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 leistungsbasierte 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 leistungsbasierte 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 Klimaanlagen 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/m² für Anwendungen in Nicht-Wohngebäuden (Huang et al, 2018 [55]) 139

Bild G.2 — Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlagensysteme 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/m², hohe Belastung = 300 W/m², spezifische Füllmenge = 300 g/kW (basierend auf Eurovent-Daten), LFL = 300 g/m³ 141

Bild G.3 — Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlagensysteme 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/m², hohe Belastung = 300 W/m², spezifische Füllmenge= 250 g/kW (basierend auf Kältemitteleigenschaften), LFL = 130 g/m³ 142

Bild G.4 — Vergleich der erforderlichen Füllmenge für Klimaanlagensysteme 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/m², hohe Belastung = 300 W/m², spezifische Füllmenge= 150 g/kW, LFL = 40 g/m³ 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 Freisetzungsarten 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 Systemabsperrventilen 175

Tabellen

Tabelle 1 — Typische Konfigurationen von Klimaanlagentypen 18

Tabelle 2 — Kältemitteloptionen für Klimaanlagen 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, Klimaanlagen und Wärmepumpen in Sicherheitsnormen 45

Tabelle A.1 — Potenzielle Sicherheitsrisiken für den Lebenszyklus 52

Tabelle A.2 — Anwendbare Abschnitte in den Sicherheitsnormen für Kältetechnik, Klimaanlagen 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, Klimaanlagen und Wärmepumpen 93

Tabelle A.8 — Ausgewählte Begriffe und ihre Definition 99

Tabelle B.1 — Typische Konfigurationen von Klimaanlagentypen 107

Tabelle B.2 — Kältemitteloptionen für Klimaanlagen 108

Tabelle B.3 — Verteilung von Kältemitteln in verkauften Klimaanlagen (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 Klimaanlagentypen, 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