

Sicherheitsaspekte bei der Verwendung von CO₂, NH₃ und Kohlenwasserstoffen



Referent: Dipl.-Ing. Thorsten Lerch

Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik

Bruno-Dressler-Straße 14

63477 Maintal

Tel.: (06109) / 69 54 – 0

Inhalt:

EG-Verordnung 517/2014

Eigenschaften der Kältemittel

Was ist eine Explosion

Explosionsdreieck

Vermeidung von Explosionen

Regelwerke

Produktsicherheitsgesetz

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

DIN EN 378

EG-Verordnung 517/2014

Das Ziel dieser Verordnung ist der
Umweltschutz durch **Minderung** der
Emissionen von **fluorierten Treibhausgasen**

EG-Verordnung 517/2014



R717

nd werden.

Umdenken
alte(rnative) Kältemittel



Inhalt:

EG-Verordnung 517/2008

Eigenschaften der Kältemittel

Was ist eine Explosion

Explosionsdreieck

Vermeidung von Explosionen

Regelwerke

Produktsicherheitsgesetz

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

DIN EN 378

Eigenschaften der Kältemittel

natürliche Kältemittel / HFO

R717 (NH ₃)	R290 (Propan)	R600a (i-Butan)	R744 (CO ₂)	HFO- R1234ze
B2L	A3	A3	A1	A2L
0,116 kg/m ³	0,038 kg/m ³	0,038 kg/m ³	n/a	0,303 kg/m ³
GWP 0	GWP 3	GWP 3	GWP 1	GWP 7

HFO = Hydrofluoroolefine

Eigenschaften der Kältemittel

Vor- und Nachteile natürlicher Kältemittel

R290 / R717 (NH₃) / R600a / R744 (CO₂)

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">+ Preis+ Verfügbarkeit+ Drucklagen / Kälteleistung ähnlich wie bei R22+ keine besonderen Materialprobleme (Ausnahme NH₃)+ „erprobte“ Kältemittel+ niedriger GWP | <ul style="list-style-type: none">- leicht entflammbar- Risikobeurteilung (MRL)- Gefährdungsbeurteilung (BetrSichV)- Explosionsschutz- Auswahl der Komponenten (NH₃)- hohe Drücke (CO₂)- Mengengrenzen (150g)! |
|---|--|

Eigenschaften der Kältemittel

Ammoniak (NH₃)

- Ammoniak zählt in Anwendungen für Tief- bis Hochtemperaturen zu den **Kältemitteln** mit der höchsten Energieeffizienz. Der Energieverbrauch spielt eine immer wichtigere Rolle, und Ammoniak ist eine sichere und nachhaltige Wahl für die Zukunft.
- Im Vergleich zu den meisten chemischen Kältemitteln hat Ammoniak bessere **Wärmeübertragungseigenschaften**, und dadurch fallen geringere Kosten bei der Anlagenkonstruktion an. Diese Eigenschaften unterstützen auch die thermodynamische Effizienz im System, was zu einer Senkung der Betriebskosten beiträgt.
- Mit einem Treibhauseffekt und Ozonabbaupotenzial (ODP) von praktisch Null ist Ammoniak ein sehr **umweltfreundliches Kältemittel**.
- In vielen Ländern kostet Ammoniak (pro kg) wesentlich weniger als FKWs.

Eigenschaften der Kältemittel

Kohlenwasserstoffe (z. B. R290, R600)

- Kohlenwasserstoffe weisen im Vergleich zu FKWs eine hohe Energieeffizienz und Leistung auf.
- Aufgrund ihrer Entflammbarkeit ist die Verwendung auf **kleine Systeme** und **Kaltwassersätze** (z. B. **Kaltwassersätze für Systeme im Lebensmitteleinzelhandel** oder **Klimaanwendungen** für Gebäude) beschränkt.
- Bei Verwendung in **Wärmepumpen** können mit Kohlenwasserstoffen sehr niedrige Verdampfungstemperaturen erreicht werden, ohne den Verdichter zu überhitzen (bei FKWs muss für sehr kalte Tage ein elektrisches Heizelement installiert werden).

