

# Kältemittel / Kälteanlagen



Matthias Dellenbach

Gewerblich-Industrielle Berufsschule Bern, gibb

# Inhalt des Referats

- Teil 1: Verbreitung und Aufbau von Kälteanlagen
- Teil 2: Potentielle Gefahren, welche von Kälteanlagen ausgehen
- Teil 3: Konsequenz für Anlagenbau und Wartung der Kälteanlagen

# Kälteanlagen bei Ihnen Zuhause

- Kühlschrank / Tiefkühlschrank / Tiefkühltruhe
- Klimaanlage Auto
- Wärmepumpen (Luft/Erdsonde/Grundwasser)
- Klimaanlage Wohnung
- Entfeuchter (Keller, Wäsche trocknen)

# Verwendung von Kälteanlagen

- Gewerbe (Käsereien, Metzgereien, Gemüsebauern, Gastronomie etc.)
- Industrie (Prozesskühlung, Kaltwasseranwendungen, Lebensmittelherstellung)
- Klima (Gebäudeklima, Kühlung von Serverräumen)
- Wärme (Wärmepumpen)
- Spezialanlagen (Tieftemperatur)

# Vorfälle mit Kälteanlagen

## **Pratteln BL – Ammoniak in Fabrikgebäude ausgetreten**

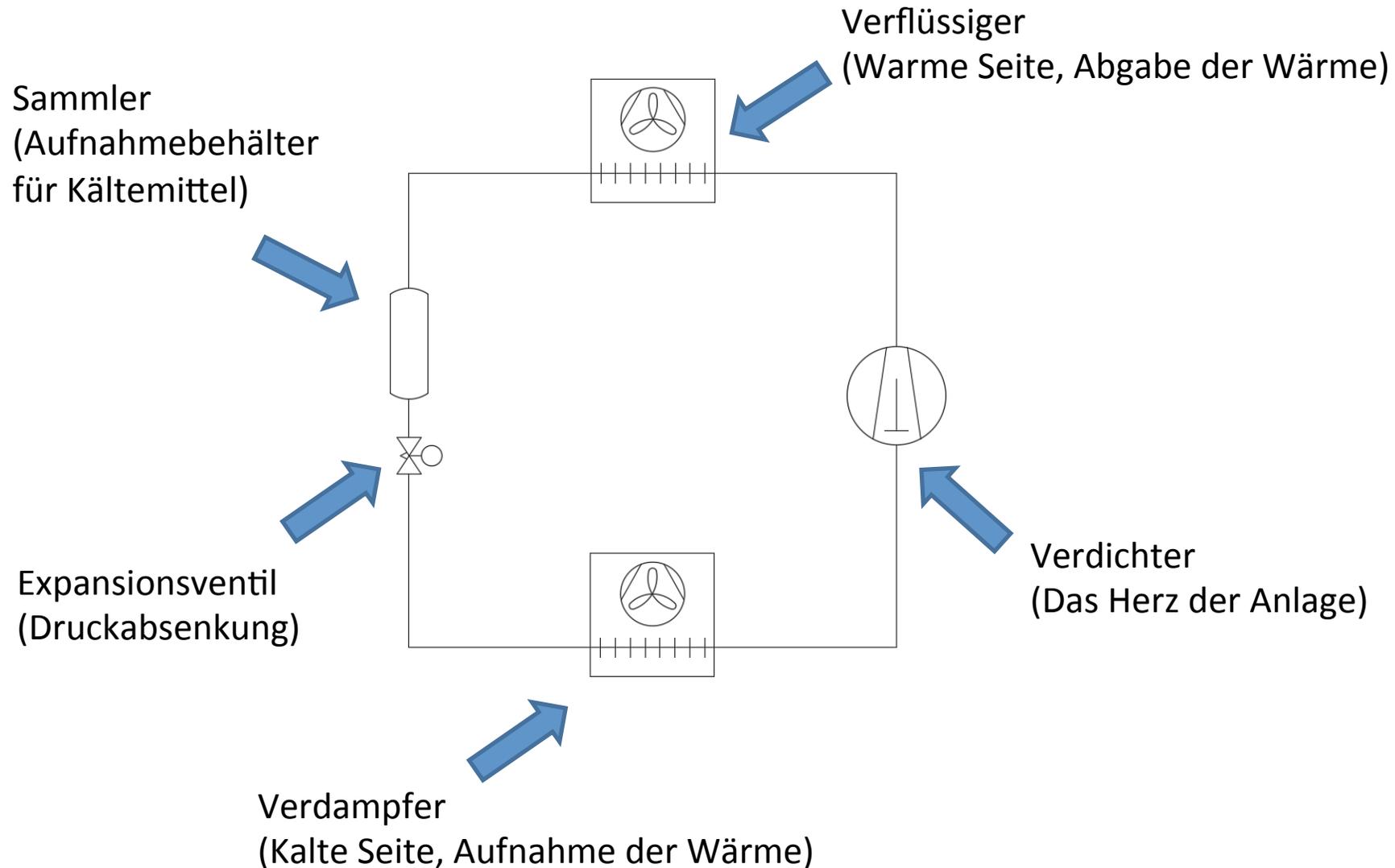
In einem alten Fabrikgebäude am Gallenweg in Pratteln BL kam es am späteren Dienstagnachmittag, 29. August 2017, kurz vor 16.30 Uhr, zu einem Zwischenfall. Dabei trat eine bis anhin unbekannte Menge Ammoniak aus. Verletzt wurde niemand.

