



Westfalen

Infos für Praktiker 9

Hinweise für den sach-
gemäßen Umgang mit
brennbaren Kältemitteln.

Mit Sicherheit von Westfalen.

Brennbare Kältemittel im Überblick.

Aktualität von brennbaren Kältemitteln

In der Kälte/Klima-Branche war der Einsatz brennbarer Kältemittel bisher auf nur wenige Anwendungsfälle beschränkt. Mit den anstehenden Umweltauflagen, allen voran den Regelungen aus der Verordnung (EU) Nr. 517/2014 und der damit zwangsläufigen Verdrängung vieler synthetischer Kältemittel mit sehr hohem Treibhauspotenzial, rücken die brennbaren Kältemittel stärker in den Vordergrund. Daher müssen sich zukünftig alle Beteiligten in der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik der großen Herausforderung stellen, auf den Einsatz und den Umgang mit brennbaren Kältemitteln vorbereitet zu sein.

Nach ISO 817 werden Kältemittel in Bezug auf ihre Toxizität und Brennbarkeit in acht Sicherheitsgruppen eingeteilt:

		Sicherheitsklasse	
↑	Höhere Entflammbarkeit	A3 z. B. R-290, R-600a, R-1270	B3
	Brennbar	A2 z. B. R-142b, R-152a	B2 z. B. R-1130(E)
	Geringe Entflammbarkeit	A2L z. B. R-32, R-454A/B/C, R-455A, R-1234yf, R-1234ze(E)	B2L z. B. R-717
	Keine Flammenausbreitung	A1 z. B. R-134a, R-744, R-1233zd(E)	B1 z. B. R-123, R-245fa
		Geringe Toxizität	Hohe Toxizität

Die brennbaren Kältemittel unterscheiden sich in Bezug auf ihre Toxizität und grundsätzliche Anwendung nicht von ihren nicht brennbaren Alternativen. Das trifft z. B. auf Sauerstoffverdrängung, Rauchverbote, Verbrennungsgefahr als auch auf die persönliche Schutzausrüstung zu.

Der Schwerpunkt der Ausführungen in dieser Broschüre wird auf der Brennbarkeit liegen. Mit dem Verweis auf die Broschüre „Infos für Praktiker 2 – Synthetische nicht brennbare Kältemittel – Grundlegende Hinweise für den sachgemäßen Umgang“ wird nicht näher auf toxische und sonstige Eigenschaften eingegangen. Das Kältemittel R-717 (Ammoniak) ist ein Sonderfall und wird hier nicht berücksichtigt

Es kristallisiert sich jetzt bereits heraus, dass sich, neben den nicht brennbaren Kältemitteln einschließlich R-744 (CO₂), Stoffe und Gemische der Brennbarkeitsklassen 2L und 3 am meisten durchsetzen werden.

Kriterien für die Einstufung in Entflammbarkeits-Klassen (nach ISO 817):

Klasse 2L (geringere Entflammbarkeit) zeigt eine

- Flammenausbreitung bei Prüfung bei 60°C und 101,3 kPa,
- LFL > 3,5 Vol.-%
- Verbrennungswärme von < 19 MJ/kg
- maximale Brenngeschwindigkeit von ≤ 10 cm/s.

Klasse 3 (höhere Entflammbarkeit) zeigt eine

- Flammenausbreitung bei 60°C und 101,3 kPa
- LFL ≤ 3,5 Vol.-% oder eine Verbrennungswärme von ≥ 19 MJ/kg

Die europäische GHS-Verordnung (EG) 1272/2008 – genannt CLP-Verordnung – prüft Gase auf ihre Brennbarkeit unter anderen Testbedingungen als die ISO 817 und sieht eine etwas veränderte Einteilung vor. Diese Verordnung bildet die Grundlage für die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen und somit auch für die Angaben im Sicherheitsdatenblatt.

Kriterien für die Kategorisierung entzündbarer Gase (nach CLP):

Kategorie 1A, Entzündbare Gase:

Gase, die bei 20°C und einem Standarddruck von 101,3 kPa

- a) entzündbar sind, wenn sie im Gemisch mit Luft mit einem Volumenanteil von 13 % oder weniger vorliegen oder
- b) in Luft einen Explosionsbereich von mindestens 12 Prozentpunkten haben, unabhängig von der unteren Explosionsgrenze

außer wenn die Daten zeigen, dass sie die Kriterien der Kategorie 1B erfüllen.



