

Schiessl Vortragsreihe 2018

**Berechnung Füllmengenlimits
A2L/A3 Kältemittel/alternative Risikoanalyse**

**27.02.2018
Nürnberg**

Agenda

Vorwort

Ermittlung der zulässigen Füllmenge anhand der EN378-1

Alternative Risikoanalyse

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Die Berechnung wird anhand folgender Kriterien vorgenommen

- Sicherheitsklasse des Kältemittels nach EN378-1, Tabellen Anhang E
 - Kategorie der Zugangsbereiche **a,b,c**
 - Aufstellungsbereiche **I,II,III,IV**
-

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Die Reihenfolge der Berechnung erfolgt folgendermaßen:

Schritt 1

Berechnung Anhand der **Toxizität** (Tabellen **C1**)

Schritt 2

Berechnung Anhand der **Brennbarkeit** (Tabellen **C2**)

Der dabei ermittelte, niedrigste Grenzwert ist dann entscheidend für die Anlage

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Die Sicherheitsklassifizierungen der Kältemittel in der EN378 sind mit der ISO 817 abgeglichen und folgendermaßen:

		Brennbarkeit
A3	B3	hohe Brennbarkeit
A2	B2	mäßige Brennbarkeit
A2L	B2L	geringe Brennbarkeit
A1	B1	keine Brennbarkeit
geringere Giftigkeit	höhere Giftigkeit	

Toxizität

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Für die Berechnung relevante Grenzwerte aus den Tabellen Anhang E (EN378-1)

ODL Grenzwert für Sauerstoffmangel (oxygen deprivation limit)

ATEL Grenzwert für die Toxizität (acute toxicity exposure limit)

Diese beiden Werte sind zu einem Wert in den Tabellen E zusammengefasst

Praktischer Grenzwert (historischer Erfahrungswert)

b) es ist die Toxizitätsklasse des in der Kälteanlage verwendeten Kältemittels zu bestimmen. Diese ist A oder B und stellt den ersten Buchstaben der in Anhang E angegebenen Sicherheitsklasse. Der Grenzwert für die Toxizität entspricht den ATEL/ODL-Werten (siehe Anhang E) oder dem praktischen Grenzwert (siehe Anhang E), je nachdem, welcher Wert höher ist;

LFL untere Explosionsgrenze (lower flammability limit)