Gemäss den bisherigen Erkenntnissen der involvierten kantonalen Behörden wurde beim Rückbau des alten Fabrikgebäudes eine Leitung der Klimaanlage beschädigt. In der Folge trat eine bis anhin unbekannte Menge Ammoniak (gasförmig) aus. Die Fachkräfte konnten das Leck rasch lokalisieren und den Austritt stoppen. Verletzt wurde bei diesem Zwischenfall niemand.

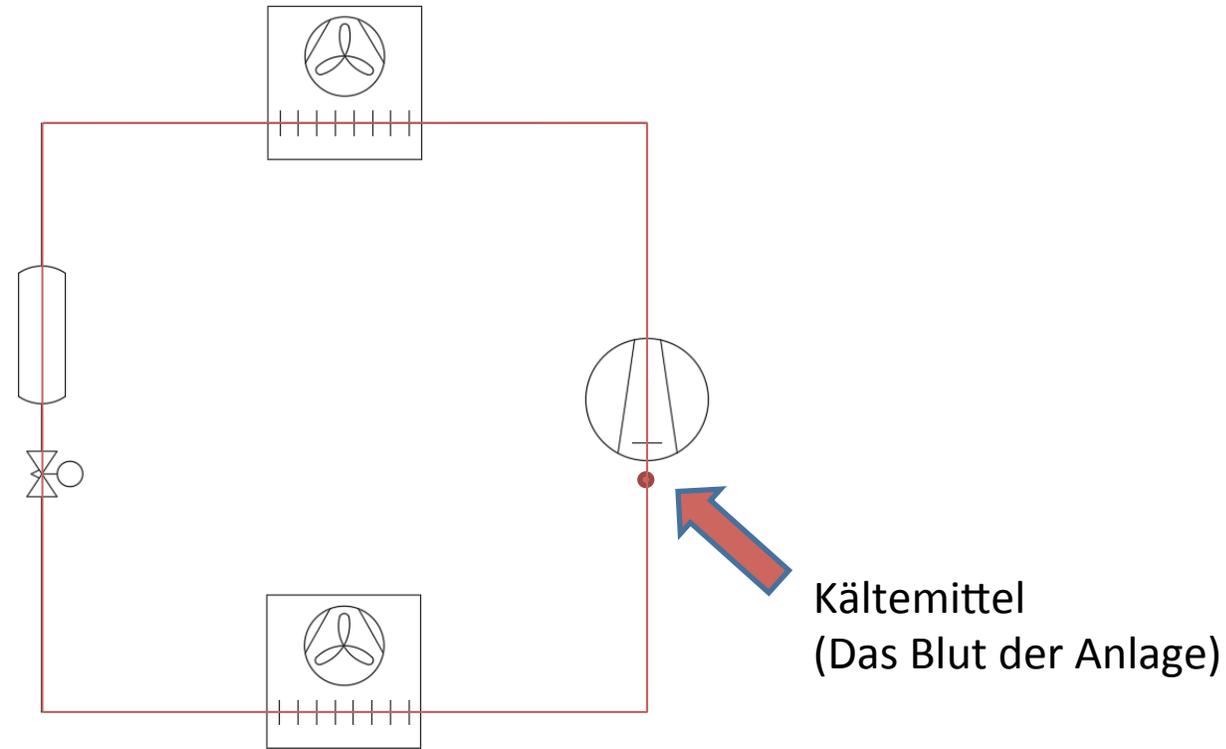
# Übersicht Kälteerzeugungsarten (nicht abschliessend)

	Erzeugungsart	Anwendung
Mit Kältemittel	Kompressionskälte	Sämtliche Anwendungen, sehr grosse Verbreitung
	Absorptionskälte	Camping, Minibar, Kaltwasser
Ohne Kältemittel	Thermoelektrisch	Mini-Getränk Kühler, Elektronik, Raumfahrt
	Adiabatische Kühlung	Schwitzen, Kühltürme (AKW)

