



SCHIESSL

Österreich 

Schulungsunterlagen



Mit uns behalten Sie den Überblick

Thema 20:

**Umgang mit brennbaren
Kältemitteln in der Praxis**

Impressum

Der Inhalt dieser Publikation unterliegt den Bestimmungen des Urheberrechts. Diese basiert weitestgehend auf dem Buch „Brennbare Kältemittel“ von Stig Rath und Harald Erös, ISBN 978-3-20007049-3. Die beiden Autoren sind ausdrücklich mit dieser Verwendung einverstanden. Jede anderweitige Vervielfältigung, auch auszugsweise, sowohl digital als auch analog ist nicht gestattet.

Das Buch „Brennbare Kältemittel“ ist im Onlineshop der Österreichischen Gesellschaft der Kältetechnik unter <https://www.ogkt.at/shop> bzw. nebenstehenden QR-Code sowie bei Schiessl Kältegesellschaft unter der Artikelnummer 382.7639 erhältlich.



Haftungsausschluss

Die vorliegende Unterlage dient ausschließlich als Arbeitsgrundlage für die Kursreihe „Aus der Praxis für den Praktiker“ und stellt keine rechtlich bindende Dokumentation dar, sondern ist als praktische Hilfe gedacht. Sie soll den Kursteilnehmern bei der Erarbeitung des gelehrteten Stoffes Hilfestellung geben und darf außerhalb des Kurses nicht verwendet werden.

Die Unterlage kann nicht als Ersatz für die verwendete und zitierte Literatur angesehen werden.

Texte und Abbildungen wurden mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Deshalb können keine Garantien für die in dieser Unterlage gegebenen Informationen übernommen werden. Weiteres erhebt diese Publikation weder Anspruch auf Richtigkeit noch auf Vollständigkeit. In keinem Fall können Haftungsansprüche geltend gemacht werden. Eine Haftung für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen, Bilder, Grafiken, Tabellen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts des Werks ist ebenso ausgeschlossen wie die Haftung für irgendwelche direkten oder indirekten Schäden, die aus der Auswertung dieser Informationen folgen.

MMst. DI Harald Erös
Wien, im Oktober 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen	1
2	Allgemeines zu brennbaren Kältemitteln	1
2.1	Kältemittel und Anwendungen	1
2.2	Sicherheitsklassifizierung	1
2.3	Brand- und Explosionsgefahr	2
2.3.1	Flammausbreitungsgeschwindigkeit.....	3
2.3.2	Untere und obere Entflammbarkeitsgrenze	3
2.3.3	Minimale Zündenergie	4
3	Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug	5
3.1	Wichtige (persönliche) Schutzausrüstung	5
3.2	Handwerkzeug	9
3.3	Elektrowerkzeug	10
4	Arbeiten mit brennbaren Kältemitteln	13
4.1	Eigenschaften von Kältemitteln	14
4.2	Gesundheitsgefahren durch Austreten von Kältemittel	14
4.3	Persönliche Schutzausrüstung (PSA).....	15
4.4	Selbstkontrolle der Geräte vor Arbeitsbeginn.....	15
4.5	Vorbeugender Explosionsschutz	15
4.6	Vermeiden von offenen Flammen und heißen Oberflächen	16
4.7	Sicherheit bei Arbeiten in Maschinenräumen	16
4.8	Ausreichende Belüftung.....	16
4.9	Lagerung und Handhabung	17
4.10	Wie man mit Feuer umgeht	17
4.11	Erste Hilfe im Notfall	17
4.12	Ausbildung	17
5	Reparatur an Kälteanlagen	19
6	Checklisten für Wartungs- und Reparaturbeispiele	20
6.1	Verdichterreparatur ohne Ex-Zone: Ventilplatte ersetzen	20
6.2	Verdichteraustausch ohne Ex-Zone.....	20
6.3	Verdichteraustausch in Ex-Zone: Leckage an Verdichter	21
6.4	Kältemittelumstellung von R404A auf R454C	23
7	Transport	24
8	Einstufung und Kennzeichnung explosionsfähiger Bereich	25
9	Risikoanalyse	26
10	Explosionsschutzdokument	27

1 Vorbemerkungen

Die Kälte- und Wärmepumpenbranche befindet sich aktuell in einem starken Wandel. So hat die derzeit gültige EU-F-Gase-Verordnung einen starken Fokus auf Kältemitteln mit zum Teil hohem Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP). Das resultiert in Einschränkungen und/oder Verboten.

Eine Verringerung des Treibhauspotentials bedingt zumeist eine Erhöhung der Brennbarkeit und so kommen an Stelle von nicht brennbaren Kältemitteln nun vermehrt schwer entflammbar oder brennbare Kältemittel zum Einsatz. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von R32 (Sicherheitsklasse A2L, schwer entflammbar) an Stelle von R410A (Sicherheitsklasse A1, nicht brennbar) in Splitklimageräten oder Wärmepumpen.

Darüber hinaus finden mittlerweile auch natürliche Kältemittel wie R290 (Propan), R600a (Isobutan) (Sicherheitsklasse A3, hohe Brennbarkeit) eine weitreichende Verbreitung.

Dieser Wandel bringt geänderte Anforderungen an Planung, Ausführung und Betrieb der Anlagen mit sich. In Folge sollen nun ausgewählte Aspekte zum Umgang mit brennbaren Kältemitteln in der Praxis aufgezeigt werden.

2 Allgemeines zu brennbaren Kältemitteln

2.1 Kältemittel und Anwendungen

Nachfolgend sind Beispiele für übliche brennbare Low-GWP-FKW's und natürliche Kältemittel sowie deren physikalische Eigenschaften aufgelistet.

- Der Siedepunkt und der Gasdruck sind entscheidend, für welche Anwendung das Kältemittel geeignet ist.
- Die Dichte beeinflusst, wo sich Gas in einem Leck (Hoch- oder Tiefpunkt) seinen Weg bahnt.
- Der GWP-Wert steht in direktem Zusammenhang mit dem Beitrag zur globalen Erwärmung und den Erfordernissen in der F-Gase-Verordnung.

Kältemittel:	Anwendung:	Siede- punkt:	Gasdruck bei +30°C:	GWP:
R1234ze(E)	Klimaanlagen und Wärmepumpen	ca. 19°C	4,8 barg	6
R1234yf	Auto-Klimaanlagen	ca. 29°C	6,9 barg	4
R32	Luft/Luft-Wärmepumpen	ca. 52°C	18,3 barg	675
R152a	wird üblicherweise nicht verwendet	ca. 24°C	5,9 barg	124
R290 (Propan)	alle Typen von Kälteanlagen	ca. 42°C	9,8 barg	3
R1270 (Propen/Propylen)	Kühl- und Gefriergeräte	ca. 48°C	12,1 barg	2
R600 (Butan)	Kühlschränke	ca. 0,5°C	1,9 barg	4
R600a (Isobutan)	Kühlschränke und Haushaltsgeräte	ca. 12°C	3,1 barg	3

schwer entflammbare Kältemittel
mittel- und hochentzündliche Kältemittel

Abbildung 1: Beispiele für Kältemittel und Anwendungen

2.2 Sicherheitsklassifizierung

Wenn ein chemisches Produkt brennbar ist oder andere Gefahren aufweist, ist es gesetzlich vorgeschrieben, über diese Gefahr in einem Sicherheitsdatenblatt zu informieren.

2. Allgemeines zu brennbaren Kältemitteln

Die REACH-Verordnung (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) enthält Regeln, nach denen der Lieferant eines chemischen Produkts ein Sicherheitsdatenblatt mitliefern muss. Hier kann der Verwender ersehen, welche Maßnahmen zur Risikobegrenzung erforderlich sind. Zweck der Verordnung ist, dass alle chemischen Substanzen und Gemische sorgfältig untersucht und sicher verwendet werden.

Das Sicherheitsdatenblatt enthält Angaben zur Entflammbarkeit des Kältemittels. Die Brandgefahr wird gemäß GHS (Global Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) eingestuft. GHS ist ein internationales System, das von den Vereinten Nationen (UN) für alle Länder geschaffen wurde, um die Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Chemikalien gleichermaßen zu verstehen. GHS erhöht die Sicherheit beim grenzüberschreitenden Gefahrguttransport.

Klassifizierung:			Kennzeichnung:			
Gefahr:		Abkürzung:	Piktogramm:	Signalwort:	Code*:	Gefahrensatz:
Klasse:	Kategorie:	Klassifizierung (ohne H-Satz):	Kennzahl*		Kennzahl*	
Entzündbares Gas	Kategorie 1A Kategorie 1B	Flam. Gas 1A Flam. Gas 1B	 GHS02	Gefahr Gefahr	H220 H221	Extrem entzündbares Gas Entzündbares Gas
	Kategorie 2	Flam. Gas 2	kein Piktogramm	Achtung	H221	Entzündbares Gas

* = Angabe der Kennzahl der Gefahrenpiktogramme und der H-Sätze sind nicht verpflichtend

Abbildung 2: Klassifizierung und Kennzeichnung brennbarer Kältemittel nach CLP-Verordnung

2.3 Brand- und Explosionsgefahr

Nachstehende Parameter definieren die Gefahr eines brennbaren Gases:



Die Abkürzungen stammen zumeist von den englischen Fachbegriffen:

LFL	Lower Flammability Level
UFL	Upper Flammability Level
AIT	Auto Ignition Temperature
MIE	Minimum Ignition Energy
HOC	Heat of Combustion

Abbildung 3: Wichtige Parameter von brennbaren Gasen

2.3.1 Flammausbreitungsgeschwindigkeit

Der Unterschied zwischen Brand und Explosion ist die Verbrennungsgeschwindigkeit des Gases. In besonderen Fällen kann brennbares Kältemittel in Kombination mit einer Zündquelle zu einer Explosion führen. Das Gas brennt so schnell, dass ein deutlicher Druckanstieg eintritt. Eine Übersicht der Flammausbreitungsgeschwindigkeit verschiedener Kältemittel zeigt folgende Abbildung.

Kältemittel:	Bezeichnung CLP:	Sicherheitsklasse ÖNORM EN 378:	Flammausbreitungsgeschwindigkeit in cm/s bei +23°C und Atmosphärendruck:
R1234yf	entzündbares Gas	A2L	1,5
R32	entzündbares Gas	A2L	6,7
R152a	extrem entzündbares Gas	A2	23
R290	extrem entzündbares Gas	A3	47
R1270	extrem entzündbares Gas	A3	55
R600	extrem entzündbares Gas	A3	45
R600a	extrem entzündbares Gas	A3	36

schwer entflammbare Kältemittel
 mittel- und hochentzündliche Kältemittel

Abbildung 4: Flammausbreitungsgeschwindigkeit brennbarer Kältemittel

2.3.2 Untere und obere Entflammbarkeitsgrenze

Entflammbarkeit ist definiert als die Fähigkeit eines Kältemittels oder Wärmeträgers zur selbständigen Flammenausbreitung von einer Zündquelle.

Entzündbare Gasmische können sich nur entzünden, wenn das Verhältnis von Gas und Luft innerhalb der unteren und oberen Grenzen liegt. Diese werden untere und obere Entflammbarkeitsgrenze, auch unterer und oberer Flammpunkt oder untere und obere Explosionsgrenze genannt.