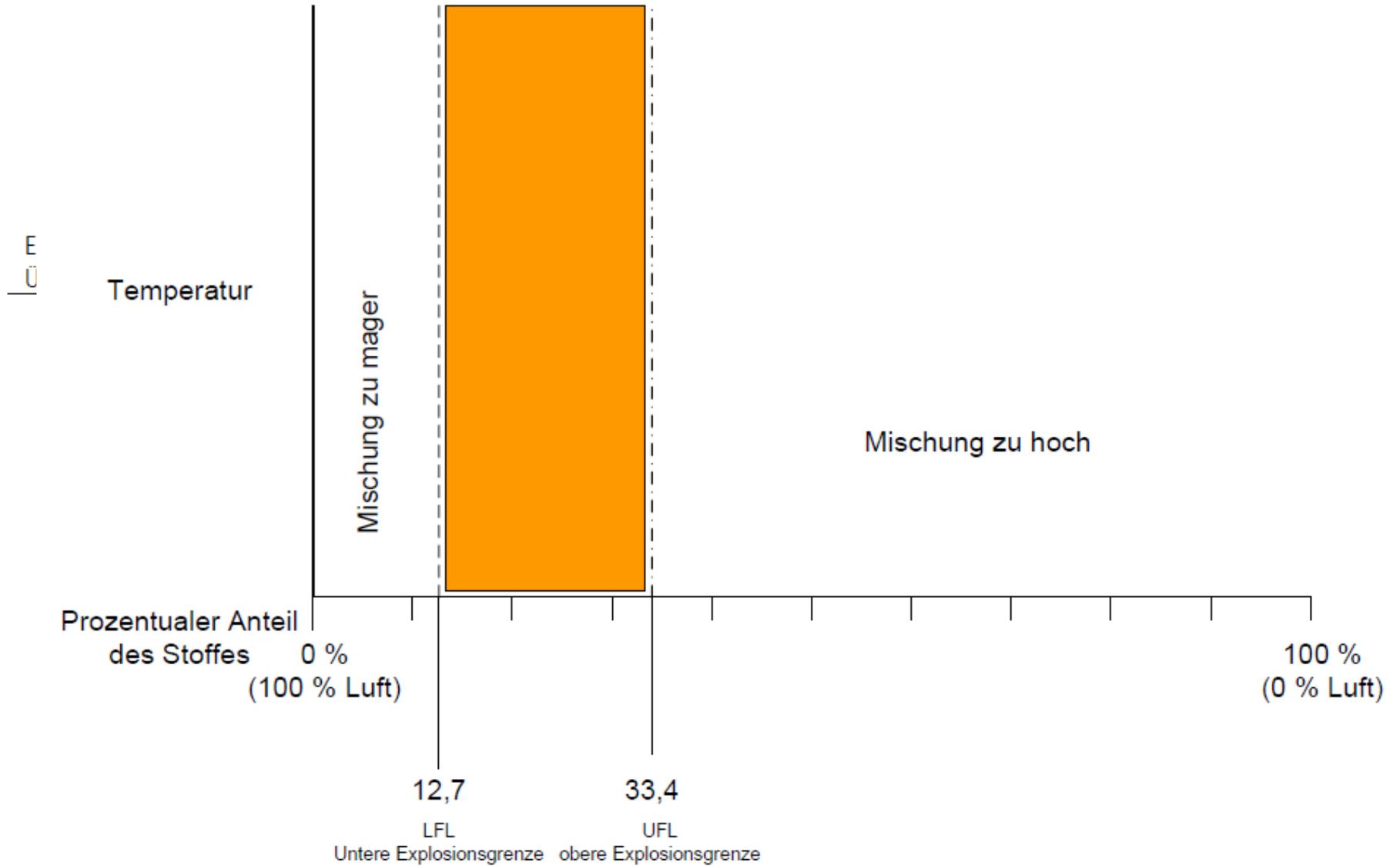
Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Brennbarkeit

Folgende 3 Faktoren müssen gegeben sein, damit es zu einem Brand bzw. einer Explosion kommen kann

- Zündquelle
 - brennbare Mischung mit Sauerstoff
 - brennbarer Stoff
-

Explosionsbereich Kältemittel R32



H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge am Beispiel R32 Klimagerät

Beispiel:

Klimagerät in einer Hotelsuite, Deckeneinbaumontage

Zugangsbereich a, Aufstellungsbereich II

Kältemittel R32

Klassifizierung A2L

Füllmenge insgesamt 2,5 kg

Raumgröße 20 m² / 50 m³

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Toxizität

Tabelle C.1 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge für Kälteanlagen auf Grundlage der Toxizität

Toxizitätsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV

DIN EN 378-1:2017-03

EN 378-1:2016 (D)
Maximale Füllmenge = Toxizitätsgrenze x Raumvolumen

Maximale Füllmenge = 0,3 kg/m³ x 50 m³

Maximale Füllmenge = 15 kg

Tabelle E.1 (fortgesetzt)