**Gefahrenhinweis H220;
Extrem entzündbares Gas**

Kategorie 1B, Entzündbare Gase:

Gase, die die Entzündbarkeitskriterien der Kategorie 1A erfüllen und die entweder

- a) eine untere Explosionsgrenze von mehr als 6 Vol.-% in der Luft haben oder
- b) eine fundamentale Flammgeschwindigkeit von weniger als 10 cm/s haben.



**Gefahrenhinweis H221;
entzündbares Gas**

Kategorie 2, Entzündbare Gase:

Gase, die nicht in Kategorie 1A oder 1B und die im Gemisch mit Luft bei 20°C und einem Standarddruck von 101,3 kPa einen Explosionsbereich haben.

Gefahrenhinweis H221; entzündbares Gas

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Prüfkriterien werden vor allem bei dem Kältemittel R-1234ze(E) deutlich, welches in Mischung mit Luft bei 20°C keine Entzündlichkeit zeigt, aber bei Temperaturen oberhalb 28°C schon. Somit ist dieses Produkt im Sicherheitsdatenblatt keiner Brennbarkeitskategorie zugeordnet, während es in den kältetechnischen Normen in die Klasse 2L eingestuft ist.

Alle Beteiligten der Branche müssen sich also, unabhängig von der Einstufung laut Verordnung, darüber bewusst sein, dass sie mit brennbaren Substanzen arbeiten. Deshalb muss die Betrachtung in Bezug auf sicheren Umgang mit Kältemitteln um den Faktor Brennbarkeit und/oder Explosivität ausgeweitet werden.

Grundsätze für den Umgang mit brennbaren Kältemitteln

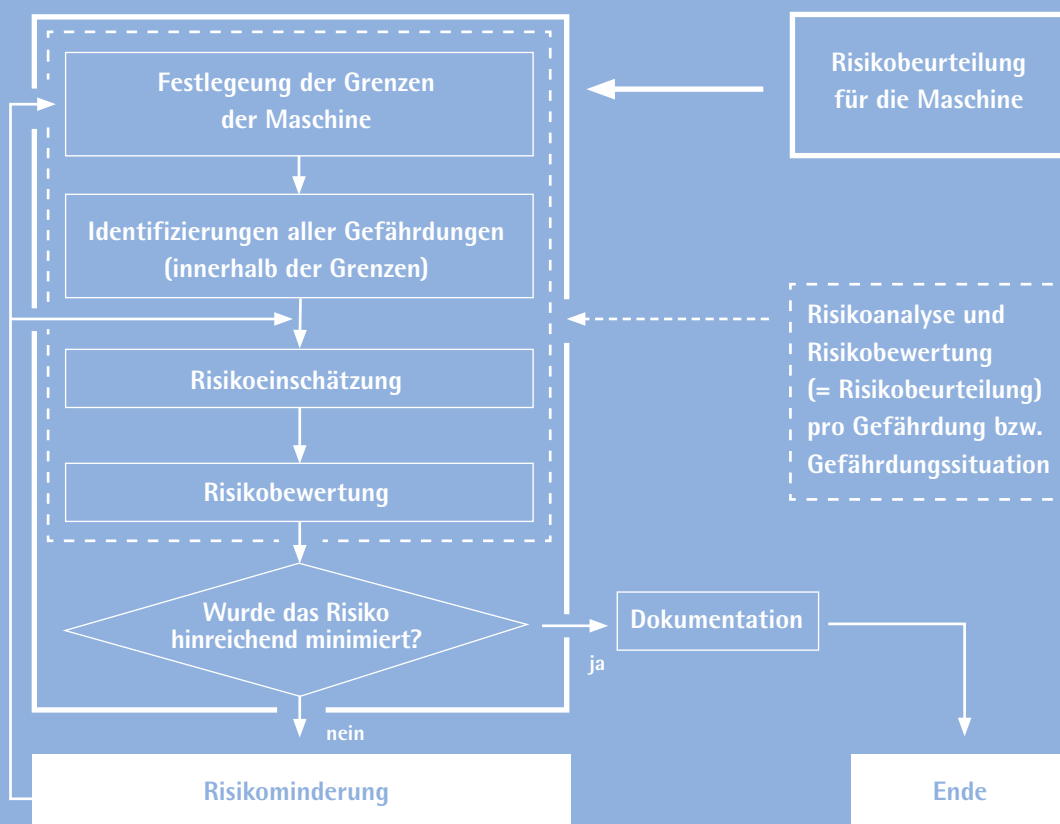
- Ich bin mir bewusst, mit brennbaren Stoffen zu hantieren und kenne deren Eigenschaften.
- Ich verwende nur Praktiken für eine sichere Handhabung und Lagerung brennbarer Kältemittel
- Ich wende nur Verfahren an und benutze nur Gerätschaften, welche Unfälle mit brennbaren Stoffen ausschließen.
- Ich halte mich ständig auf einem aktuellen Kenntnisstand.

