Risikobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

---

a) Gefahrenermittlung im Umgang mit Kältemitteln
b) Klassifikation der Kältemittel
c) Grundsätzliches zu Kältemitteln
d) Szenarien im Umgang mit Kältemitteln
e) Minimierung der Risiken und Schutzmaßnahmen
f) Zukunft der Kältemittel

Dipl.-Ing. Karsten Beermann, IKKE gGmbH

18. IKKE-Info-Tag, 31. Oktober 2026



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- **Eine dichte und energetisch gut eingeregelte Kälteanlage stellt hinsichtlich der Gefährdung durch Kältemittel kaum ein Problem dar!**

- **Leckagen, Havarien und unsachgemäßer Umgang mit Kältemittel hingegen werden zur Gefahr, und es ist das Risiko zu bewerten, welches Ausmaß an Schäden eintreten kann!**



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

a) Ermittlung von Gefährdungen durch Kältemittel

1. **Kaltverbrennung / Erfrierungen** (*Hautkontakt / Augen*)
2. **Erstickungsgefahr / Herzrhythmusstörungen** (*Inhalation*)
3. **Toxizität / Vergiftungen** (*Einatmen*)
4. **Entzündbar, Explosion** (*Zündquellen*)
5. **Gas steht unter Druck** (*Flüssigkeitsdruck*)
6. **Giftige Zersetzungsprodukte** (*Löten*)
7. **Umwelt** (*Treibhauswirksamkeit*)

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

b) Klassifikation der Kältemittel (EN 378, ISO 817)

A → nicht gesundheitsgefährdend, gering toxisch
B → toxisch, giftig

Brennbarkeit:

1 → nicht brennbar
2L → geringere Brennbarkeit (geringere Brenngeschwindigkeit)
2 → gering brennbar
3 → hoch brennbar



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

Gegenübergestellt werden:

A1 → z.B. R134a, R410A (R32/R125)
R513A (R1234yf / R134a)

A2L → z.B. R32, R1234yf,
R452B (R32/R125/R1234yf)

A3 → z.B. R290, R1270, R290/R600a

B2L → Ammoniak (NH_3) – R717
(Industriekältemittel (giftig, ätzend)

A1 → Kohlendioxid (CO_2) – R744 (hoher Druck!)

werden nicht betrachtet!

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

c) Grundsätzliches zu Kältemitteln

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Brennbarkeit	nein	ja	ja
Entzündbarkeit bei Raumtemperatur	nein	schwer entzündlich	hochentzündlich
Entzündbarkeit im Brandfall	hochentzündlich oberhalb 250 °C	hochentzündlich oberhalb 165 °C	hochentzündlich
Zersetzungs-/Zündtemperatur	250 – 370 °C	165 – 250 °C	450 – 480 °C
Material-Unverträglichkeiten	keine	Reaktionen mit: Leicht-metallen, fein verteiltem Aluminium, Alkalimetallen, Zink, Magnesium	keine
Warnhinweis	H280: enthält Gas unter Druck, Explosionsgefahr bei Erwärmung		



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Zerfallsprodukte von Kältemitteln

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Zerfallsprodukte (ohne CO_2, CO)	Halogenwasserstoff, Carbonylhalogenide, fluorhaltige Pyrolyseprodukte, z.B. Tri-Fluor-Essigsäure (TFA), Flusssäure	Halogenwasserstoff, Carbonylhalogenide, fluorhaltige Pyrolyseprodukte, z.B. Tri-Fluor-Essigsäure (TFA), Flusssäure	keine
***mögliche* Auswirkungen der Zerfallsprodukte auf den menschlichen Organismus**	toxisch, karzinogen	toxisch, karzinogen, letal: ohne alarmiernde Symptome durch Auswirkungen auf das Herz	keine
MAK-Wert	1000 ppm	200 ppm	1000 ppm

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

d) Szenarien im Umgang mit Kältemitteln

- Verhalten im Leckagefall

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Verhalten im Leckagefall (gasförmig)	Dichte höher als Luft, keine Schwadenbildung, hochflüchtig		
Verhalten im Leckagefall (flüssig)	Dichte deutlich höher als Luft, kurzzeitige Schwadenbildung, durch Luftverwirbelung schnelle Verdünnung unter LFL		



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Anlagenbetrieb - Normal

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Risiken im Betrieb bei "auf Dauer technisch dichten Anlagen", Normalbetrieb mit 0% Leckagerate	keine		
Risiken im Betrieb bei "technisch dichten Anlagen", Normalbetrieb mit 5% Leckagerate	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen	keine

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Anlagenbetrieb – Havarie

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Havarie	Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung!		
	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer /karzino-gener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzino-gener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen	
		Entzündbarkeit durch Flammen/stärkere Zündquellen	Entzündbarkeit durch Flammen und durch kleine Zündquellen unter 1 mJ



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Anlagenbetrieb – Brandfall

<table>
<tr><th>Sicherheitsklasse
Stoffgruppe</th><th>A1
HFKW, HFO und Blends</th><th>A2L
HFKW, HFO und Blends</th><th>A3
HC und Blends</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Brandfall,
außer Bildung von
Kohlenstoffdioxid und
Kohlenstoffmonoxid</td><td colspan="2">Gefahr von Bildung <u>großer</u> Mengen
toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte</td><td rowspan="3">Starke
Hitzeentwicklung</td></tr>
<tr><td colspan="2">Rauchschwaden sind hochtoxisch</td></tr>
<tr><td>Feuerwehr muss
informiert werden</td><td>Feuerwehr muss
informiert werden</td></tr>
</table>