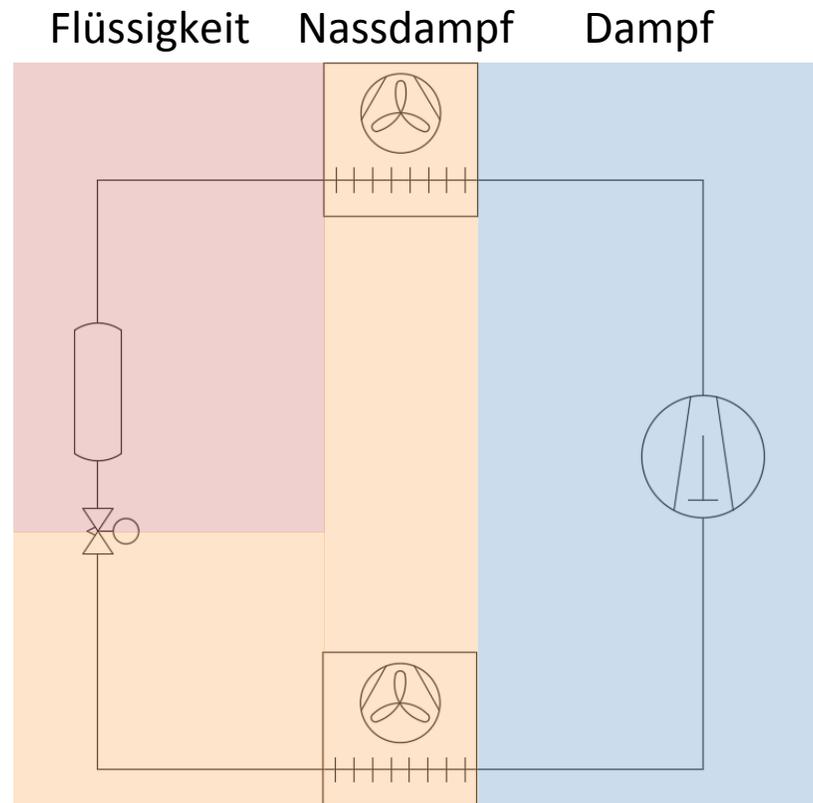
# Aufbau einer einfachen Anlage



# Aufbau einer einfachen Anlage



# Aufbau einer einfachen Anlage



# Kältemittel

- Transportmedium für die Wärmeenergie, ähnlich Wasser in der Fussbodenheizung.
- Es existieren eine Vielzahl von Kältemitteln. Je nach Anwendung, Anforderungen, Energetik, Wirtschaftlichkeit, Brennbarkeit, ökologisch, toxikologische, Anforderungen werden spezifische Kältemittel eingesetzt.
- Die Bezeichnung der Kältemittel basiert auf dem ASHRAE – Schlüssel, z.B. R-22, R134a, R-717
- In den allermeisten Fällen herrscht ein Überdruck in den Kälteanlagen
- Das perfekte Kältemittel gibt es nicht!

**Kältemittel ist kein Verbrauchsmaterial!**

# Wichtige Normen und Verordnungen

- ChemRRV (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung)
- EN378:

*«Diese Europäische Norm befasst sich mit sicherheitstechnischen und umweltrelevanten Anforderungen für Konstruktion, Bau, Herstellung, Aufstellung, Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Entsorgung von Kälteanlagen und Kühlgeräten im Hinblick auf die lokale und globale Umwelt.»*

Gilt für Neuanlagen und Anlagen, welche auf ein neues Kältemittel umgerüstet werden

# Potentielle Gefährdungen von Kälteanlagen

## Anhang G (informativ)

### Potentielle Gefährdungen von Kälteanlagen

Gefährdungen durch die in Kälteanlagen herrschenden Druck- und Temperaturzustände können durch das Kältemittel in der gasförmigen, der flüssigen und der kombinierten Phase verursacht werden. Darüber hinaus hängen der Zustand des Kältemittels und die Beanspruchung der verschiedenen Bauteile nicht nur von den Vorgängen und Funktionen innerhalb der Kälteanlage ab, sondern auch von äußeren Faktoren.

Folgende Gefährdungen sind nennenswert:

- a) durch direkten Einfluss extremer Temperaturen, z. B.:
  - 1) Materialversprödung bei tiefen Temperaturen;
  - 2) Gefrieren eingeschlossener Flüssigkeit;
  - 3) thermische Beanspruchungen;
  - 4) Volumenänderungen durch Temperaturänderungen;
  - 5) Personenschäden, verursacht durch tiefe Temperaturen;
  - 6) Berührung von heißen Oberflächen.
- b) durch überhöhten Druck z. B. infolge:
  - 1) Anstieg des Verflüssigungsdrucks, verursacht durch ungenügende Kühlung des Verflüssigers oder den Partialdruck nicht kondensierbarer Gase oder durch Ansammlung von Öl oder flüssigem Kältemittel im Verflüssiger;
  - 2) Anstieg des Sattampfdrucks, verursacht durch übermäßige Erwärmung von außen, z. B. eines Flüssigkeitskühlers, oder Abtauen eines Luftkühlers oder hohe Umgebungstemperatur bei Stillstand der Anlage;
  - 3) Wärmeausdehnung von flüssigem Kältemittel in einem abgeschlossenen Raum unter hydrostatischer Beanspruchung, verursacht durch einen Anstieg der Außentemperatur;
  - 4) Feuer.
- c) durch direkten Einfluss der Flüssigphase, z. B.:
  - 1) zu hohe Kältemittel-Füllmenge oder durch das Kältemittel überflutete Apparate;
  - 2) Vorhandensein von Flüssigkeit in Verdichtern durch Ansaugen oder Kondensation im Verdichter;
  - 3) Flüssigkeitsschläge in Rohrleitungen;
  - 4) Verlust der Schmierung durch das Aufschäumen von Öl;

- d) durch Entweichen von Kältemitteln, z. B.:
  - 1) Feuer;
  - 2) Explosion;
  - 3) Toxizität;
  - 4) Verätzung;
  - 5) Hauterfrierung;
  - 6) Erstickung;
  - 7) Panik;
  - 8) Umweltaspekte wie Ausdünnung der Ozonschicht und Treibhauseffekt;
- e) durch bewegte Teile von Maschinen, z. B.:
  - 1) Verletzungen;
  - 2) Gehörschäden durch übermäßigen Lärm;
  - 3) Schäden durch Schwingungen.

