Zusätzlich werden andere, in der Schweiz relevante Vorschriften wie ChemRRV, SUVA, EKAS, etc. berücksichtigt resp. zumindest auf diese hingewiesen.

Das Projekt wird durch das Bundesamt für Energie (BFE) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) unterstützt.

## Ziel

- Planungssicherheit

## Zielpublikum

- Kältefachbetriebe
- Fachplaner HLK
- Vollzugsbehörden

## Bezug

- Schweizerischer Verband für Kältetechnik SVK (Lizenzgebühr)
- Schulungen geplant ab 2022



# SVK-Planungshilfe zur SN EN 378

verfügbar ab Herbst 2021

**Planungshilfe zur SN EN 378**  
 Teile 1, 3 und 4

**Eingabedaten**

Erstelldatum Report: 28.09.2020  
 Berechnungsdatum: 28.09.2020

Anlage: \_\_\_\_\_  
 Anlagendetails: \_\_\_\_\_  
 Projektname: \_\_\_\_\_  
 Projektnamezusatz: \_\_\_\_\_  
 Projektadresse und Nr.: \_\_\_\_\_  
 Projekt PLZ und Ort: \_\_\_\_\_

Kundenname: \_\_\_\_\_  
 Kundendetails: \_\_\_\_\_  
 Kunde Kontaktperson: \_\_\_\_\_  
 Kundenadresse und Nr.: \_\_\_\_\_  
 Kunde PLZ und Ort: \_\_\_\_\_

**Grundparameter**

Kältemittel: R717  
 Geplante Füllmenge: 20 kg  
 Raumfläche: 100 m<sup>2</sup>  
 Raumhöhe: 2.5 m  
 Aufstellung Gerät: Boden

Umrechnungsfaktor: 1  
 Butto-Netto-Raumvolumen: \_\_\_\_\_  
 Brutto-Raumvolumen: 250  
 Netto-Raumvolumen: 250

**Bewertung**

Toxizitätsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikationen			
		I	II	III	IV
B	a	Für dauerhaft geschlossene Sektionsanlagen: Toxizitätsgrenze 3 (Raumvolumen > 0,0875 kg m <sup>-3</sup> < 2.5 kg / Alle weiteren Anlagen: Toxizitätsgrenze 4 (Raumvolumen > 0,0975 kg)		Keine Begrenzung der Füllmenge	
	Obere Geschosse ohne Nebenausgänge oder Kellergeschosse	1 (auslastungsgrenze < Raumvolumen > 0,0875 kg)	Füllmenge < 25 kg Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten	Keine Begrenzung der Füllmenge Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten	
	Andere	m > 10 kg	Füllmenge < 25 kg Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten		
c	Personendichte < 1 person pro 10 m <sup>2</sup>	Füllmenge < 50 kg Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten	Keine Begrenzung der Füllmenge Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten		
	Andere	m > 10 kg	Füllmenge < 25 kg Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten		

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikationen			
		I	II	III	IV
2L	a	Menschlicher Komfort	m <sub>1</sub> × 1,5 = 4.524 kg / m <sub>2</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt		Keine Begrenzung der Füllmenge Anweisungen nach SN EN 378-3, 4.2 oder 4.3 beachten
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen = 5.8 kg, m <sub>2</sub> × 1,5 = 4.524 kg / m <sub>3</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt		
	b	Menschlicher Komfort	m <sub>1</sub> × 1,5 = 4.524 kg / m <sub>2</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt		
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen = 5.8 kg, m < 25 kg / m <sub>3</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt	20 % × LFL × Raumvolumen = 5.8 kg, m < 25 kg / m <sub>3</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt	
	c	Menschlicher Komfort	m <sub>1</sub> × 1,5 = 4.524 kg / m <sub>2</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt		
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen = 5.8 kg, m < 25 kg / m <sub>3</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt	20 % × LFL × Raumvolumen = 5.8 kg, m < 25 kg / m <sub>3</sub> × 1,5 = 22.62 kg, Füllmenge unter Auflagen nach C.3 erlaubt	

130 m<sup>3</sup> × LFL × 1.5 = 15.08 kg

# SVK-Planungshilfe zur SN EN 378

verfügbar ab Herbst 2021



# SVK-Merkblätter, FAQ und mehr...

## Merkblätter

- Abwärmenutzung
- Dichtheitskontrolle

## FAQ

- SN EN 378
- ChemRRV
- NIV Art. 15

## Normenverzeichnis

## Check-Up Protokoll

## Download Bereich im Allgemeinen



# Das ideale Kältemittel

- hervorragende thermodynamische Eigenschaften
- hohe volumetrische Kälteleistung
- geeignetes Druckniveau für den Anwendungsbereich
- keine Druckverluste bei der Strömung
- chemisch und thermisch stabil
- nicht giftig
- nicht brennbar
- umweltverträglich
- gute oder keine Mischbarkeit mit Schmiermitteln
- geringere Dichte als Schmiermittel
- kostengünstig