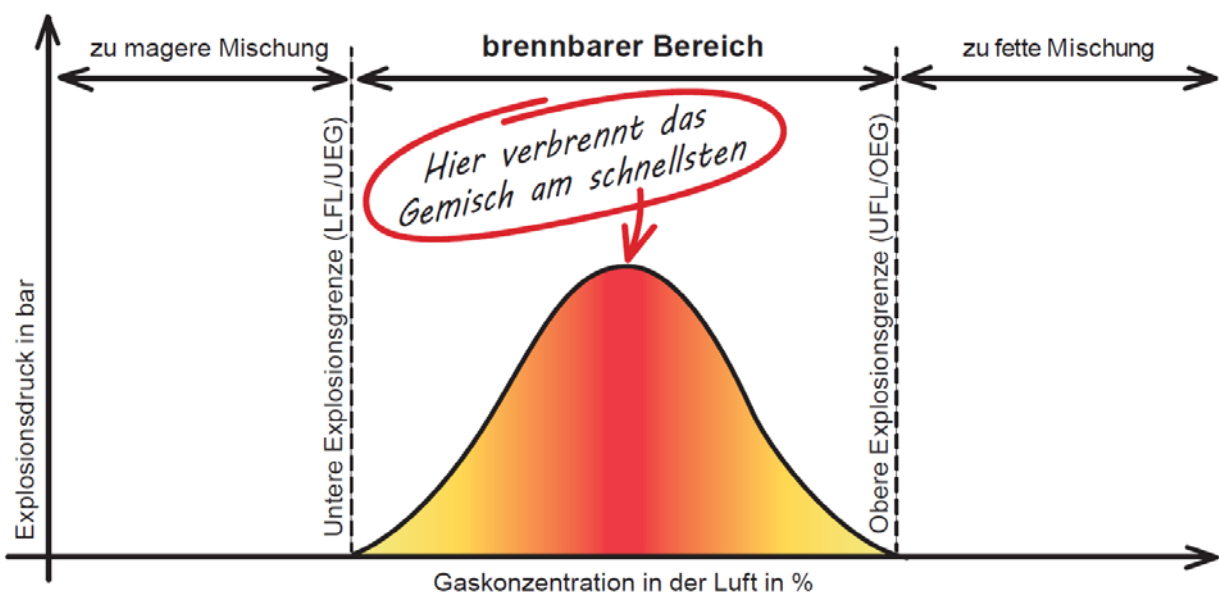


Abbildung 5: Explosionsgrenzen/Entflammbarkeitsgrenzen

2. Allgemeines zu brennbaren Kältemitteln

In Gasmischungen wird dieses Mischungsverhältnis üblicherweise in Volumsprozent [Vol.-%] angegeben. Wenn im Verhältnis zu der Luftmenge zu wenig oder zu viel Gas vorhanden ist, kann das Gasmisch nicht gezündet werden.

Diese Grenzwerte gelten als Richtwerte, da sie von Bedingungen wie Temperatur und Druck beeinflusst werden. Sowohl eine höhere Temperatur als auch ein höherer Druck erweitern den Bereich, in dem sich das Gemisch entzünden kann.

Kältemittel:	Untere Brennbarkeitsgrenze in kg/m ³ :	Untere Brennbarkeitsgrenze in Vol.-%:	Obere Brennbarkeitsgrenze in Vol.-%:
R1234ze(E)	0,303	7,0 *(bei + 30°C)	9,5 *(bei + 30°C)
R1234yf	0,289	6,5	12,3
R32	0,307	14,4	33,4
R152a	0,130	3,9	16,9
R290	0,038	2,1	9,5
R1270	0,046	2,4	11,0
R600	0,038	1,6	8,4
R600a	0,043	1,8	8,4

schwer entflammbare Kältemittel

mittel- und hochentzündliche Kältemittel

Abbildung 6: Entflammbarkeitsgrenzen bei + 20 °C und Atmosphärendruck *(Nicht brennbar bei + 20 °C nach Honeywell, September 2014)

Die untere Explosionsgrenze LFL (Lower Flammability Level) des Kältemittels hat großen Einfluss auf das maximale Füllvolumen bei der Auslegung von Kälteanlagen. Die maximal zulässige Füllmenge kann dann beispielsweise 20 % des LFLs multipliziert mit dem Raumvolumen betragen (wobei auch noch andere Einschränkungen auftreten können).

2.3.3 Minimale Zündenergie

Die minimale Zündenergie ist jene Energie, die erforderlich ist, um ein Gasmisch bei brennbarer Konzentration zu entzünden. Wenn das Gemisch am leichtesten entflammbar ist, muss mindestens diese Energie vorhanden sein, um es zu zünden.

Kältemittel:	Beispiele für Zündquellen:
A2L	Elektrischer Kurzschluss
	Heiße Oberflächen
A3	Jede Art von Funken kann eine potenzielle Quelle sein:
	• Funken beim Betätigen von Schaltern
	• Statische Entladung von Kleidung / Person
	• Funken, die von Stahlwerkzeugen auf einen Betonboden fallen
	• Statische Funken in schlecht geerdeten Anlagen
	Heiße Oberflächen

schwer entflammbare Kältemittel

mittel- und hochentzündliche Kältemittel

Abbildung 7: Beispiele für Zündquellen bei A2L und A3 Kältemittel

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist beim Entzünden eines brennbaren Gemisches mit A3-Kältemitteln weniger Energie erforderlich.

Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L sind schwer entzündbar und verbrennen mit geringer oder keiner Flammenausbreitung. Statische Elektrizität in Kleidungsstücken stellt keine Gefahr für A2L-Kältemittel dar, ist jedoch ein typisches Risiko beim Umgang mit Kältemitteln der Sicherheitsklasse A3.

3 Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug

In der CLP-Verordnung werden die meisten Kältemittel der Sicherheitsklasse A2L sowie der Klassen A2 und A3 als extrem entzündbare Gase eingestuft. Wenn die Gefahr besteht, dass eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht, müssen grundsätzlich alle für die Arbeiten verwendeten Geräte und Werkzeuge für die betreffende Zone (normalerweise Zone 2) zugelassen sein und das CE-Zeichen tragen.



Abbildung 8: Gerät zum Absaugen und Befüllen von brennbaren Kältemitteln (mit Füllmenge unterhalb der Bagatellgrenze)

3.1 Wichtige (persönliche) Schutzausrüstung

Die persönliche Schutzausrüstung (PSA) umfasst den Gehörschutz und die Verwendung von Sicherheitsschuhen, Schutzkleidung, kälteisolierenden Schutzhandschuhen aus Neopren oder Nitrilkautschuk sowie enganliegende Schutzbrillen oder Gesichtsschutz. Dies dient der Vermeidung von Erfrierungen auf der Haut und Augen beim unbeabsichtigten Freisetzen von flüssigem oder gasförmigem Kältemittel. Handschuhe sollten auch vor Hautkontakt mit Kältemaschinenöl schützen.

Es ist für Kältetechniker und Instandhaltungspersonal von Vorteil, wenn alle Geräte und Werkzeuge sowohl innerhalb als auch außerhalb der Ex-Zonen verwendet werden können. Unwahrscheinlich ist, dass energiearme Funken (z. B. elektrostatische Schalter) Kältemittel der Klasse A2L entzünden.

3. Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug

Selbst wenn dies der Fall wäre, verbrennen die Gase mit geringer oder keiner Flammenausbreitung. Schutzausrüstung und Werkzeuge, die keinen starken Funken bilden können (Kurzschluss), können daher bei Arbeiten an Kälteanlagen mit A2L-Kältemitteln verwendet werden.

Persönliche Schutzausrüstung:	A2L:	A2/A3:
Schutzbrille	keine besonderen Anforderungen	keine besonderen Anforderungen
Handschuhe und Sicherheitsschuhe	keine besonderen Anforderungen	elektrostatisch ableitend
Arbeitsgewand	keine besonderen Anforderungen	elektrostatisch ableitend

Abbildung 9: Persönliche Schutzausrüstung für die Brennbarkeitsklassen A2L oder A2/A3

Generell gilt, dass man nicht in einer Arbeitsumgebung arbeiten soll, wo (gasförmiges) Kältemittel ausgetreten ist, da alle Kältemittel auch bei geringen Gaskonzentrationen in der Luft eine gewisse Gesundheitsgefährdung darstellen. Die Gefahr liegt darin, dass Gase brennbar oder toxisch bzw. sauerstoffverdrängend sein können. Größere Leckagen, insbesondere in Innenräumen, können schnell zu einer gefährlichen Situation führen.

Es ist somit wichtig ausgetretenes Gas so früh als möglich zu erkennen. Da jedoch die Gase geruchlos, farblos und ohne Geschmack sind, ist eine permanente Überwachung der Kältemittelkonzentration mit einem **Gasdetektor** notwendig, um Warn- und Alarmgrenzen nicht zu überschreiten. Wichtig ist dabei, dass die Messsensoren im Gasdetektor auf das zu messende Gas (Kältemittel) abgestimmt sind.



Abbildung 10: Persönlicher Gasdetektor (Bild: Drägerwerk aG & Co. KGaA, Lübeck)

3. Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug

Durch die Belüftung des Arbeitsplatzes kann verhindert werden, dass sich eine explosionsfähige Atmosphäre bildet oder hohe Gaskonzentrationen eingeatmet werden. Eine sehr gute Möglichkeit, um Gasemissionen im Arbeitsbereich schnell zu verdünnen ist die Verwendung eines **mobilen Lüfters**. Wobei darauf geachtet werden muss, dass dieser explosionsgeschützt ausgeführt ist.



Abbildung 11: Mobiler explosionsgeschützter Lüfter (Bild: RDA Environmental Engineering Ltd)

Elektrostatische Entladungen können Funken verursachen. Kohlenwasserstoffe haben eine so geringe Zündenergie, dass Explosionen durch eine elektrostatische Entladung ausgelöst werden können.

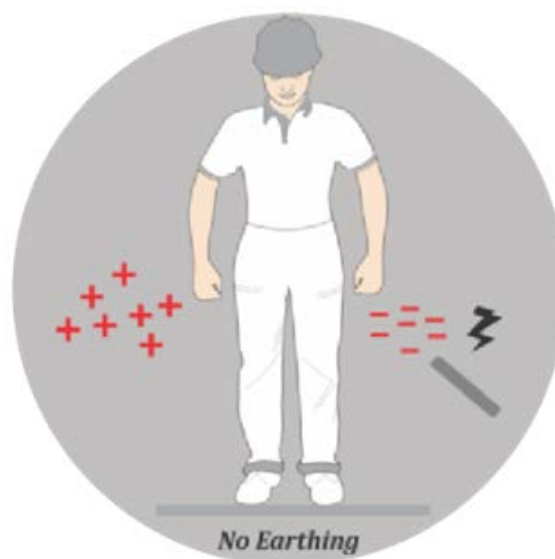


Abbildung 12: Menschen können mit statischer Elektrizität positiv oder negativ geladen werden (Bild: Excelite Plastics)

3. Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug

Kältemittelflaschen sollten beim Befüllen und Entleeren geerdet werden, hierfür gibt es eigene Kabel.



Abbildung 13: Kabel zur Erdung der Kältemittelflasche

Neben elektrostatisch ableitenden Handschuhen und Schuhen gibt es auch spezielle **Arbeitskleidung**, die auch als solche gekennzeichnet ist.


