

# KÄLTEMITTEL A2L

**WHITE PAPER**

HiRef

# KÄLTEMITTEL A2L

## INHALT

1. EINFÜHRUNG A2L .....	3
2. SICHERHEIT FÜR DAS KÄLTESYSTEM.....	7
3. SICHERHEIT FÜR DIE INSTALLATIONSUMGEBUNG .....	9
4. SICHERHEIT FÜR DIE PRODUKTIONSBEREICHE.....	15
5. TRANSPORTBESTIMMUNGEN .....	16
6. VORSICHTSMASSNAHMEN FÜR BETRIEB UND WARTUNG .....	18
7. NORMATIVE VERWEISUNGEN .....	19

**1 EINFÜHRUNG A2L**

Die europäische F-Gas Verordnung richtet ihr Augenmerk auf die bisher eingesetzten Kältemittel (FKW), und dies aufgrund ihres hohen *GWP-werts*<sup>1</sup>. Diesbezüglich legt die Vorschrift fest, dass ab 2020 der Einsatz von Kältemitteln mit einem GWP-Wert über 2500 bei der Wartung verboten sein wird. Außerdem ist eine progressive Reduzierung der im Handel erhältlichen Treibhausgase vorgesehen. Diese Reduzierung wird anhand der Menge der GWP-Äquivalente berechnet: Bezüglich der insgesamt 2015 auf den Markt gebrachten Menge soll bis 2030 eine Reduzierung um 79 % erreicht werden (Abbildung 1), was sich nicht nur auf die Preise, sondern auch auf die Verfügbarkeit der Produkte auf dem Markt auswirken wird.

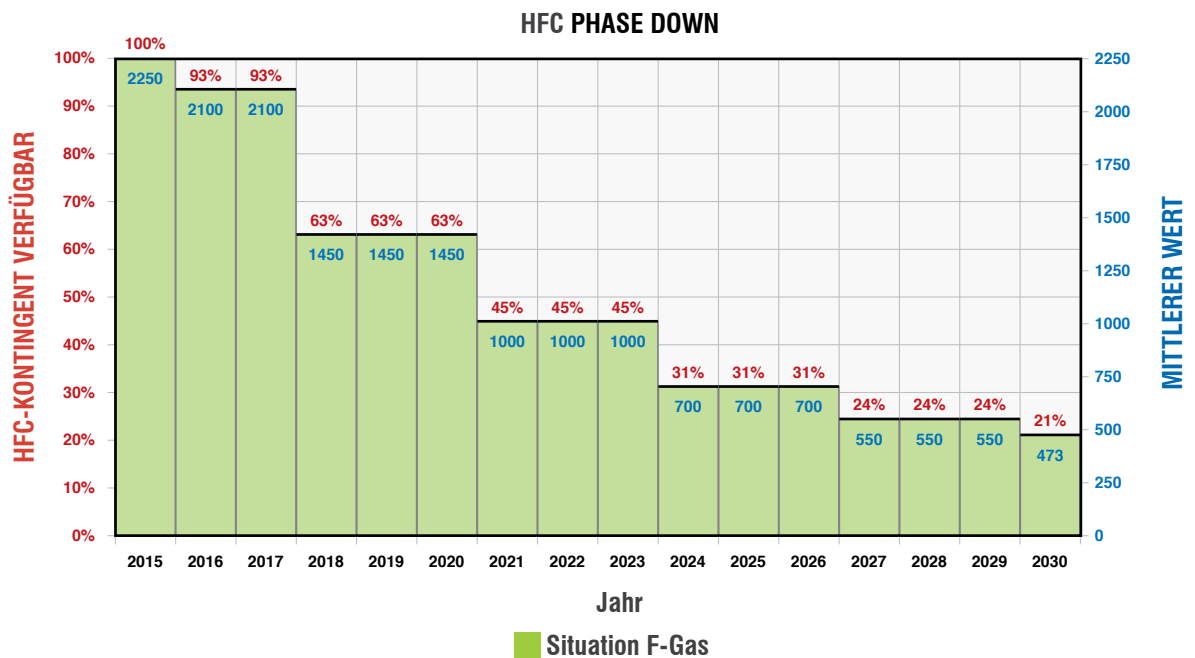


Abbildung 1 – Situation F-Gas: HFC phase down

Bereits seit 2017 konnte man die Auswirkung bei den steigenden Preisen für Kältemittel spüren, die auf 600 % des Anfangspreises kletterten (Abbildung 2). Am stärksten betroffen sind die Gase mit den höchsten GWP-Werten wie R404A und R410A, aber es sind alle Kältemittel des Sektors wie R134a betroffen, wenn auch in geringerem Ausmaß. Da Ersatzprodukte gefunden werden müssen, welche die neuen GWP-Grenzwerte gemäß der F-Gas-Verordnung einhalten, wird sich die heutige Verbrauchssituation stark verändern. Aktuell werden vor allem Fluide eingesetzt, die einen GWP-Wert von über 2000 aufweisen, während Fluide mit niedrigeren Werten noch keinen breiten Einsatz finden.

<sup>1</sup> GWP (Global Warming Potential): stellt den Beitrag zur Klimaerwärmung eines Treibhausgases hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Effekts dar, dessen Referenzpotenzial 1 beträgt.

Die wichtigsten Hersteller von Kältemitteln sehen für die Zukunft den Einsatz von umweltfreundlicheren Kältemitteln - vor allem vom Typ A2L (*geringe Brennbarkeit*), als den heute verwendeten A1 Produkten (*keine Flammenausbreitung*).

HFC Entwicklung des Preises im Jahr 2017

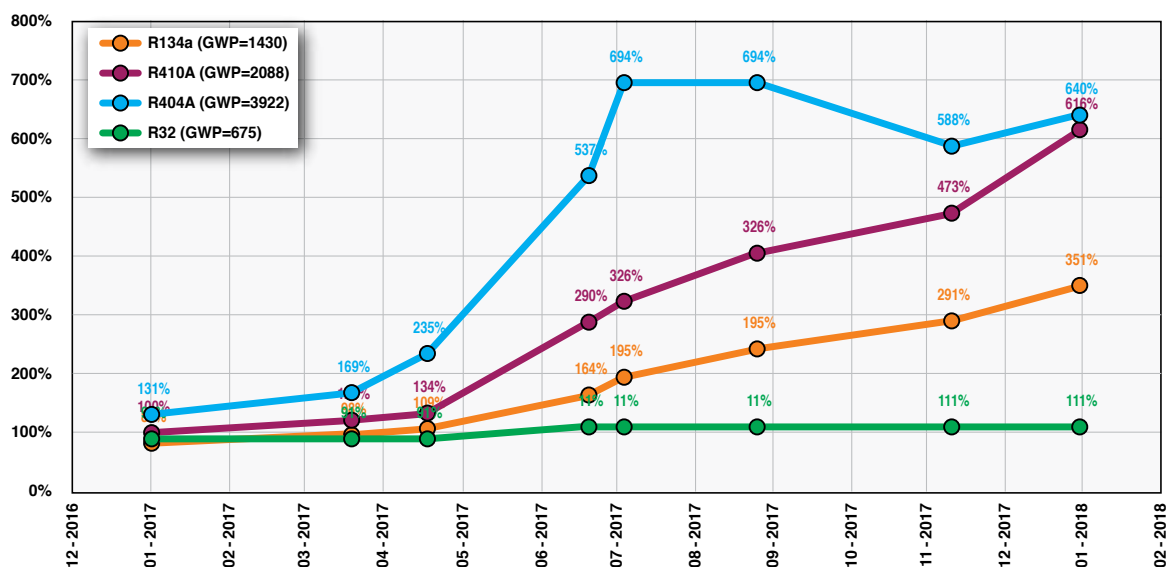


Abbildung 2 – Preisentwicklung Kältemittel im Jahr 2017 [HiRef s.p.a]

