

DIN CEN/TR 17608:2025-09 (D)

Stand der Technik über die Verwendung von brennbaren Kältemitteln, insbesondere der Klasse A3, als Alternativen in Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen;
Deutsche Fassung CEN/TR 17608:2022

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	12
Einleitung	13
1 Anwendungsbereich.....	14
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe	14
4 Segmentierung der Branche	15
4.1 Allgemeines.....	15
4.2 Gewerbliche Anwendungen	15
4.2.1 Gewerbliche Kühlung.....	15
4.2.2 Professionelle Kühlgeräte	15
4.2.3 Gewerbliche im Gegensatz zu professionellen Schränken	16
4.3 Industrielle Anwendungen.....	16
4.4 Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit Wasser als Wärmeträger, indirekte Systeme.....	17
4.5 Luft-Luft-Klimaanlagen und Wärmepumpen.....	17
4.6 Transportanwendungen	18
5 Aktuelle Praxis in der Branche	19
6 Gestaltungsmaßnahmen für brennbare Kältemittel	21
6.1 Allgemeines.....	21
6.2 Gestaltungsmaßnahmen	22
7 Beurteilung der Art und Weise, wie die Risikoanalyse eingesetzt wird.....	26
7.1 Allgemeines.....	26
7.2 Techniken zur Risikobeurteilung	27
7.3 Risikoakzeptanzkriterien.....	28
7.4 Bewertung des Einsatzes der Risikoanalyse in bestehenden Normen	28
7.5 Überprüfung der verfügbaren Risikobeurteilung und potenziellen zusätzlichen Forschungsbedarfs.....	29
7.6 Analyse des Zusammenhangs zwischen Risiko und erhöhter Füllmenge.....	29
7.7 Akzeptanz eines erhöhten Risikos.....	31
7.7.1 Allgemeines.....	31
7.7.2 Methode zur Risikobeurteilung in anderen Anwendungen	32
7.8 Zusätzliche Anforderungen an die Risikominderung.....	32
7.8.1 Allgemeines.....	32
7.8.2 Möglichkeiten für zusätzliche Anforderungen an die Risikominderung	33
8 Relevante Rechtsvorschriften und Normen.....	34
8.1 Relevante Rechtsvorschriften	34
8.2 Europäischer Rechtsrahmen	34
8.3 Relevante Normen.....	35
8.3.1 Allgemeines.....	35
8.3.2 Risikobeurteilungsnormen	36
8.3.3 Sicherheitsnormen	37
8.3.4 Andere Normen.....	38
8.4 Überprüfung der Arbeitsprogramme	40
8.5 Identifikation der Normen, die weiterentwickelt oder aktualisiert werden sollten	40

8.5.1	Allgemeines.....	40
8.5.2	Hohe Priorität.....	41
8.5.3	Mittlere Priorität.....	41
8.5.4	Niedrige Priorität.....	42
9	Bewertung sicherheitsrelevanter Hindernisse.....	42
9.1	Europäische Richtlinien.....	42
9.2	Sachkunde des Servicepersonals — EN 13313.....	42
9.3	Nationale und regionale Vorschriften.....	43
9.4	EN 378.....	43
9.5	IEC 60335-2-40.....	44
9.6	IEC 60335-2-89.....	44
9.7	Transportkälteanlagen.....	44
10	Optionen.....	44
10.1	Möglichkeiten für zusätzliche Anforderungen an die Risikominderung.....	44
10.2	Optionen für leistungsorientierte Anforderungen.....	48
10.3	Optionen zur Risikominimierung.....	48
10.4	Optionen für Installation, Betrieb, Service und Außerbetriebnahme.....	48
10.4.1	Grenzwerte für Füllmengen.....	48
10.4.2	Damit verbundene Anforderungen zur Risikominderung.....	49
10.4.3	Gestaltung von Räumen.....	49
10.4.4	Kennzeichnung der Installation.....	49
10.4.5	Zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Risikominderung.....	49
11	Empfehlung.....	49
Anhang A (informativ) Risikoanalyse.....		51
A.1	Allgemeines.....	51
A.2	Aktuelle Praxis in der Branche.....	51
A.2.1	Allgemeines.....	51
A.2.2	Allgemeines Konzept der Risikobeurteilung.....	51
A.2.3	Erläuterung der Gefahren bei der Verwendung brennbarer Kältemittel.....	52
A.2.4	Zwingende Anforderungen im Binnenmarkt.....	53
A.2.5	Anforderungen, die für alle Produkte gelten.....	54
A.3	Relevante Rechtsvorschriften und Normen, die in der Branche verwendet werden.....	60
A.3.1	Allgemeines.....	60
A.3.2	Rechtsvorschriften der Europäischen Kommission.....	60
A.3.3	Leitfäden und Richtlinien.....	62
A.3.4	Normen und technische Berichte.....	64
A.3.5	Andere Normen bezüglich dem Einsatz brennbarer Gase.....	67
A.3.6	Normen für explosionsfähige Atmosphären.....	70
A.3.7	Sicherheitsintegritätslevel (SIL, en: Safety Integrity Level) und Performance Level (PL).....	75
A.3.8	Detektionssystem.....	77
A.4	Bewertung des Einsatzes der Risikoanalyse in bestehenden Normen.....	79
A.5	Überprüfung der verfügbaren Risikobeurteilung und potenziellen zusätzlichen Forschungsbedarfs.....	80
A.5.1	Allgemeines.....	80
A.5.2	Forschung und Praxis zur Risikobeurteilung.....	80
A.5.3	Spezifische Forschung zu Kältemitteln.....	84
A.6	Analyse des Zusammenhangs zwischen Risiko und erhöhter Füllmenge.....	87
A.6.1	Öffentliche Akzeptanz.....	87
A.6.2	Maßnahmen zur Risikominderung.....	87
A.7	Analyse der Akzeptanz eines erhöhten Risikos im Vergleich zum Risiko anderer Technologien.....	87
A.7.1	Hintergrundinformationen zur Beschreibung des Begriffs „akzeptables Risiko“ in Normen.....	87
A.7.2	Risikoakzeptanzkriterien.....	88
A.7.3	Risiko durch andere Technologien.....	88
A.8	Analyse der Möglichkeiten für zusätzliche Anforderungen an die Risikominderung, wenn die Zunahme des Risikos nicht akzeptabel ist.....	91