**gibt es nicht !**



# Kältemittel R1234ze/yf (HFO)

## typischer Kälteleistungsbereich

- Minuskühlung           ungeeignet
- Pluskühlung           bedingt einsetzbar
- Klimakälte + WP      20 - 2000 kW

## typische Anlagentechnik

- halbhermetische Turbo-, Hubkolben- und Schraubenverdichter
- überflutete Verdampfer, speziell mit ölfreien Turboverdichtern
- Kompaktsysteme

## speziell zu beachten

- schwer entflammbar (A2L)
- Aufstellung bevorzugt im Freien oder im stark eingeschränkten Zugangsbereich
- erweiterte Sicherheitsanforderungen

**HFO sind synthetische Kältemittel mit geringem GWP, d.h. nach ChemRRV nicht in der Luft stabil. Abbauprodukte belasten jedoch unsere Natur.**



# Kältemittel R290 / R1270 (Propan / Propen)

## typischer Kälteleistungsbereich

- Minuskühlung < 10 kW
- Pluskühlung < 500 kW
- Klimakälte + WP 5 - 1000 kW

## typische Anlagentechnik

- halbhermetische Hubkolben- und Schraubenverdichter
- Verdampfer mit Trockenexpansion
- Kompaktsysteme, optimiert für kleine Kältemittelfüllmengen

## speziell zu beachten

- grosse Brennbarkeit (A3)
- sehr gute Löslichkeit mit den meisten Kälteölen
- Intern-Wärmeübertrager meistens notwendig
- Aufstellung bevorzugt im Freien
- erweiterte Sicherheitsanforderungen

**Zusätzliche Ausbildung im Umgang  
> 1.5kg erforderlich  
≤ 1.5kg empfohlen.**



# Kältemittel R717 (NH<sub>3</sub>)

## typischer Kälteleistungsbereich

- Minuskühlung > 100 kW
- Pluskühlung > 200 kW
- Klimakälte + WP > 400 kW

## typische Anlagentechnik

- offene Kolben und Schraubenverdichter
- überflutete Verdampfer
- robuste und langlebige Ausführung

## speziell zu beachten

- grössere Giftigkeit / schwer entflammbar (B2L)
- unverträglich mit Buntmetallen
- Druckgastemperatur
- nicht mischbar mit den meisten Kältemittelölen
- Flüssigkeit hat eine geringere Dichte als Kältemittelöl
- Kältemittelgas hat eine geringere Dichte als Luft
- Aufstellung im Freien oder im stark eingeschränkten Zugangsbereich
- Schutz von Sekundärsystemen
- erweiterte Sicherheitsanforderungen



# Kältemittel R744 (CO<sub>2</sub>)

## typischer Kälteleistungsbereich

- Minuskühlung        2 - 200 kW
- Pluskühlung         5 - 500 kW
- Klimakälte + WP    5 - 500 kW

## typische Anlagentechnik

- halbhermetische Hubkolbenverdichter und vollhermetische Scroll- und Rollkolbenverdichter
- gewerbliche und industrielle Fertigung
- kompakte und dezentrale Systeme

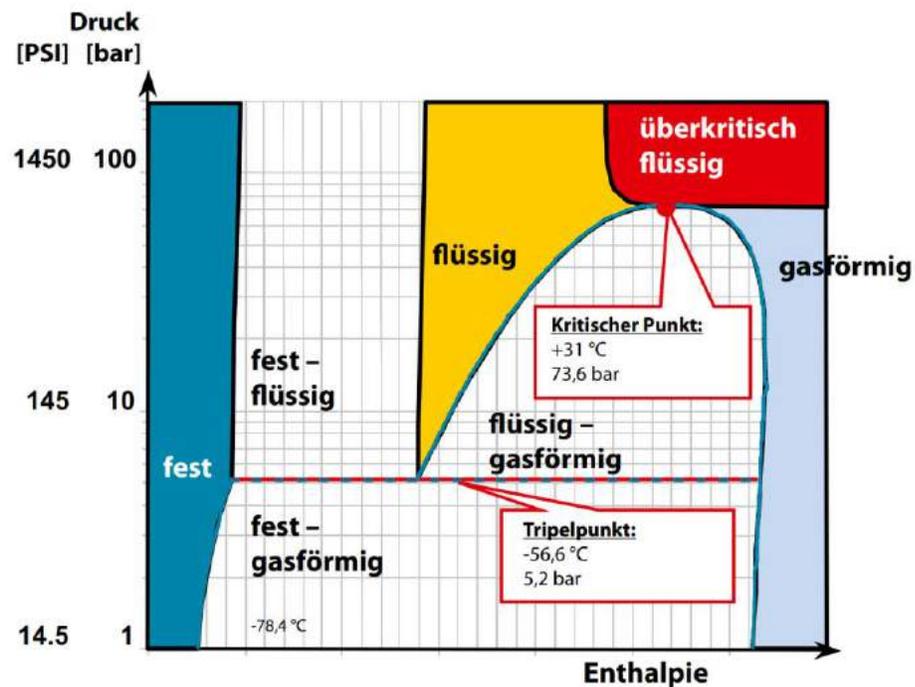
## speziell zu beachten

- hohe Systemdrücke im Betrieb und bei Stillstand
- Kritischer Punkt
- Tripelpunkt
- trans- oder subkritischer Betrieb des Kältesystems
- externe Kühlung oder druckfeste Konstruktion bei längeren Stillstandszeiten
- ein tiefer Medieneintritt in den Gaskühler ist anzustreben
- sehr gute Eigenschaften für Abwärmenutzung