Hinweise zum Herstellen von Anlagen mit brennbaren Kältemitteln.

Hersteller ist jede natürliche oder juristische Person, die eine Maschine oder unvollständige Maschine konstruiert und/oder baut. Ist eine solche Person kein Hersteller, sondern bringt eine Maschine oder unvollständige Maschine in Verkehr oder nimmt sie in Betrieb, wird diese Person als Hersteller betrachtet. Generell wird der Nachweis einer risikoarmen bis hin zur risikofreien Konstruktion verlangt. Aus diesem Grunde ist in der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG gesetzlich vorgeschrieben, eine Risikobeurteilung als iterativen Prozess durchzuführen. Diese Verfahren werden in der DIN EN 12100 beschrieben.

Die Festlegung der Grenzen einer Kältemaschine/-anlage beinhaltet die Formulierung der bestimmungsgemäßen Verwendung. Mit der Festlegung der bestimmungsgemäßen Verwendung übernimmt der Hersteller die volle Verantwortung für sein Produkt. Mögliche Fehlanwendungen müssen in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Verfahren zur Risikominderung (iteratives Verfahren) aus DIN EN ISO 12100



Bei der Identifizierung der Gefährdungen hilft die DIN EN 378-2 „Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheits-technische und umweltrelevante Anforderungen, Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation“. Im Anhang D sind mögliche Gefährdungen aufgelistet. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass Gefährdungssituationen bzw. -ereignisse in sämtlichen Phasen der Lebensdauer der Kälteanlage betrachtet werden müssen, also

- evtl. Transport, Montage und Installation
- Inbetriebnahme
- Verwendung
- Außerbetriebnahme, Demontage und Entsorgung

Bei kältetechnischen Geräten, die unter Produktnormen fallen, sind diese vorrangig zu bewerten, wie z. B.

- EN 60335-2-40 für elektrische Wärmepumpen, Klimageräte und Raumluft-Entfeuchter
- EN 60335-2-89 für gewerbliche Kühl-/Gefriergeräte mit eingebautem oder getrenntem Verflüssigersatz oder Verdichter.

Das Risikobeurteilungsverfahren wird durch die Anwendung harmonisierter Normen erleichtert, entbindet

allerdings nicht von der Pflicht des Herstellers, eine Risikobeurteilung durchzuführen. Das bedeutet, ein einfacher Verweis auf angewandte Normen ist nicht zulässig.

Ob Risikobeurteilungen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen mit nicht brennbaren oder mit brennbaren Kältemitteln erstellt werden, unterscheidet sich in der Herangehensweise der Ausarbeitung einer solchen Beurteilung nicht grundsätzlich. Die Zahl der möglichen zu behandelnden Gefährdungen und der zu treffenden grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen erhöht sich allerdings um die Betrachtung der Brennbarkeit bzw. Explosibilität. Es sei darauf verwiesen, dass bei Zusammenstellung einzelner Komponenten zu einer betriebsfertigen Maschine (z. B. bei Klimasystemen werden die Innen- und Außenteile zu einer Einheit zusammengefügt und in Betrieb genommen), die Risikobeurteilung wesentlich vereinfacht wird, wenn die Hersteller der Baugruppen EG-Konformitätserklärungen oder Einbauerklärungen nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG beifügen.

Vor der Installation einer Anlage mit brennbarem Kältemittel, sollte zusätzlich in den regionalen Bauordnungen und Leitungsanlagenrichtlinien die Möglichkeit des Einsatzes eines solchen Systems überprüft werden.