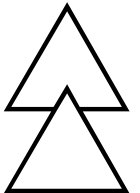

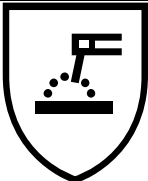
Symbol	Beschreibung	Norm	Beschreibung
	elektrostatisch ableitfähig	EN 1149-5	Kleidung, die in Bereichen getragen wird, in denen die Gefahr plötzlicher elektrostatischer Entladungen besteht.
	Schutz vor thermischen Gefahren eines Lichtbogens	IEC 61482-2	Bei einer Lichtbogenexplosion kann die Kleidung Flammen, Strahlung und flüssigen Metallspritzern von Elektroden sowie Hitze ausgesetzt sein, die Verbrennungen zweiten Grades verursachen könnte. Für einen vollständigen Schutz muss die Arbeitskleidung den gesamten Körper bedecken. Es gibt eine Einstufung in Klasse 1 (4 kA) und Klasse 2 (7 kA), wobei Klasse 2 den besten Schutz angibt
	Schutz vor Hitze und Flammen	EN ISO 11612	Kleidung aus Material, das darauf ausgelegt ist, den Körper des Trägers vor Hitze und/oder Flammen zu schützen
	Schutz bei kurzen Schweißarbeiten und ähnlichen Verfahren	EN ISO 11611	Diese Schutzkleidung schützt den Benutzer vor Funkenschlag bzw. kurzem Kontakt mit Flammen und verringert das Risiko eines elektrischen Schocks bei kurzem zufälligem Kontakt mit elektronischen Leitern

Abbildung 14: Kennzeichnung von Arbeitskleidung

Ist keine spezielle Arbeitskleidung vorhanden, sollte vor Beginn von Arbeit am Kältemittelkreislauf eine massive unlackierte Metallfläche berührt werden. Dies ermöglicht einen Potentialausgleich („Erdung“). Danach sollten in regelmäßigen Abständen geerdete Metallgegenstände berührt werden. Es empfiehlt sich Kleidung aus Baumwolle zu tragen, Wolle und synthetische Textilien sind zu vermeiden und die Füße beim Gehen anzuheben, da schlurfen zu statischer Aufladung führt. Wobei all diese Maßnahmen ein Restrisiko beinhalten und vorschriftsmäßige PSA nicht ersetzen.

3.2 Handwerkzeug

Handwerkzeuge wie Schraubenschlüssel und Schraubendreher aus Eisen oder Stahl können Funken erzeugen, wenn sie auf Stahl- oder Betonböden fallen. Die Zündung einer explosiven Atmosphäre hängt von der Energie des Funkens und seiner Dauer ab. Üblicherweise ist der Funke eines Winkelschleifers oder Elektroschalters weitaus gefährlicher als von einem leichten Handwerkzeug.

Auch wenn ein Werkzeug als „funkenfreies Werkzeug“ bezeichnet wird, ist es nicht ausgeschlossen, dass es zur Funkenbildung kommt, allerdings sind diese Funken viel schwächer als von Werkzeugen aus Eisen oder Stahl.

Funkenfreies Werkzeug ist aus Messing- oder Aluminiumbronze gefertigt, weist deshalb eine geringere Festigkeit und verschleißt schneller.

Es gilt somit für jeden Kältetechniker selbst das Dilemma zwischen geringerer Funkenbildung bei gleichzeitig höherem Verschleiß durch eine Risikoanalyse abzuschätzen. Das Ergebnis einer entsprechenden Risikoanalyse kann das Belüften des Arbeitsbereichs sein, sodass sich keine zündfähige Atmosphäre bilden kann.



Abbildung 15: Pressverbindungen (Bild: Conex Banninger)

Hartlöten ist die robusteste und dichteste Rohrverbindung für Kupferrohre. Der Nachteil des Lötens ist, dass es sich um Heißenarbeiten handelt, die Brandschutzmaßnahmen erfordern. Als Alternative können auch Rohrverbindungen mit Pressfittingen und mechanisch oder batteriebetriebene Pressen erstellt werden. Diese haben den Vorteil einer guten Verbindung ohne Wärmezufuhr zu ermöglichen. Beispiele sind Conex > B < MaxiPro, Parker ZoomLock oder Vulkan Lokring.



Abbildung 16: Analoge Manometerbrücke (Bild: Master cool)

Die **Manometer** müssen über eine, auf das verwendete Kältemittel abgestimmte Skala verfügen. Nur (schwarze) Vakuumschläuche halten Unterdruck stand. Andere Schläuche können sich zusammenziehen, wenn sie zum Vakuumieren verwendet werden, wodurch die Fehlinterpretation entstehen könnte, dass schon ein Vakuum erreicht ist.

3.3 Elektrowerkzeug

Elektrowerkzeuge sind Vakuumpumpe, digitale Vakuummeter, Absaugaggregate, Verlängerungskabel, elektronischer Manometerbrücken und Lecksuchgeräte. Dabei gilt es zu beachten, dass diese oft brennbare Kältemittel im Inneren des Geräts standhalten, jedoch keiner brennbaren Atmosphäre um das Gerät herum.



Abbildung 17: Vakuumpumpe (Bild: CPS Products)

Die **Vakuumpumpe** muss funkenfrei und für den Betrieb mit brennbaren Kältemitteln zugelassen sein. Beim Absaugen einer Bestandsanlage, wo Kältemittel im Öl gebunden sein kann, muss der Arbeitsbereich während des Arbeitens durchgehend mit einem Gasdetektor überwacht werden, da das aus der Vakuumpumpe entweichende Gas sowohl brand- als auch gesundheitsgefährdend sein kann. Die beste Lösung besteht darin, einen Schlauch vom Auslass der Vakuumpumpe ins Freie anzuschließen. Das Anschließen an eine Lüftung sollte nur im Notfall erfolgen, wenn die Lüftung direkt ins Freie geht und dort zu keinem Unfall führen kann. Wichtig ist immer die Kontrolle, dass es zu keiner Gefahr kommen kann. Eine bessere Lösung ist Belüften mit einem Serviceventilator.

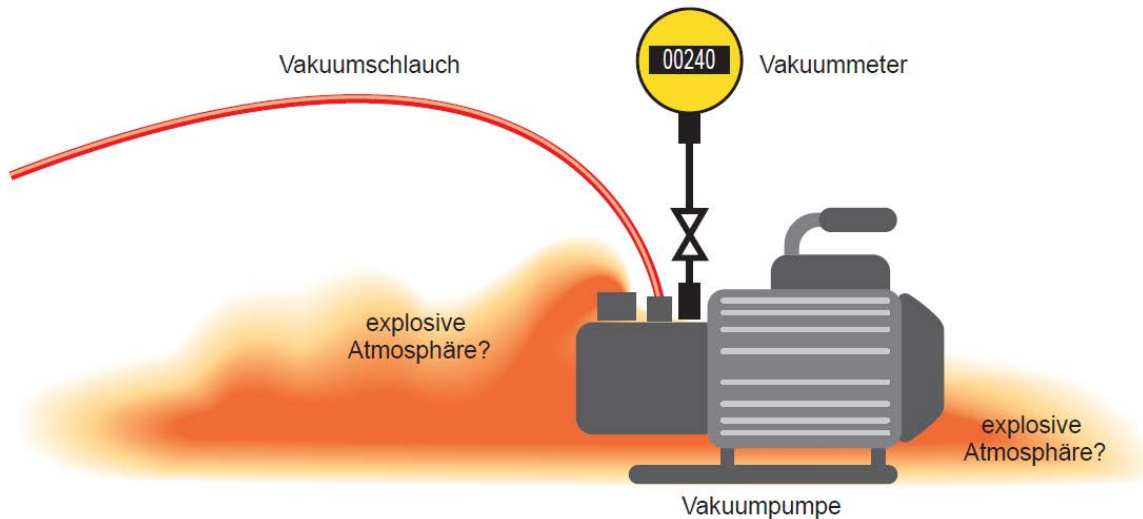


Abbildung 18: explosionsfähige Atmosphäre in und um eine Vakuumpumpe

Während des Absaugens einer Bestandsanlage ist der Arbeitsbereich als Ex-Schutz-Zone mit einem Schild "Offenes Feuer verboten" zu kennzeichnen. Der Arbeitsbereich umfasst als Richtwert einen Durchmesser von mindestens drei Metern um die Kälteanlage. Geräte im Arbeitsbereich, die eine Zündquelle bilden können, müssen VOR Arbeitsbeginn ausgeschaltet werden. Wenn das elektrische Kabel der Vakuumpumpe zu kurz ist, muss der Stecker VOR Beginn der Arbeit in ein Verlängerungskabel eingeführt werden.



Abbildung 19: Digitales Vakuummessgerät mit kabelloser Datenübertragung Bild: CPS Products)

3. Persönliche Schutzausrüstung und richtiges Werkzeug

Das Messprinzip eines digitalen **Vakuummessgeräts** basiert darauf, dass sich die Leitfähigkeit von Gasen verschlechtert, wenn die Anzahl der Gasmoleküle im System abnimmt. Dieses sollte an der Stelle im System montiert werden, die am weitesten von der Vakuumpumpe entfernt ist. Das liefert einerseits ein gutes Messergebnis und verhindert andererseits den Kontakt von über die Vakuumpumpe abgelassenes brennbares Gas.



Abbildung 20: Absaugaggregat (Bild: Bosch)

Absaugaggregate werden verwendet, um das Kältemittel aus einer Anlage ganz oder teilweise zu entleeren. Dieses Absaugaggregat ist eine kleine Kälteanlage, in der der Verflüssiger kondensierte Flüssigkeit in eine Kältemittel-Recyclingflasche fördert. Es gibt verschiedene Arten von Absaugaggregaten. Geräte mit internem Verdampfer können Kältemittel sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Phase entleeren, Geräte ohne Verdampfer können Kältemittel nur in der Gasphase ablassen. Der Vorteil des Absaugens in der Gasphase ist, dass das Öl in der Anlage verbleibt. Nachteilig ist, dass der Absaugvorgang so länger dauert. Unabhängig von der Art der Entleerungsanlage benötigt es Zeit, um die Kältemittelanlage zu entleeren.



Abbildung 21: Verlängerungskabel

Auf **Verlängerungskabel** sollte tunlichst verzichtet werden. Ist das Kabel der Vakuumpumpe oder des Absaugaggregats zu kurz, dann gibt es keine Alternative.

Geräte müssen VOR Beginn der Arbeiten an das Verlängerungskabel angeschlossen werden damit keine Funken im Arbeitsbereich entstehen. Der Adernquerschnitt des Verlängerungskabel muss so groß als möglich, mindestens jedoch 2 mm² sein und eine Gummiisolierung aufweisen. Es soll darauf geachtet werden, dass Kabel nicht länger als wirklich notwendig sind.



Abbildung 22: Elektronisches Lecksuchgerät (Bild: TIF)

Elektronische Lecksuchgeräte bilden eine einfache Möglichkeit, das Vorhandensein brennbarer Gase schnell zu erkennen.

Der Leckanzeiger muss in einem von brennbaren Gasen freien Raum eingeschaltet und kalibriert werden. Die Kalibrierung in einem Bereich mit brennbarem Gas führt zu einer falschen Kalibrierung und zu niedrigeren Messwerten als die tatsächlich vorhandene Konzentration. Dies kann in Folge dazu führen, dass brennbare Gase nicht erkannt werden.

Um das Risiko von Bränden, Explosionen und schweren Verletzungen zu verringern, darf der Batteriewechsel niemals in einer brennbaren Atmosphäre erfolgen.