Kältemittelnummer	Chemische Bezeichnung ^b	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	Fluidgruppe PED ^m	Praktischer Grenzwert ^d (kg/m ³)	ATEL/ODL ^g (kg/m ³)	LFL ^h (kg/m ³)	Dampfdichte 25 °C, 101,3 kPa ^a (kg/m ³)	Molare Masse ^a	Normaler Siedepunkt ^a (°C)	ODP ^{a e}	GWP ^l (100 y ITH)	GWP ^{a f} (AR5) (100 y ITH)	Selbstentzündungstemperatur (°C)
30	Dichlormethan (Methylenchlorid)	CH ₂ Cl ₂	B2	2	0,017	ND	0,417	3,47	84,9	40	ND	9	9	662
32	Difluormethan (Methylenfluorid)	CH ₂ F ₂	A2L	1	0,061	0,30 ^j	0,307	2,13	52,0	-52	0	675	677	648

B	b	Personendichte < 1 Person pro 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a
		Andere		Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	
	c	Personendichte < 1 Person pro 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 50 kg ^a und Notausgänge sind vorhanden	Keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
		Andere	Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a	Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	

^a für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2, und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

C.2 Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit bei Komfort-Klimageräten oder Komfort-Wärmepumpen

C.2.1 Kältemittelführende Teile in einem Personen-Aufenthaltsbereich

Wenn die Füllmenge an Kältemitteln der Brennbarkeitsklasse 2L mehr als $m_1 \times 1,5$ beträgt, muss die maximale Füllmenge im Raum Formel (C.1) entsprechen. Wenn die Füllmenge an Kältemitteln der Brennbarkeitsklassen 2 und 3 mehr als m_1 beträgt, muss die maximale Füllmenge im Raum Formel (C.1) entsprechen oder die erforderliche Mindest-Grundfläche A_{\min} für die Aufstellung einer Anlage mit einer Kältemittel-Füllmenge m (kg) muss in Übereinstimmung mit Formel (C.2) sein.

$$m_{\max} = 2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2} \quad (\text{C.1})$$

$$A_{\min} = m^2 / (2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0)^2 \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist

- m_{\max} die maximal zulässige Kältemittel-Füllmenge in einem Raum in kg;
- m die Kältemittel-Füllmenge in der Anlage in kg;
- A_{\min} die erforderliche Mindest-Raumfläche, in m^2 ;
- A die Raumfläche in m^2 ;
- LFL die untere Explosionsgrenze in kg/m^3 , entsprechend der Definition in Anhang E;
- h_0 der Höhenfaktor des Gerätes:
 - 0,6 bei Aufstellung auf dem Boden;
 - 1,8 bei Wandmontage;
 - 1,0 bei Fenstermontage;
 - 2,2 bei Deckenmontage.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Grenzwert für Füllmenge Aufstellung ohne weitere Berechnung in Bezug auf Aufstellung, Raumgröße und Aufstellung

Grenzwert = $m_1 \times 1,5$

Grenzwert = $(4 \text{ m}^3 \times 0,307 \text{ kg/m}^3) \times 1,5$

Grenzwert = 1,8 kg

Die Deckelungsfaktoren nach Tabelle C.2 sind wie folgt:

$$m_1 = 4 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$$

$$m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$$

$$m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$$

R32 LFL 0,307 kg/m³

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Tabelle C.2 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge für Kälteanlagen auf Grundlage der Brennbarkeit

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation			
			I	II	III	IV
2L	a	→ Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^a \times 1,5$		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
	b	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
	c	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
		< 1 Person pro 10 m ²	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 50 kg ^a oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	Keine Begrenzung der Füllmenge ^c		

^a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$

^b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$

^c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Grenzwert für konkretes Beispiel