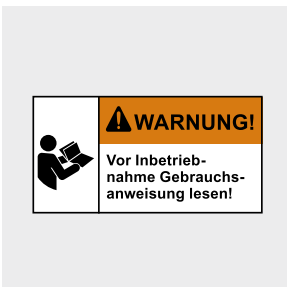
Technische Dokumentation

Die technische Dokumentation einer Kälteanlage besteht aus:

Herstellerdokumentation (intern)	Benutzerdokumentation (extern)
- Pflichtenheft	Betriebs-/Gebrauchsanleitung
- Konstruktionsentwurf	- Vorwort
- Ergebnisse von Versuchen und Prüfungen	- Sicherheitsteil
- Erprobung	- Kenndaten
- Funktionsprüfung	- Beschreibung/Arbeitsweise
- Unterlagen nach Bestimmungen der MRL	- Inbetriebnahme
- Abnahmezeugnisse	- Wartung, Inspektion, Instandhaltung
- Risikobeurteilung	- Konformitäts-/Einbauerklärung
- Konformitätserklärung	Montagehandbuch
- Einbauerklärung	- Anleitung für Abschaltung und Inbetriebnahme
- Produktbeschreibung	- Abnahme- und Übergabeprotokoll
- Datenblatt	- Schaltpläne/Fließschema
- etc.	Vertriebsdokumentation
	- (wenn erforderlich)

Während die Herstellerdokumentationen bei dem jeweiligen ausführenden Unternehmen bleiben, müssen die Benutzerdokumentationen bei Übergabe mitgeliefert werden. Betriebs-/Gebrauchsanleitungen müssen vollständig, eindeutig und ehrlich verfasst sowie übersichtlich gestaltet werden, sodass der Betreiber in die Lage versetzt wird, den gefahrlosen Betrieb der Maschine zu sichern.

Weitere Informationen in DIN EN 82079-1



**Warnhinweise –
im Schadensfall relevant!**

Wartungs-/Instandhaltungsintervalle

Für Kälteanlagen mit halogenierten Kältemitteln gilt nach F-Gas-Verordnung (EU) 517/2014 eine Dichtheitskontrollpflicht mit unterschiedlichen Intervallen, abhängig vom Füllgewicht und dem GWP des Kältemittels. Eine solche Vorschrift gibt es für nicht halogenierte Kältemittel, wie den reinen Kohlenwasserstoffen, nicht. Aber gerade, weil diese Kältemittel extrem entzündbare Gase (Gefahrenhinweis H220) darstellen, ist es wichtig, dass diese Anlagen über ihre gesamte Lebensdauer das hohe technische Niveau beibehalten. Der Hersteller solcher Anlagen ist deshalb angehalten, für Wartung und Instandhaltung angemessene Intervalle in der Betriebsanleitung festzulegen. Sinnvoll ist dabei die Beteiligung des späteren Betreibers.

Hinweise zur Arbeit mit brennbaren Kältemitteln im Anlagenbetrieb.

Montage und Inbetriebnahme von Anlagen mit brennbaren Kältemitteln

Bevor mit einer Montage einer solchen Anlage begonnen werden kann, ist zu prüfen, ob die räumlichen Gegebenheiten vor Ort den Einsatz brennbarer Kältemittel zulassen.

Zu prüfen ist, ob das System im Freien oder im Maschinenraum geplant wird, ob sich die Anlage oder Teile davon in einem Personenaufenthaltsbereich befinden und wer diesen betreten darf. Nähere Informationen dazu sind in der DIN EN 378 zu finden und, falls diese zutreffen, in den Produktnormen der EN 60335-Reihe. Darüber hinaus können die Richtlinie 2014/34/EU, Landesbauordnungen, Arbeitsstättenverordnungen etc. relevant sein.

Bei der Montage von Kälteanlagen, die später mit brennbaren Kältemitteln befüllt werden sollen, sind bezüglich Brennbarkeit und Explosivität keine zusätzlichen Regeln zu den gebräuchlichen zu beachten.

Eine zündfähige Atmosphäre kann erst dann entstehen, wenn das brennbare Kältemittel eingefüllt wird oder die Absperrventile bei vorgefüllten Systemen freigegeben werden. Sind alle Vorkehrungen ordnungsgemäß erfüllt, kann das Risiko der Brennbarkeit weitestgehend ausgeschlossen werden.

