



# **Anforderungen an Kälteanlagen nach DIN EN378 und VDMA 24020**

**Rainer Brinkmann – Technischer Support und Schulungsleiter Industriekälte**



## Kältemittel- Klassifikation nach Sicherheitsgruppen SG

nach DIN EN 378-1; 2012; Anhang F

		Toxizität	
		geringer	höher
Brennbarkeit	Keine Flammenausbreitung	A1	B1
	Geringe Brennbarkeit	A2	B2
	Höhere Brennbarkeit	A3	B3

### Beispiel Kältemitteldaten

gem. DIN EN 378-1;2012 Anhang E:

<b>Bez.</b>	<b>Name</b>	<b>SG</b>
R32	Diflourmethan	A2
R290	Propan	A3
R717	Ammoniak	B2

Diskussion - Entwurf 2014

A2L

A3

B2L

L = geringe Brenngeschwindigkeit



## Umweltschutz- Anforderungen bei Verwendung:

Kältemittel der Sicherheitsgruppe	1005/2009/EG ChemOzonschV	842/2006/EG ChemKlimaschutzV
A3	nicht zutreffend	nicht zutreffend
A2	z.T. zutreffend verboten bei ODP>0	z.T. zutreffend wenn erwähnt d.h. Dichtheitsprüfungen vorgeschrieben
B2 bei Ammoniak Bei Füllgas > 3t .. BIMSCHG; TRAS 110	nicht zutreffend	nicht zutreffend



## Anforderungen bei Kälteanlagen

### Beschaffenheit

#### *Hersteller -Verantwortung*

Mindestanforderungen werden durch EU – Richtlinien einheitlich geregelt, welche in deutsches Recht umgesetzt werden.

z.B. MRL, DGRL, ATEX - RL

Betriebsanleitungen enthalten Angaben

zu:

- Restrisiken
- Sicherheitstechnischen Vorkehrungen
- Aufstellungsbedingungen  
(freier Warenverkehr in der EU)

### Betrieb

#### *Betreiber -Verantwortung*

Ländergesetze regeln  
Pflicht zur Gefährdungsbeurteilung

in Deutschland u.a. durch:

- Arbeitsschutzgesetz
- Betriebssicherheitsverordnung
- Gefahrstoffverordnung



## Anforderungen bei Kälteanlagen

### Beschaffenheit

#### *Hersteller -Verantwortung*

Von der Kälteanlage selbst dürfen keine Brand- und Explosionsrisiken ausgehen. Bauteile – Wechselwirkungen der Kälteanlage sind berücksichtigt.

Voraussetzung für die CE – Kennzeichnung!

### Betrieb

#### *Betreiber -Verantwortung*

Gefährdungsbeurteilung zu möglichen Wechselwirkungen zum Aufstellungsbereich bzw. der Einsatzumgebung der Kälteanlage.

z.B. Bildung explosionsfähiger Atmosphäre bei Stofffreisetzungen am Aufstellungsort



## Anforderungen bei Kälteanlagen

### Beschaffenheit

*Hersteller -Verantwortung*

Prüfungen vor dem  
Inverkehrbringen

z.B.

- Druckgeräte /Baugruppen  
nach DGRL (PED)

### Betrieb

*Betreiber -Verantwortung*

Prüfungen (am Aufstellungsort)  
nach **Betriebssicherheitsverordnung**  
(**BetrSichV**)

§ 14 erstmalige Prüfung ..

§ 15 wiederkehrende Prüfung ..

Hinweise zum Stand der Technik  
bei Prüfungen .. DIN EN 378-4;  
Anhang D



## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 14 erstmalige Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen ..

- durch zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS)
- durch befähigte Person (bP) wenn anwendbar

**Auf der Basis der Konformitätsbewertungsverfahren der Hersteller werden u.a. geprüft:**

- Montage/ Installation
- Aufstellungsbedingungen
- sichere Funktion am Aufstellungsort



## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 15 wiederkehrende Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen ..

- durch zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS)
- durch befähigte Person (bP) wenn anwendbar

**Druckbehälter in Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln im geschlossenem Kältekreislauf:**

Äußere Prüfung (äP)	Innere Prüfung (iP)	Festigkeitsprüfung (FP)
Kann entfallen	zu Instandsetzungsarbeiten	zu Instandsetzungsarbeiten

... Druckbehälter unbeheizt





## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 15 wiederkehrende Prüfung überwachungsbedürftiger Anlagen ..