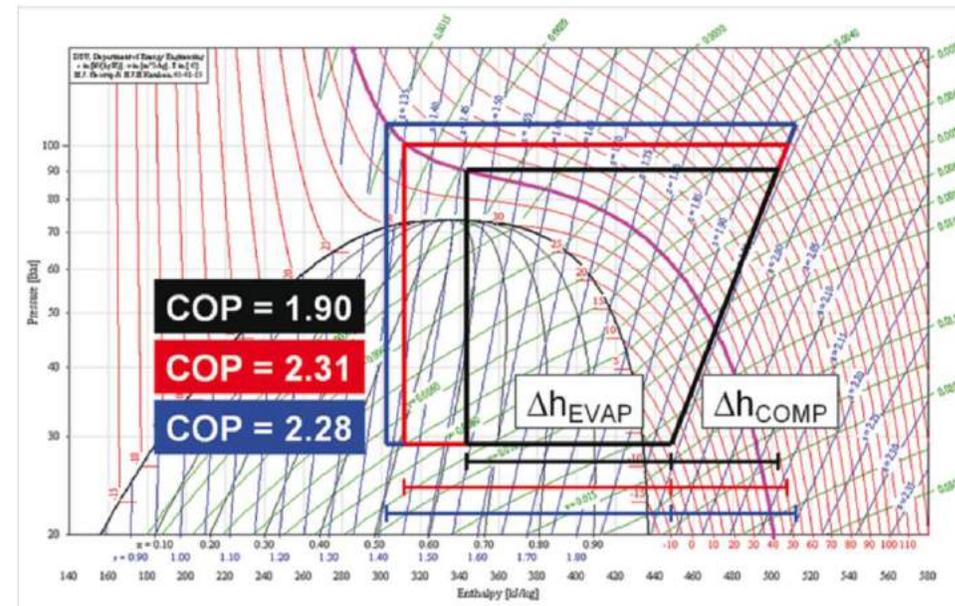


# Eigenheiten von R744 (CO<sub>2</sub>)

log(p)-h-Diagramm



Optimaler Hochdruck  
 im transkritischen Betrieb



Bilder: Danfoss



# Gaskühler R744 (CO<sub>2</sub>)

im transkritischen Betrieb

Verglichen mit einer «konventionellen» Verflüssigung unterscheidet sich die Gasabkühlung im transkritischen Betrieb wie folgt:

- es findet kein Verflüssigungsprozess statt
- Die Gasabkühlung ist nicht linear
- Medieneintritt ist hauptverantwortlich für ein hohe Systemeffizienz

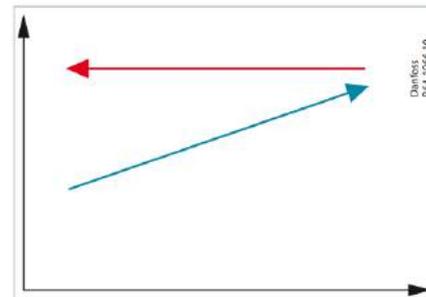


Bild 1: Wärmeübergang – verflüssigendes Kältemittel

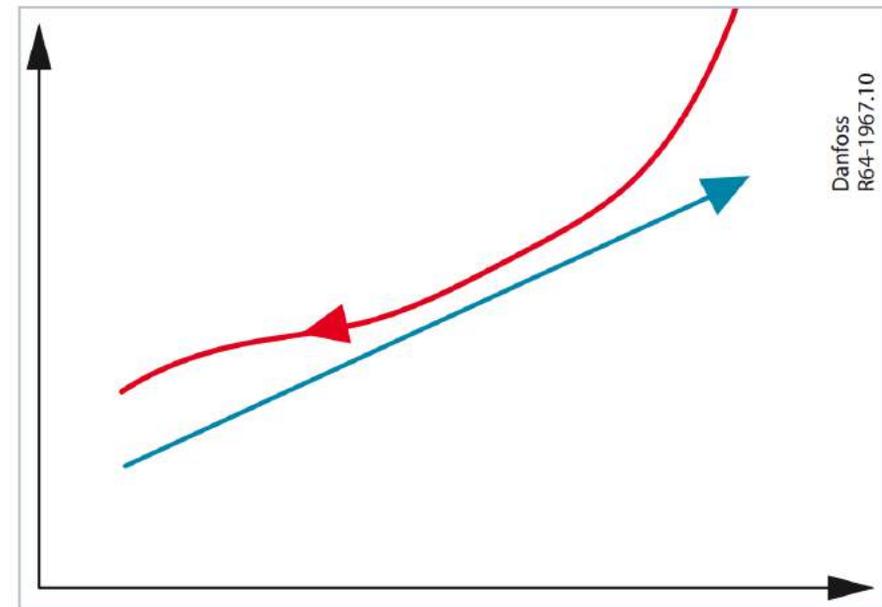


Bild 2: Wärmeübergang – transkritisches CO<sub>2</sub>



# Dimensionen

Vergleich R744 und R717

Aufgrund der hohen volumetrischen Kälteleistung sind R744-Kälteanlagen sehr kompakt. Das Verdichter-Hubvolumen und die Rohrdurchmesser für CO<sub>2</sub> sind ca. 7 x kleiner im Vergleich zu NH<sub>3</sub>