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Risiken bei Reparaturarbeiten – Austritt gasförmig

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Reparaturarbeiten bei geöffnetem Kreislauf im Raum (Austritt geringer Mengen **gasförmig**)	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im gesamten Raum	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen im gesamten Raum	Keine
Reparaturarbeiten bei geöffnetem Kreislauf im Raum (Austritt großer Mengen **gasförmig**)		Brandgefahr in unmittelbarer Nähe der Leckage	
	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im Raum	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen im Raum	

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Risiken bei Reparaturarbeiten – Austritt Flüssigkeit

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Reparaturarbeiten bei geöffnetem Kreislauf im Raum (Austritt kleiner Mengen **flüssig**)	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im Raum	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen im Raum	Keine
Reparaturarbeiten bei geöffnetem Kreislauf im Raum (Austritt großer Mengen **flüssig**)	Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung		
	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im Raum	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen im Raum	kurzfristige Schwadenbildung, Brandgefahr in unmittelbarer Nähe der Leckage



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Risiken bei Reparaturarbeiten – **Löten** (Gasaustritt)

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
		Flammenbildung an der Lötstelle	
Risiken bei Lötarbeiten im Rahmen von Reparaturen an Bestandsanlagen (Austritt geringer Mengen **gasförmig**)	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 250°C und durch Flammen im gesamten Raum	Gefahr von Bildung kleiner Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 165°C und durch Flammen im gesamten Raum	
Risiken bei Lötarbeiten im Rahmen von Reparaturen an Bestandsanlagen (Austritt großer Mengen **gasförmig**)	Mitgerissenes Öl kann sich entzünden, brennt eigenständig weiter		
		Flammenbildung an der Lötstelle	
	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im Raum	Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 165 °C und durch Flammen im Raum	



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Risiken bei Reparaturarbeiten – **Löten** (Austritt von Flüssigkeit)

<table>
<tr><th>Sicherheitsklasse
Stoffgruppe</th><th>A1
HFKW, HFO und Blends</th><th>A2L
HFKW, HFO und Blends</th><th>A3
HC und Blends</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2">starke Flammenbildung an der Lötstelle</td></tr>
<tr><td>Risiken bei Lötarbeiten im Rahmen von Reparaturen an Bestandsanlagen
(Austritt kleiner Mengen flüssig)</td><td>Gefahr von Bildung größerer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im gesamten Raum</td><td>Gefahr von Bildung größerer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 165 °C und Flammen im gesamten Raum</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Risiken bei Lötarbeiten im Rahmen von Reparaturen an Bestandsanlagen
(Austritt großer Mengen flüssig)</td><td colspan="3">Mitgerissenes Öl kann sich entzünden, brennt eigenständig weiter</td></tr>
<tr><td colspan="2">sehr starke Flammenbildung an der Lötstelle</td></tr>
<tr><td>Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 250 °C und durch Flammen im Raum</td><td>Gefahr der Bildung großer Mengen toxischer/karzinogener Zerfallsprodukte an Lötstelle und heißen Oberflächen über 165°C und Flammen im Raum</td><td></td></tr>
</table>



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

- Bedenkliche Symptome

Sicherheitsklasse Stoffgruppe	**A1** HFKW, HFO und Blends	**A2L** HFKW, HFO und Blends	**A3** HC und Blends
Symptome bei Freisetzung bedenklicher Zerfallsprodukte	Atembeschwerden, Kratzen im Hals		Keine
	Nasenbluten		
	Herzrasen		
	Schwindel		
	Ohnmacht		
	Herzstillstand		

Zwischenfazit:

A1- und A2L-Kältemittel sind nicht unbedenklich und unkritisch!



Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

e) Minimierung der Risiken und Schutzmaßnahmen

1. **Tragen von persönlicher Schutzausrüstung**
   (Schutzhandschuhe (Kälte), Schutzbrille,
   korrekte Arbeitskleidung hautbedeckend)
2. **Ausreichende Belüftung**
3. **Atemschutzmaske, Atemschutzgerät, Schutzanzug**
4. **Zündquellen vermeiden, sichere Geräte verwenden (explosionsgefährdeten Bereich abschätzen)**
5. **Absicherung gegen max. zulässigen Betriebsüberdruck**
6. **Kältemittelflaschen nicht überfüllen (Waage)**
7. **Vor dem Löten: Kältemittel vollständig rückgewinnen (Vakuum, mit N_2 spülen)**
8. **Regelmäßige Dichtheitskontrolle (F-Gas-VO)**

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

e) Minimierung der Risiken und Schutzmaßnahmen

Insgesamt entsteht dann daraus das Dokument:

“Gefährdungsbeurteilung“

für die jeweilige Situation!

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

f) Zukunft der Kältemittel

- Kältemittel mit GWP < 150
- Politisch gewollt → keine F-Gase
- „Natürliche“ Kältemittel, wie

  C_3H_8, NH_3 oder CO_2 werden favorisiert!

  (aber **Sicherheitsaspekte** beachten! → Sachkunde ISO 22712)

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

F-Gas-VO EU 2024/573

- **ab 1 kg Füllmenge Kohlenwasserstoffe**
  → regelmäßige Dichtheitskontrolle

Anmerkung:

R290 – Propan – C_3H_8

- **energetisch effizient**
- **Umweltfreundlich**
- **Keine toxischen Zerfallsprodukte**
- **langfristig verfügbar**

→ **Aber *Brennbarkeit***
beachten und respektieren!

Riskobewertung bei der Verwendung von Kältemitteln

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