Eigenschaften der Kältemittel

CO₂ (R744)

- Durch seinen niedrigen Treibhauseffekt ist CO₂ gut für **Anwendungen im Lebensmitteleinzelhandel** geeignet. Die Auswirkungen bei Undichtigkeiten sind minimal, und die thermodynamischen Eigenschaften machen CO₂ zum idealen Medium für die Wärmerückgewinnung.
- Transkritische CO₂-Kreisläufe geben bei hohen Temperaturen einen großen Teil der Kreislaufwärme ab und sind damit für **Wärmepumpen** geeignet.
- Im Bereich der **Industriekälte** ist es mit CO₂ möglich, die Ammoniakfüllung zu reduzieren, die Effizienz zu steigern und die Umweltbilanz von Gefrieranlagen zu verbessern.
- Für die **Transportkühlung, Gewerbekälteanwendungen** und die **Kühlung von Elektronikseinheiten** steht mit CO₂ eine nicht brennbare und umweltverträgliche Lösung bereit.

Inhalt:

EG-Verordnung 517/2008

Eigenschaften der Kältemittel

Was ist eine Explosion

Explosionsdreieck

Vermeidung von Explosionen

Regelwerke

Produktsicherheitsgesetz

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

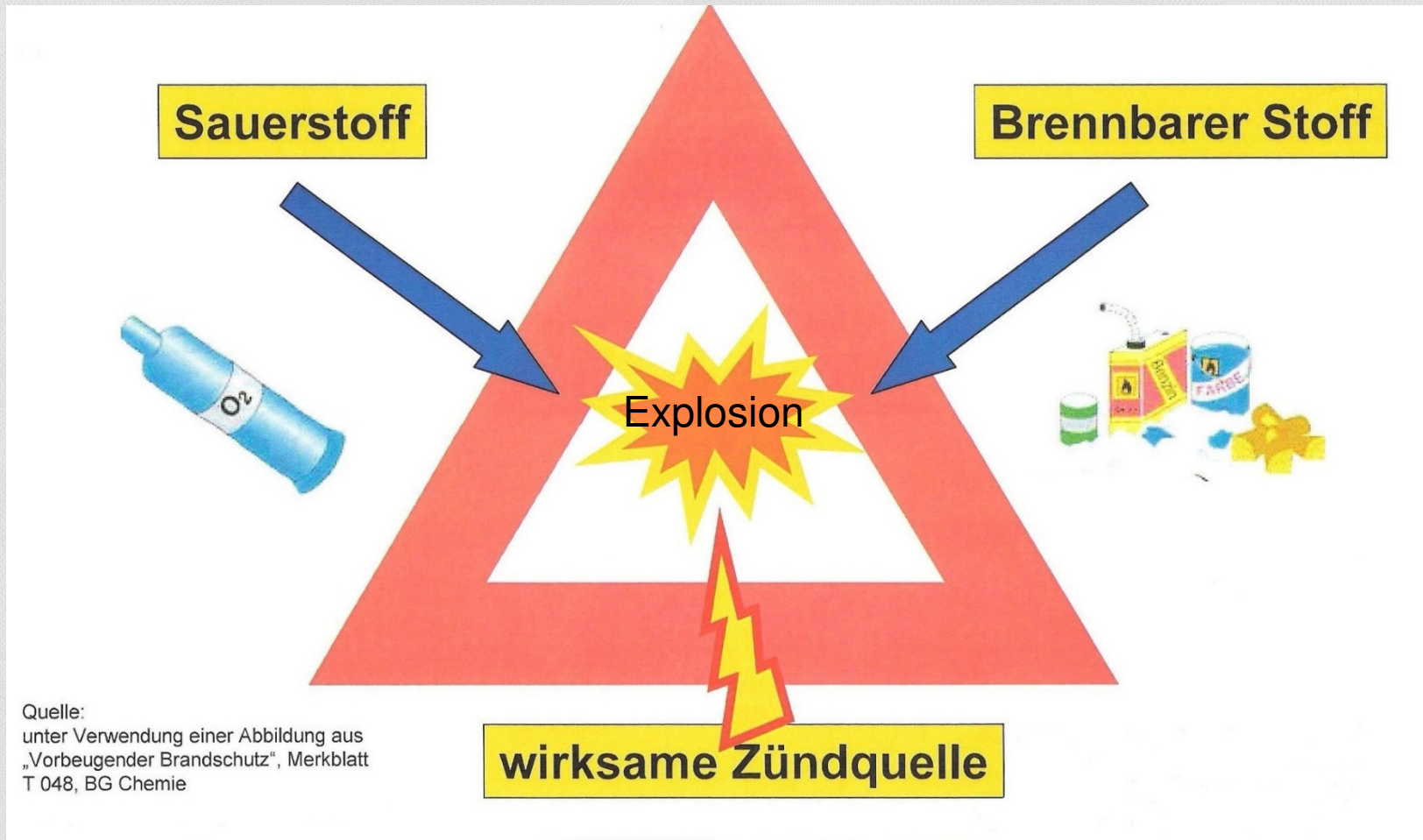
DIN EN 378

Was ist eine Explosion?

Für die Entstehung einer Explosion müssen drei Faktoren gleichzeitig vorhanden sein.

1. brennbarer Stoff (in entsprechender Verteilung und Konzentration)
2. Sauerstoff (in der Luft)
3. Zündquelle (z. B. elektrischer Funken, heiße Oberflächen)

Explosionsdreieck



Vermeidung von Explosionen

Die Verhinderung von Explosionen erfolgt mit **geeigneten Schutzmaßnahmen**

- Maßnahmen, die die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindern oder einschränken