**Kältemittel A2L**

Die ISO-Norm 817 [1] unterscheidet die Kältemittel nach ihrer Toxizität und Brennbarkeit (Abbildung 3). Die Toxizität gliedert sich in zwei Kategorien: geringe Toxizität (mit dem Buchstaben „A“ gekennzeichnet) und hohe Toxizität (mit dem Buchstaben „B“ gekennzeichnet), während die Brennbarkeit in vier Gruppen unterteilt ist: keine Flammenausbreitung („1“), geringe Brennbarkeit („2L“), brennbar („2“) und höhere Brennbarkeit („3“). Durch die Kombination von Toxizität und Brennbarkeit wird die besondere Typologie des Kältemittels ermittelt.

Klassifizierung von Kältemitteln

<b>A3</b>	<b>B3</b>	Höhere Brennbarkeit
<b>A2</b>	<b>B2</b>	Brennbar
<b>A2L</b>	<b>B2L</b>	Geringe Brennbarkeit
<b>A1</b>	<b>B1</b>	Keine Flammenausbreitung
Geringe Toxizität	Hohe Toxizität	

Abbildung 3 – Klassifizierung der Kältemittel gemäß ISO 817

Die Kältemittel mit geringer Brennbarkeit A2L zeichnen sich durch eine niedrigere Verbrennungswärme und eine Flammenausbreitungsgeschwindigkeit (*Burning Velocity*) unter 10 cm/sec aus (ASHRAE 34 – ISO5149) aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der häufigsten A2L betragen:

- 6,7 cm/sec für R32;
- 5,2 cm/sec für R454B;
- 3,0 cm/sec für R452B;
- 1,5 cm/sec für R1234yf;
- ~ 0 cm/sec für R1234ze.

Ein weiteres gemeinsames Merkmal dieser Gruppe von Kältemitteln ist der hohe Wert des Parameters MIE (*Minimum Ignition Energy*). Damit wird die erforderliche Mindestenergie für die Zündung beschrieben – je höher der MIE-Wert, desto geringer die Zündwahrscheinlichkeit. So weist beispielsweise R32 einen MIE zwischen 30 und 100 mJ auf, R1234yf zwischen 5.000 und 10.000 mJ und R1234ze zwischen 61.000 und 64.000 mJ. Für diese Kältemittel ist daher eine hohe Energie erforderlich, um eine Zündung zu bewirken, wie beispielsweise eine offene Flamme oder eine sehr heiße Oberfläche. Im Vergleich dazu weisen die Kältemittel der Klasse A3 – wie Propan und andere Kohlenwasserstoffe - einen MIE-Wert unter 1 mJ auf, also eindeutig geringer als die oben genannten.

Die niedrige Flammenausbreitungsgeschwindigkeit und die hohe erforderliche Energie für eine Zündung führen dazu, dass diese Kältemittel mit geringer Brennbarkeit eingestuft werden: Die Wahrscheinlichkeit einer Zündung ist sehr gering, und falls sie auftreten sollte, breitet sich die Flamme so langsam aus, dass sie vom Wind oder geringem Luftzug gelöscht werden kann (Abbildung 4).

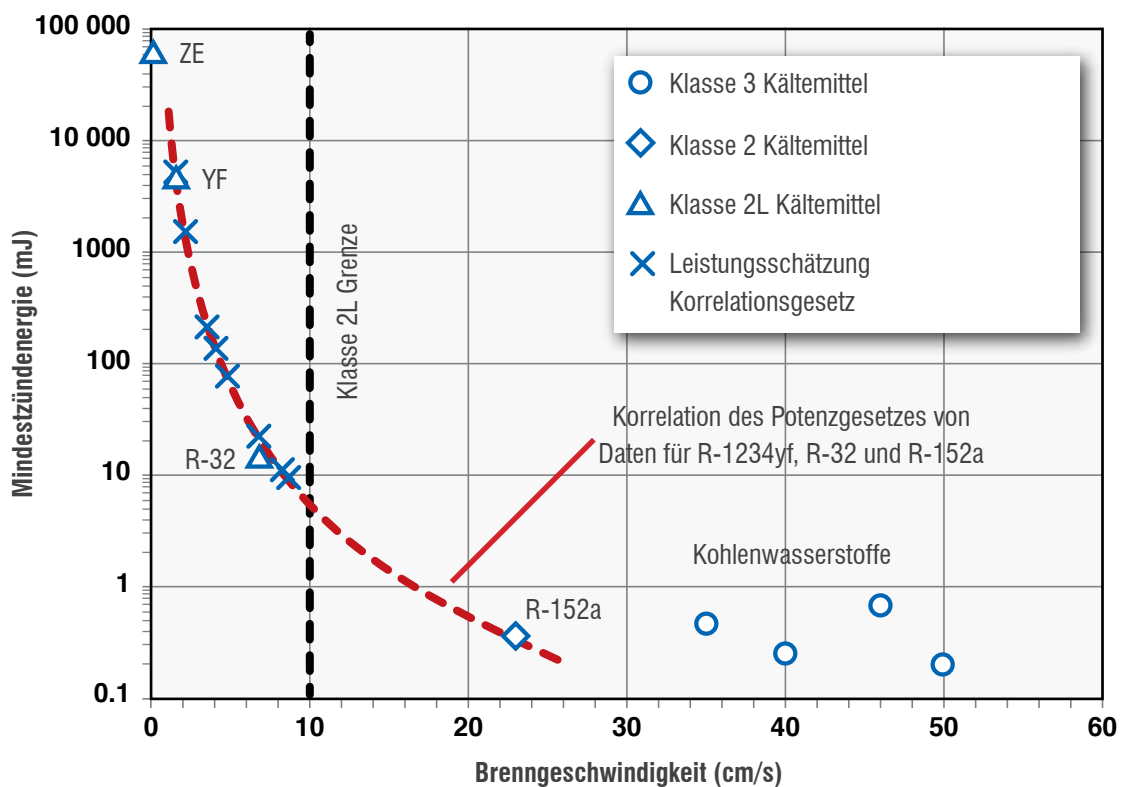


Abbildung 4 – Vergleich zwischen Mindestzündenergie und Flammenausbreitungsgeschwindigkeit für unterschiedliche Kältemittel

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kältemittel A2L ähneln denen der FKW der Klasse A1 und eignen sich daher ideal als Ersatz für die heute eingesetzten Kältemittel. Aufgrund der geringen Brennbarkeit ist jedoch besondere Sorgfalt nötig, um die – geringe, aber doch vorhandene – Gefahr einer Zündung bei Austritt von Fluiden in die Umgebung zu vermeiden. Kältemittel-Leckagen im Kältekreis könnten vorübergehend brennbare Bereiche schaffen.