# Unmittelbare Gefahren durch austretendes) Kältemittel

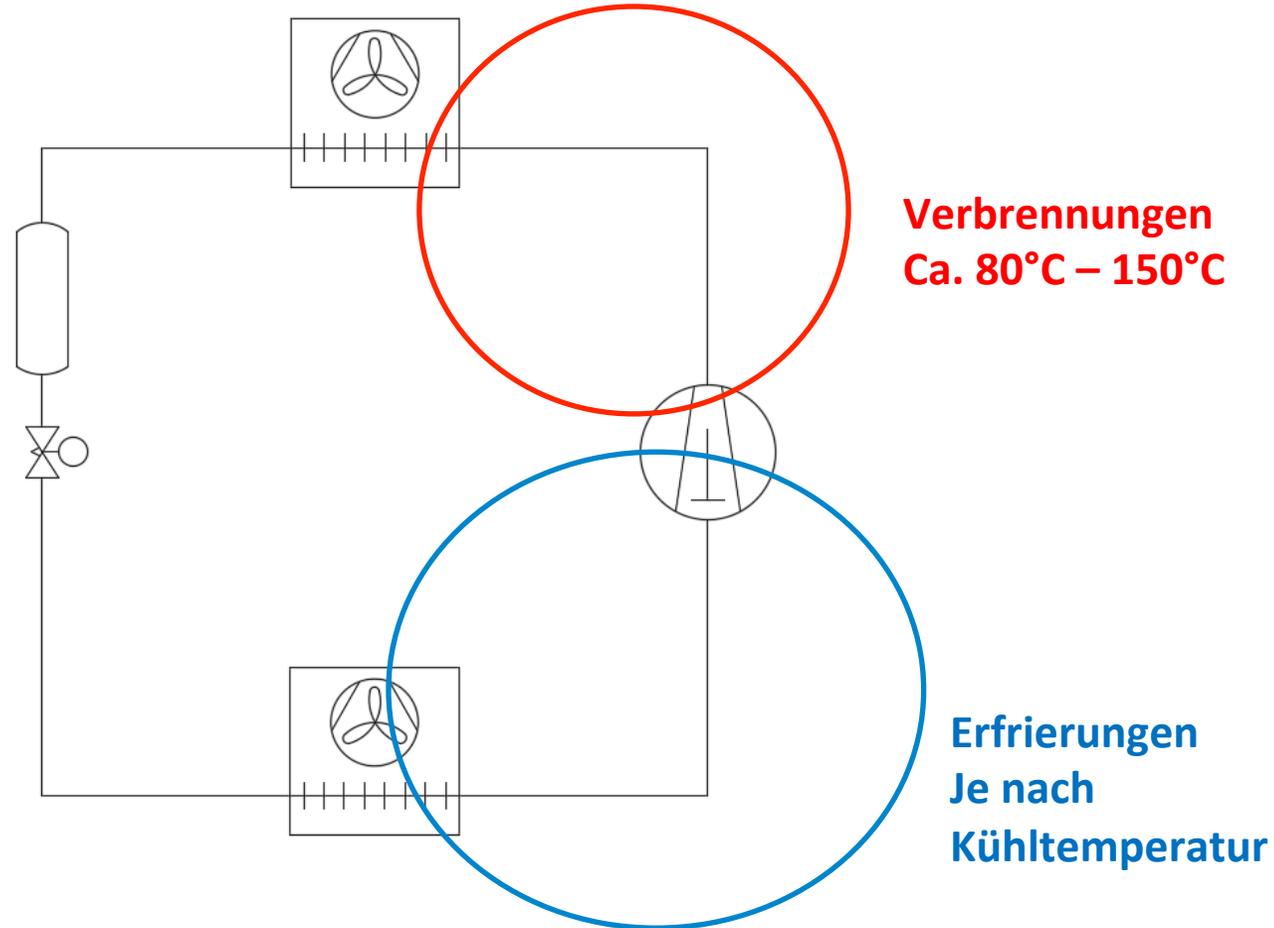
## **Generell**

- Hauterfrierung
- Erstickung
- Panik
- Bersten von Anlageteilen

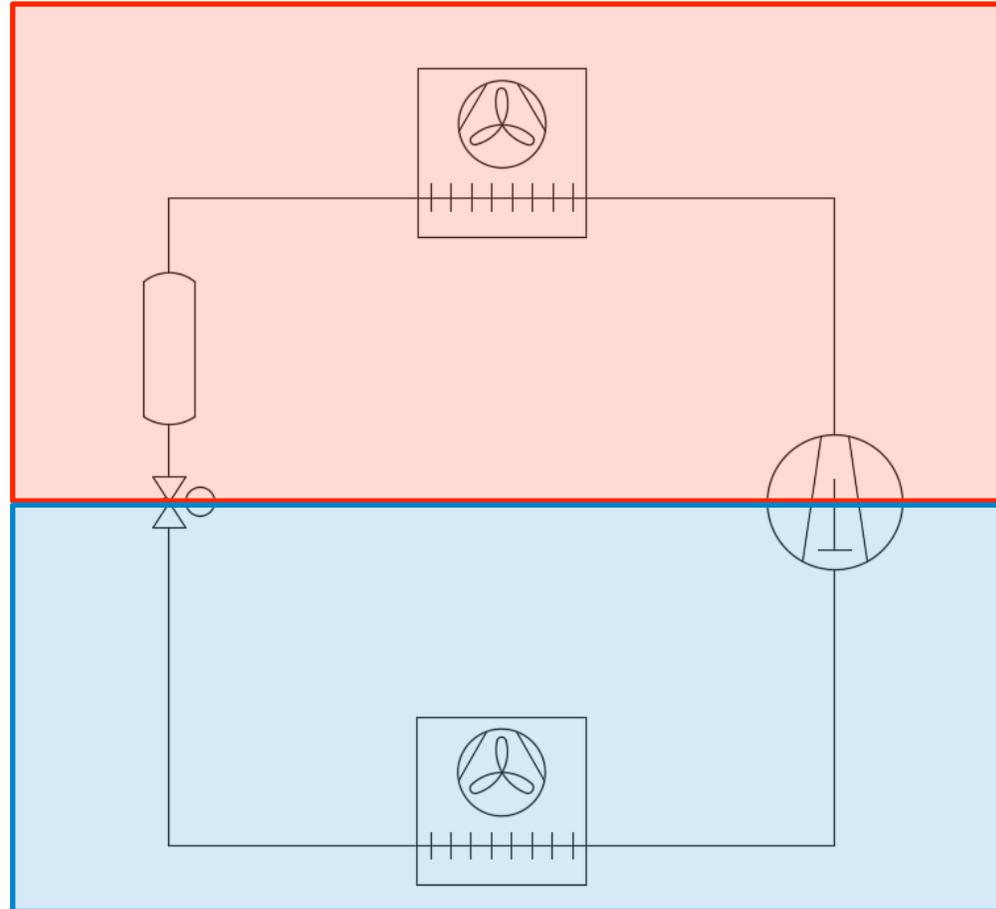
## **Nur bei gewissen Kältemitteln**

- Feuer
- Explosion
- Toxizität
- Verätzung

# Gefahren durch Temperatur



# Gefahren durch Druck



**Hochdruck**  
Ungefähre Drucklagen  
10 – 30bar,  
120 - 140bar bei R-744

**Niederdruck**  
Ungefähre Drucklagen  
Bis 10 bar,  
35bar bei R-744

# Mittel – Langfristige Gefahren durch (austretendes) Kältemittel

Umweltaspekte wie Ausdünnung der Ozonschicht und Treibhauseffekt

- Ausdünnung der Ozonschicht nur bei chlorhaltigen Kältemitteln, für Service und Neuanlagen verboten
- Treibhauseffekt gemäss **GWP** (Global warming potential), äquivalentes Treibhauspotential in Bezug auf 1kg CO<sub>2</sub>

# Einige ausgewählte Kältemittel

	Typ	Bezeichnung	GWP	
Synthetische Kältemittel	R-134a		1'430	
	R-404A		3'940	
	R-407F		1'825	
	R-1234ze		7	
Natürliche Kältemittel	R-290	Propan	3	
	R-717	Ammoniak	0	
	R-744	Kohlendioxid	1	

# Sicherheitsklassen von Kältemitteln

	<b>Safety group</b>	
<b>Higher Flammability</b>	<b>A3</b>	<b>B3</b>
<b>Flammable</b>	<b>A2</b>	<b>B2</b>
<b>Lower flammability</b>	<b>A2L</b>	<b>B2L</b>
<b>No flame Propagation</b>	<b>A1</b>	<b>B1</b>
	<b>Lower Toxicity</b>	<b>Higher Toxicity</b>