# Anwendungsbeispiele

## von R744-Anlagen

### Stand der Technik

- Supermärkte und grosse Shops
- Gewerbekälteanlagen ab ca. 5kW
- Tiefkühlager bis ca. 300kW
- Wärmepumpen, speziell für Anwendungen mit grosser Spreizung auf der Wärmesenke, z.B. Trinkwassererwärmung
- Prozesskälte und -Wärme
- grössere Eiserzeuger
- Kunsteisbahnen, speziell wenn die Abwärme fast zu 100% genutzt werden kann



# Umrüstung oder Ersatz

## Pro Umrüstung

- nur noch kurze Nutzungszeit
- guter Anlagenzustand
- passende Anlagentechnik
- Umrüstung ohne grosse Eingriffe ins System möglich

## Förderprogramm für Umrüstung und Ersatz



[www.kaelteanlagen.klik.ch/home](http://www.kaelteanlagen.klik.ch/home)

## Pro Ersatz

- schlechter Anlagenzustand
- häufige Leckagen
- hohes Ausfallrisiko
- hohe Versorgungssicherheit notwendig
- schlechte Energieeffizienz
- Anlage entspricht nicht mehr den aktuellen Bedürfnissen
- Dokumentationen Anlage und Service mangelhaft
- Ersatzteilbeschaffung schwierig



# Trockenexpansion

Übliche Bauarten von Expansionsventilen sind:

## thermostatische Expansionsventile

- mit innerem Druckausgleich [1]
- mit externem Druckausgleich [2]

## elektronische Expansionsventile

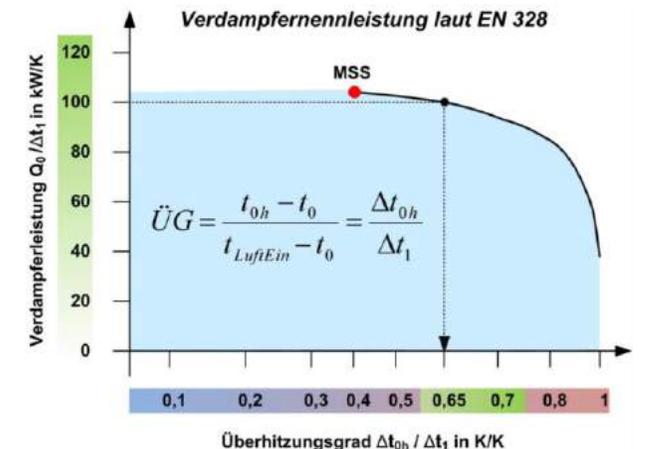
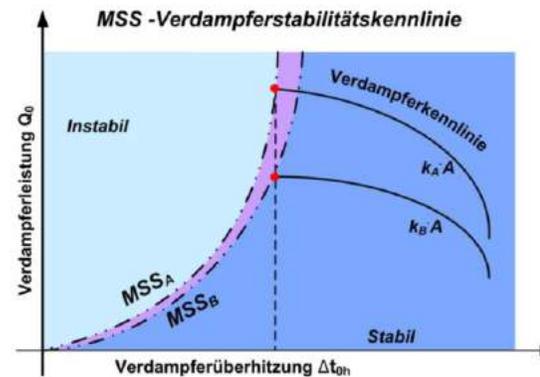
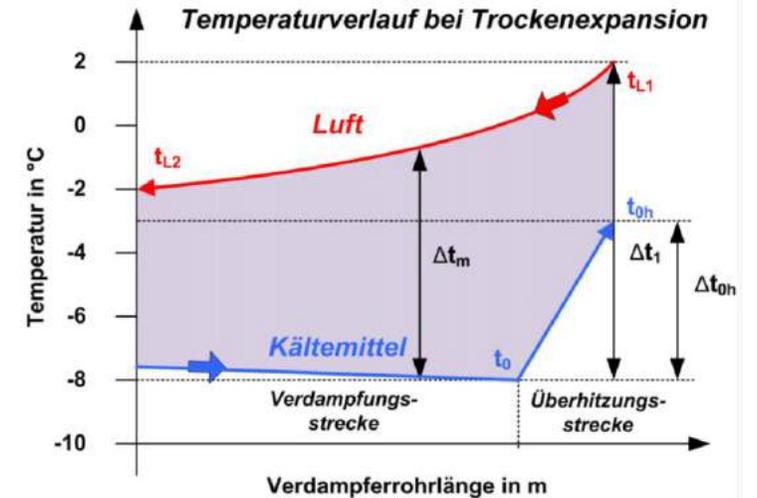
- Pulsweiten moduliert (auf/zu) mit Magnetantrieb [3]
- stetig mit Schrittmotor [4]
- stetig mit Magnetantrieb, z.B. Siemens [5]