Die folgenden Tabellen führen mögliche Ersatzprodukte für die aktuell verwendeten Kältemittel R410A und R134a auf.

Kältemittel	Komponenten	Zusammensetzung	GWP	Klasse
R410A	R32 + R125	50% / 50%	2088	A1
R32	Pure	---	675	A2L
R447B	R32 + R1234ze + R125	68% / 24% / 8%	741	A2L
R452B	R32 + R1234yf + R125	67% / 26% / 7%	676	A2L
R454B	R32 + R1234yf	68,9 % / 31,1 %	467	A2L

Tabelle 1 – Mögliche Ersatzprodukte für R410a

Kältemittel	Komponenten	Zusammensetzung	GWP	Klasse
R134a	Pure	---	1430	A1
R450A	R1234ze + R134a	58% / 42%	547	A1
R513A	R1234yf + R134a	56% / 44%	573	A1
R1234ze	Pure	---	6	A2L
R1234yf	Pure	---	4	A2L

Tabelle 2 – Mögliche Ersatzprodukte für R134a

Die in den Tabellen aufgeführten Kältemittel sind mögliche Ersatzprodukte für die aktuell verwendeten Fluide. Die Produkte mit einem GWP-Wert > 500 bieten jedoch nur eine mittelfristige Lösung, da das Verhältnis zwischen den verfügbaren Quoten und den aktuell verwendeten Kältemittelmengen für das Jahr 2030 einen mittleren GWP-Wert von 500 ergibt. Unter diesem Aspekt stellt R454B einen hervorragenden Ersatz für Hochdruck (R410A) dar, während für Niederdruck (R134a) der beste Ersatz das reine Kältemittel R1234ze (HFO) ist. Beide Ersatzprodukte gehören zu den Kältemitteln der Kategorie A2L.

## SICHERHEIT FÜR DAS KÄLTESYSTEM

Die Gefahr bei der Benutzung des Kältemittels A2L liegt in einem möglichen Austritt des Gases aus dem Kältekreis, wodurch brennbare Bereiche im Gerät oder in der Installationsumgebung entstehen können.

Bei guter Planung kann dieses Risiko gesenkt werden, indem im Vorfeld verhindert wird, dass Kältemittel bei Leckagen in mögliche Zündungsbereiche fließen kann. Bei der Feststellung, ob sich in solchen Bereichen mögliche Zündquellen befinden, erweist sich die EN-Norm 60079-10-1:2009 [2] als hilfreich, um Größe und Ausdehnung des potenziell brennbaren Bereichs einzuschätzen. Dieser Teil der Norm befasst sich mit der Klassifizierung der Orte, an denen Gefahren im Zusammenhang mit brennbaren Dämpfen oder Gas auftreten können, und kann als Grundlage für die richtige Wahl und Installation von Geräten für den Einsatz in Gefahrenbereichen verwendet werden.

Gemäß der Norm EN 378 [3], insbesondere Teil 2, werden Komponenten und Geräte nicht als Zündquellen eingestuft, wenn sie mindestens eine dieser Anforderungen erfüllen:

- Sie werden so aufgestellt, dass sie außerhalb jedem möglichen brennbaren Bereich liegen, an den austretendes Kältemittel fließen oder sich ansammeln könnte.
- Sie werden dauernd oder vor der Bestromung der Geräte mit einem ausreichenden Luftdurchsatz belüftet, um zu garantieren, dass die Konzentration des Kältemittels in der potenziellen Zündquelle 50 % der LFL<sup>2</sup> nicht übersteigt.
- Sie entsprechen den Anforderungen für den Schutz von Geräten in Bereichen vom Typ 0, 1 und 2<sup>3</sup> nach EN 60079-10-1.
- Bei elektrischen Vorrichtungen darf die maximale, von einem Lichtbogen erzeugte Energie nicht die Zündung der höchsten brennbaren Konzentration des verwendeten Kältemittels auslösen.

Weiterhin ist sicherzustellen, dass die Temperatur der Oberflächen, die einer Kältemittelleckage vom Typ A2L ausgesetzt sein könnten, nicht die um 100 K reduzierte Selbstzündungstemperatur des Kältemittels übersteigt.

### Sicherheitseinrichtungen bei den Geräten HiRef

Die von HiRef vorgeschlagenen Lösungen zielen auf maximale Sicherheit für die Personen und die Installationsumgebung. Dazu kommen in den Kältegeräten passive und aktive Sicherheitssysteme zum Einsatz.

Das passive Sicherheitssystem garantiert, dass bei einer Kältemittelleckage das Kältemittel niemals mit möglichen Zündquellen im Gerät in Kontakt kommt.

Für eine Zündung benötigt man:

- Zündquelle;
- Brennstoff;
- Brandfördernde Stoffe.

Der passive Sicherheitsansatz sieht vor, dass durch bestimmte Konstruktionsmaßnahmen das gleichzeitige Auftreten aller drei Faktoren verhindert wird.

- Der Schaltschrank ist von den Komponenten des Kältekreises, die von Kältemittel durchströmt werden (Verdichter, Leitungen, Register ...), getrennt, um die Möglichkeit von einfließendem Kältemittel in potentiellen Zündbereichen einzugrenzen.

<sup>2</sup> LFL (Lower Flammable Limit): untere Explosionsgrenze: bezeichnet die Mindestkonzentration, oberhalb der die Gasmischung brennbar wird.

<sup>3</sup> Zone 0: Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 1: Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Zone 2: Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

- Der Schaltschrank wird mit nicht kontaminierter Luft im Überdruckbereich gehalten (bei Installation in Innenräumen ist ein Anschluss an eine Leitung vorgesehen, die aus einer nicht kontaminierten Umgebung kommt, und ein ausreichendes Lüftungssystem), um zu verhindern, dass Kältemittel in Bereiche möglicher Zündung gelangt.
- Detektoren für Kältemittel sowohl im Schaltschrank als auch in den gefährdeten Bereichen wie Verdichterraum, um Strategien für die Sicherung bei Werten weit unter LEL einsetzen zu können.
- Verwendung eines Remote-Schaltschranks (optional).
- Verwendung von Pufferbatterien für die Sensoren (optional).

Die aktiven Sicherheitseinrichtungen arbeiten, um das Gerät im Fall einer Leckage zu sichern, indem eine erste Prüfung beim Start erfolgt und anschließend mithilfe bestimmter Verfahren ständig auf austretendes Gas geprüft wird.