A.8.1	Gestaltungsmaßnahmen für brennbare Kältemittel	91
A.8.2	Optionen zur Minimierung, die über das hinausgehen, was in den Normen beschrieben ist	94
A.9	Überprüfung der Arbeitsprogramme	94
A.10	Ermittlung von Normen, die weiter aktualisiert werden sollten.....	94
A.11	Optionen für leistungsorientierte Anforderungen	94
A.12	Technische Spezifikation für Installation, Betrieb, Wartung und Außerbetriebnahme	94
A.13	Weitere Angaben	95
A.13.1	Entwicklungsprogramm der Vereinten Nationen	95
A.13.2	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.....	95
A.13.3	Proklima.....	96
A.13.4	Umweltprogramm der Vereinten Nationen.....	96
A.14	Schlussfolgerungen.....	97
A.14.1	Allgemeines	97
A.14.2	Europäische Gesetzgebung.....	97
A.14.3	Risikobeurteilungsnormen	97
A.14.4	Verantwortlichkeiten, die sich in den verschiedenen Normen widerspiegeln.....	97
A.14.5	Andere Normen.....	98
A.14.6	Forschung	98
A.14.7	Ausgewählte Begriffe und ihre Definitionen	98
Anhang B (informativ) Segmentierung der Branche.....		103
B.1	Allgemeines	103
B.2	Gewerbliche und professionelle Kühlung	103
B.2.1	Allgemeines	103
B.2.2	Produktbeschreibung	103
B.2.3	Aktuelle Praxis in der gewerblichen und professionellen Kältetechnik.....	104
B.3	Industrielle Kältetechnik.....	105
B.3.1	Beschreibung der industriellen Kältetechnik.....	105
B.3.2	Aktuelle Praxis in der industriellen Kältetechnik	105
B.4	Beschreibung der Flüssigkeitskühlsatz-Branche	106
B.5	Klimaanlagen und Wärmepumpen.....	106
B.5.1	Beschreibung der Klima- und Wärmepumpen-Branche	106
B.5.2	Kältemitteloptionen	107
Anhang C (informativ) Bewertung sicherheitsrelevanter Hindernisse für die Anwendung.....		110
C.1	Allgemeines	110
C.2	Bewertung sicherheitsrelevanter Hindernisse für die Einführung	110
C.2.1	Industrielle Kühlung	110
C.2.2	Flüssigkeitskühlsätze.....	111
C.2.3	Kritische Hindernisse für Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit Wasser als Wärmeträger; indirekte Systeme.....	112
C.3	Möglichkeiten für zusätzliche Risikominimierungsanforderungen.....	113
C.3.1	Gewerbliche und professionelle Kühlung	113
C.3.2	Industrielle Kühlung	113
C.3.3	Flüssigkeitskühlsätze.....	114
C.4	Klimaanlagen und Wärmepumpen.....	114
Anhang D (informativ) Gestaltungsmaßnahmen		116
D.1	Allgemeines	116
D.2	Gestaltungsmaßnahmen für brennbare Kältemittel	116
D.2.1	Gewerbliche und professionelle Kühlung	116
D.2.2	Flüssigkeitskühlsätze.....	117
Anhang E (informativ) Relevante Normen und Gesetze, die in der Branche verwendet werden.....		118
E.1	Allgemeines	118
E.2	Gewerbliche und professionelle Kühlung	118
E.2.1	Relevante Normen	118
E.2.2	Normen, die weiter aktualisiert werden sollten.....	118
E.3	Industrielle Kühlung	120