# Regelung nach Überhitzung

Die minimal mögliche Überhitzung hängt hauptsächlich von folgenden Faktoren ab:

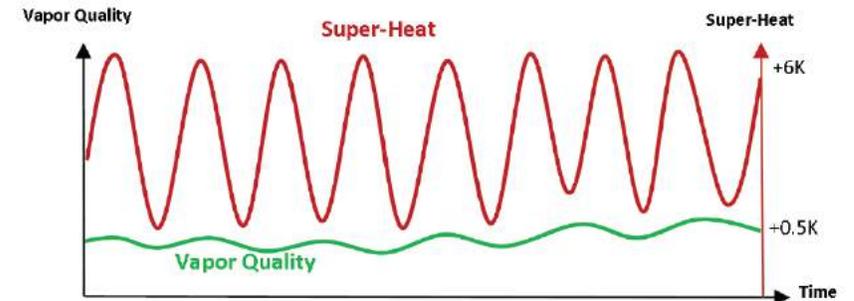
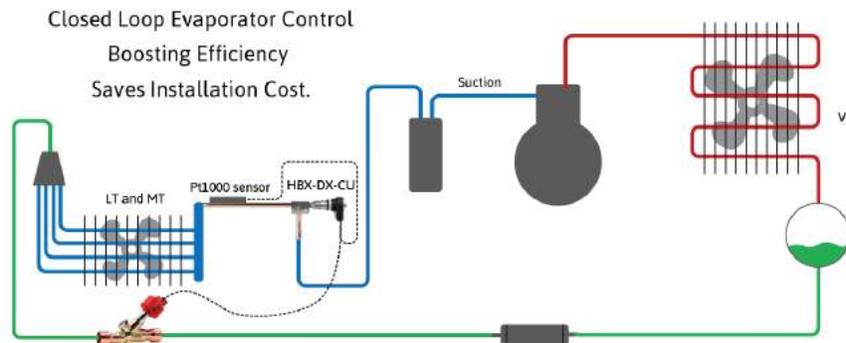
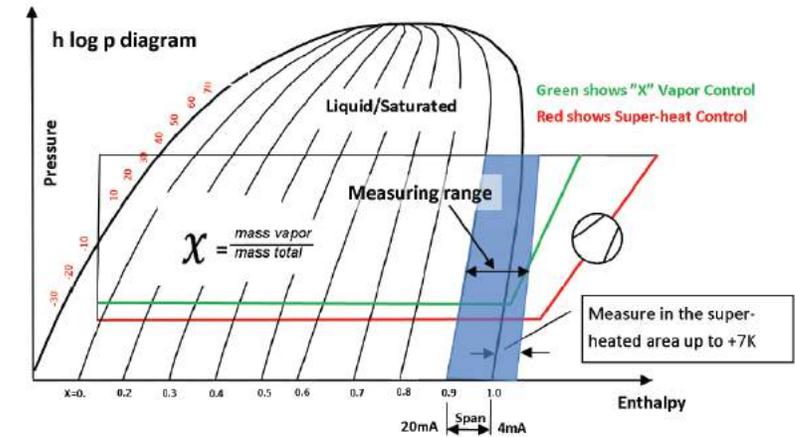
- Konstruktion Verdampfer und Verteiler, wenn vorhanden
- Dimensionierung Expansionsventil
- minimale statische Überhitzung bei thermostatischen Expansionsventilen
- Platzierung und Qualität der Temperatur- und Druckfühler resp. Kapillarfühler bei thermostatischen Expansionsventilen
- Anströmung / Wärmeübergang auf der Medienseite



# Regelung nach Dampfqualität

Aussagen und Bilder von HB Products

Anstelle einer reinen Überhitzungsregelung bietet z.B. die Firma HB Products aus Dänemark ein System an, das zusätzlich die Dampfqualität misst. So sollen kleinste Überhitzungen stabil betrieben werden können, die vergleichbar mit der Effizienz von überfluteten Systemen sind.