Verfahren beim Start:

1. Überprüfung des einwandfreien Betriebs aller Messvorrichtungen für Leckagen; falls ein oder mehrere Messgeräte defekt sind, erfolgt ein Alarm, der den Start der Maschine verhindert;
2. Luftaustausch am Schaltschrank und Druckbeaufschlagung vor dem Start der Verdichter;
3. Überprüfung auf Kältemittelleckagen, im Fall einer Messung von Mengen über dem Grenzwert wird ein Alarm ausgelöst und der Start des Geräts verhindert.

Wartung während des Betriebs:

1. Überprüfung auf Kältemittelleckagen;
2. Wird eine Leckage oberhalb eines ersten Sicherheitsgrenzwertes erfasst, werden die Verdichter, Lüfter und Pumpen gesperrt, die Lüfter zur Druckbeaufschlagung im Schaltschrank werden auf Höchstgeschwindigkeit geschaltet, gleichzeitig wird ein Signal erzeugt, um die Lüftung im Maschinenraum (wo vorhanden) auf Höchstgeschwindigkeit zu zwingen.
3. Wird eine Leckage oberhalb eines zweiten Sicherheitsgrenzwertes erfasst, wird ein schwerer Alarm ausgelöst und die Gefahr einer Leckage dem zuständigen Personal mitgeteilt, woraufhin die Maßnahmen zur Sicherung des Ortes ergriffen werden.

Um die einwandfreie hör- und/oder sichtbare Alarmmeldung der Alarmsysteme auch bei Sperrung der Maschine sicherzustellen, ist eine externe Stromversorgung des Geräts oder eine Stromversorgung über Batterien vorgesehen, so dass das Alarmsignal bis zur Ankunft des Bedienpersonals aktiv bleibt.

### **Kennzeichnung**

Für Kältesysteme, die Kältemittel vom Typ A2L verwenden, ist auf dem Typenschild auch das Piktogramm für Brennbarkeit gemäß EN ISO 7010-W021 in einer Mindesthöhe von 30 mm vorhanden.



**3 SICHERHEIT FÜR DIE INSTALLATIONSUMGEBUNG**

Die Geräte der Kühlsysteme, in denen Kältemittel A2L zum Einsatz kommen, müssen bestimmte Sicherheitsanforderungen erfüllen, da die Betriebsfluide brennbar sind. Die Norm UNI EN 378 legt die Merkmale für Sicherheit und Umwelt fest, die bei Planung, Produktion, Bau, Installation, Betrieb, Wartung, Instandsetzung und Entsorgung der Kälteanlagen und der jeweiligen Geräte zu beachten sind.

Diesbezüglich bietet Teil 1 der Norm ein Verfahren zur Berechnung der maximalen Kältemittelfüllmenge, die ein Kältegerät enthalten darf, die anhand folgender Kriterien ermittelt wird:

- **Kältemitteltyp:** A1, A2L, A2, A3, B1, B2, B2L, B3;
- **Austellungsort des Geräts:** im Personen-Aufenthaltsbereich (*Klasse I*), im Personen-Aufenthaltsbereich, aber Verdichter im Maschinenraum oder im Freien (*Klasse II*), Maschinenraum oder im Freien (*Klasse III*), oder im belüfteten Gehäuse (*Klasse IV*);
- **Zugänglichkeit des Bereichs:** allgemeiner Zugangsbereich (*Kategorie a*), überwachter Zugangsbereich (*Kategorie b*), und Zugangsbereich, zu dem nur befugte Personen Zugang haben (*Kategorie c*);
- **Merkmale des Bereichs:** Größe, Lage (Keller, obere Geschosse ohne Notausgang, Sonstiges);
- **Anwendungszweck:** Behaglichkeit von Personen, weniger als eine Person auf 10 m<sup>2</sup>, sonstige Anwendungen;
- **Installation der Geräte:** am Boden, an der Wand, an der Decke.

Aus der Gesamtheit dieser Bedingungen ergibt sich ein Grenzwert für die Kältemittelfüllmenge pro Maschine, bei dessen Überschreitung das Gerät nicht unter sicheren Bedingungen für die Umwelt und die Personen installiert werden kann (Abbildung 5).



Abbildung 5 – Flussdiagramm für die Berechnung der maximalen Füllmenge

Die Installationsumgebung der Geräte spielt eine grundlegende Rolle bei der Berechnung des Grenzwerts für die Kältemittelfüllmenge. Die Norm legt vier Klassen für die Aufstellungsbereiche fest:

- *Klasse I:* Systeme sind im Personen-Aufenthaltsbereich installiert;
- *Klasse II:* Systeme sind im Personen-Aufenthaltsbereich installiert, aber die Verdichter befinden sich im Maschinenraum oder im Freien;
- *Klasse III:* Systeme sind im Maschinenraum oder im Freien installiert;
- *Klasse IV:* Systeme sind in einem belüfteten Gehäuse installiert.

Bei einer Installation in Maschinenräumen oder im Freien bestehen keine Grenzwerte für die Kältemittelfüllmenge, solange die im Teil 3 dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt sind.

### **Im Freien**

Kältesysteme, die im Freien installiert werden, müssen so stehen, dass austretenden Kühlmittel nicht in das Gebäude fließen oder vorübergehend brennbare Bereiche schaffen können.

Ein Raum, in dem mindestens eine der längsten Wände aus einem Gitter besteht, das nach außen geht, einen freien Bereich von 75 % aufweist und mindestens 80 % der Wandfläche, in der es eingebaut ist, ausmacht (oder falls keine Wand oder Wände vorhanden sind, die Installationsumgebung direkt mit der Außenluft in Berührung bringt), gilt als Raum im Freien.

### **Maschinenraum**

Werden Kältemittel A2L eingesetzt, sind außer den Standardanforderungen, die Maschinenräume erfüllen müssen, auch weitere Merkmale einzuhalten, um die Sicherheit im Fall vom Kältemittelaustritt zu gewährleisten:

- Installation eines Detektors, der prüft, ob brennbares Gas vorliegt. Falls die Konzentration 25 % der LFL des Kältemittels übersteigt, muss er einen Alarm auslösen, die mechanische Notlüftung in Gang setzen und das System anhalten.
- Installation einer Notlüftung, die sich im Fall von Kältemittelleckagen im Raum einschaltet; der Ventilator, der die Luft nach außen bläst, muss den Installationsanforderungen für Bereiche mit Brandgefahr entsprechen.
- Das Kältemittel darf nicht mit Oberflächen in Berührung kommen, die 80 % seiner Selbstzündungstemperatur überschreiten.
- Es müssen Fluchtwege zur Verfügung stehen, falls die Kältemittelmenge den praktischen Grenzwert des Kältemittels für das Raumvolumen übersteigt.

<sup>4</sup> Praktischer Grenzwert: Er stellt die höchste Konzentration in einem Personen-Aufenthaltsbereich dar, die noch keinen akuten Schaden verursacht.