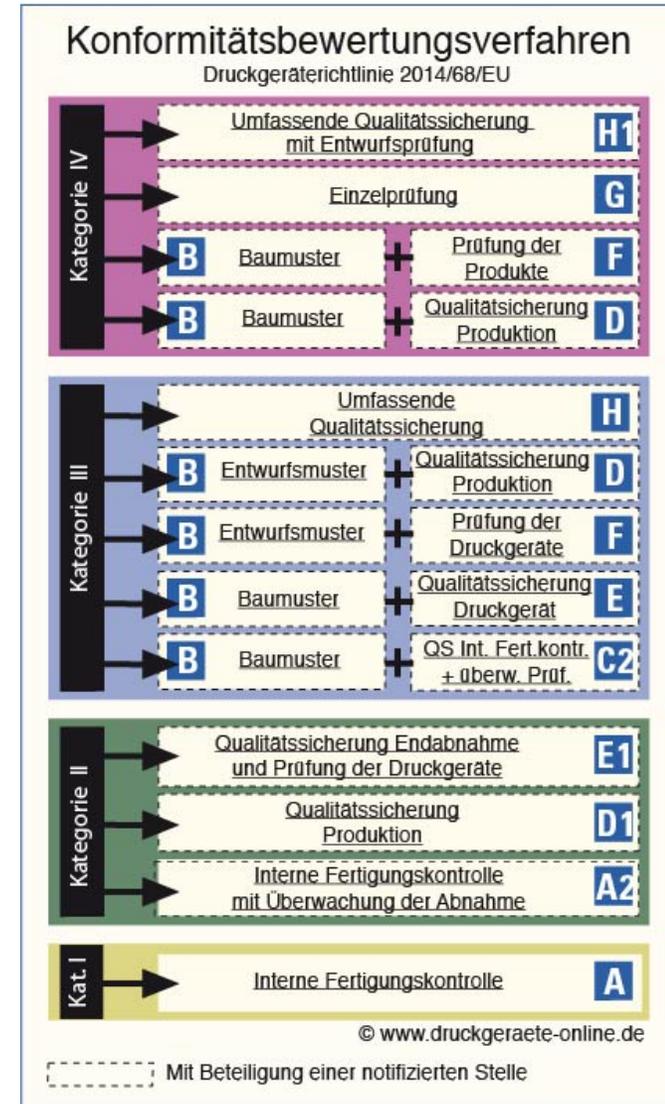
# Einige ausgewählte Kältemittel

	Typ	Bezeichnung	GWP	Sicherheits- klasse
Synthetische Kältemittel	R-134a		1'430	A1
	R-404A		3'940	A1
	R-407F		1'825	A1
	R-1234ze		7	A2L
Natürliche Kältemittel	R-290	Propan	3	A3
	R-717	Ammoniak	0	B2L
	R-744	Kohlendioxid	1	A1

# Konsequenzen für den Anlagenbau (5 Beispiele)

## Kategorisierung

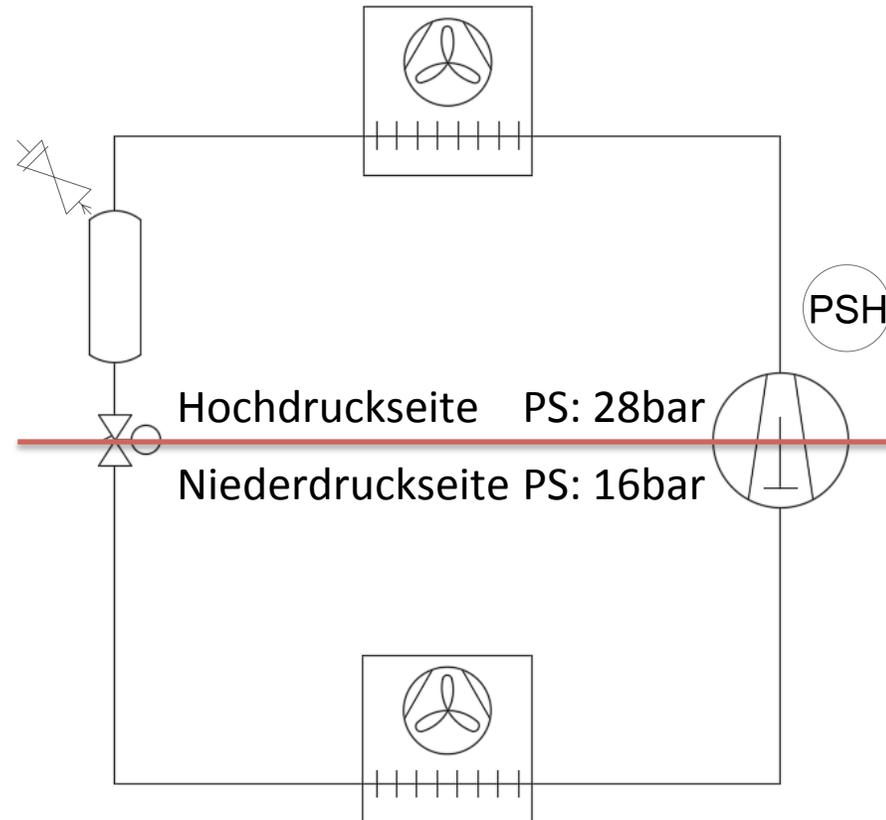
Je nach Volumen und maximalem Druck wird die Kälteanlage in eine Kategorie I-IV eingeteilt. Es hat Auswirkung auf die Fertigungskontrolle



# Konsequenzen für den Anlagenbau

## Absicherung Druck

- Unterteilung in Druckbereiche
- Definition des maximalen Drucks (PS)
- Absicherung mit Druckschaltern
- und Sicherheitsventilen