Zu diesen Vorkehrungen gehören u. a. (DIN EN 378-2):

- Druckfestigkeitsprüfung
- Dichtheitsprüfung
- Funktionsprüfung der Sicherheitsschalteneinrichtungen zur Druckbegrenzung
- Konformitätsprüfung der gesamten Anlage

Vor dem Einfüllen des Kältemittels ist das System auf einen Druck von mindesten 270 Pascal zu evakuieren. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Bauteile und Baugruppen der Anlage vom Vakuum erreicht werden, um zündfähige Mischungen innerhalb des Systems auszuschließen.

Betreiben von Anlagen mit brennbaren Kältemitteln

Mit der Übergabe der Kälte-, Klima- oder Wärmepumpenanlage an den Betreiber geht auch die gesamte weitere Verantwortung an diesen über. Der Hersteller/Verkäufer hat dann „nur noch“ die sogenannte Produktverantwortung nach Produktsicherheitsgesetz und gemäß Produkthaftungsrecht. Dabei ist es egal, ob das System im privaten oder gewerblichen Bereich betrieben werden soll.

In gewerblichen Bereichen gilt für jeden Arbeitgeber, der Beschäftigte Arbeitsmittel verwenden lässt und für jeden Unternehmer, der überwachungsbedürftige Anlagen betreibt, die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

Darin ist die **Gefährdungsbeurteilung** das zentrale Element für die Festlegung von Schutzmaßnahmen. Nicht nur im Falle der geplanten Anwendung von Systemen mit brennbaren Kältemitteln soll der Arbeitgeber vor der Beschaffung des Arbeitsmittels die Gefährdungsbeurteilung durchführen. Für angewandte brennbare Kältemittel besitzt dieser Punkt allerdings ein besonderes Gewicht, da für den sicheren Betrieb viele Kriterien zusätzlich berücksichtigt werden müssen:

- Aufstellungsort und Umgebungsbedingungen
- Raumvolumen
- das Vorhandensein evtl. wirksamer Zündquellen
- Prüfen, ob Explosionsschutz zonen eingeteilt werden müssen
- Zutrittsbeschränkungen
- Ausblasbereich von Druckentlastungseinrichtungen
- die Notwendigkeit zusätzlicher Maßnahmen (Gaswarngeräte, Lüftungseinrichtungen, etc.)
- Maßnahmen im Falle von Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten

Da eine Explosionsgefährdung vorrangig vom Gefahrstoff ausgeht, sind die Gefährdungsbeurteilung und die Festlegungen von Schutzmaßnahmen zum Brand- und Explosionsschutz ausschließlich nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) geregelt (nicht BetrSichV). Die technische Umsetzung der Ziele der GefStoffV findet sich in den Technischen Regeln Gefahrstoffe (TRGS 400 und 700ff.). Bei Anwendung der TRGS kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die Bestimmungen der GefStoffV eingehalten werden (Vermutungswirkung).

Durch die in der Kältetechnik große Vielfalt der konzeptionellen Gestaltung, die Unterschiede in den Aufstellungs- und Nutzungsbedingungen, die Gefahrenpotentiale der verschiedenen eingesetzten Betriebsstoffe (Kältemittel) und deren Auswirkungen im Falle eines Schadensereignisses, ist es schwierig, allgemeingültige Arbeitslisten zur Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Kälteanlagen werden grundsätzlich und unabhängig vom Kältemittel in einer dichten Bauweise konstruiert und montiert. In Bezug auf die Bewertung von Brand- und Explosionsgefahren wird noch in „auf Dauer technisch dicht“ und „technisch dicht“ unterschieden (TRGS 722).

Eine Einteilung in explosionsgefährdete Bereiche (Zone 2, 1 oder 0) entfällt, wenn die Kälteanlage so konzipiert und erstellt ist, dass sie als auf Dauer technisch dichte Anlage bezeichnet werden kann. In jedem Fall sind für die Aufrechterhaltung der Dichtheit Überwachungsintervalle in einem Explosionsschutzdokument oder in den technischen Unterlagen (Betriebsanweisung, Instandhaltungsplan) festzulegen.

Neben der Beurteilung der Möglichkeit des Entstehens einer zündfähigen Atmosphäre und deren Vermeidung (TRGS 722), muss auch das Vorhandensein wirksamer Zündquellen (TRGS 723) bewertet werden. In Bezug auf die Gefährdungsbeurteilung werden hier die Unterschiede in den Brennbarkeitsklassen 2L und 3 deutlich. Die TRGS 723

beschreibt dreizehn mögliche wirksame Zündquellen, von denen für die Brennbarkeitsklasse 2L allerdings nur wenige wirksam werden können. Es soll allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Technischen Regeln hinsichtlich der Unterschiede H220 extrem entzündbares Gas und H221 entzündbares Gas noch angepasst werden müssen.