E.4	Flüssigkeitskühlsätze.....	121
E.5	Identifikation von Normen, die weiter aktualisiert werden sollten — Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen mit Wasser als Wärmeträger; indirekte Systeme.....	121
Anhang F (informativ) Überprüfung der Arbeitsprogramme		122
F.1	Allgemeines.....	122
F.2	Industrielle Kühlung	122
F.3	Flüssigkeitskühlsätze.....	122
F.4	Klimaanlagen und Wärmepumpen	122
F.4.1	CEN/TC 182/WG6.....	123
F.4.2	IEC/SC61C/WG4.....	123
F.4.3	IEC/SC61D/WG 9 und IEC/SC61D/WG21	123
F.4.4	ISO/TC 86/SC 1/WG 1	123
F.5	Auswirkungen größerer Füllmengen auf das Risiko — Klimaanlagen und Wärmepumpen	123
Anhang G (informativ) Beurteilung der Art und Weise, wie die Risikoanalyse eingesetzt wird		130
G.1	Allgemeines.....	130
G.2	Gewerbliche und professionelle Kühlung.....	130
G.2.1	Bewertung des Einsatzes der Risikoanalyse in bestehenden Normen	130
G.2.2	Überprüfung der verfügbaren Risikobeurteilung und potenziellen zusätzlichen Forschungsbedarfs	131
G.2.3	Analyse des Zusammenhangs zwischen Risiko und erhöhter Füllmenge	132
G.2.4	Akzeptanz eines erhöhten Risikos.....	133
G.2.5	Zulässige Kältemittel-Füllmengen nach aktuellen und zukünftigen Normen.....	134
G.3	Industrielle Kühlung	134
G.4	Industrielle Kühlung	135
G.4.1	Allgemeines.....	135
G.4.2	Akzeptanz eines erhöhten Risikos.....	136
G.5	Flüssigkeitskühlsätze.....	136
G.6	Klimaanlagen und Wärmepumpen	136
G.6.1	Auswirkungen und Einschränkungen der aktuellen Sicherheitsnormen für Kälte-, Klimaanlagen und Wärmepumpen	136
G.6.2	Füllmengengrenzen.....	136
G.6.3	Auswirkungen von Füllmengenbegrenzungen.....	138
G.6.4	Konflikte und Inkonsistenzen zwischen den Sicherheitsnormen für Kälte-, Klimaanlagen und Wärmepumpen.....	144
G.6.5	Überlegungen zur Festlegung von Füllmengengrenzen	146
G.6.6	Maximale Füllmenge	150
Anhang H (informativ) Transportkälteanlagen.....		152
H.1	Beschreibung der Branche.....	152
H.2	Einschlägige Rechtsvorschriften	153
H.3	Aktuelle Praxis in der Branche	154
H.4	Beurteilung der Art und Weise, wie die Risikoanalyse eingesetzt wird.....	154
H.4.1	Bewertung des Einsatzes der Risikoanalyse in bestehenden Normen	154
H.4.2	Überprüfung der verfügbaren Risikobeurteilungsnormen	155
H.4.3	Verfügbare Methoden und Grundsätze zur Risikobeurteilung.....	156
H.5	Forderung nach neuen Normen.....	163
H.6	Analyse des Zusammenhangs zwischen Risiko und erhöhter Füllmenge	163
H.7	Akzeptanz eines erhöhten Risikos.....	164
H.8	Sicherheitsrelevante Hindernisse	164
H.9	Prinzipien zur Risikominderung.....	165
H.10	Schlussfolgerungen zum Normungsauftrag.....	165
H.11	Schlussfolgerungen.....	165
Anhang I (informativ) Berechnungen und Annahmen für Abschnitt G.6 — Klimaanlagen und Wärmepumpen		167
I.1	Erstellung von Brennzeit- und Volumendaten	167
I.2	Wahrscheinlichkeits-/Häufigkeitsberechnungen	168