# Konsequenzen für den Anlagenbau (Beispiele)

## Zugangsbereiche

Tabelle 4 — Kategorien der Zugangsbereiche

Kategorien	Allgemeine Eigenschaften	Beispiele <sup>a</sup>
Allgemeiner Zugangsbereich a	Räume, Gebäudeteile und Gebäude, in denen — Schlafeinrichtungen vorhanden sind — Personen in ihrer Bewegung eingeschränkt sind — sich eine unkontrollierte Anzahl von Personen aufhält — jede Person Zutritt hat, ohne persönlich mit den erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen vertraut zu sein	Krankenhäuser, Gerichtsgebäude oder Gefängnisse, Theater, Supermärkte, Schulen, Vortragsräume, Bahnhöfe, Hotels, Wohnungen, Restaurants
Überwachter Zugangsbereich b	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, in denen sich nur eine begrenzte Anzahl von Personen aufhalten darf, von denen einige mit den allgemeinen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sein müssen	Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien, Räume für allgemeine Fabrikations- und Arbeitszwecke
Zugangsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben c	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, zu denen nur befugte Personen Zutritt haben, die mit den allgemeinen und besonderen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sind, und in denen Materialien oder Güter hergestellt, verarbeitet oder gelagert werden	Produktionseinrichtungen, z. B. für Chemikalien, Nahrungsmittel, Getränke, Industrie- und Speiseeis, Raffinerien, Kühlhallen, Molkereien, Schlachthöfe, nicht öffentliche Bereiche in Supermärkten

<sup>a</sup> Die Liste der Beispiele ist nicht vollständig.

# Aufstellbereiche

Klasse I	Mechanische Geräte im Personen-Aufenthaltsbereich
Klasse II	Verdichter im Maschinenraum oder im Freien
Klasse III	Maschinenraum oder im Freien
Klasse IV	Belüftetes Gehäuse

# Anforderung Grenzwerte Toxizität

EN 378-1:2016 (D)

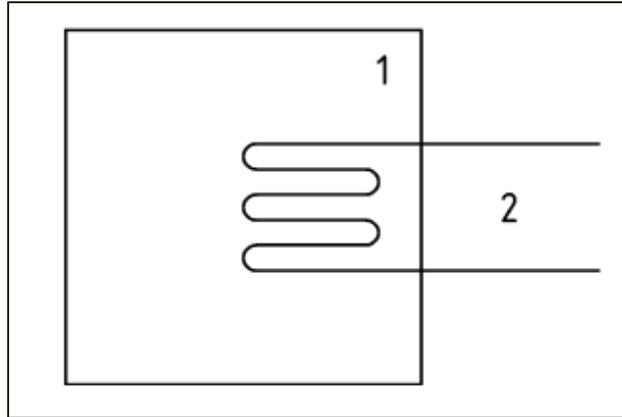
EN 378-1:2016

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

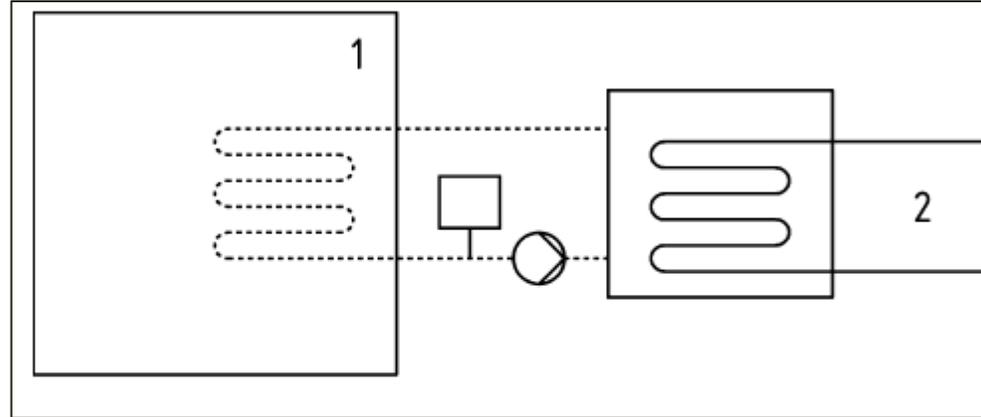
Toxizitätsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation				
		I	II	III	IV	
A	a	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.3				
	b	Obere Geschosse ohne Notausgänge oder Kellergeschosse	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.3	Keine Begrenzung der Füllmenge <sup>a</sup>	Keine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

<sup>a</sup> für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2, und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

# Direkte / Indirekte Kühlung



**Direkte Kühlung**



**Indirekte Kühlung**

**Legende**

- 1 Personen-Aufenthaltsbereich
- 2 kältemittelführende(r) Teil(e)