Wartung und Instandhaltung

Bei Instandhaltungsarbeiten hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die hierdurch bedingte Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre durch Maßnahmen vermieden wird (TRBS 1112 Teil 1). Darüber hinaus hat er die mit den Instandhaltungsmaßnahmen befassten Beschäftigten vor Aufnahme der Arbeiten über die besonderen Explosionsgefährdungen und die erforderlichen Schutzmaßnahmen zu informieren.

Bei Instandsetzungsmaßnahmen an Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln muss mit einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre gerechnet werden – sowohl in unmittelbarer Umgebung um den Tätigkeitsbereich als auch im Inneren des Anlagensystems. Ort, Beginn, Dauer und Umfang der erforderlichen Schutzmaßnahmen müssen in einer Arbeitsanweisung vor Beginn der Tätigkeiten schriftlich festgehalten werden. Zur Vereinfachung sollte den Beteiligten eine Checkliste übergeben werden, anhand der bestimmte Maßnahmen abgearbeitet und zu prüfen sind.

Checkliste zur Gefährdungsbeurteilung

- Wird die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindert?
- Wer ist anwesend?
- Ist nur zugelassenes Werkzeug vorhanden?
- Ist die Betriebsanleitung gelesen und verstanden worden?
- Erfolgt die Überwachung der Konzentration?
- Wird die erforderliche persönliche Schutzausrüstung verwendet?
- Ist geprüft worden, ob Zündquellen vorhanden sind?
- Kann Gas austreten?
- Ist genug Frischluft (Ventilator) vorhanden?
- Wurde der Arbeitsbereich ausreichend abgesperrt?
- Wurde vor Beginn der Instandsetzungsmaßnahme die Kälteanlage von jeglicher Stromzufuhr getrennt?

Keine Gewährleistung auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Entnahme des Kältemittels aus einer Anlage

Ist im Zuge einer Reparatur ein Eingriff in den Kältekreislauf erforderlich, muss das Kältemittel vorher aus der Anlage oder aus dem entsprechenden Anlagenabschnitt sicher entfernt werden. Bei den Kältemitteln der Sicherheitsgruppe A2L handelt es sich in der Regel um fluorierte Stoffe, wie R-1234yf, R-1234ze(E), R-32, R-454A, R-454B, R-454C und R-455A, die mit handelsüblichen und dafür zugelassenen Entsorgungseinrichtungen abgesaugt und in dafür gekennzeichnete Druckgasflaschen eingefüllt werden können. Danach können diese einer ordnungsgemäßen Aufarbeitung oder Vernichtung zugeführt werden.

Kältemittel der Gruppe A3 sind in der Regel reine Kohlenwasserstoffe, wie R-290 (Propan), R-600a (Isobutan) oder R-1270 (Propen).

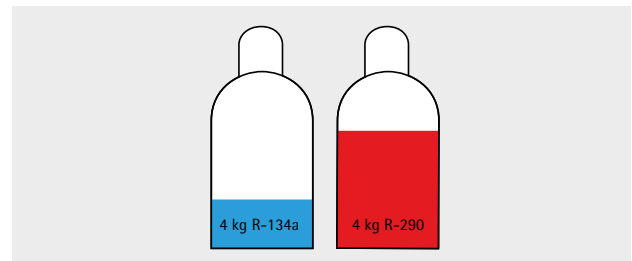
Hinsichtlich der Umweltbelastung spricht bei diesen Kältemitteln nichts gegen ein einfaches Ablassen in die Atmosphäre. Dies ist ein durchaus vertretbares Handling bei kleinen Füllmengen (Füllgewicht < 150 g reiner Kohlenwasserstoff). Ob die Richtlinie 2012/19/EU (WEEE2) damit verletzt würde, bleibt noch zu prüfen.

Aus sicherheitstechnischen Gründen kann dieses Verfahren als äußerst problematisch angesehen werden. Ein noch so kontrolliertes Ablassen in die Umgebung provoziert die Herstellung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre.

Deshalb wird dringend empfohlen, die gleichen, allerdings für Kohlenwasserstoffe freigegebenen Absaugeinrichtungen einzusetzen wie bei anderen Kältemitteln auch.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass keine Luft zusätzlich in die Druckbehälter gelangen kann. Verbindungsschläuche sind vorher zu evakuieren oder mit Stickstoff zu spülen.