- Maßnahmen, die die Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindern
- Konstruktive Maßnahmen
- Organisatorische Maßnahmen

Vermeidung von Explosionen

Maßnahmen, die die Bildung [...] verhindern oder einschränken

- Inertisierung (z. B. Argon, Stickstoff, CO₂)
- **geschlossene Systeme**
- **Lüftungsmaßnahmen**
- **Überwachung der Konzentration (Gaswarnanlage)**

Vermeidung von Explosionen

Maßnahmen, die die Entzündung [...] verhindern oder einschränken

- Einrichten von Ex-Zonen
Durch die Ex-Zonen und den Stoff ist definiert, welche Zuverlässigkeit die mechanischen und elektrischen Betriebsmittel aufweisen müssen, damit keine Zündgefahren von ihnen ausgehen
- **Vermeiden von Zündquellen**

Vermeidung von Explosionen

Konstruktive Maßnahmen

- **geschlossene Anlagen (TRBS 2151-2)**
- explosionsfeste Bauweise

Vermeidung von Explosionen

Organisatorische Maßnahmen

- Instandhaltung
- Informationen und Anleitung an die Arbeitnehmer
- Schulungen
- **Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben**
- Kennzeichnung von Ex-Zonen

Inhalt:

EG-Verordnung 517/2008

Eigenschaften der Kältemittel

Was ist eine Explosion

Explosionsdreieck

Vermeidung von Explosionen

Regelwerke

Produktsicherheitsgesetz

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

DIN EN 378

Regelwerke

Zur Vermeidung von Explosionsgefahren sind in den meisten Staaten Schutzvorschriften in Form von Gesetzen, Verordnungen und Normen entwickelt worden, um ein hohes Sicherheitsniveau zu erreichen. Beispielhaft sollen hierzu einige genannten werden:

Regelwerke

- Produktsicherheitsgesetz
- 11. ProdSV (Explosionsschutz-VO)
- ATEX-Richtlinie 94/9/EG
(neue Richtlinie 2014/34/EU gültig ab 20.04.2016)
- ATEX-Betriebsrichtlinie 1999/92/EG
- EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- EG-Druckgeräte richtlinie 97/23/EG
(neue Richtlinie 2014/68/EU schon teilweise gültig)
- Gefahrstoffverordnung (gültig seit 01.06.2015)

Regelwerke

- Betriebssicherheitsverordnung (gültig seit 01.06.2015)
- Technische Regeln zur Betriebssicherheit
(z. B. TRBS 2152)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe
(z. B. TRGS 555)
- DGUV Regel 100-500 Kap. 2.35
(ehemals BGR 500 Kap. 2.35)
- DGUV Regel 113-001 (Explosionsschutzregeln)
- DIN EN 378
- VDMA 24020-3

Produktsicherheitsgesetz

§ 1 Anwendungsbereich

(1) Dieses Gesetz gilt, wenn im Rahmen einer Geschäftstätigkeit Produkte auf dem Markt bereitgestellt, ausgestellt oder erstmals verwendet werden.

Produktsicherheitsgesetz

§ 1 Anwendungsbereich

(2) Dieses Gesetz gilt auch für die **Errichtung und den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen**, die gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken dienen oder durch die Beschäftigte gefährdet werden können [...]

Produktsicherheitsgesetz

§ 2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieses Gesetzes sind

sind **überwachungsbedürftige Anlagen**

- Druckbehälteranlagen außer Dampfkesseln,
- Anlagen zur Abfüllung von verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gasen,
- Leitungen unter innerem Überdruck für brennbare, ätzende oder giftige Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten,
- ...

Produktsicherheitsgesetz

§ 3 Allgemeine Anforderungen an die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt

(1) Soweit ein Produkt **einer oder mehreren Rechtsverordnungen** [...] unterliegt, darf es nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn es

- die darin vorgesehenen Anforderungen erfüllt und
- die Sicherheit und Gesundheit von Personen oder sonstige in den Rechtsverordnungen [...] aufgeführte Rechtsgüter bei bestimmungsgemäßer oder vorhersehbarer Verwendung nicht gefährdet

Produktsicherheitsgesetz

Auszug aus Europäischen Richtlinien, welche durch **Rechtsverordnungen zum ProdSG** in deutsches Recht umgesetzt werden:

- Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG) → 1. ProdSV
- Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) → 9. ProdSV
- ATEX-Richtlinie (94/9/EG) → 11. ProdSV
- Druckgeräte richtlinie (97/23/EG) → 14. ProdSV
- Niederspannungsrichtlinie (neu ab 20.04.2016 → 2014/35/EU)
- ATEX-Richtlinie (neu ab 20.04.2016 → 2014/34/EU)
- Druckgeräte richtlinie (neu ab 01.06.2015 → 2014/68/EU)

Produktsicherheitsgesetz

§ 4 Harmonisierte Normen

(1) Bei der Beurteilung, ob ein Produkt den Anforderungen [...] entspricht, können **harmonisierte Normen** zugrunde gelegt werden.

Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)

(Veröffentlichung der Titel und der Bezugsdaten der harmonisierten Normen im Sinne der Richtlinie)

CEN	EN 378-2:2008+A1:2009 Kälteanlagen und Wärmepumpen - Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen - Teil 2: Konstruktion, Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation	8.9.2009		
-----	---	----------	--	--

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

1.5.6 Brand

Die Maschine muss so **konstruiert und gebaut** sein, dass jedes **Brand- und Überhitzungsrisiko vermieden wird**, das von der Maschine selbst oder von **Gasen**, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen von der **Maschine freigesetzten oder verwendeten Stoffen** ausgeht.

gilt bei allen Kälteanlagen besonders auch bei denen mit brennbaren Kältemitteln im geschlossenen Kreislauf

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

1.5.7 Explosion

Die Maschine muss so **konstruiert und gebaut** sein, dass jedes **Explosionsrisiko vermieden wird**, das von der Maschine selbst oder von **Gasen**, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen von der **Maschine freigesetzten oder verwendeten Stoffen** ausgeht.