I.3	Ergebnisse.....	170
	Anhang J (informativ) FLÄCHEN-EINTEILUNG.....	177
J.1	Leckage-Simulationsprüfung.....	177
	Literaturhinweise	180
Bilder		
Bild 1	— Die Rolle harmonisierter Normen bei der Einhaltung der geltenden grundlegenden Anforderungen eines Herstellers	22
Bild 2	— Überblick über vorbeugende Maßnahmen und praktische Beispiele für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen.....	23
Bild A.1	— Abfolge von Ereignissen, bei denen es zur Entzündung eines brennbaren Kältemittels kommt	52
Bild A.2	— Die Rolle harmonisierter Normen bei der Einhaltung der geltenden grundlegenden Anforderungen eines Herstellers	54
Bild A.3	— Hierarchie der Maßnahmen zur Brennbarkeitsminderung und praktische Beispiele für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen.....	55
Bild F.1	— Relevante technische Komitees, Unterkomitees und Arbeitsgruppen, die sich mit Füllmengenbeschränkungen für brennbare Kältemittel befassen	123
Bild F.2	— Aktuelle maximale Füllmengengrenzen von A3-Kältemitteln als Funktion der LFL in einem Raum mit einer Höhe von 2,2 m.....	128
Bild G.1	— Vergleich der geschätzten äquivalenten R-290-Füllmengen für Klimaanlage und R-290-Füllmengen nach EN 378-1 und EN 60335-2-40 für Decken-, Wand-, Fenster- und Bodengeräte, basierend auf einer Annahme von 150 W/m ² für Anwendungen in Nicht-Wohngebäuden (Huang et al, 2018 [55])	139
Bild G.2	— Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlage mit A2L-Kältemittel und der Füllmengengrenzen von A2L-Kältemittel nach den verschiedenen Sicherheitsnormen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen für Decken-, Wand-, Fenster- und Bodengeräte; niedrige Belastung = 100 W/m ² , hohe Belastung = 300 W/m ² , spezifische Füllmenge = 300 g/kW (basierend auf Eurovent-Daten), LFL = 300 g/m ³	141
Bild G.3	— Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlage mit A2-Kältemittel und der A2-Füllmengengrenzen nach den verschiedenen Sicherheitsnormen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen für Decken-, Wand-, Fenster- und Bodengeräte; niedrige Belastung = 100 W/m ² , hohe Belastung = 300 W/m ² , spezifische Füllmenge= 250 g/kW (basierend auf Kältemiteleigenschaften), LFL = 130 g/m ³	142
Bild G.4	— Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlage mit A3-Kältemittel und der A3-Füllmengengrenzen nach den verschiedenen Sicherheitsnormen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen für Decken-, Wand-, Fenster- und Bodengeräte; niedrige Belastung = 100 W/m ² , hohe Belastung = 300 W/m ² , spezifische Füllmenge= 150 g/kW, LFL = 40 g/m ³	144
Bild H.1	— Betriebsmodi für die Risikoanalyse bei mobilen Kälteanlagen für Lkw, Anhänger und Transporter [96].....	157
Bild H.2	— Der Risikountersuchungsprozess muss für alle Arten von Betriebsmodi und möglichen gefährlichen Ereignissen nach IEC 61882 bewertet werden, wie in ISO/FDIS 20854 verlangt	158