# Überflutete Systeme

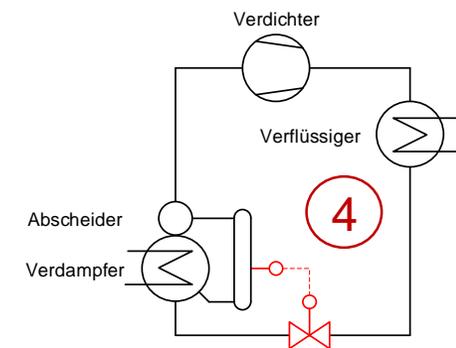
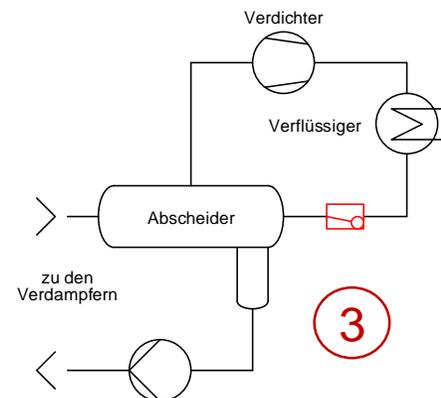
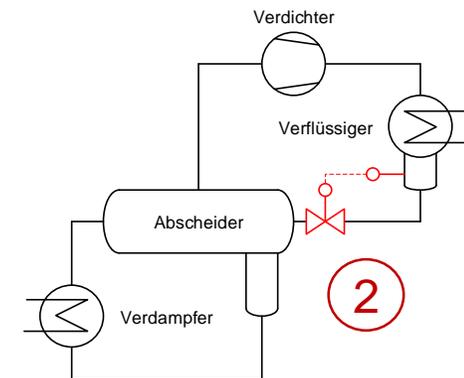
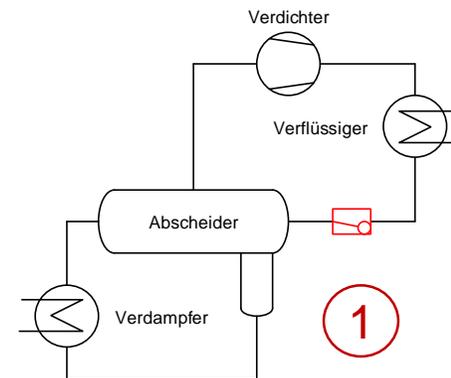
Es wird zwischen zwei grundsätzlichen Systemen unterschieden:

## Hochdruckschwimmer Regler

- direkt [1] [3] / indirekt [2]
- Thermosiphon (Schwerkraftsystem) [1] [2]
- Umpumpsystem [3]

## Niederdruckschwimmer Regler

- direkt / indirekt [4]



# Typische Anwendungen

von überfluteten Kältesystemen

## R717-Kältesysteme

- Standard bei fast allen Anwendungen

## R744-Kältesysteme

- Industrie- und grosse Gewerbekälteanlagen
- Kompaktanlagen wie Kaltwassersätze [1] und Wärmepumpen [2]

## HFKW- / HFO-Kältesysteme

- Kompaktsysteme mit ölfreien Turboverdichtern [3]
- Kaltwasseranwendungen in der Nähe des Gefrierpunkts [4]



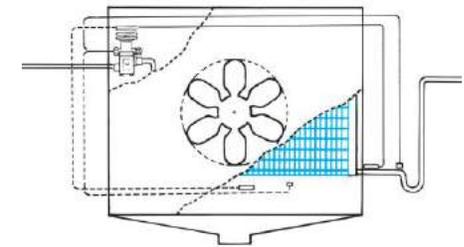
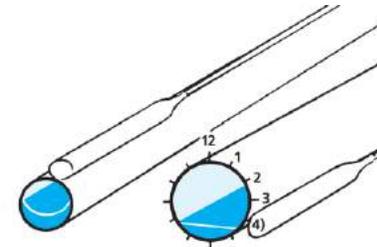
# Zu tiefe Verdampfungstemperatur

## Mögliche Ursachen

- zu grosse Überhitzung eingestellt
- falsche Fühlerplatzierung
- Fehlverteilung der Kältemittel- und/oder Mediumseite
- Verschmutzung der Mediumseite
- starke Temperatur- und/oder Durchfluss-Schwankungen auf der Medienseite
- Flashgasbildung vor dem Expansionsventil durch zu geringe Kältemittelfüllung und/oder ungenügende Unterkühlung
- zu kleine Druckdifferenz über das Expansionsventil

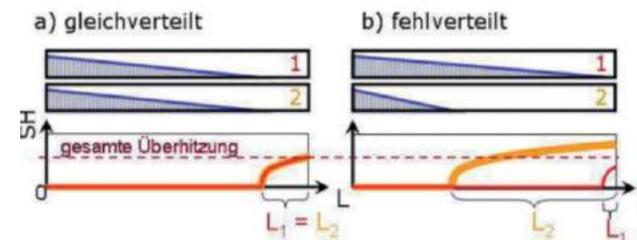
## Beispiel Fühlerplatzierung

wenn möglich horizontal und je nach Rohrdimension zwischen 1-4 Uhr. Nie im unteren Bereich des Rohres (Öl, Flüssigkeit).



## Beispiel Fehlverteilung

Überschiesst ein Rohrstrang / Kanal, werden die anderen nicht genügend genutzt.