Wichtig! Die Dichten der Kältemittel unterscheiden sich erheblich. Es sind unbedingt die maximalen Füllgewichte einzuhalten. Diese sind bei Flaschen der Westfalen AG deutlich auf dem jeweiligen Flaschenaufkleber angebracht.



Die maximalen Füllgewichte sind bei Westfalen Flaschen auf einem Flaschenaufkleber angebracht. Diese sind unbedingt einzuhalten.

Westfalen		Maximale Füllgewichte				
Volumen in Liter	T12.3 / T12.5	T27.2	T 52	T 400	T 900	
R-290						
R-600a						
R-1270	3,5 kg	8 kg	15 kg	120 kg	270 kg	
R-600						
R-32						
R-1234yf						
R-152a						
R-452B						
R-454A	6,5 kg	13 kg	24 kg	210 kg	490 kg	
R-454B						
R-454C						
R-455A						

Gebinde für Abfall zur Verwertung
Nur für Kältemittel laut Gebindekennzeichnung

Achtung:
Gebinde nicht überfüllen! Berstgefahr!

Flaschenaufkleber brennbare Kältemittel.

Vor allem bei den Kohlenwasserstoffen besteht nach offensichtlicher Beendigung des Absaugvorganges lange Zeit noch die Gefahr, dass erhebliche und unter Umständen gefährliche Mengen an Kältemittel aus dem Öl ausgasen. Das hängt mit der extremen Öllöslichkeit dieser Kältemittel zusammen. Deshalb muss unbedingt darauf geachtet werden, dass bei Erreichen eines Unterdruckes keine Luft ins abgesaugte System eindringt. Es würde sich eine zündfähige Mischung innerhalb der Anlage bilden können.

Durchführung der Instandsetzung

Unmittelbar nach Beendigung des Absaugvorganges muss trockener Stickstoff in die Kälteanlage eingeleitet werden. Um das Eindringen von Luft zu verhindern, ist es ausreichend, den Stickstoffdruck nur etwas über dem atmosphärischen Druck einzustellen.

Die Durchführung der Instandsetzung erfolgt nach Maßgabe der DIN EN 378 Teil 4 und gemäß TRBS 1112 Teil 1. Sollten zur Instandsetzung Löt- bzw. Schweißarbeiten notwendig sein, ist vor Beginn und während der Tätigkeit mit geeigneten Gaswarngeräten die nähere Umgebung auf eine zündfähige Atmosphäre zu prüfen.

Ist die Instandsetzung abgeschlossen, wird die Anlage einer Druckprüfung und das instandgesetzte Bauteil oder der Anlagenabschnitt einer Dichtheitsprüfung und Funktionsprüfung unterzogen (siehe DIN EN 378, Teil 2).

Anschließend wird der Evakuierungsvorgang eingeleitet. Es ist dabei zu prüfen und zu kontrollieren, ob auch wirklich alle Anlagenabschnitte von diesem Vakuum erfasst werden. Nach Erreichen des erforderlichen Endvakuums kann der Füllvorgang beginnen und das System wieder in Betrieb genommen werden.

Sind die Arbeiten beendet, müssen alle Sicherheitseinrichtung, die vor Beginn der Tätigkeit eventuell außer Funktion gesetzt wurden, wieder aktiviert werden.

Physikalische Eigenschaften von brennbaren Kältemitteln.

Die Eigenschaften der Kältemittel in Bezug auf ihre Brennbarkeit sind sehr unterschiedlich. Deshalb ist es immer zwingend notwendig, den Einzelfall zu betrachten. Vor allem sind die Unterschiede zwischen den Brennbarkeitsklassen 2L und 3 sehr groß.

Die unteren Zündgrenzen sind bei den 2L-Kältemitteln vergleichsweise hoch, sodass sehr hohe Konzentrationen auftreten müssen, um überhaupt eine zündfähige Atmosphäre zu erreichen. Vorausgesetzt, die jeweiligen Montageanleitungen und Aufstellungsbedingungen sind eingehalten, kann dieser Fall weitgehend ausgeschlossen werden.

Selbst wenn dieser unwahrscheinliche Fall auftreten sollte und eine zündfähige Atmosphäre erreicht werden würde, sind sehr hohe Energien erforderlich, um die Zündung in Gang zu setzen.