**Von HiRef gelieferte Hilfsmittel**

Um den neuen, von der Norm festgelegten Grenzwerten entgegenzukommen, hat HiRef ein Hilfsmittel für die Berechnung der zulässigen Füllmenge pro Gerät erstellt. Wie zu sehen ist, verwendet das Verfahren unterschiedliche Parameter, um den Grenzwert zu bestimmen: den Kältemitteltyp, den Aufstellungsort des Geräts, den Zugang zum Bereich, seine Merkmale, die Anwendung und die Installation des Geräts. Ziel war es, alle Informationen in einer einzigen Datei zu sammeln, um auf schnelle und einfache Weise eine Angabe zur zulässigen Höchstfüllmenge für alle Arten von Kombinationen der Parameter zu erhalten.

Das so erzielte Instrument ermöglicht es, für jede Kategorie eine Option gemäß den Vorgaben der Norm auszuwählen. Sind alle Felder ausgefüllt, werden der Grenzwert für die Füllmenge für Toxizität, der Grenzwert für die Füllmenge für Brennbarkeit und der anwendbare Grenzwert für die Füllmenge als Minimum zwischen den beiden berechneten Grenzwerten angezeigt (Abbildung 6).

1. Refrigerant			
Refrigerant	<input type="text" value="R454B"/>	Composition [weight %] R-32/1234yf (68,9/31,1)	Safety Class A2L GWP 467
2. Room Details			
Length [m]	<input type="text" value="10"/>	Width [m]	<input type="text" value="10"/>
		Ceiling Height [m]	<input type="text" value="4"/>
3. Room Location			
<input type="radio"/> Upper floors without emergency exits or Below ground floor level <input checked="" type="radio"/> Other <input type="radio"/> Density of personnel < 1 person per 10 m2			
4. Appliance Location			
<input checked="" type="radio"/> Floor <input type="radio"/> Wall mounted <input type="radio"/> Window mounted <input type="radio"/> Ceiling mounted			
5. Access Category			
<input type="radio"/> a - General Access <input type="radio"/> b - Supervised Access <input checked="" type="radio"/> c - Authorized Access			
6. Location Classification			
<input type="radio"/> Class IV - Ventilated enclosure <input type="radio"/> Class III - Machinery room or open air <input type="radio"/> Class II - Compressors in machinery room or open air <input checked="" type="radio"/> Class I - Mechanical equipment located within the occupied space			
7. Use of Room			
<input type="radio"/> Human comfort <input type="radio"/> Other applications <input checked="" type="radio"/> < 1 person per 10 m2 <input type="radio"/> Other applications - Below Ground <input type="radio"/> Other applications - Above Ground			
Results			
<input type="text" value="Toxicity Charge Limit&lt;br/&gt;No limit"/>		<input type="text" value="Flammability Charge Limit&lt;br/&gt;kg 28,320"/>	
		<input type="text" value="Applicable Limit&lt;br/&gt;kg 28,320"/>	
			<input type="button" value="Save"/>

Abbildung 6 – Instrument von HiRef zur Berechnung des Grenzwertes für die Füllmenge gemäß EN 378

Die Klassifizierung für die Position der Installation der Geräte, wie sie die Norm definiert, zeigt wesentliche Unterschiede für die maximale Füllmenge je nachdem, ob die Verdichter sich im Gerät oder außerhalb des zu kühlenden Raums befinden. Bei gleichen Bedingungen für die Maschinen der Klasse 1 besteht unterhalb eines bestimmten Schwellenwerts eine Abhängigkeit zwischen der zulässigen maximalen Füllmenge und der Fläche des Raums. Die folgenden Tabellen zeigen einige praktische Beispiele, die Ergebnisse wurden mit dem von HiRef erstellen Hilfsmittel berechnet.

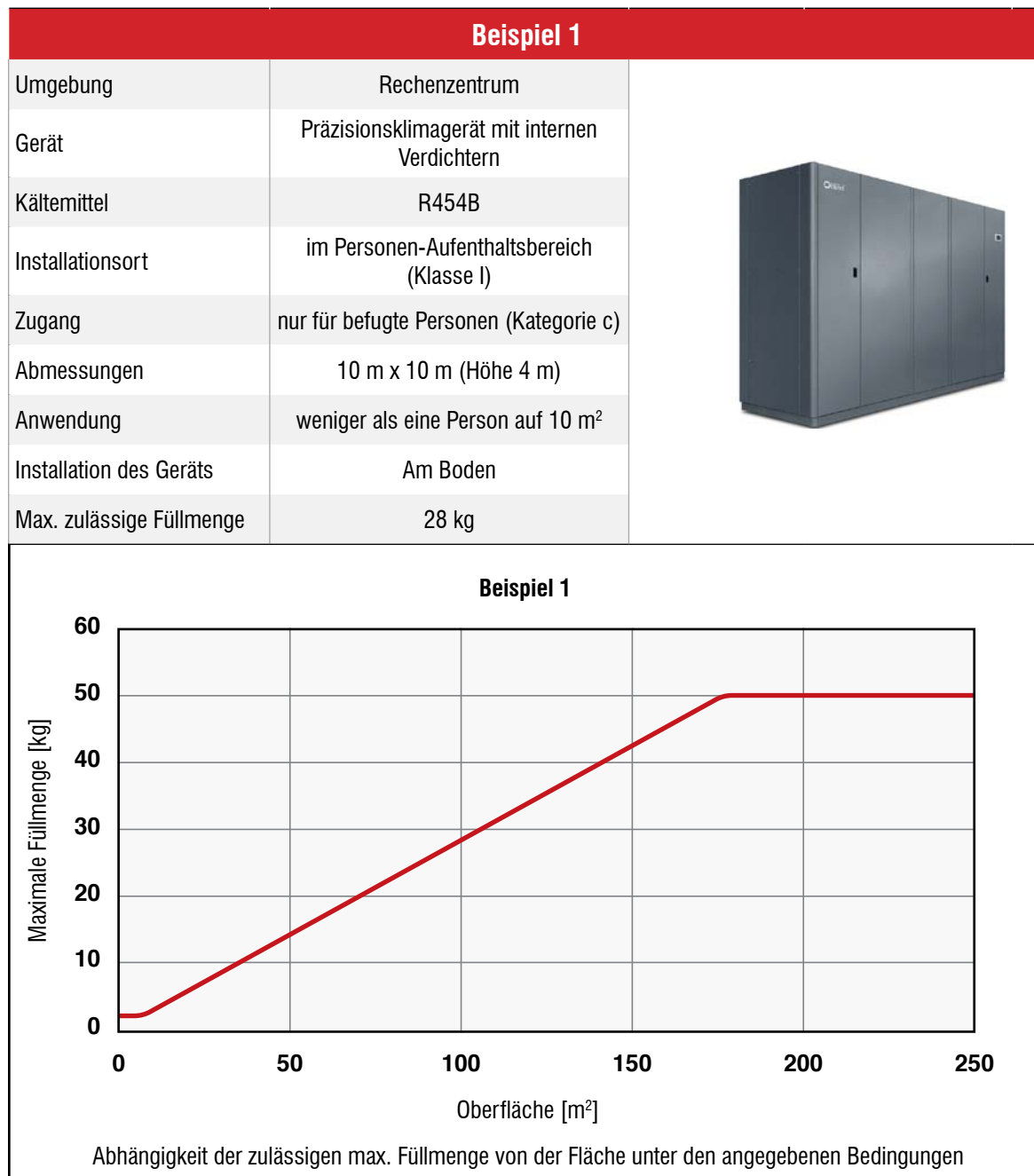


Tabelle 3 – Beispiel 1: Rechenzentrum mit Präzisionsklimagerät und internen Verdichtern