# Flüssigkeitsschläge

nicht verdampftes Kältemittel gelangt in den Verdichter

## Mögliche Ursachen

- zu kleine Überhitzung eingestellt
- falsche Fühlerplatzierung
- starke Schwankungen auf der Medienseite (Durchfluss und/oder Temperatur)
- kurze, geringe Flashgasbildung vor dem Expansionsventil
- undichtes Magnet- resp. elektronisches Expansionsventil (zu ≠ zu)
- keine Absaugsteuerung
- Rückverflüssigung in der Saugleitung



# Hochdruckprobleme

## Mögliche Ursachen

- Verschmutzung der Mediumseite
- zu hohe Temperatur und/oder zu geringer Volumenstrom auf der Mediumseite
- zu grosse Kältemittelmenge und/oder zu kleiner Kältemittelsammler
- Fremdgase im Kältemittelkreislauf

## speziell bei luftgekühlten Verflüssigern

- zu hohe Lufttemperatur durch Luftkurzschluss oder falsche Aufstellung (kleine Anströmflächen, Sonneneinstrahlung, Verkleidungen, dunkle Oberflächen, etc.)



# Geografie bei dezentralen Kältesystemen

## Verdampfer mit Trockenexpansion

### Verdampfer höher als Verdichter / Sammler

- ausreichende Unterkühlung der Flüssigkeit

### Verdampfer tiefer als Verdichter

- Ölrückführung, speziell im Teillastbetrieb

### Verflüssiger tiefer als Verdichter

- Kältemittelsammler bei Verflüssiger platzieren
- ausreichende Unterkühlung der Flüssigkeit

### Kältemittelleitungen

- Druckverlust beachten
- Minimal- und Volllast berücksichtigen

### Sauggasleitung

- Geschwindigkeit ausreichend für Öltransport
- siphonieren der Steigleitungen, allenfalls mit doppelter Steigleitung

### Flüssigkeitsleitung

- Abzweigende Leitungen nicht nach oben wegführen
- Dämmung, wenn Umgebungstemperatur höher als minimale Flüssigkeitstemperatur ist