gilt bei Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln im geschlossenen Kreislauf ohne explosionsfähige Umgebung

EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG

1.5.7 Explosion

Hinsichtlich des Explosionsrisikos, das sich aus dem Einsatz der Maschine in einer **explosionsgefährdeten Umgebung** ergibt, muss die Maschine den hierfür geltenden **speziellen Gemeinschaftsrichtlinien** entsprechen.

gilt bei Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln mit explosionsfähiger Umgebung (... ab hier greift ATEX)

DIN EN 378-2

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet und unterstützt grundlegende Anforderungen von EU-Richtlinien.

Zusammenhang mit EU-Richtlinie(n) siehe informative Anhänge ZA, ZB und ZC, die Bestandteile dieser Norm sind.

Anhang ZC (informativ)

A₁ Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG

Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Grundlegende Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EC	Erläuterungen/Anmerkungen
6.2.5.1, 6.2.6 6.2.13	1.5.6	Brandgefahr
6.2.13	1.5.7	Explosion

DIN EN 378-2

6.2.13 Schutz gegen Explosionsgefahren

Kälteanlagen müssen so hergestellt sein, dass in Bereichen innerhalb der Anlage mit elektrischen Einrichtungen, die als Zündquelle wirken unter üblichen Betriebsbedingungen oder bei einer Leckage betätigt werden können, kein freigesetztes Kältemittel fließt oder sich ansammelt, so dass Feuer- oder Explosionsgefahr besteht.

DIN EN 378-2

6.2.13 Schutz gegen Explosionsgefahren

ANMERKUNG 1:

Diese Norm behandelt keine Anforderung an den Einsatz von Geräten in explosionsgefährdenden Atmosphäre.

ANMERKUNG 2:

Grundlegende Anforderungen siehe ATEX-Richtlinie 94/9/EG.

DIN EN 378-2

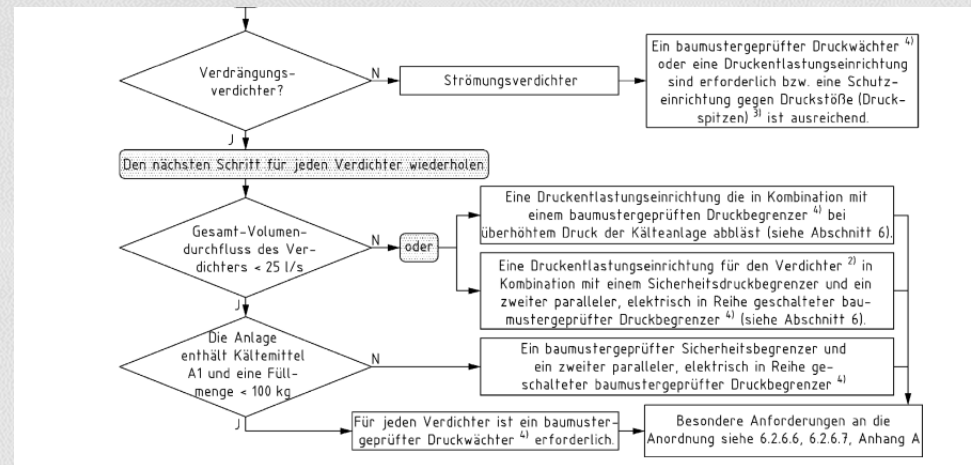
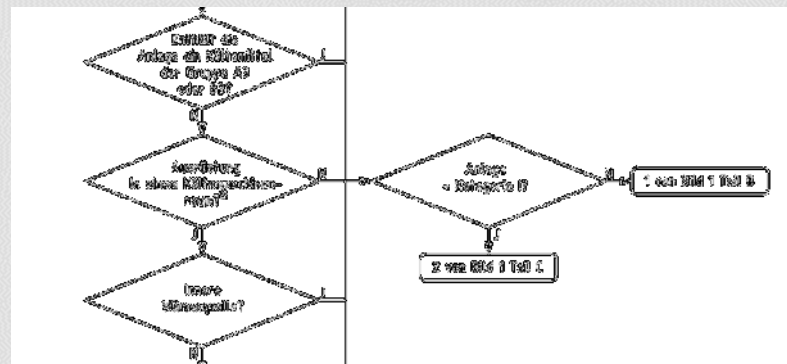
6.2.10 Schutz gegen heiße Oberflächen