4 Arbeiten mit brennbaren Kältemitteln

Die Arbeit mit Kältemitteln, ob natürlich oder synthetisch, kann Gefahren wie Sauerstoffverdrängung, Entflammbarkeit, Toxizität und physikalische Gefahren beinhalten. Das Arbeiten mit Kältemitteln stellt bei sachgemäßer Handhabung und Verwendung kein Gesundheitsrisiko dar, jedoch ist ein verantwortungsvoller Umgang Voraussetzung für sicheres Arbeiten. Kältemittelleckagen und deren Emissionen schädigen die Umwelt und verursachen unnötige Kosten.

4.1 Eigenschaften von Kältemitteln

Vor dem Hantieren, Arbeiten oder Transportieren von Kältemittel muss das Sicherheitsdatenblatt gelesen werden. Dieses wird vom Verkäufer (Inverkehrbringer) des Kältemittels bereitgestellt. Kältemittel haben niedrige Siedepunkte, d.h. sie kühlen die Umgebung beim Verdampfen schnell und stark ab, was zu Frostschäden führen kann. In der Gasphase sind die meisten Kältemittel, mit Ausnahme von Ammoniak und Methan, schwerer als Luft. Bei unzureichender Belüftung können sich daher im Erd- oder Bodenbereich hohe Gas-Konzentrationen bilden.

Abgesehen von Ammoniak haben natürliche und synthetische Kältemittel im Allgemeinen eine geringe Toxizität. Sehr hohe Gaskonzentrationen können jedoch durch Luftverdrängung (Sauerstoff) zu lebensbedrohlichen Herzrhythmusstörungen oder Erstickung führen. Die Exposition gegenüber hohen Konzentrationen von HKs, HFCs, HFOs oder CO₂ kann zu Konzentrationsverlust und Schläfrigkeit führen.

Luft im Kältemittelkreislauf ist unbedingt zu vermeiden, da Kältemittel vermischt mit Luft und zerstäubtem Kältemaschinenöl unter hohen Drücken (im Verdichter) brennbar und selbstentzündlich sein kann.

4.2 Gesundheitsgefahren durch Austreten von Kältemittel

Das Austreten von Kältemittel kann die Gesundheit beeinträchtigen oder zu Unfällen führen.

Daher sollten folgende Risiken immer berücksichtigt werden:

- schädliche Stoffe können durch Einatmen aufgenommen werden
- schädliche Stoffe können durch Hautkontakt sowie Spritzern in die Augen oder in den Mund aufgenommen werden
- entzündbare Luftgemische können sich bilden bzw. kann eine Brandgefahr entstehen durch explosive Eigenschaften des Stoffes können Verletzungen entstehen

Mit Hilfe der Risikobeurteilung sollten Gefahren identifiziert, bewertet und entsprechende Maßnahmen zu deren Vermeidung ergriffen werden. Wichtig ist, den Kältetechniker mit einem persönlichen Gasdetektor auszustatten.

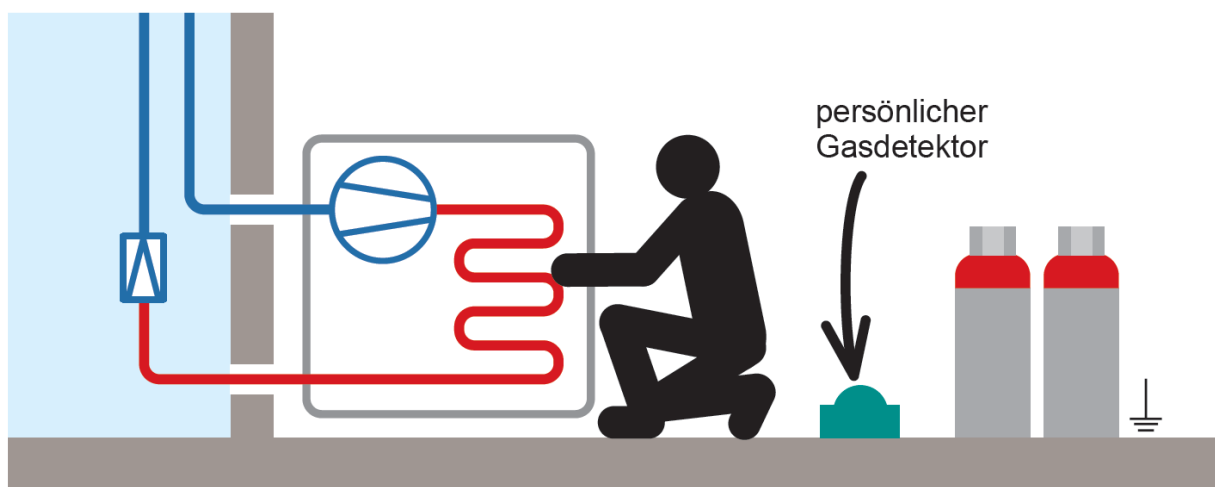


Abbildung 23: Der Gasdetektor warnt vor ausgetretenem Kältemittel (potenziell explosive oder toxische Atmosphäre)

Abgesehen von R1270 (Propen/Propylen), das einen leicht süßlichen Geruch hat, sind brennbare Kältemittel der Sicherheitsklassen A2L, A2 und A3 geruchlos, farblos und geschmacklos. Ein großes Leck in einem schlecht belüfteten Raum kann Luft verdrängen, ohne dass die menschlichen Sinne dies wahrnehmen. Zu beachten ist, dass der Detektor das betreffende Gas misst und nicht die O₂-Menge.

Unabhängig vom Kältemittel sollte das Einatmen von Kältemittelgas immer vermieden werden, da dies gesundheitsschädlich sein kann. Hohe Konzentrationen wirken einschläfernd und reduzieren die Aufmerksamkeit. Es kommt zur Erstickungsgefahr sowie Vergiftungs- oder Brandgefahr.

Besondere Aufmerksamkeit ist den neuen synthetischen HFOs zu widmen, da die gesundheitlichen Folgen einer Freisetzung derzeit noch nicht ausreichend erforscht sind. Freigesetztes HFO zersetzt sich innerhalb von ein bis zwei Wochen. Dabei entsteht eine toxische Spaltung, welche in geschlossenen Räumen, in denen im Laufe der Zeit ein Leck aufgetreten ist, eine Gefahr darstellen kann.

4.3 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Bei allen Arten von Arbeiten ist die entsprechende persönliche Schutzausrüstung zu verwenden. Dazu gehören unter anderem Gehörschutz, Sicherheitsschuhe, Schutzkleidung, kälteisolierende Schutzhandschuhe, enganliegende Schutzbrillen oder Gesichtsschutz wie im Kapitel 3.1 beschrieben. Vor Arbeitsbeginn ist eine Kontrolle dieser auf Unversehrtheit sowie das Vorhandensein etwaig erforderlicher Prüfplaketten oder Ablaufdatum durchzuführen.

Der persönliche Gasdetektor muss täglich vor jeder Arbeit mit einem, auf das Kältemittel mit dem gearbeitet wird, abgestimmten Prüfgas getestet werden und jährlich vom Hersteller kalibriert werden.

4.4 Selbstkontrolle der Geräte vor Arbeitsbeginn

Es gilt grundsätzlich gesetzliche oder normative Vorgaben zu Beachten. Darüber hinaus werden nachstehende Selbstkontrollen empfohlen:

- Werkzeuge und Schutzausrüstung sollten mindestens einmal im Jahr, vorzugsweise öfter, einer gründlichen Inspektion unterzogen werden.
- Digitalen Vakuummessgeräten sollten regelmäßig kalibriert werden.
- Die Absaugeinheit muss gemäß den Anweisungen des Herstellers geprüft werden, so müssen Trockner- und Schmutzfilter ausgetauscht, Hoch- und Niederdruckschalter kontrolliert und stromführende Kabel und Stecker auf Beschädigungen untersucht werden.
- Die Manometer der Manometerbrücke müssen einer visuellen Kontrolle unterzogen werden. Schläuche und Dichtungen werden vakuumiert, um Leckagen zu erkennen.
- Das elektronische Lecksuchgerät muss mit einer Referenzleckage getestet werden.

4.5 Vorbeugender Explosionsschutz

Bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereich sind technische oder organisatorische Maßnahmen zum Schutz gegen Explosionen in folgender Rangordnung zu treffen:

1. Explosionsschutz Verhindern explosiver Atmosphären (primärer Explosionsschutz)
2. Vermeidung von Zündquellen (sekundärer Explosionsschutz)
3. Begrenzung der Auswirkung von Explosionen (konstruktiver Explosionsschutz)

4.6 Vermeiden von offenen Flammen und heißen Oberflächen

Brennbare Kältemittel sollten niemals offenen Flammen, Funken oder Heizflächen ausgesetzt werden.

Synthetische Kältemittel sollten nicht mit offenen Flammen oder heißen Oberflächen in Berührung kommen, da giftige Zersetzungsprodukte entstehen können. Bei Kontakt von synthetischen Kältemitteln mit offenen Flammen entstehen geringe Mengen giftiger Dämpfe.

Bei umfangreichen Löt- oder Schweißarbeiten an bestehenden Anlagen, bei denen Ölrückstände synthetisches Kältemittel enthalten können, wird zum Schutz vor Zersetzungsprodukten Atemschutz mit separat zugeführter Atemluft empfohlen.

4.7 Sicherheit bei Arbeiten in Maschinenräumen

Durch die Überwachung der Kältemittelkonzentration mit einem Gasdetektor wird sichergestellt, dass Grenzwerte in der Umgebungsluft rechtzeitig erkannt werden. Elektronische Gaswarngeräte sind mittlerweile problemlos auf dem Markt erhältlich und eine gute Investition in die persönliche Sicherheit.

Werden größere Gasemissionen detektiert, sollte man aufstehen, sodass sich das Gas am Boden absetzen kann

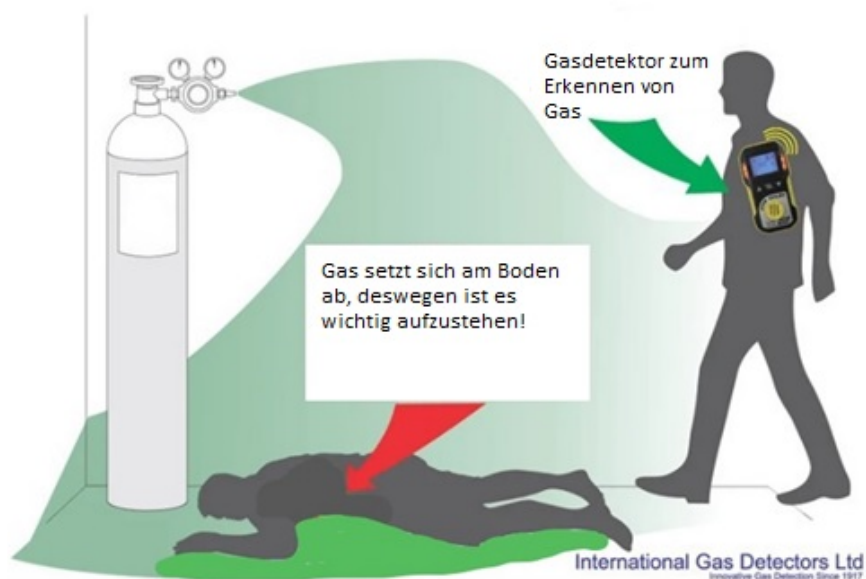


Abbildung 24: Gas setzt sich am Boden ab, deswegen ist es wichtig aufrecht zu gehen
(Bild: International Gas Detectors Ltd)

4.8 Ausreichende Belüftung

Räume müssen gut belüftet sein, um das Einatmen hoher Gaskonzentrationen zu vermeiden. Brennbare Kältemittel haben flüchtigere Bestandteile als nicht brennbare Kältemittel, was somit höhere Anforderungen an eine ausreichende Belüftung bedingt. Bei Verdacht auf eine Undichtigkeit in unbelüfteten Räumen ist die Verwendung eines mobilen explosionsgeschützten Lüfters wichtig.