- durch zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS)
- durch befähigte Person (bP) wenn anwendbar

### Rohrleitungen in Kälteanlagen mit brennbaren oder ätzenden Kältemitteln:

Äußere Prüfung (äP)	Innere Prüfung (iP)	Festigkeitsprüfung (FP)
PS x DN > 2.000 nach Gefährdungsbeurteilung, (durch ZÜS, max. 5 Jahre) PS x DN ≤ 2.000 nach Gefährdungsbeurteilung, (durch befähigte Person, aber Fristempfehlung max. 5 Jahre)	----	Instandsetzungsarbeiten

Die äußere Prüfung (äP) beinhaltet auch eine Funktionsprüfung der sicherheitsbezogenen Steuerung und der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion.



## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 15 wiederkehrende Prüfung gem. BetrSichV ...

- durch den Betreiber

### Grundlage

- Gefährdungsbeurteilung

- gesetzliche Vorgaben

- Herstellerangaben /

Betriebsanleitung(en)

- Stand der Technik .. DIN EN 378 – 4

Anhang D



## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 15 wiederkehrende Prüfung gem. BetrSichV ...

- durch den Betreiber

### **empfohlene jährliche Prüfungen:**

(zusätzlich ggf. nach längeren Stillstandszeiten)

- äußere Sichtprüfung aller Anlagenteile, insbesondere der durch äußere Korrosion gefährdeten Anlagenteile
- Sichtprüfung der Kälte­dämmung, Sichtprüfung der Befestigungen und Verbindungen
- Funktionsprüfungen der sicherheitstechnisch erforderlichen Mess- und Regeleinrichtungen, der sicherheitstechnisch erforderlichen Absperrarmaturen und solcher, die betriebsmäßig nicht betätigt werden
- Sichtprüfung der Sicherheitsventile
- Funktionsprüfung der Lüftungsanlage
- Funktionsprüfung der Gaswarnanlage
- Funktionsprüfungen der Gefahrenmelde­einrichtungen



## Prüfungen gem. BetrSichV durch den Betreiber

§ 15 wiederkehrende Prüfung gem. BetrSichV ...

- durch den Betreiber

## Stand der Technik für Wiederholungsprüfungen nach DIN EN 378-4:2012

Tabelle D.1 — Wiederholungsprüfungen

Unterabschnitt	Überwachung	Prüfung		
	Äußere Sichtprüfung EN 378-2:2008+A2:2012 Anhang G	Druckprüfung der Anlage	Kältemittel-Lecksuche	Prüfung der Sicherheitseinrichtungen
D.2	G	X	X	
D.3	G	X	X	
D.4	G		X	
D.5			X	
D.6				X
D.7	G		X	

- G .. Äußere Sichtprüfung
- D.2 .. nach Stillstand > 2 Jahre
- D.3 .. Instandsetzungen Erweiterungen
- D.4 .. bei Ortswechsel
- D.5 .. Kältemittel – Leckage Dichtheitsprüfung
- D.6 .. Sicherheitseinrichtungen Notsignale Alarmsysteme, usw.
- D.7 .. Druckentlastungs-Einrichtungen



## Eigenschaften von Kältemitteln der Sicherheitsgruppe A3

Tabelle 1 – Stoffdaten, Eigenschaften, weitere Merkmale der in VDMA 24020-3 betrachteten brennbaren Kältemittel

Kältetechnische Bezeichnung	R170	R1150	R290	R1270	R600	R600a	R601	R601a
Handelsname	Ethan	Ethen Ethylen	Propan	Propen Propylen	Butan	Iso-Butan 2-Methylpropan	Pentan	Iso-Pentan 2-Methylbutan
Zustand bei 1013 mbar, 20°C	gasförmig	gasförmig	gasförmig	gasförmig	gasförmig	gasförmig	flüssig	flüssig
Farbe	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farblose Flüssigkeit	farblose Flüssigkeit
Geruch	kein	süßlich, geringe Warnwirkung	süßlich, geringe Warnwirkung	süßlich, geringe Warnwirkung	süßlich, geringe Warnwirkung	süßlich, geringe Warnwirkung	paraffinisch	paraffinisch
Sättigungstemperatur bei 1 bar (in °C)	-89	-104	-42	-48	-1	-12	36	28
Dichteverhältnis mit Luft bei 1013mbar, 20°C (Luft = 1)	1,26	0,97	1,55	1,47	2,07	2,06	flüssig	flüssig



## Eigenschaften von Kältemitteln der Sicherheitsgruppe A3

Tabelle 1 – Stoffdaten, Eigenschaften, weitere Merkmale der in VDMA 24020-3 betrachteten brennbaren Kältemittel