Bild H.3 — Bedingende Elemente und Abfolge zur Beurteilung gefährlicher Situationen für alle Freisetzungarten von Kältemitteln, die ein Risiko für Personen und Sachwerte darstellen	158
Bild I.1 — Bereich für Berechnungen; das Innengerät befindet sich 1 m über dem Boden.....	167
Bild I.2 — Risiko eines Überdrucks in Abhängigkeit von der freigesetzten Masse (in % LFL für den gesamten Raum) und unterschiedlichen Leckageraten sowie der Vorvermischung des Innengeräts.....	171
Bild I.3 — Überdruckgefahr in Abhängigkeit von der freigesetzten Masse (in % LFL für den gesamten Raum) und unterschiedlichen Geräteinstallationshöhen	172
Bild I.4 — Überdruckgefahr in Abhängigkeit von der freigesetzten Masse (in % LFL für den gesamten Raum) und unterschiedlichen Raumgrößen	173
Bild I.5 — Überdruckgefahr in Abhängigkeit von der freigesetzten Masse (in % LFL für den gesamten Raum) und unterschiedlichen Raumgrößen	174
Bild I.6 — Risiko eines Überdrucks in Abhängigkeit von der freigesetzten Masse (in % LFL für den gesamten Raum) mit und ohne Verwendung von Systemabsperrenten	175
 Tabellen	
Tabelle 1 — Typische Konfigurationen von Klimaanlageentypen.....	18
Tabelle 2 — Kältemittelooptionen für Klimaanlage	20
Tabelle 3 — Anwendbare Abschnitte zu Schutzmaßnahmen innerhalb der Sicherheitsnormen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpen	25
Tabelle 4 — Optionen zur Risikominderung	30
Tabelle 5 — Ausgewählte Auswirkungen des Versagens weiterer Maßnahmen zur Risikominderung.....	34
Tabelle 6 — Status der Möglichkeiten zur Risikominderung für Kälteanlagen, Klimaanlage und Wärmepumpen in Sicherheitsnormen	45
Tabelle A.1 — Potenzielle Sicherheitsrisiken für den Lebenszyklus.....	52
Tabelle A.2 — Anwendbare Abschnitte in den Sicherheitsnormen für Kältetechnik, Klimaanlage und Wärmepumpen.....	57
Tabelle A.3 — Ausgewählte Auswirkungen des Versagens weiterer Maßnahmen zur Risikominderung.....	59
Tabelle A.4 — SIL-Klassen und zugehörige PFD (Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls bei Anforderung) und RRF (Risikominderungsfaktor) für Betrieb mit geringem Bedarf (definiert in EN IEC 61508)	76
Tabelle A.5 — SIL-Klassen für Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde	76
Tabelle A.6 — Performance Level-Klassen	77
Tabelle A.7 — Anwendbare Abschnitte in den Sicherheitsnormen für Kältetechnik, Klimaanlage und Wärmepumpen	93

Tabelle A.8 — Ausgewählte Begriffe und ihre Definition	99
Tabelle B.1 — Typische Konfigurationen von Klimaanlageentypen	107
Tabelle B.2 — Kältemittelooptionen für Klimaanlageentypen.....	108
Tabelle B.3 — Verteilung von Kältemitteln in verkauften Klimaanlageentypen (Huang et al, 2018).....	109
Tabelle C.1 — Füllmengengrenzen für industrielle Anwendungen basierend auf EN 378-1:2016, Anhang C.....	111
Tabelle F.1 — Konfigurationen von Klimaanlageentypen, für die die Risikobewertung anwendbar ist.....	125
Tabelle F.2 — Vergleich der Masse entsprechend dem vertretbaren Risikoniveau und dem Grenzwert in Norm.....	127
Tabelle G.1 — Maßnahmen zur Risikominderung.....	132
Tabelle G.2 — Zulässige Kältemittel-Füllmengen nach aktuellen und zukünftigen Normen.....	134
Tabelle G.3 — Maximale Kältemittel-Füllmengen und minimale Raumfläche (A_{min}) für A2L-Kältemittel	137
Tabelle G.4 — Maximale Kältemittel-Füllmengen und Mindestraumfläche (A_{min}) für A2-Kältemittel	137
Tabelle G.5 — Maximale Kältemittel-Füllmengen und Mindestraumfläche (A_{min}) für A3-Kältemittel	138
Tabelle G.6 — Maximale effektive Kühlkapazitäten für A2L-Kältemittel.....	140
Tabelle G.7 — Maximale effektive Kühlkapazitäten für A2-Kältemittel.....	141
Tabelle G.8 — Maximale effektive Kühlkapazitäten für A3-Kältemittel.....	143
Tabelle G.9 — Obere Füllmengengrenzen für Volumenkonstanten.....	147
Tabelle G.10 — Obere Füllmengengrenzen für alle brennbaren Kältemittel in EN 378-1:2016+A2:2012	147
Tabelle G.11 — Quantifizierung der oberen Füllmengengrenzen für brennbare Kältemittel in EN 378-1:2016+A2:2012	150
Tabelle H.1 — Klassifizierung der Leckageart, des Durchmessers, des Spitzenmassenstroms und der Häufigkeit für typische Containerkälteanlagen. Die freisetzbare Kältemittelmenge wird für eine Füllmenge von 1 500 g berechnet, 20 % verbleiben in der Anlage.....	160
Tabelle H.2 — Risikomatrix und Akzeptanzkriterien nach ISO/DIS 20854, Werte sind nach IEC 61025 oder gleichwertig zu bewerten	162
Tabelle I.1 — Ausgewählte Ausfallhäufigkeiten	170