Es ist auch darauf zu achten, dass Kältemittelgas aus einer Vakuumpumpe strömen sowie aus Öl beim Ölwechsel ausdampfen kann und somit rasch hohe Gaskonzentrationen ergeben können.

4.9 Lagerung und Handhabung

Kältemittelflaschen sollten an einem kühlen, trockenen und gut belüfteten Ort gelagert werden, geschützt vor Zündquellen, Sonnenlicht und Hitze. Um ein versehentliches Auslaufen zu verhindern, muss die Lagerung in der Nähe von Lüftungsöffnungen vermieden werden. Kältemittelflaschen müssen gegen Umkippen gesichert werden. Potentialunterschiede können beim Umfüllen von Kältemittel aus oder in die Flasche elektrostatische Aufladungen auslösen, daher ist auf eine ausreichende Erdung zu achten. Gebrauchte Flaschen dürfen nicht weggeworfen, sondern einem zugelassenen Entsorgungsunternehmen zugeführt werden.

4.10 Wie man mit Feuer umgeht

Im Brandfall können Kältemittelflaschen durch Druck überhitzen und bersten. Zum Kühlen der Flaschen kann Wasser verwendet werden. Beim Verbrennen von HFKW entstehen korrosive thermische Zersetzungsprodukte. Beim Löschen eines Feuers muss geeignete Schutzausrüstung verwendet werden.

4.11 Erste Hilfe im Notfall

Der richtige Umgang mit Kältemitteln bietet einen guten Schutz vor Gesundheitsschäden. Sollte dennoch ein Notfall auftreten gilt: ruhig reagieren und einleiten der nachfolgend beschriebenen Maßnahmen sowie aufsuchen eines Arztes:

- Stark eingeatmete Kältemittelkonzentration: Den Verunfallten an die frische Luft bringen, den Körper warmhalten und die Person ausruhen lassen.
- Atemstillstand oder unregelmäßige Atmung: künstliche Beatmung! Bei Herzstillstand Herzmassage durchführen oder Defibrillatoren verwenden.
- Hautkontakt: Betroffene Stellen mit viel lauwarmem Wasser abspülen. Mit Kältemittel getränkte Kleidung nicht ausziehen, da Erfrierungen dazu führen können, dass die Kleidung an der Haut kleben bleibt.
- Augenkontakt: Sofort mit viel klarem Wasser spülen oder Augen mindestens zehn Minuten lang ausspülen, dabei die Lider auseinanderhalten.

4.12 Ausbildung

Der Schlüssel zum richtigen, unfallfreien, Arbeiten an allen Kälteanlagen und insbesondere an Anlagen mit brennbaren Kältemitteln ist die richtige Ausbildung.

In Österreich gibt die ÖNORM EN 13313 „Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sachkunde von Personal“ eine gute Übersicht über das Ausmaß der Fähigkeiten, die Fachpersonal haben muss.

Darüber hinaus gilt es facheinschlägige österreichische und europäische Rechtsvorschriften sowie den aktuellen Stand der Technik (Normen) zu kennen und anzuwenden.

Ein Beispiel einer Checkliste über die Sach- bzw. Fachkunde von Kälteanlagen-Betreibern ist auf der nächsten Seite abgebildet.

Sach- bzw. Fachkunde von Kälteanlagen-Betreibern		
Name der sach- bzw. fachkundigen Person:	Datum der Evaluierung:	
	JA:	NEIN:
Die sach- bzw. fachkundige Person hat einen positiven Lehrabschluss im Gebiet der Kälteanlagen-technik?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die sach- bzw. fachkundige Person hat einen Meisterbrief im Gebiet der Klima- und Kältetechnik?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Person ist einer Beurteilung unterzogen worden, in der sie nachstehende Fähigkeit demonstriert hat:		
<ul style="list-style-type: none"> • Wissen über grundlegende Thermodynamik • Wissen über den Kältekreislauf, dessen Bauteile sowie Durchführen von Maßnahmen und Prüfungen von Kälteanlagen • Fertigkeit zur Ausführung eines vollständigen Rohrleitungskreislaufes mit Bauteilen (inkl. Wissen über Rohrleitungen, Anschlüsse und Ventile) • Ausführen von Maßnahmen zur Steuerung, Einstellung und Kontrolle der Funktion der sicherheitstechnischen Einrichtungen einer Kälteanlage. • Fähigkeit zur Benutzung und Handhabung von Fluiden unter Berücksichtigung der jeweiligen Besonderheiten • Verstehen der im Gebiet des Betriebs geltenden Gesetzgebung und Normen 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Beispiele zu den Inhalten obiger Fragen:		
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Thermodynamik Kennen der grundlegenden SI-Einheiten, z. B. Temperatur, Druck, Masse, Dichte, Energie Verstehen der grundlegenden Begriffe der Kältetechnik, z. B. Enthalpie und Entropie, Druck, Temperatur, Kälteleistung, Energieverbrauch, Energiereduzierung, Überhitzung, Unterkühlung, Flüssigkeits- und Dampfqualität Beschreiben und Anwenden eines log(p),h-Diagrammes aller Kältemittel, auch im transkritischen Bereich Kennen der Anwendung von Tabellen für den gesättigten und den überhitzten Dampf aller Kältemittel in Zusammenhang mit log(p),h-Diagrammen, Zeichnen einer Darstellung eines Kältekreislaufs Verstehen der Bedeutung unterschiedlicher Druckarten (z. B. Auslegungsdruck, absoluter und relativer Druck, Festigkeit, Prüfdruck) • Bauteile und Prüfungen von Kälteanlagen Kältemittelkreislauf (Kälte-, Klima- und Wärmepumpeninstallation) und deren Komponenten wie Verdichter, Druckbehälter, Verflüssiger, Gaskühler, Flüssigkeitssammler, Flüssigkeitsabscheider, Verdampfer, Expansionsventile, Schmiersystem, Abtauanlagen eines Verdampfers Druckfestigkeitsprüfung, Vakuumprüfung, Dichtheitsdruckprüfung zur Leckageerkennung Entfernen von Feuchtigkeit und nichtkondensierbaren Gasen vom Kältemittelkreislauf durch Evakuierung mit Vakuumpumpen Bestimmen der geforderten Kältemittelfüllung Füllen des Kreislaufs mit Kältemittel, Überprüfen der Kältemittelfüllung, einschließlich Dichtheitsprüfung • Rohrleitungen, Anschlüsse und Ventile Ventile, Anschlüsse, thermische Dämmung, Rohrhalterungen • Sicherheitszubehör Druckentlastungseinrichtung, Temperaturbegrenzungseinrichtung, Druckentlastungsventil, Wechselventil, Berstscheibe, Überströmventil, Baumustergesprüfter Temperaturbegrenzer, Druckwächter, Druckbegrenzer, Sicherheitsdruckbegrenzer, Kältemitteldetektor • Fluide Auswirkungen von Kältemitteln auf die Umwelt wie ODP, GWP und CO₂-Äquivalent Sichere Lagerung, Transport und Handhabung von Kältemittelbehälter Wärmeträger, Kältemaschinenöl Qualität des Kältemittels, Toxizität, Entflammbarkeit, Rückgewinnung, Recycling, Wiederaufbereitung, Entsorgung 		
UNTERSCHRIFT, dass das obige Formular gewissenhaft ausgefüllt wurde:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center;">..... Datum</p> <p style="text-align: center;">..... Sach- bzw. fachkundige Person</p> </div>		

Abbildung 25: Checkliste Sach- und Fachkunde von Betreibern

5 Reparatur an Kälteanlagen

Wenn für Wartung und Reparatur ein Öffnen des Kältemittelkreislaufs erforderlich ist, müssen die Arbeiten schnell ausgeführt werden. Der Kältemittelkreislauf sollte nicht länger als 15 Minuten geöffnet sein, um das Eindringen von Feuchtigkeit in das System zu vermeiden. Der Kältemittelkreislauf ist daher erst dann zu öffnen, wenn alle für die Ausführung der Tätigkeiten erforderlichen Komponenten und Werkzeuge bereit sind. Falls die Arbeiten unterbrochen werden müssen, muss der Kältemittelkreislauf geschlossen und mit Stickstoff mit geringem Überdruck gefüllt sein. Wenn der Kältemittelkreislauf geöffnet wird, müssen Filtertrockner immer ausgetauscht werden.

Drei Grundregeln, die immer befolgt werden müssen:

1 Überwachung der Gaskonzentration

Schalten Sie den persönlichen Gasdetektor ein, bevor Sie den Arbeitsbereich betreten. Wenn der Detektor eine gefährliche Gaskonzentration anzeigt, ist der Arbeitsplatz sofort zu räumen und die nachfolgenden Maßnahmen 2. (Belüftung des Arbeitsbereiches) und 3. (Beseitigung von Zündquellen) einzuleiten. Der Gasdetektor darf erst ausgeschaltet werden, wenn die Tätigkeiten abgeschlossen sind.



Abbildung 26: Persönlicher Gasdetektor
(DrägerwerkAG & Co. KGaA, Lübeck)

2 Belüftung des Arbeitsbereiches

Sorgen Sie für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsbereiches während der gesamten Tätigkeiten.



Abbildung 27: Ein explosionsgeschützter Lüfter ist bei Arbeiten mit brennbarem Kältemittel Standard (Bild: RDA Environment Engineering Ltd.)

3 Beseitigung von Zündquellen

Die Arbeiten dürfen erst begonnen werden, wenn alle Zündquellen beseitigt sind. Während der gesamten Arbeit muss ein Pulver-Feuerlöscher der Klasse C bereitstehen.

6 Checklisten für Wartungs- und Reparaturbeispiele

Der folgende Abschnitt wurde den Leitfaden für brennbare Kältemittel der ASERCOM entnommen. Die Veröffentlichung erfolgt freundlicher Genehmigung dieser ASERCOM. Darin sind Checklisten für Wartungs- und Reparaturarbeiten angeführt.

6.1 Verdichterreparatur ohne Ex-Zone: Ventilplatte ersetzen

Beispiel: Ersetzen einer Ventilplatte eines halbhermetischen Hubkolbenverdichters mit A2L Kältemittel R454C. Der Verdichter ist in einem Verbund in einem Maschinenraum.

Besondere Werkzeuge oder Vorbedingungen:

- Mobiles A2L Gaswarngerät
- A2L Lecksuchgerät
- A2L Feuerlöscher
- A2L Rückgewinnungsgerät
- Vakuumpumpe mit externem Schalter, außerhalb des Raums
- Zusätzlicher Ventilator
- A2L funkenfreies Werkzeug ist nicht notwendig
- Vermeide Ex-Zone! Vermeide / prüfe auf Leck!