### Druckgasleitung

- Geschwindigkeit ausreichend für Öltransport
- siphonieren der Steigleitungen



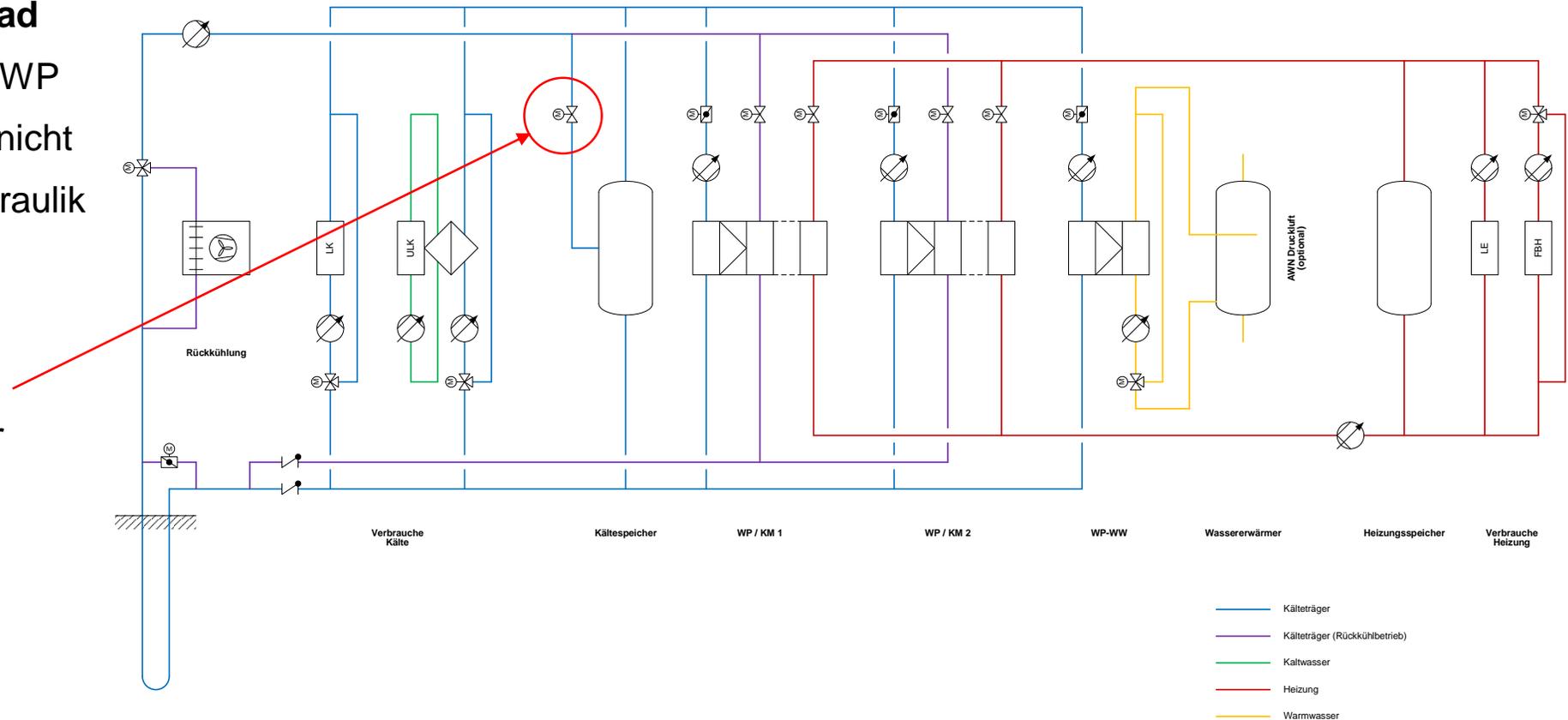
# Kleine Ursache - grosse Auswirkung

## Schlechter Wirkungsgrad

- Prüfen + Messen KM/WP
- Energiebilanz stimmt nicht
- Prüfen + Messen Hydraulik
- Suchen bis gefunden

## Ursache

- Regelventil in falscher Stellung 0% ≠ 0%
- Abwärme gelangt in Kältespeicher



# Verborgene Ursachen

Anlagenteile sind schlecht zugänglich und/oder sichtbar

## Typische Beispiele in der Gewerbekälte

- Multi-Ventilator-Systeme (nicht alle in Betrieb)
- Verschmutzungen
- Abläufe funktionieren nicht
- Überfüllen
- Einfuhr von warmer Ware
- Türen undicht oder/und offen
- Vereisungen werden nicht entfernt
- etc.

**Nutzerverhalten verbessern**



# Probleme frühzeitig vermeiden

Ein paar wichtige Punkte für die Planung und Realisierung

## Technik

- Dimensionierung Voll- / Minimallast
- Lastverhalten und Gleichzeitigkeit definieren
- Einsatzgrenzen festhalten
- Betriebssicherheit / Redundanz
- Ölabscheidung und -Rückführung
- Leitungsführung
- Höhenunterschiede berücksichtigen
- Dokumentation der Anlage
- Protokolle

## Platzbedarf und -Verhältnisse

- Aufstellung von Verflüssigern und Rückkühlern
- Schallemissionen Innen und Aussen
- Zugänglichkeit bei Bau und Betrieb

## Werk übergreifend

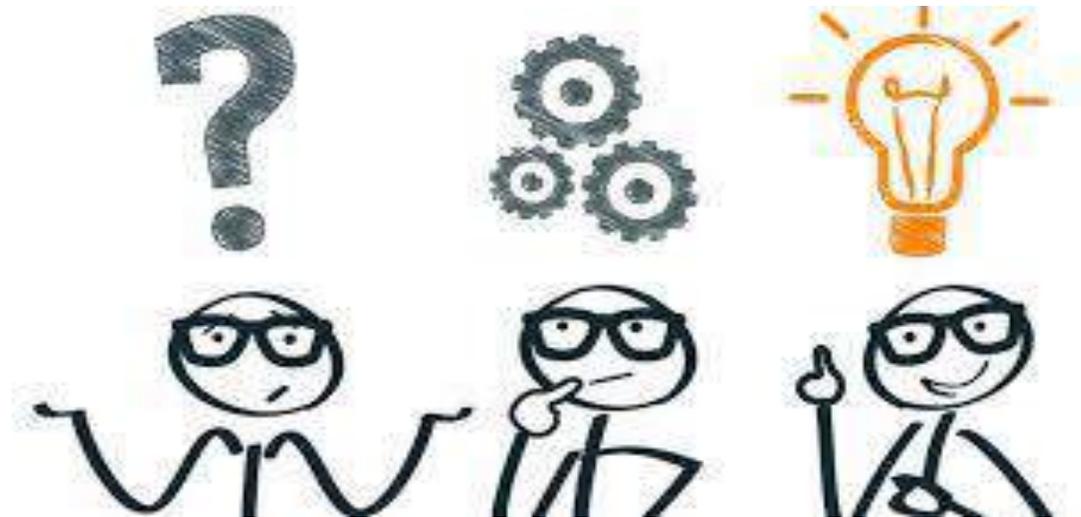
- Synergien mit anderen Gewerken nutzen
- WRG - AWN - Freecooling
- Schnittstellen mit klarer Zuordnung der Verantwortung wählen

## Erfolgskontrolle und Betriebsoptimierung

- Messkonzept (weniger ist oft mehr)
- Nutzer entsprechende Bedienung / Anleitung



# Fragen und Diskussion



# Weitere Informationen

zum Thema Kältetechnik



[www.scheco.ch](http://www.scheco.ch)



[www.svk.ch](http://www.svk.ch)



[www.energieschweiz.ch/page/  
de-ch/effiziente-kaelte](http://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/effiziente-kaelte)



# Wir danken für die Unterstützung



**Kanton Zürich**  
**Baudirektion**



**energie schweiz**  
Unser Engagement: unsere Zukunft.



**MIGROS**



**AMSTEIN+WALTHERT**

**energie360°**



**eicher+pauli**  
Energie und Planung

**BELIMO**<sup>®</sup>

**ISOVER**  
SAINT-GOBAIN

**EM**  
Einfach.Mehr.

**ecowin**<sup>®</sup>



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