<b>Beispiel 2</b>	
Umgebung	Rechenzentrum
Gerät	Präzisionsklimagerät mit Verdichtern in Maschinenraum
Kältemittel	R454B
Installationsort	im Personen-Aufenthaltsbereich, aber mit Verdichtern im Maschinenraum oder im Freien (Klasse II)
Zugang	nur für befugte Personen (Kategorie c)
Abmessungen	10 m x 10 m (Höhe 4 m)
Anwendung	weniger als eine Person auf 10 m <sup>2</sup>
Installation des Geräts	Am Boden
Max. zulässige Füllmenge	KEIN GRENZWERT
Keine Abhängigkeit von der Fläche unter den angegebenen Bedingungen	



Tabelle 4 – Beispiel 2: Rechenzentrum mit Präzisionsklimagerät und Verdichtern im Maschinenraum

<b>Beispiel 3</b>	
Umgebung	Hotel
Gerät	Luft/Wasser-Gerät
Kältemittel	R454B
Installationsort	Im Freien (Klasse III)
Zugang	nur für befugte Personen (Kategorie c)
Abmessungen	5 m x 4 m (Höhe 3 m)
Anwendung	Human Comfort
Installation des Geräts	Am Boden
Max. zulässige Füllmenge	KEIN GRENZWERT
Keine Abhängigkeit von der Fläche unter den angegebenen Bedingungen	



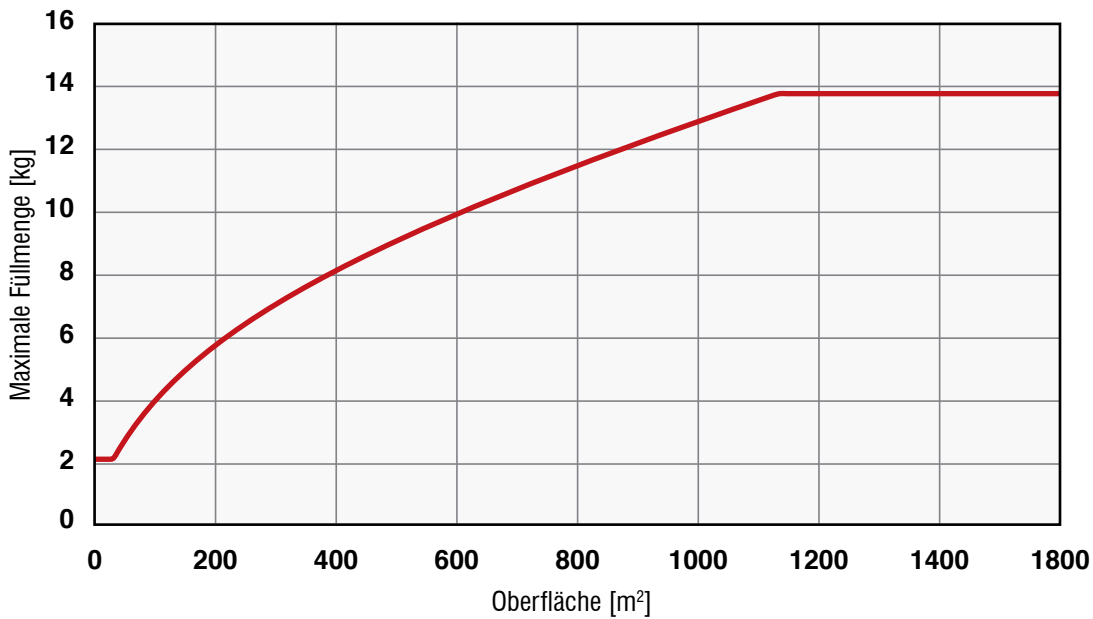
Tabelle 5 – Beispiel 3: Hotel mit Luft/Wasser-Gerät und Installation im Freien

**Beispiel 4**

Umgebung	Wohnung
Gerät	Internes Gerät (als Split-Gerät mit internen Verdichtern oder als Wasser/Wasser-Monoblockgerät)
Kältemittel	R454B
Installationsort	im Personen-Aufenthaltsbereich (Klasse I)
Zugang	nur für befugte Personen (Kategorie c)
Abmessungen	5 m x 4 m (Höhe 2 m)
Anwendung	Human Comfort
Installation des Geräts	Am Boden
Max. zulässige Füllmenge	2 kg



**Beispiel 4**



Abhängigkeit der zulässigen max. Füllmenge von der Fläche unter den angegebenen Bedingungen

Tabelle 6 – Beispiel 4: Wohnung mit internem, in der Garage installiertem Gerät

## 4

**SICHERHEIT FÜR DIE PRODUKTIONSBEREICHE****Test zur Erfassung von Leckagen**

Mit diesem Test werden Leckagen im Gerät aufgezeigt. Er wird im Werk durchgeführt oder bei Montage oder Befüllung vor Ort am Installationsort.

Bei Systemen, die weniger als 5 kg Kältemittel enthalten, dürfen keine Leckagen erfasst werden:

- a) für Anschlüsse, die in der Fabrik ausgeführt wurden
  - Anschlüsse in versiegelten Systemen müssen mit einem Druck von mindestens 0,25 x PS über eine Messvorrichtung mit einer Kapazität von 3 g/Jahr Kältemittel oder mehr getestet werden;
  - Anschlüsse in anderen Systemen müssen mit einem Druck von mindestens 0,25 x PS über eine Messvorrichtung mit einer Kapazität von 5 g/Jahr oder mehr getestet werden;
- b) für Anschlüsse, die am Installationsort ausgeführt werden:
  - die Anschlüsse müssen über eine Vorrichtung mit einer Kapazität von 5 g/Jahr oder mehr bei ausgeschalteten Geräten und während des Betriebs oder mit Drücken, die beide Bedingungen einhalten, getestet werden.

Das Messverfahren für die Leckagen muss sowohl die langfristige Antwort des Messgeräts als auch den maximalen Abstand zwischen der Leckage und dem für die Messung verwendeten Messgerät berücksichtigen.

Jede erfasste Leckage muss repariert werden, anschließend ist der Test zu wiederholen.

Für Systeme, die mehr als 5 kg enthalten, darf der Leckage-Test nicht unter Verwendung des Kältemittels als Prüffluidum durchgeführt werden.

Alle Komponenten, die Kältemittel enthalten, müssen vom Hersteller bei einem Druck getestet werden, der nicht geringer als der PS ist, für den sie kalibriert wurden.

Für Kältemittel mit  $GWP \geq 150$  ist Bedingung, dass keine Leckage gemessen wurde, wobei eine Messeinrichtung mit einer Kapazität von 10-6 m<sup>3</sup>/s oder besser zu verwenden ist.