Arbeitsschritte bzw. Vorbedingungen:

1. Geschulte Arbeitskraft
2. Risikobewertung der Anlage lesen/erfragen
3. Feuerlöscher für A2L bereitstellen
4. Warnschilder aufstellen, besonders dort, wo Kältemittel hin abgelassen wird
5. Verdichter/Kälteanlage spannungsfrei schalten
6. Ventilation an (ev. zusätzlichen Ventilator aufstellen)
7. Mit Gaswarngerät reingehen und regelmäßig mit mobilem oder fest installiertem Gaswarngerät prüfen
8. Verdichterabsperrentile schließen
9. Druck ablassen (kleinere Mengen gasförmig nach draußen ablassen, wo Warnschilder stehen)
10. Ölheizung an
11. Verdichter evakuieren (Austritt der Vakuumpumpe nach draußen leiten, wo Warnschilder stehen)
12. Verdichter mit Stickstoff füllen
13. Verdichter öffnen und Ventilplatte ersetzen
 - a. Gaskonzentration mit mobilem Gaswarngerät überwachen
 - b. Arbeit abbrechen, wenn Gaskonzentration Alarmniveau erreicht und auf Ventilation warten
14. Verdichter schließen
15. Dichtheit mit Stickstoff prüfen
16. Verdichter evakuieren
17. Verdichterabsperrentile öffnen
18. Warnschilder entfernen
19. Verdichter wieder in Betrieb nehmen

6.2 Verdichteraustausch ohne Ex-Zone

Beispiel: Ersatz eines halbhermetischen Hubkolbenverdichters mit A2L Kältemittel R454C. Der Verdichter ist in einem Verbund in einem Maschinenraum. Der Raum hat etwas Ventilation. Es ist kein Leck aufgetreten.

Besondere Werkzeuge oder Vorbedingungen:

- Mobiles A2L Gaswarngerät
- A2L Lecksuchgerät
- A2L Feuerlöscher
- A2L Rückgewinnungsgerät
- Vakuumpumpe mit externem Schalter, außerhalb des Raumes
- Zusätzlicher Ventilator
- A2L funkenfreie Werkzeuge ist nicht notwendig
- Vermeide Ex-Zone! Vermeide / prüfe auf Leck!

Arbeitsschritte bzw. Vorbedingungen:

1. Geschulte Arbeitskraft
2. Risikobewertung der Anlage lesen/erfragen
3. Feuerlöscher für A2L bereitstellen
4. Warnschilder aufstellen, besonders dort, wo Kältemittel hin abgelassen wird
5. Verdichter/Kälteanlage spannungsfrei schalten
6. Ventilation an (ev. zusätzlichen Ventilator aufstellen)
7. Mit Gaswarngerät reingehen und regelmäßig mit mobilem oder fest installiertem Gaswarngerät prüfen
8. Verdichterabsperrentile schließen
9. Druck ablassen (kleinere Mengen gasförmig nach draußen ablassen, wo Warnschilder stehen)
10. Ölheizung an
11. Verdichter evakuieren (Austritt der Vakuumpumpe nach draußen leiten, wo Warnschilder stehen)
12. Verdichter mit Stickstoff füllen
13. Verdichter ausbauen
 - a. Absperrventile an Rohrleitungen lassen
 - b. Absperrventile mit Lecksuchgerät auf Dichtheit prüfen
 - c. Verdichteranschlüsse mit Flanschen oder Ventile dicht schließen
 - d. Ausgebauten Verdichter evakuieren
 - e. Ausgebauten Verdichter mit Stickstoff füllen
14. Warnaufkleber "brennbares Gas" auf Verdichter für Rücksendung anbringen
15. Ersatzverdichter einbauen
16. Ersatzverdichter evakuieren
17. Verdichterabsperrentile öffnen
18. Warnschilder entfernen
19. Verdichter wieder in Betrieb nehmen

6.3 Verdichteraustausch in Ex-Zone: Leckage an Verdichter

Beispiel: Ersatz eines halbhermetischen Hubkolbenverdichters mit A2L Kältemittel R454C. Der Verdichter ist in einem Verbund in einem Maschinenraum. Der Raum hat etwas Ventilation. Ein Leck ist aufgetreten, möglicherweise am Verdichter, sodass brennbares Kältemittel in der Raumluft ist.

Besondere Werkzeuge oder Vorbedingungen:

- Mobiles A2L Gaswarngerät
- A2L Lecksuchgerät
- A2L Feuerlöscher
- A2L Rückgewinnungsgerät
- Vakuumpumpe mit externem Schalter, außerhalb des Raumes

- Zusätzlicher Ventilator
- A2L funkenfreie Werkzeuge – nicht notwendig
- Vermeide Ex-Zone! Vermeide / prüfe auf Leck!

Erstes Ziel: Ex-Zone loswerden und dann mit A1 Routinewerkzeug arbeiten!

Arbeitsschritte bzw. Vorbedingungen:

1. Geschulte Arbeitskraft
2. Risikobewertung der Anlage lesen/erfragen
3. Feuerlöscher für A2L bereitstellen
4. Warnschilder aufstellen, besonders dort, wo Kältemittel hin abgelassen wird
5. Verdichter/Kälteanlage spannungsfrei schalten
 - a. Alle Anlagen im Maschinenraum
 - b. Gaswarnanlage in Betrieb lassen
6. Ventilation an (ev. zusätzlichen Ventilator aufstellen)
7. Prüfe Ausblasbereich der Ventilation auf Sicherheit für Personen sowie Warnschilder aufstellen, besonders dort, wo Kältemittel hin abgelassen wird
8. Mit Gaswarngerät reingehen und regelmäßig mit mobilem oder fest installiertem Gaswarngerät prüfen
9. Finde das Leck, stelle es ab!
 - a. Ist das Leck am Verdichter: Verdichterabsperrventile schließen
 - b. Ist das Leck an anderer Stelle: sperre diesen Anlagenteil ab
10. Gehe raus und warte bis die Atmosphäre nicht mehr zündfähig ist
11. Arbeite dann ohne Ex-Zone
12. Bei Leck an anderer Stelle der Anlage
 - a. Anlagenteil mit Stickstoff füllen
 - b. Leck beseitigen
 - c. Anlagenteil evakuieren
 - d. Absperrung des Anlagenteils öffnen
13. Verdichterabsperrventile schließen
14. Druck ablassen (kleinere Mengen gasförmig nach draußen ablassen, wo Warnschilder stehen)
15. Ölheizung an
16. Verdichter evakuieren (kleinere Mengen gasförmig nach draußen ablassen, wo Warnschilder stehen)
17. Verdichter mit Stickstoff füllen
18. Verdichter ausbauen
 - a. Absperrventile an Rohrleitungen lassen
 - b. Absperrventile mit Lecksuchgerät auf Dichtheit prüfen
 - c. Verdichteranschlüsse mit Flanschen oder Ventile dicht schließen
 - d. War das Leck am Verdichter, dann schließen oder wenigstens abdichten, um Eindringen von Luft zu verhindern
 - e. Ausgebauten Verdichter evakuieren
 - f. Ausgebauten Verdichter mit Stickstoff füllen
19. Warnaufkleber "brennbares Gas" auf Verdichter für Rücksendung anbringen
20. Ersatzverdichter einbauen
21. Ersatzverdichter evakuieren
22. Verdichterabsperrventile öffnen
23. Verdichter wieder in Betrieb nehmen
24. Kältemittelfüllmenge ergänzen
25. Warnschilder entfernen

6.4 Kältemittelumstellung von R404A auf R454C: Kältemittelumstellung auf A2L ohne oder mit begrenzter Ex-Zone

Beispiel: Eine bestehende kleine Kälteanlage soll umgestellt werden von R404A auf das brennbare A2L-Kältemittel R454C. Eine Ex-Zone soll soweit möglich vermieden werden.

Information

A2L Kältemittel können in Bestandsanlagen nur verwendet werden, wenn Sicherheitsnormen und lokale Vorschriften dies ermöglichen.

Die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen müssen ergriffen werden. Das kann je nach Fall eine ausreichende Raumgröße sein, ausreichende Ventilation oder eine Gaswarnanlage, die die Elektrik im gefährdeten Bereich abschaltet und Alarm im Raum und außerhalb des Raumes gibt.

Die Bewertung des Risikos muss vor der Umstellung geschehen!

Besondere Werkzeuge oder Vorbedingungen:

- Mobiles A2L Gaswarngerät
- A2L Lecksuchgerät
- A2L Feuerlöscher
- A2L Rückgewinnungsgerät
- Vakuumpumpe mit externem Schalter, außerhalb des Raumes
- Zusätzlicher Ventilator
- A2L funkenfreie Werkzeuge – nicht notwendig

Arbeitsschritte bzw. Vorbedingungen:

1. Geschulte Arbeitskraft
2. Prüfe Kompatibilität der Bauteile mit dem neuen A2L Kältemittel (Prüfe mit den Bauteilherstellern bzw. deren Dokumentation/Apps)
3. Risikobewertung der Anlage lesen/erfragen
4. Prüfe, ob die Ventilation des Raumes für A2L geeignet ist?
5. Finde den Hauptschalter
6. Feuerlöscher für A2L bereitstellen
7. Warnschilder aufstellen, besonders dort, wohin Kältemittel abgelassen wird
8. Verdichter/Kälteanlage spannungsfrei schalten
9. Prüfe mit R404A-Lecksuchgerät auf Dichtheit
10. Sauge die Niederdruckseite mit dem Verdichter ab
11. R404A mit dem Absauggerät bis zum niedrigst möglichen Druck absaugen (sehr kleine Reste R404A können ggf. in der Anlage bleiben)
12. Ölheizung an
13. Öl austauschen, wenn verfärbt
14. Anlage evakuieren
15. Notwendige Teile austauschen
16. Mit Stickstoff auf Dichtheit prüfen
17. Druckschalter prüfen (Saugdruckschalter einstellen, um Betrieb im Unterdruck zu vermeiden)
18. Anlage evakuieren
19. Anfangen Anlage mit A2L-Kältemittel zu füllen sowie das mobile Gaswarngerät für A2L aktiv haben und die Ventilation an
20. Aufkleber brennbares Gas auf Verdichter und Anlage anbringen
21. Aufkleber brennbares Gas auf Maschinenraumbür außen anbringen

- 22. Anlagenlogbuch auf neuen Stand bringen mit neuem A2L Kältemitteltyp und -menge sowie Neue Schaltwerte der Druckschalter eintragen
- 23. Betriebsanleitung der Anlage auf neuen Stand bringen mit neuem Kältemittel
- 24. Risikobeurteilung der Anlage und Gefährdungsbeurteilung auf neuen Stand bringen mit A2L Kältemittel

7 Transport

Ein Kältetechniker darf eine begrenzte Menge Kältemittel zur Baustelle transportieren, um dort eine Montage, ein Service oder eine Wartung durchzuführen.

Maßgebend für die Menge ist die Summe aller Gefahrstoffe im Fahrzeug. Wie viel Liter oder Kilogramm im Servicewagen mitgeführt werden dürfen, hängt von der Menge und Gefahr jedes einzelnen Stoffes ab.

Die Gefährlichkeit des Stoffes wird in verschiedene Transportkategorien eingeteilt. Unabhängig davon, ob nur ein Stoff oder mehrere Stoffe zusammen transportiert werden, muss der Kältetechniker die Gefährdungsberechnung durchführen, um festzustellen, ob der Transport erlaubt ist. Diese ist unabhängig von der Transportkategorie.

Die zulässige Menge für einen Kältetechniker ist mit einer absoluten Grenze definiert, die als 1000-Punkte-Grenze bzw. „Handwerkerbefreiung“ bezeichnet wird, weil eben Waren mit dem Maximalwert von 1000 Punkten befördert werden dürfen. Diese Punkte errechnen sich als Produkt der Beförderungsmenge und eines Multiplikationsfaktors, der stoffabhängig ist. Die Multiplikationsfaktoren sind in nachstehender Abbildung aufgelistet.