Die Temperatur auf Oberflächen, die bei einer Leckage Kältemittel der Gruppen A2, A3, B2 oder B3 ausgesetzt sein können, darf die Selbstzündungstemperatur des Kältemittels minus 100K nicht überschreiten

DIN EN 378-2

6.2.6.2 Schutz der Kälteanlage gegen überhöhten Druck

Für jede Kälteanlage sind Sicherheitseinrichtungen vorzusehen.



DIN EN 378-3

8.8 Kältemitteldetektoren für Kältemittel A2/A3

Ein Kältemitteldetektor für ein Kältemittel der Gruppe A2/A3 muss bei einem Grenzwert ansprechen, der höchstens 25% der unteren Explosionsgrenze des Kältemittel in Luft beträgt.

Wenn der Detektor anspricht, muss er automatisch einen Alarm (akustisch und optisch) auslösen, die mechanische Lüftung in Gang setzen und die Kälteanlage abschalten.

DIN EN 378-4

Anhang E (Informativ)

Leitfaden für die Instandsetzung von Einrichtungen mit brennbaren Kältemitteln

E.1 Allgemeine Anforderungen an die Einrichtungen

E.2 Instandsetzung von elektrischen Bauteilen

E.2.1 Instandsetzung von elektrischen Bauteilen

E2.2 Instandsetzung von abgedichteten Bauteilen

DIN EN 378-4

Anhang E (Informativ)

Leitfaden für die Instandsetzung von Einrichtungen mit brennbaren Kältemitteln

E.2 Instandsetzung von elektrischen Bauteilen

E.2.3 Instandsetzung von eigensicheren Bauteilen

E.3 Instandsetzung von Kälteanlagen

E.4 Anforderung an sachkundige Personen

DIN EN 378-4

Anhang E (Informativ)

E.4 Anforderung an sachkundige Personen

Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten, die die Mitarbeit von weiterem geschulten Personal erfordern, sollten unter der Aufsicht einer im Umgang mit brennbaren Kältemitteln sachkundigen Person durchgeführt werden. Jede Person, die Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten an einer Kälteanlage oder zugehörigen Teilen der Einrichtung durchführt, sollte nach EN 13313 sachkundig sein.

Personen, die an Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln arbeiten, sollten zur Erlangung von Sachkunde für die sicherheitstechnischen Aspekte bei der Handhabung von brennbarem Kältemittel ausgebildet werden. Dies umfasst die folgenden Anforderungen:

- Kenntnisse der Gesetzgebung, Richtlinien und Normen im Hinblick auf brennbare Kältemittel;
- detaillierte Kenntnisse über und Fertigkeiten bei der Handhabung von brennbaren Kältemitteln, persönlichen Schutzausrüstungen, Vermeidung von Kältemittel-Leckagen, Handhabung von Behältern, Füllvorgang, Lecksuche, Rückgewinnung und Entsorgung.

Sachkundige Personen sollten in der Lage sein, die Anforderungen in dieser Europäischen Norm zu verstehen und anzuwenden.

Um diese Sachkenntnis beizubehalten, können regelmäßige weitere Schulungen erforderlich sein.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Referent: Dipl.-Ing. Thorsten Lerch

Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik

Bruno-Dressler-Straße 14

63477 Maintal

Tel.: 06109 / 69 54 – 0

E-Mail: bfs@bfs-kaelte-klima.de

<http://www.bfs-kaelte-klima.de>