# Anforderung Grenzwerte Brennbarkeit

**Tabelle C.2 (fortgesetzt)**

Brennbarkeits- klasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort $m_1$				Nicht mehr als 10 kg <sup>c</sup>	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3$
			I	II				
3	a	Menschlicher Komfort	Nach C.2	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1,5 kg		Nach C.2 und nicht mehr als $m_2$ bzw. 1,5 kg	Nicht mehr als 10 kg <sup>c</sup>	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3$
				20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg <sup>a</sup>				
				20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg				
	b	Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg <sup>c</sup>		Keine Begrenzung der Füllmenge <sup>c</sup>	Nicht mehr als 10 kg <sup>c</sup>	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3$
			Oberirdisch	20 % × LFL × Raum- volumen und nicht mehr als 10 kg <sup>c</sup>	20 % × LFL × Raum- volumen und nicht mehr als 25 kg <sup>c</sup>			
			Nach C.2 und nicht mehr als $m_2$ bzw. 1,5 kg					
c	Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg		Keine Begrenzung der Füllmenge <sup>c</sup>	Nicht mehr als 10 kg <sup>c</sup>	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3$	
		Oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg					

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

# Anforderung Detektoren

«Wenn die Konzentration des Kältemittels den praktischen Grenzwert nach EN 378-1:2016, Anhang C, überschreiten kann, müssen Detektoren mindestens Alarm auslösen sowie im Maschinenraum die mechanische Notlüftung in Gang setzen».

# Bsp. Grenzwert mit R-134a

Kältemittelnummer	Chemische Bezeichnung <sup>b</sup>	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED <sup>m</sup>	Praktischer Grenzwert <sup>d</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
134a	1,1,1,2-Tetrafluor-ethan	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	A1	2	0,25 <sup>i</sup>

# Bsp. Grenzwert mit R-717

Kältemittelnummer	Chemische Bezeichnung <sup>b</sup>	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED <sup>m</sup>	Praktischer Grenzwert <sup>d</sup> (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Andere organische Verbindungen</b>					
E170	Dimethylether	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	A3	1	0,013 <sup>i</sup>
<b>Anorganische Verbindungen</b>					
717	Ammoniak	NH <sub>3</sub>	B2L	1	0,00035 <sup>i</sup>
744	Kohlenstoffdioxid	CO <sub>2</sub>	A1	2	0,1 <sup>i</sup>

# Konsequenzen für den Anlagenbau

## **Personal**

Für den beruflichen oder gewerblichen Umgang mit Kältemitteln braucht es eine Fachbewilligung.

Diese wird mit dem erfolgreichen Abschluss als Kältesystem-Monteur erteilt oder kann in einem separaten Kurs erlangt werden.

# Konsequenzen für den Unterhalt I

- Das Servicepersonal ist in der Regel sehr gut ausgebildet.
- Für Arbeiten mit Eingriff in das Kältesystem sind nur Personen zugelassen, welche im Besitz der Fachbewilligung sind (Gilt für Anlagen mit in der Luft stabilen Kältemitteln).

# Konsequenzen für den Unterhalt II

Für Anlagen mit über 3kg mit in der Luft stabilen Kältemitteln (gemäss ChemRRV):

- besteht eine Wartungspflicht
- Die Wartung muss in einem Heft dokumentiert sein.
- Meldepflicht (Vignette)



# Konsequenzen für den Unterhalt III

Für Anlagen sämtliche Kälteanlagen besteht gemäss EN378 eine Wartungspflicht.

EN 378-4:2016 (D)

## 5 Instandhaltung und Instandsetzung

### 5.1 Allgemeines

**5.1.1** Jede Kälteanlage muss vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen nach dem Bedienungshandbuch unterzogen werden (siehe EN 378-2).

**ANMERKUNG** Die Häufigkeit dieser Instandhaltungsmaßnahmen ist von Art, Größe, Alter, Verwendung usw. der Anlage abhängig. In vielen Fällen ergibt sich nach gesetzlichen Anforderungen mehr als eine Instandhaltungsmaßnahme im Laufe eines Jahres.

**5.1.2** Der Betreiber der Kälteanlage muss sicherstellen, dass die Anlage geprüft, regelmäßig überwacht und instand gehalten wird.

# Fazit

- Die Gefahr geht bei einer Kälteanlage primär durch vom Kältemittel aus (direkt oder indirekt)
- Die Gefährdung durch Kältemittel ist durch die Sicherheitsgruppe abgebildet. (z.B. A1, A3, B2L)
- Die Gefährdung für Drittpersonen durch Kältemittelaustritt wird durch das Einhalten der Norm/Verordnung minimiert
- Es besteht für sämtliche Anlagen eine Wartungspflicht.
- Das Servicepersonal hat einen hohen Ausbildungsstand.

# Besten Dank für Ihr Interesse

Weiterführende Infos und Quellen / Kontakt

Schweizerischer Verein für Kältetechnik [www.svk.ch](http://www.svk.ch)

Meldestelle für Kälteanlagen: [www.meldestelle.ch](http://www.meldestelle.ch)

Fachbewilligung Kältemittel: [www.fachbewilligung.ch](http://www.fachbewilligung.ch)

Kältemittel-Fibel <http://effizientekaelte.zweiweg.ch/>

Gewerblich-Industrielle Berufsschule Bern gibb [www.gibb.ch](http://www.gibb.ch)

Infos zur Ausbildung [www.cooler-job.ch](http://www.cooler-job.ch)

Kontakt: [matthias.dellenbach@gibb.ch](mailto:matthias.dellenbach@gibb.ch)