Für verflüssigte Gase wie z. B. Kältemittel gilt die Nettomasse in kg als Beförderungsmenge.

Kältemittel:	ADR-Klasse:	ADR-Klassifizierungscode:	UN-Nr.:	Multiplikationsfaktor:
R32	2	2F	3252	3
R1234yf	2	2F	3161	3
R1234ze(E)	2	2A	3163	1
R744	2	2A	1013	1
R717	2	2TC	1005	20
R290	2	2F	1978	3
R1270	2	2F	1077	3
R600	2	2F	2037	3
R600a	2	2F	1969	3

Abbildung 28: Übersicht der Multiplikationsfaktoren verschiedener Kältemittel zur Errechnung der Handwerkerbefreiung


Es zählt jedoch die Gesamtpunkteanzahl ALLER Gefahrstoffe, somit auch aller mitbeförderten technischen Gase. Für verdichtete Gase gilt der nominale Fassungsraum (Nenninhalt in Liter), bei flüssigen Gasen wie z. B. Kältemittel gilt die Nettomasse in kg als Beförderungsmenge.

8. Einstufung und Kennzeichnung explosionsfähiger Bereich

Stoff:	ADR-Klasse:	ADR-Klassifizierungscode:	UN-Nr.:	Multiplikationsfaktor:
CO ₂ Schutzgas	2	2A	1013	1
Propan Brenngas	2	2F	1965	3
Acetylen, gelost	2	4F	1001	3
Sauerstoff, verdichtet	2	1O	1072	1
Stickstoff, verdichtet	2	1A	1066	1
Argon, verdichtet	2	1A	1006	1
Formiergas 90/10	2	1F	1954	3
Formiergas 95/5	2	1A	1956	1

Abbildung 29: Übersicht der Multiplikationsfaktoren verschiedener technischer Gase zur Errechnung der Handwerkerbefreiung

Ist man mit dem System vertraut, kann man leicht das Transportdokument für die Beladung ausfüllen. Dies liegt daran, dass bei den meisten Serviceeinsätzen dieselben Gase und Gefahren vorhanden sind. Für jeden Transport muss jedoch ein Transportdokument ausgefüllt werden. Zusätzlich zu der Bewertung müssen die Gasflaschen mit einem Gefahrensymbol gekennzeichnet sein, das die Gefahr(en) des Stoffes visuell anzeigt.



Gefahrenhinweise:

- Von Hitze, Funken, offenen Flammen und heißen Oberflächen fernhalten - Rauchen verboten.
- Gasleckfeuer nicht löschen, es sei denn, das Leck kann sicher gestoppt werden.
- Alle Zündquellen entfernen, wenn dies sicher möglich ist. Vor Sonnenlicht schützen. An einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.

Abbildung 30: Gefahrenhinweis brennbares Gas

8 Einstufung und Kennzeichnung explosionsfähiger Bereich

Bereiche können in drei unterschiedliche Zonen eingeteilt werden. Ausschlaggebend dafür sind die Abschätzung von Ausmaß, Häufigkeit und Dauer des Auftretens etwaiger explosionsfähiger Bereiche:

Zone 0: Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphären als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden sind.

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

Zone 2: Bereich, in dem bei Normalbetrieb explosionsfähige Atmosphären als Gemisch aus Luft

Eine Zoneneinteilung hat dann zu erfolgen, wenn eine explosionsfähige Atmosphäre so gebildet werden kann, dass besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden müssen. Sind Füllmengen so gering, dass keine besondere Gefahr entstehen kann, muss auch keine Standortklassifizierung und Zonenkarte erfolgen (Bagatellgrenzen je nach Anlagentyp).

9 Risikoanalyse

„Risiko“ ist ein Maß dafür, wie gefährlich etwas ist. Zur Beurteilung dieses Risikos muss somit eine „Risikobeurteilung“ durchgeführt werden, diese umfasst:

1. Risikoanalyse, bestehend aus
 - Festlegung der Grenzen der Kälteanlagen
 - Identifizierung der Gefährdungen
 - Risikoeinschätzung
2. Risikobewertung

Eine Möglichkeit der Bewertung der Wahrscheinlichkeit und Auswirkung bilden die beiden nachstehenden Tabellen:

Wert:	Wahrscheinlichkeit:	Beschreibung:
1	sehr selten (sehr unwahrscheinlich)	weniger als einmal in 5 Jahren
2	selten (unwahrscheinlich)	einmal zwischen 1 und 5 Jahren
3	gelegentlich (weniger wahrscheinlich)	einmal zwischen 6 Monaten und 1 Jahr
4	oft (wahrscheinlich)	einmal zwischen 6 Monaten und 2 Wochen
5	sehr oft (sehr wahrscheinlich)	öfter als einmal alle 2 Wochen

Abbildung 31: Risikoeinschätzung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses

Wert:	Auswirkung:	Beschreibung:
1	harmlos (ungefährlich)	Personenschaden ohne Krankenstand
2	geringe Gefahr	Personenschaden mit Krankenstand unter 3 Tagen
3	gefährlich	Schwere Verletzungen mit Krankenstand über 3 Tagen
4	kritisch	bleibende Verletzungen
5	katastrophal	Tod

Abbildung 32: Risikoeinschätzung der Auswirkung eines Ereignisses

Das Risiko ist Produkt der Wahrscheinlichkeit multipliziert mit der Auswirkung:

sehr selten	1	1	2	3	4	5
selten	2	2	4	6	8	10
gelegentlich	3	3	6	9	12	15
oft	4	4	8	12	16	20
sehr oft	5	5	10	15	20	25
		1	2	3	4	5
		harmlos	geringe Gefahr	gefährlich	kritisch	katastrophal

Abbildung 33: Risikoanalyse unter Verwendung der Skala zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit sowie der Auswirkung

Die Risikoanalyse gibt somit das zu erwartende Risiko auf Grund der Wahrscheinlichkeit und der Auswirkung eines Ereignisses (Gefährdung) dar. Ereignisse werden nach den Farbcodes Grün (akzeptables Risiko), Gelb (Risiko, das nicht in Kauf genommen werden kann) und Rot (inakzeptables Risiko) gekennzeichnet.

Wert:	Risiko:	Beschreibung:
1-8 (grün)	nieder	Akzeptables Risiko Maßnahmen haben wenig Sinn, da sie zu keiner wesentlichen Risikominderung führen. Potenzielle Ereignisse müssen jedoch überwacht werden, damit das Risiko nicht steigt.
9-14 (gelb)	mittel	Risiko, das nicht in Kauf genommen werden kann, aber nicht höchste Priorität hat Maßnahmen zur Risikominderung müssen umgesetzt werden, der Betrieb kann jedoch in der Zwischenzeit fortgesetzt werden. Als sehr wahrscheinlich definierte Ereignisse werden als gelb gekennzeichnet, auch wenn diese nicht schwerwiegend sind, da es inakzeptabel wäre, wenn unerwünschte Ereignisse zu oft auftreten würde.
15-25 (rot)	hoch	Inakzeptables Risiko Alle Vorgänge werden sofort unterbrochen, bis Maßnahmen zur Risikominimierung getroffen wurden, um das Risiko auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

Abbildung 34: Übersicht der Risikoeinstufung und deren Beschreibung

Somit erkennt man sehr anschaulich, welches Risiko zuerst durch entsprechende Maßnahmen minimiert werden müssen, wobei angemerkt sein soll, dass jede Änderung ebenfalls einer neuen Risikoanalyse unterzogen werden muss.

10 Explosionsschutzdokument

Das Explosionsschutzdokument ist ein Dokument im internen Kontrollsystem, das einen Gesamtüberblick über die Verwendung und den Umgang mit brennbaren Kältemitteln im Betrieb bietet. Es kann sich auf Risikobewertungen, Vorschriften, Normen und andere Dokumente beziehen, die nicht im Explosionsschutzdokument selbst aufgenommen wurden.

Das Explosionsschutzdokument muss an die Umstände der jeweiligen Kälteanlage angepasst werden. Es sollte gut strukturiert, leicht lesbar und kurz sein, um ein allgemeines Verständnis der Situation zu vermitteln. Beispielinhalt ist:

- Beschreibung des Aufstellungsortes und der Umgebung
- Beschreibung der Kälteanlage
- Beschreibung des brennbaren Kältemittels und dessen Eigenschaften
- Präventive Maßnahmen und Schutz vor Explosionen
- Umsetzung präventiver Maßnahmen gegen Explosionen
- Koordination präventiver Maßnahmen gegen Explosionen

Ein Beispiel eines solchen Explosionsschutzdokuments ist auf den nächsten Seiten zu entnehmen.

Explosionsschutzdokument	
Anlage:	
Firma:	
Gebäude:	
Explosionsgefährdete Anlage:	
Explosionsgefährdeter Raum/Bereich:	
Gebäudedaten:	
Raumvolumen:	
Fläche des Aufstellungsorts:	
Beschreibung der Anlage:	
Füllmenge:	
Maximal erlaubte Füllmenge:	
Standort nach ÖNORM EN 378:	<input type="checkbox"/> I: mechanische Geräte im Personenaufenthaltsbereich <input type="checkbox"/> II: Verdichter im Maschinenraum oder Freien <input type="checkbox"/> III: kältemittelführende Teile im Maschinenr. oder Freien <input type="checkbox"/> IV: Belüftetes Gehäuse
Zugangskategorie nach ÖNORM EN 378:	<input type="checkbox"/> a: Allgemeiner Zugangsbereich <input type="checkbox"/> b: Überwachter Zugangsbereich <input type="checkbox"/> c: Zugangsbereich nur für befugte Personen
Aufstellungsort ist:	<input type="checkbox"/> über Erdniveau <input type="checkbox"/> unter Erdniveau
Daten zum brennbaren Stoff:	
Handelsname:	
Chemische Formel:	
CAS-Nr.:	
UN-Nr.:	
CLP-Klassifizierung:	<input type="checkbox"/> Kategorie 1A H220: extrem entzündbares Gas <input type="checkbox"/> Kategorie 1B H221: entzündbares Gas <input type="checkbox"/> Kategorie 2 H221: entzündbares Gas
Brennbarkeitsklasse gem. ISO 817:	<input type="checkbox"/> 2L <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3
Zündtemperatur:	
Entzündbarkeitsgrenzen:	
Relative Dichte:	
Anforderungen an die ATEX-Kennzeichnung von Geräten:	
Gerätegruppe:	
Geräteklasse:	
Gefahr:	
Gasgruppe:	
Temperaturklasse:	
Risikobewertung:	
Nach welcher Norm wird die Kälteanlage gefertigt?	<input type="checkbox"/> ÖNORM EN 378 <input type="checkbox"/> ÖNORM IEC 60335-2-40 <input type="checkbox"/> ÖNORM IEC 60335-2-89 <input type="checkbox"/> Andere:
Gibt es eine Risikobeurteilung der Kälteanlage?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Gibt es eine Risikobeurteilung des Aufstellungsorts?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