Für Kältemittel mit  $GWP < 150$  ist Bedingung, dass keine Leckage gemessen wurde, wobei eine Messeinrichtung mit einer Kapazität von 10-3 m<sup>3</sup>/s oder besser zu verwenden ist.

Für Kältemittel mit  $GWP < 150$  können alternative Testverfahren aus der EN 1779 [4] verwendet werden.

Jede mit diesem Empfindlichkeitsniveau gemessene Leckage muss repariert werden, anschließend ist der Test zu wiederholen.

**Sicherheit und Kontrolle bei HiRef**

HiRef erfüllt die einschlägigen geltenden Vorschriften zu A2L. Für die Befüllung und die Abnahme der Geräte mit diesem Typ von brennbaren Kältemitteln wird in einem gesonderten Bereich gearbeitet, der für diesen Zweck herabgestuft wurde. Es handelt sich um eine 15 m x 9 m große und 6 m hohe Halle, die mit geeigneten Vorrichtungen für A2L ausgestattet ist und in der die Befüllung, die Abnahme und der Leistungstest der Maschinen erfolgen. Die Halle verfügt weiterhin über Detektoren für potentiell gefährliche Konzentrationen und entsprechende Alarmvorrichtungen, um das zuständige Personal bei Störfällen umgehend zu warnen. Das Sicherheitssystem sieht den Einsatz einer Notlüftung vor, damit im Falle von Leckagen im Gerät Unterdruck in der Halle herrscht. Dadurch wird verhindert, dass sich im Raum brennbare Bereiche bilden, und das mögliche gefährliche Gemisch wird nach außen abgeleitet.

## 5

## TRANSPORTBESTIMMUNGEN

Im Hinblick auf den Transport gelten die Kältemittel A2L als brennbar wie jede andere brennbare Substanz, ohne dass zwischen geringer, mäßiger oder hoher Brennbarkeit unterschieden wird.

Beim Transport von Geräten oder Gasflaschen, die brennbares Kältemittel enthalten, müssen die Vorschriften für den Transport von Gefahrgut, wie sie in den gesetzlichen Bestimmungen beschrieben werden, eingehalten werden:

- ADR für den Transport auf der Straße
- IMDG für den Transport auf See
- IATA für den Transport im Luftverkehr

**Transport von A2L-Flaschen auf der Straße**

Für den Transport von brennbaren Kältemitteln in Gasflaschen unterscheidet man je nach Zweck des Transports zwei Fälle:

- Dient der Transport der Kontrolle, Wartung, Reparatur oder dem Kundendienst bis zu einem Grenzwert von 333 L, findet keine der ADR-Vorschriften Anwendung.
- Dient der Transport dem Verkauf, ist ein „Transport mit teilweiser Befreiung“ bis zu einem Grenzwert von 333 kg erlaubt, der Folgendes vorsieht:
  - a) zugelassene Gasflaschen mit Kennzeichnung;
  - b) Beförderungspapier (mit den Angaben zu Abschnitt 14 des Datensicherheitsblatts, Anzahl der Gasflaschen und Menge in Litern);
  - c) nicht erforderlich sind: Gefahrgutführerschein für den Fahrer, Sicherheitsanweisungen, orangefarbene Warntafeln, ADR Koffer;
  - d) obligatorisch sind ein Feuerlöscher von 2 kg und eine nicht funkenreißende Taschenlampe mitzuführen.

**Separater Transport von Gerät und Gas**

Wenn das Gerät kein Kältemittel enthält und dieses separat in einer Gasflasche transportiert wird, die sich beispielsweise im Verschlag des Geräts befindet, so muss die Kältemaschine nicht die Vorschriften für den Gefahrguttransport einhalten, während die Gasflasche den Vorgaben gemäß ADR, IMDG und IATA entsprechen muss.

**Transport von Geräten, die A2L enthalten**

Nach der in den Vorschriften vorgesehenen Klassifizierung für die Kältemaschinen fallen die Geräte, die A2L enthalten, unter die Kategorie „UN 3358: Kältemaschinen mit entzündbarem, nicht giftigem verflüssigtem Gas“, daher müssen sie die Vorgaben für diese Art von Maschinen einhalten.

Für Maschinen nach UN 3358 ist die Befreiung von den Vorschriften für den Transport auf der Straße oder dem Seeweg vorgesehen, wenn die Menge unter 12 kg oder für den Transport im Luftverkehr unter 100 g liegt.

Falls die in der Maschine transportierte Menge 12 kg überschreitet, müssen die Richtlinien für den Transport wie in Tabelle 4 aufgeführt eingehalten werden.









Transport auf der Straße		
Verpackung	Kennzeichnung	Dokumentation
Es findet die Sondervorschrift für Verpackungen PP 32 Anwendung, nach der die Güter unverpackt, in Verschlügen oder geeigneten Umverpackungen befördert werden	 oder  <b>UN 3358</b>	Das Beförderungspapier muss Folgendes enthalten: UN 3358, Kältemaschinen, 2, (D) St. „x“ Packungen Masse in kg ausgedrückt, in Bezug auf das enthaltene Gas
Transport auf See		
Verpackung	Kennzeichnung	Dokumentation
Es findet die Sondervorschrift für Verpackungen PP 32 Anwendung, nach der die Güter unverpackt, in Verschlügen oder geeigneten Umverpackungen befördert werden	<p><u>Von der Maschine:</u></p>  oder  <b>UN 3358 MASCHINEN KÜHLSCHRÄNKE</b> <p><u>Aus dem Container:</u></p>  oder  <b>UN 3358</b> Auf den 4 Seiten des Containers (wenn es mehr als 4.000 kg ist)	Das Beförderungspapier muss Folgendes enthalten: UN 3358, Kältemaschinen, 2.2 St. „x“ Packungen Masse in kg ausgedrückt, in Bezug auf das enthaltene Gas
Transport im Luftverkehr		
<b>Immer verboten</b>		

Tabelle 7 – Vorschriften für den Transport von Geräten, die größere Mengen als 12 kg an entzündlichen Kältemitteln enthalten

**Sonderfall: R1234ze**

Einen Sonderfall stellt das Kältemittel R1234ze dar: Auch wenn es zu der Kategorie der A2L gehört, erscheint im Sicherheitsdatenblatt kein Piktogramm hinsichtlich der Brennbarkeit.

Für das Sicherheitsdatenblatt gilt ein Kältemittel als brennbar, wenn bei Umgebungstemperatur eine solche Konzentration vorliegt, dass es brennbar ist. Der Mindestflammpunkt für R1234ze liegt bei 30 °C, daher ist kein Piktogramm erforderlich (Abbildung 5).