Kältetechnische Bezeichnung	R170	R1150	R290	R1270	R600	R600a	R601	R601a
Handelsname	Ethan	Ethen Ethylen	Propan	Propen Propylen	Butan	Iso-Butan 2-Methylpropan	Pentan	Iso-Pentan 2-Methylbutan
LFL (untere Ex.-grenze nach DIN EN 378-1 (in kg/m <sup>3</sup> ))	0,038	0,036	0,038	0,047	0,048	0,038	0,041	0,041
untere Ex.-grenze (in V%)	2,4	2,4	1,7	1,8	1,4	1,5	1,4	1,3
obere Ex.-grenze (in V%)	16	34	9,5	11	8,5	8,5	7,8	8,0
Zündtemperatur (in °C)	515	425	470	455	365	460	280	420
Flamm-punkt (in °C)	-135	-136	-104	-108	-60	-83	-49	-57
Explosionsgruppe	IIA	IIB	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA	IIA
Temperaturklasse	T1	T2	T1	T1	T2	T1	T3	T2





## Eigenschaften von Kältemitteln der Sicherheitsgruppe A3

**Tabelle 1 – Stoffdaten, Eigenschaften, weitere Merkmale der in VDMA 24020-3 betrachteten brennbaren Kältemittel**

Kältetechnische Bezeichnung	R170	R1150	R290	R1270	R600	R600a	R601	R601a
Handelsname	Ethan	Ethen Ethylen	Propan	Propen Propylen	Butan	Iso-Butan 2-Methylpropan	Pentan	Iso-Pentan 2-Methylbutan
Wassergefährdungsklasse (WGK)	keine WGK (nicht wassergefährdend)	keine WGK (nicht wassergefährd.)	keine WGK (nicht wassergefährd.)	keine WGK (nicht wassergefährd.)	keine WGK (nicht wassergefährd.)	keine WGK (nicht wassergefährd.)	WGK1 (Schwach wassergef. )	WGK2 (wassergefährd. )
AGW <sup>1)</sup> (in ml/m <sup>3</sup> bzw. ppm)			1000		1000	1000	1000	1000
MAK-Wert <sup>2)</sup> (in ppm)	10000	10000	1000	10000	800	800	600	600
<p><sup>1)</sup> Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900 (vom Januar 2006) sind für Ethan, Ethen, Propen nicht ausgewiesen.</p> <p><sup>2)</sup> Zu Vergleichszwecken wurden die MAK-Werte ergänzend mit aufgenommen. (Quelle: „Grenzwerte am Arbeitsplatz“, SuvaPro: <a href="http://www.sapros.ch/images/supplier/220/pdf/01903_d.pdf">www.sapros.ch/images/supplier/220/pdf/01903_d.pdf</a>)</p>								



## Eigenschaften von Ammoniak der Sicherheitsgruppe B2

Geruchsschwelle:	3,5 mg/m <sup>3</sup>	(5 ppm; 5 ml/m <sup>3</sup> )
AGW-Grenzwert <sup>1)</sup> (TRGS 900):	14 mg/m <sup>3</sup>	(20 ppm; 20 ml/m <sup>3</sup> ).
ERPG II-Wert <sup>2)</sup> :	105 mg/m <sup>3</sup>	(150 ppm; 150 ml/m <sup>3</sup> ).
untere Explosionsgrenze <sup>3) 4)</sup> :	108.000 mg/m <sup>3</sup>	(154.000 ppm; 15,4 Vol%)
obere Explosionsgrenze <sup>3) 4)</sup> :	240.000 mg/m <sup>3</sup>	(336.000 ppm; 33,6 Vol%)
Gasdichte (0 °C, 1013 mbar):	0,77142 g/dm <sup>3</sup>	
Temperaturklasse:	T1	
Zündtemperatur:	630 °C	
Mindestzündenergie:	14 mJ	
Explosionsgruppe:	II A	





## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko **Betreiber muss Aufstellungsbedingungen klären!**

- bauliche Voraussetzungen  
(z.B. kann für besondere Maschinenräume mit A2/A3/B2 – Kältemittelfüllmengenabhängig ein Zugang von Außen erforderlich werden.)
- organisatorischen Voraussetzungen
- Maßnahmen bzgl. Einschränkung / Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre  
z.B. Hinweise in Technischen Regeln Betriebssicherheit .. TRBS 2152

**Wenn die Bildung explosionsfähiger Atmosphären nicht sicher verhindert werden kann, dann ist durch den Betreiber ein Explosionsschutzdokument zu erstellen und zu beurteilen:**

- 1) die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphären,
- 2) die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen einschließlich elektrostatischer Entladungen und
- 3) das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen.



## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko

### Explosionsschutz bei Kälteanlagen mit Kältemittel der Sicherheitsgruppe A3

#### Allgemein gilt:

Verhinderung / Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre nach dem Stand der Technik in Umgebung und im Inneren der Kälteanlage.

#### **Gewährleistung der Dichtheit .. wesentliche Maßnahme**

#### **Maßnahmen des Herstellers:**

- Überdruck in allen Anlagenteilen (oder Innerer Ex – Schutz erforderlich)
- Vorzugsweise **sind auf Dauer technisch dichte** Anlagen zu konzipieren (z.B. halbhermetische Verdichter, auf dauer technisch Dichte Verbindungen)
- wenn „technisch dichte“ Komponenten verwendet werden, muss der Betreiber über die erforderlichen Maßnahmen zum Explosionsschutz (Betriebsanleitung) informiert werden.
- Berücksichtigung von Kältemittelübertritt in angeschlossene Systeme (z.B. Vorgaben für Kalt- und Kühlwassersysteme)
- Sicherheitshinweise / Betriebsanleitungen für Wartung/Instandhaltung speziell für Entleerung von Kältemitteln



## Was heißt ...?

### Dichtheit – „auf Dauer technisch dicht“

a) so ausgeführt, dass sie aufgrund der Konstruktion technisch dicht bleiben

oder

b) ihre technische Dichtheit wird durch **Wartung und Überwachung** ständig gewährleistet

d. h. über die Konstruktion und kontinuierliche Gaswarneinrichtung können Kälteanlagen als „auf Dauer technisch dicht“ eingestuft werden.

### Dichtheit – „technisch dicht“

wenn bei geeigneter Dichtheitsprüfung /- überwachung bzw. – kontrolle Undichtigkeiten nicht erkennbar sind.

(Prüfintervalle regelmäßiger Dichtheitsprüfungen werden so festgelegt , dass Leckagen zeitnah erkannt werden.)



## Stand der Technik f. Kälteanlagen m. Kältemittel der SG 2,3 nach DIN EN 378-3; 2013

Bei Aufstellung im Maschinenräumen sind Kältemittel- Detektionssysteme für A2;A3 - Kältemittel  $GWP > 0$  und Füllmengen  $> 25$  kg grundsätzlich vorzusehen.  
(B2 – Kältemittel Ammoniak  $> 50$  kg .. Gaswarneinrichtung)

Bei brennbaren Kältemitteln muss bei Anstieg der Konzentration des Kältemittels auf max. 25% der unterer Explosionsgrenze (UEG / LFL ) in Luft durch den Gassensor

- Alarm ausgelöst werden,  
(akustisch und optisch; innerhalb und außerhalb des Aufstellungsraumes erkennbar)
- Anlage abgeschaltet
- Notlüftung in Gang gesetzt werden.

(B2 – Kältemittel Ammoniak 1. Alarm: 100/500 ppm ; bei 30000 ppm Notlüftung aus & Spannungsfrei.)

Gassensoren sind so anzuordnen, dass nach Austritt sich ansammelndes Kältemittel detektiert werden kann.



## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko

### Maßnahmen des Betreibers

A) Bildung Ex – Atmosphäre in der Umgebung der Kälteanlage

bei „auf Dauer technisch dichten“ Anlagenteilen ..  
.. nicht zutreffend

bei nur „technisch dichten“ Anlagenteilen ..

- permanente Überwachung (Gasdetektion) und Zwangsbelüftung bzw. Objektabsaugung oder Ausdehnung des Ex- Bereiches auf den gesamten Maschinenraum bzw. im Freien im 10 m Umkreis um kältemittelführende Bauteile.
- Festlegung der Ex – Bereich Zone 2 in Umkreis von 1 m kältemittelführende Teile bei Füllmengen > 2,5 kg , ggf. Ex-Bereich Verkleinerung bei Zwangsbelüftung- / -absaugung



## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko

### Maßnahmen des Betreibers

A) Bildung Ex – Atmosphäre in der Umgebung der Kälteanlage

#### Maßnahmen wenn EX- Zone 2 erforderlich wird:

- Kennzeichnung, Aufstellung Zonenplan
- Ex - Schutz für elektrische Geräte, Werkzeuge, etc.
- Ex – Schutz für Bauteile wie Beleuchtung, Raumlüftung, usw.
- Verbot Rauchen, offenes Feuer
- Zutritts- Beschränkungen nur für unterwiesenes Personal
- Zwangsbelüftung ausgelöst durch Gassensor , Abführung in sicheren Bereich





## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko

### Maßnahmen des Betreibers

#### B) Bildung Ex – Atmosphäre durch Abblasen von Sicherheitsventilen

- EX- Zone 2 im Umkreis von der Austrittsöffnung von Sicherheits- Abblase- Leitungen (Bemessung nach Füllmenge, jedoch nicht kleiner als 2 m – Umkreis )
- ggf. bei Objektabsaugung .. Reduktion der Ex- Zone möglich

#### Betreiber - Lösungsansätze:

- Ausblase – Austrittsöffnung im ungefährdeten Bereich im Freien
- Verlegung/ Verlängerung der Ausblase – Austrittsöffnung in ungefährdeten Bereich (beachte DIN EN 13136!)
- durch Gassensor ausgelöste Zwangsbelüftung im Bereich der Ausblase – Austrittsöffnung
- permanente Lüftung (geeignetes System) im Bereich der Ausblase – Austrittsöffnung



## Beurteilung der Gefahren in Bezug auf das Explosionsrisiko

### Maßnahmen des Betreibers

C) Bildung Ex – Atmosphäre in angeschlossene Kalt- und Kühlwassersysteme einschließlich Rohrleitungen, Behälter, etc.

- Ausbreitungswege der Gase in Gefährdungsbeurteilung berücksichtigen
- Kältemitteldetektion in angeschlossenen Systemen einbauen
- bei Füllmengen > 500 kg Maßnahmen vorsehen, dass über den angeschlossenen Sekundärkreislauf kein Kältemittel in die hiermit versorgten Bereiche gelangen kann.





### Stand der Sicherheitsanforderungen für Kälteanlagen mit Kältemittel der SG 2,3 nach DIN EN 378-2; 2013

Bei Kältemittelfüllmengen von  $> 500$  kg sind **Maßnahmen zur Kältemitteldetektion** in angeschlossenen Sekundärkreisläufen vorzusehen (gilt auch für Ammoniak).

Bei A2 bzw. A3 Kältemitteln mit Füllmenge  $> 500$  kg mit indirekten Systemen **darf über den Sekundärkreislauf kein Kältemittel in die hiermit versorgten Bereiche gelangen.**



## Weitere Anforderungen an den Betreiber

Planung und Veranlassung der

- **Wartung,**
- **Instandsetzung,**
- **wiederkehrenden Prüfungen**

gem. Gefährdungsbeurteilung und Herstellervorgaben.

Dichtheitsprüfung bei A3 Kältemittel Füllmenge  $\geq 3$  kg mind. einmal jährlich wird empfohlen.

Dichtheitsprüf - Pflicht bei als F - Gas gelisteten A2 – Kältemitteln mit Füllmenge  $\geq 3$ kg!

(Füllmengen  $< 3$  kg ab 2017 neue EU 517/2014 F- Gas VO beachten!)



## Weitere Anforderungen an den Betreiber

Bei Planung **max. Kältemittelfüllmenge für Aufstellungsbereich** /-ort gem. DIN EN 378-1 ; Anhang C beachten.

Es könnten z.B.:

- Zugangstüren nach Außen
- besondere Maschinenräume nur für die Kälteanlage erforderlich werden.

Kurzfassung der „**Betriebsanweisung**“ in der Nähe der Kälteanlage anbringen.

Das **Betreiber - Personal** muss für die vorgesehenen Aufgaben ausreichend **unterwiesen** und sachkundig sein bzw. Kenntnisse zu Wirkungsweise, Betrieb tägliche Überwachung Sicherheitsvorkehrungen, usw. haben.

Betreiber muss das **Anlagenprotokoll** führen.



## Weitere Anforderungen an den Betreiber

Betreiber müssen eine vorbeugende Instandhaltung durch sachkundige Personen durchführen lassen.

Siehe auch Leitfaden für die Instandsetzung von Einrichtungen / Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln  
DIN EN 378-4; 2012 Anhang E.

Betreiber müssen **Persönliche Schutzausrüstung** in ausreichender Anzahl zur Verfügung stellen.

Wo:

- außerhalb gefährdeter Bereiche
- leicht erreichbar
- betriebsbereit

Was:

- Schutzhandschuhe
- Augenschutz
- Atemschutzgeräte für mind. 2 Personen

Bei Instandsetzungsarbeiten mit Austrittsgefahr in Untergeschosse für Kältemittel  
Gruppe 3 > 200 kg; und bei Gruppe 2 > 100 kg; zusätzlich min. 2 umgebungsluftunabhängige  
Atemschutzgeräte.

(Kann durch Dienstleister übernommen werden.)



## Weitere Anforderungen an den Betreiber

Betreiber muss für eine

**fachgerechte Wiederaufbereitung / Entsorgung**

der Kältemittel, Öle und Komponenten nach nationalen Vorschriften sorgen.



Fragen?