Abbildung 35: Beispiel für ein Explosionsschutzdokument, Seite 1

Maßnahmen zum Explosionsschutz:			
Technische Maßnahmen zur Vermeidung explosionsgefährdeter Bereiche (alle Maßnahmen zur Beseitigung oder Verringerung der Explosionsgefahr durch in der Anlage enthaltene brennbare Stoffe)			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Natürliche Belüftung, Außenaufstellung Natürliche Belüftung in (Maschinen-) Räumen mit großen Lüftungsgittern für den Außenbereich Mechanische Be- und Entlüftung des Aufstellungsorts Separates Belüftungssystem für den Installationsort Lüftung des Aufstellungsorts, der an das separate Lüftungssystem angeschlossen ist Kanäle, Rohre und Gitter im Lüftungssystem aus Stahl stählerne Lüftungsrohre der Druckentlastungseinrichtung ins Freie Benachrichtigung einer Sicherheitszentrale/GLT bei Ausfall der Belüftung Gasmessung Benachrichtigung einer Sicherheitszentrale/GLT bei 60% des TMW-MAK bzw. TRK-Werts, Belüftung wird auf Maximum erhöht Alarm innerhalb und außerhalb des Gefahrenbereichs mit audio-visuellem Signal (Warnleuchte mit Hupen) bei 20% des LFL Einleitung eines vorab festgelegten Arbeitsablaufes (Ausschalten, Notbelüftung, Evakuierung usw.) bei Undichtigkeiten Sammlung von ausgetretenem Gas durch Baumaßnahmen und Verhinderung, dass dieses in die Luftleitung, den Belüftungseinlass, das Abwassersystem, die Keller und Gruben oder an andere Orte, an denen die Konzentration gefährlich sein kann, gelangt oder diese verlässt. Schutz von kältemittelführenden Anlagenteilen im Freien gegen Witterungseinflüsse Prüfung der technischen Ausrüstung vor der Inbetriebnahme		
Technische Maßnahmen zur Vermeidung explosionsgefährdeter Bereiche (alle Maßnahmen zur Beseitigung oder Verringerung der Explosionsgefahr durch in der Anlage enthaltene brennbare Stoffe)			
Zoneneinteilung:	<input type="checkbox"/> Zone 0 (immer) <input type="checkbox"/> Zone 1 (wahrscheinlich) <input type="checkbox"/> Zone 2 (selten, kurzzeitig) <input type="checkbox"/> Keine Explosionsgefahr		
Ausstattungsstyp:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; padding: 5px;"> Zone 2: 1,0 m in alle Richtungen¹ 3,0 m Radius kugelförmig um den Auslass² <i>1 = vorausgesetzt, der Verflüssigerlüfter läuft immer</i> <i>2 = Ausblasen in Bereiche ohne Personenverkehr oder Zündquellen</i> </td> <td style="width: 40%; padding: 5px;"> Referenz: VDMA 24020-3 VDMA 24020-3 </td> </tr> </table>	Zone 2: 1,0 m in alle Richtungen ¹ 3,0 m Radius kugelförmig um den Auslass ² <i>1 = vorausgesetzt, der Verflüssigerlüfter läuft immer</i> <i>2 = Ausblasen in Bereiche ohne Personenverkehr oder Zündquellen</i>	Referenz: VDMA 24020-3 VDMA 24020-3
Zone 2: 1,0 m in alle Richtungen ¹ 3,0 m Radius kugelförmig um den Auslass ² <i>1 = vorausgesetzt, der Verflüssigerlüfter läuft immer</i> <i>2 = Ausblasen in Bereiche ohne Personenverkehr oder Zündquellen</i>	Referenz: VDMA 24020-3 VDMA 24020-3		
Zonenkarte, siehe Kapitel 6 „Einstufung und Kennzeichnung explosionsgefährdeter Bereiche (Zonen)“ auf Seite 65			
Maßnahmen zur Verhinderung der Zündung (Schutz oder Beseitigung aller Zündquellen in den klassifizierten Bereichen)			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Elektrische Geräte sind in Bezug auf die Ex-Zone, in der sie sich befinden, angemessen geschützt Nicht explosionsgeschützte Geräte werden bei Gasalarm abgeschaltet Elektrische und mechanische Werkzeuge sind ATEX-zugelassen Der Heizkessel befindet sich nicht im selben Bereich wie die Kälteanlage Die Verwendung von offenem Feuer ist im Arbeitsbereich verboten Das System ist vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt Heißenarbeiten sind normalerweise nicht direkt bei der Kälteanlage erlaubt Die Kälteanlage ist geerdet Persönliche Schutzausrüstung ist gegen elektrostatische Entladung geschützt Sicherheitsabstände zu Zündquellen (andere elektrische Geräte, Autos, Stromleitungen usw.) werden kontrolliert		
Technische Maßnahmen zur Vermeidung explosionsgefährdeter Bereiche (Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Explosionsgefahr durch in der Anlage enthaltene brennbare Stoffe)			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Schriftliche Bedienungsanleitung Betriebsanleitung für Arbeitsmittel / Sicherheitsdatenblatt für Arbeitsstoffe Beschreibung der persönlichen Schutzausrüstung Dokumentation der Sach- bzw. Fachkunde Dokumentation der Schulungsaktivitäten Beschreibung der Arbeitserlaubnis Beschreibung der Überwachungs-, Kontroll- und Reparaturintervalle Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche ArbeitnehmerInnen sind für Notfälle geschult		

Abbildung 36: Beispiel für ein Explosionsschutzdokument, Seite 2

Andere Maßnahmen zum Explosionsschutz:

Informationen und Unterlagen, aus denen hervorgeht, dass ArbeitnehmerInnen, Arbeitsplatz und Arbeitsmittel im Falle eines Auftretens ausreichend vor Explosionsgefahren geschützt werden

- | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Der Aufstellungsort hat eine Zutrittskontrolle | <input type="checkbox"/> | einen zusätzlichen Gasdetektor |
| <input type="checkbox"/> | Die Kälteanlage ist gegen Korrosion geschützt | <input type="checkbox"/> | eine eigene Belüftungslösung |
| <input type="checkbox"/> | Die Kälteanlage ist vor Vandalismus geschützt (mechanischer Schutz, gut beleuchtet) | <input type="checkbox"/> | eine Zwangsluftzirkulation |
| <input type="checkbox"/> | Eine Brandwarnanlage ist vorhanden | <input type="checkbox"/> | eine normgerecht ausgeführte Druckentlastungsfläche |
| <input type="checkbox"/> | Eine Feuerlöschanlage ist vorhanden | | |
| <input type="checkbox"/> | Der Aufstellungsort hat einen Fluchtweg/Notausgang | | |
| <input type="checkbox"/> | Der Aufstellungsort hat zwei Fluchtwege/Notausgänge | | |
| <input type="checkbox"/> | Innenliegende Aufstellungsorte verfügen über normgerecht ausgeführte Druckentlastungsflächen | | |
| <input type="checkbox"/> | Innenliegende Aufstellungsorte verfügen über selbstschließende Türen | | |
| <input type="checkbox"/> | Bei innenliegenden Aufstellungsorten sind keine Bodenöffnungen wie Abflüsse vorhanden | | |
| <input type="checkbox"/> | Kälteanlagen unter Erdniveau verfügen über | | |

Allgemeine Berücksichtigung der Explosionsgefahr und Gefahr einer explosionsfähigen Atmosphäre in der Kälteanlage oder im Installationsbereich:

Propan-Kälteanlagen werden als dauerhaft technisch dichte Kältemittelkreisläufe gebaut und sind auf eine bestimmte Lebensdauer ausgelegt. Die allgemeine Norm für den Bau von Kälteanlagen ist die ÖNORM EN 378, welche die Dichtheit von Kälteanlagen behandelt.

Zur Überprüfung der Dichtheit der Kälteanlage ist vor Inbetriebnahme eine Dichtheitsprüfung des gesamten Kühlkreislaufs erforderlich. Dass der Kältemittelkreislauf dicht bleibt, wird vom Gasdetektor am Aufstellungsort überwacht und dokumentiert. Darüber hinaus müssen regelmäßige wiederkehrende Dichtheitskontrollen durchgeführt werden. Während des normalen Betriebs sollte daher keine Gefahr des Austretens von Kältemittel bestehen.

Propan-Kälteanlagen arbeiten normalerweise im Überdruckbereich (bezogen auf die Umgebung). Daher besteht im Normalbetrieb keine Gefahr, dass Umgebungsluft in den Kältemittelkreislauf eintritt und die Gaskonzentration im Kältemittelkreislauf unter die obere Explosionsgrenze absinkt.

Diese baulichen Maßnahmen werden zusammen mit organisatorischen Maßnahmen zu einer Kälteanlage führen, die während ihrer gesamten Lebensdauer dicht ist. Unter organisatorische Maßnahmen fallen regelmäßige Inspektionen und Wartungen, wie z. B. die Inspektion von thermisch angebrachten Dichtungen.

Der Umfang und die Häufigkeit der Inspektion und Wartung hängen von der Art der Anlage, dem Betrieb und der Leistung ab. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass die Anlage dauerhaft dicht bleibt. Es ist daher wichtig, die Überwachungs- und Wartungsroutinen genau festzulegen und einzuhalten.

UNTERSCHRIFT, dass das obige Formular gewissenhaft ausgefüllt wurde:

..... Datum Sach- bzw. fachkundige Person
----------------	--

Abbildung 37: Beispiel für ein Explosionsschutzdokument, Seite 3

Notizen

Notizen

Literaturempfehlungen

Als weiterführende Literatur seien die Publikationen der Österreichischen Gesellschaft der Kältetechnik (ÖGKT) empfohlen. Diese sind im Online-Shop der ÖGKT unter <https://www.ogkt.at/shop> bzw. über nebenstehenden QR-Code erhältlich.

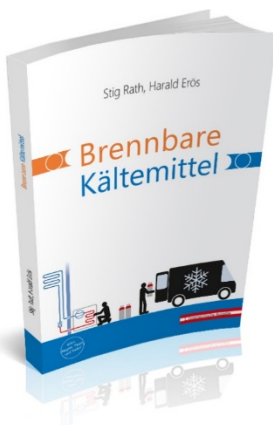


Andreas Klaus
**Fachausbildung Kälte-, Klima-
und Wärmepumpentechnik**



Andreas Klaus
**Handbuch Prüfungsvorbereitung Kälte-,
Klima- und Wärmepumpentechnik**

Besonders empfehlenswert ist nachstehendes Werk, aus welchem wesentliche Inhalte dieser Publikation entnommen wurden. Dieses Buch ist nicht nur im bereits erwähnten Online-Shop der ÖGKT unter <https://www.ogkt.at/shop> sondern auch bei SCHIESSL Kältegesellschaft m.b.H. unter der Artikelnummer 382.7639 erhältlich.



Stig Rath und Harald Erös
Brennbare Kältemittel
ISBN 978-3-200-07049-3



www.schiessl-kaelte.com

office@schiessl.at

- ▶ **BERGHEIM**, Plainbachstrasse 1
- ▶ **WIEN**, Biròstraße 9
- ▶ **PASCHING** bei Linz, Gewerbepark Wagram 6
- ▶ **GRAZ**, Kärntnerstraße 303
- ▶ **THAUR** bei Innsbruck, Römerstraße 14
- ▶ **PÖRTSCHACH** am Wörthersee, Gaisrückenstrasse 1
- ▶ **WOLFURT** bei Bregenz, Bahnhofstraße 10

 +43 (0) 662 455 777

 +43 (0) 180 48 502

 +43 (0) 722 963 050

 +43 (0) 316 685 744

 +43 (0) 522 344 677

 +43 (0) 427 245 302

 +43 (0) 557 420 868