Es müssten sehr aufwendige Gefährdungsanalysen durchgeführt werden, die das Gefahrenpotenzial definieren helfen. Einen ähnlichen Aufwand beanspruchte die Zulassung von brennbaren Kältemitteln in den Haushaltskühlgeräten und in den Klimasystemen der Autoindustrie.

Übersicht derzeit gebräuchlicher brennbarer Kältemittel

R-Nummer	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED	Praktischer Grenzwert kg/m ³	ATEL/ODL kg/m ³	LFL kg/m ³	UFL – LFL Vol.-%	Mindestzündenergie mJ	Normalsiedepunkt °C	Selbstzündungstemperatur °C	Verbrennungsenergie MJ/kg	GWP
R-152a	A2	1	0,027	0,14	0,130	13	0,38	-25	455	16,5	124
R-170	A3	1	0,0086	0,0086	0,038	12,4	0,25	-89	515		6
R-1150	A3	1	0,006	ND	0,036	30,2	0,082	-104	440		4
R-290	A3	1	0,008	0,09	0,038	9,1	0,24	-42	470	46,3	3
R-1270	A3	1	0,008	0,0017	0,046	9,4	0,28	-48	455	45,8	2
R-600a	A3	1	0,011	0,059	0,043	7,9	0,25	-12	460	45,6	3
R-717	B2L	1	0,00035	0,00022	0,116	18,5		-33	630	18,6	0
R-32	A2L	1	0,061	0,3	0,307	14,9	>30, <100	-52	648	9,4	675
R-1234yf	A2L	1	0,058	0,47	0,289	6,1	>5000, <10000	-29,5	405	10,7	4
R-1234ze(E)	A2L	2	0,061	0,28	0,303	5,6	61000-64000	-19	368	10,0	7
R-452B	A2L	1	0,062	0,364	0,310	11,4	100-300	-51,0 bis -50,3	509	9,45	698,3
R-454A	A2L	1	0,056	0,461	0,278	7	300-1000	-48,4 bis -41,6	457	10,04	238,9
R-454B	A2L	1	0,039	0,358	0,303	10,3	100-300	-50,9 bis -50,0	496	10,05	466,3
R-454C	A2L	1	0,059	0,445	0,293	7,3	300-1000	-46,0 bis -37,8	444	10,51	148,3
R-455A	A2L	1	0,086	0,393	0,431	1,1	317-331	-51,6 bis -39,1	473-477	10,2	148,2

(Quellen: DIN EN 378-1 2019 Entwurf, Gestis Stoffdatenbank)



Westfalen

Gas | Energieversorgung | Tankstellen

Westfalen Austria GmbH

Betriebsstraße 6
2440 Gramatneusiedl
Österreich
Tel. +43 2234 73441
Fax +43 2234 73441-330
www.westfalen.at
info@westfalen.at

Westfalen BV-SRL

Watermolenstraat 11
9320 Aalst/Alost
Belgien
Tel. +32 53 641070
Fax +32 53 673907
www.westfalen.be
info@westfalen.be

Westfalen Gas s.r.o.

Chebská 545/13
322 00 Plzeň 5 – Křimice
Tschechische Republik
Tel. +420 379 420-042
Fax +420 379 420-032
www.westfalen.cz
info@westfalen.cz

Westfalen France S.A.R.L.

Parc d'Activités Belle Fontaine
57780 Rosselange
Frankreich
Tel. +33 387 501040
Fax +33 387 501041
www.westfalen-france.fr
info@westfalen-france.fr

Westfalen Gas Schweiz GmbH

Sisslerstr. 11
5074 Eiken AG
Schweiz
Tel. +41 61 8552525
Fax +41 61 8552526
www.westfalen.ch
info@westfalen.ch

Westfalen Gassen Nederland BV

Postbus 779
7400 AT Deventer
Niederlande
Tel. +31 570 636745
Fax +31 570 630088
www.westfalengassen.nl
info@westfalengassen.nl

Westfalen AG

Industrieweg 43
48155 Münster
Deutschland
Tel. +49 251 695-0
Fax +49 251 695-194
www.westfalen.com
info@westfalen.com

Westfalen Medical BV

Rigastraat 14
7418 EW Deventer
Niederlande
Tel. +31 570 858450
Fax +31 570 858451
www.westfalenmedical.nl
info@westfalenmedical.nl