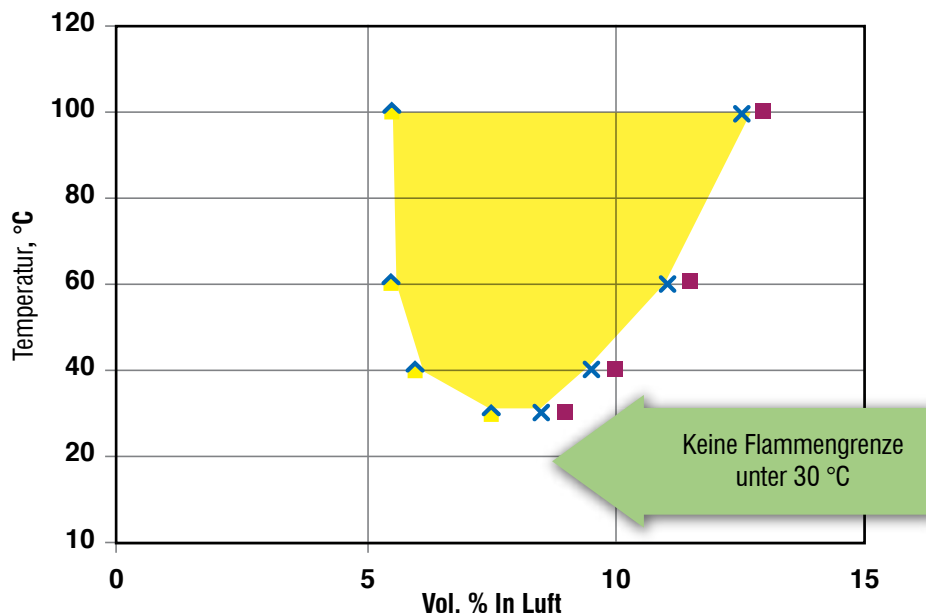


Abbildung 7 – Flammgrenze für r1234ze

Aus diesem Grund gilt dieses Kältemittel im Gegensatz zu dem, was oben über die A2L gesagt wurde, beim Transport als nicht brennbares Gas. Maschinen, die R1234ze enthalten, fallen damit in dieselbe Kategorie wie die aktuell verwendeten Kältemittel A1 „UN 2857: Kältemaschinen, die nicht entzündbares, nicht giftiges oder verflüssigtes Gas oder ammoniakalische Lösungen enthalten“ und werden wie diese behandelt.

## 6

### VORSICHTSMASSNAHMEN FÜR BETRIEB UND WARTUNG

Beim Betrieb des Kältesystems ist eine ständige und effiziente Kontrolle zur Erfassung möglicher Leckagen erforderlich. Falls eine Gefahrensituation erkannt wird, müssen sofort die entsprechenden Systeme aktiviert werden, um die Menschen und den Raum, in dem sich das Gerät befindet, zu sichern.

Der einwandfreie Betrieb aller Detektoren und der entsprechenden Alarmvorrichtungen, die dem zuständigen Personal mögliche Störungen anzeigen, muss geprüft werden.

#### Instandsetzung der Kälteanlage (EN 378-4)

Bevor Reparaturen am Kältekreis vorgenommen werden, sind folgende Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen:

- sicherstellen, dass kein brennbares Material in Arbeitsbereich gelagert ist und dass keine möglichen Zündquellen vorliegen;
- sicherstellen, dass die geeignete Brandschutzausrüstung verfügbar ist;
- sicherstellen, dass der Arbeitsbereich ausreichend belüftet ist, bevor Arbeiten am Kältekreis vorgenommen werden;
- Detektoren für Leckagen verwenden, die für den Einsatz in Gefahrenbereichen geeignet sind
- sicherstellen, dass das gesamte Wartungspersonal korrekt unterwiesen wurde.

Der Arbeitsbereich muss mit Hilfe eines passenden Kältemittel-Detektors vor und während der Wartungsarbeiten überwacht werden, damit das technische Personal bei einem möglichen Vorkommen von entzündlichem Kältemittel gewarnt wird.

Nach jeder Art von Reparaturarbeiten muss der einwandfreie Betrieb der Sicherheitsvorrichtungen wie beispielsweise der Detektoren für Leckagen des Kältemittels und der Lüftersysteme geprüft werden.

**Anforderungen für sachkundiges Personal (EN 378-4)**

Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, bei denen die Mitwirkung von anderem qualifizierten Personal erforderlich ist, sind unter der Aufsicht des sachkundigen Personals für den Einsatz von entzündlichen Kältemitteln durchzuführen. Jede Person, die Wartungsarbeiten an einem System oder Teilen davon durchführt, muss gemäß EN 13313 [5] sachkundig sein.

Personen, die an Kälteanlagen mit entzündlichen Kältemitteln arbeiten, müssen über die erforderliche Kompetenz im Hinblick auf die Sicherheit bei der Verwendung von entzündlichen Kältemitteln verfügen, die durch eine entsprechende Schulung erworben wurde. Diese muss gewährleisten, dass folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Kenntnis der Gesetze, Vorschriften und Normen zu brennbaren Kältemitteln;
- Fähigkeit, brennbare Kältemittel zu handhaben;
- vertiefte Kenntnisse über die Ausstattung zum Schutz des Personals, der vorsorglichen Vermeidung von Kältemittelleckagen, der Handhabung von Gasflaschen, der Befüllung, der Erkennung von Leckagen, der Rückgewinnung und der Entsorgung.

**7****NORMATIVE VERWEISUNGEN**

[1] ISO 817:2014 "Kältemittel – Kurzzeichen und Sicherheitsklassifikation"

[2] EN 60079-10-1:2009 „Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 10-1: Einteilung der Bereiche - Gasexplosionsgefährdete Bereiche"

[3] UNI EN 378:2017 „Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen"

- UNI EN 378-1 "Teil 1: Grundlegende Anforderungen, Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien"
- UNI EN 378-2 "Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation"
- UNI EN 378-3 "Teil 3: Aufstellungsort und Schutz von Personen"
- UNI EN 378-4 „Teil 4: Betrieb, Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung"

[4] EN 1779:2004 „Zerstörungsfreie Prüfung - Dichtheitsprüfung - Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren"

[5] UNI EN 13313:2011 „Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sachkunde von Personal"

*Das vorliegende Dokument dient lediglich zu Informationszwecken, ist nicht erschöpfend und berücksichtigt keine Aktualisierungen oder Änderungen bei Gesetzen oder Normen nach seiner Veröffentlichung.*

*HiRef haftet in keiner Weise für mögliche Ungenauigkeiten, Fehler oder Auslassungen im Inhalt des vorliegenden Dokuments.*



**HiRef S.p.A.**  
Viale Spagna, 31/33  
35020 Tribano (Padua) Italy  
Tfno. +39 049 9588511  
Fax +39 049 9588522  
e-mail: [info@HiRef.it](mailto:info@HiRef.it)  
[www.HiRef.it](http://www.HiRef.it)

**HiRef S.p.A.** behält es sich vor, die hier  
enthaltenen Daten und Informationen ohne  
Vorankündigung zu ändern.  
Die vorliegende Publikation darf ohne die  
schriftliche Genehmigung von HiRef S.p.A.  
weder ganz noch teilweise vervielfältigt  
werden.

© Copyright HiRef S.p.A. 2018



HF65000803