Berechnung über vorhandene Füllmenge – Ermittlung Minimum Raumgröße

$$A_{\min} = m^2 / (2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0)^2$$

$$A_{\min} = 20^2 / (2,5 \times 0,307 \text{ kg/m}^3 \text{ }^{5/4} \times 2,2\text{m})^2$$

$$\mathbf{A_{\min} = 4 \text{ m}^2}$$

Berechnung über vorhandene Raumgröße – Ermittlung maximale Füllmenge

$$m_{\max} = 2,5 \times \text{LFL}^{5/4} \times h_0 \times A^{1/2}$$

$$m_{\max} = 2,5 \times 0,307 \text{ kg/m}^3 \text{ }^{5/4} \times 2,2 \text{ m} \times 20\text{m}^2 \text{ }^{1/2}$$

$$\mathbf{m_{\max} = 5,6 \text{ kg}}$$

Aufstellung nach C.2 möglich

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Berechnungshilfen

Grenzwerte für die R32-Kältemittel-Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit für Komfort-Klimageräten oder Wärmepumpen. Kältemittelführende Teile befinden sich in einem Personen-Aufenthaltsbereich (öffentlich)

Berechnung basierend auf dem Kältemittel R32 (A2L -> LFL 0,307kg/m³)

Raumhöhe 2,2 m

Maximale R32-Füllmenge (Oberer Decklungsfaktor)

$$m_2 \cdot 1,5 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL} \times 1,5 = 12 \text{ kg}$$

R32-Füllmenge: Aufstellung ohne Einschränkung

$$m_1 \cdot 1,5 = 4 \text{ m}^3 \times \text{LFL} \times 1,5 = 1,8 \text{ kg}$$

Füllmenge der Anlage	Montagehöhe Innenteil			
	Boden	Fenster	Wand	Decke
	Höhenfaktor in m			
	0,6	1,0	1,8	2,2
kg R32	Minimale Grundfläche in m ²			
2,00	34	12	4	3
2,50	53	19	6	4
3,00	77	28	9	6
3,50	104	38	12	8
4,00	136	49	15	10
4,50	172	62	19	13
5,00	213	77	24	16
5,50	257	93	29	19
6,00	306	110	34	23
6,50	360	129	40	27
7,00	417	150	46	31
7,50	479	172	53	36
8,00	545	196	61	41
8,50	615	221	68	46
9,00	689	248	77	51
9,50	768	277	85	57
10,00	851	306	95	63
10,50	938	338	104	70
11,00	1030	371	114	77
11,50	1126	405	125	84
12,00	1226	441	136	91

Füllmenge der Anlage	Montagehöhe Innenteil			
	Boden	Fenster	Wand	Decke
	Höhenfaktor in m			
	0,6	1,0	1,8	2,2
kg R32	Minimales Raumvolumen in m ³			
2,00	75	27	8	6
2,50	117	42	13	9
3,00	169	61	19	13
3,50	229	83	25	17
4,00	300	108	33	22
4,50	379	136	42	28
5,00	468	169	52	35
5,50	566	204	63	42
6,00	674	243	75	50
6,50	791	285	88	59
7,00	917	330	102	68
7,50	1053	379	117	78
8,00	1198	431	133	89
8,50	1353	487	150	101
9,00	1517	546	169	113
9,50	1690	608	188	126
10,00	1872	674	208	139
10,50	2064	743	229	154
11,00	2266	816	252	169
11,50	2476	891	275	184
12,00	2696	971	300	201

Tabelle erstellt BFS Maintal /aus CCI Artikel 06.09.2017



Hinweise zum sachgerechten Umgang

Informationsfibel Mitsubishi Electrics

Excel

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge am Beispiel R455A Kälteanlage

Beispiel:

Aggregat (Außenbereich) mit einem angeschlossenen Kühlraum

Zugangsbereich b, Aufstellungsbereich II

Kältemittel R545A (LX40)

Klassifizierung A2L

Füllmenge insgesamt 1 kg

Raumgröße 8 m² / 18 m³

Kühlraum B 2,5 x L 3,2 x H 2,25 m

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Tabelle C.2 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge für Kälteanlagen auf Grundlage der Brennbarkeit

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation			
			I	II	III	IV
2L	a	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^a \times 1,5$		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
	b	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
	c	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
		< 1 Person pro 10 m ²	20 % \times LFL \times Raumvolumen und nicht mehr als 50 kg ^a oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	Keine Begrenzung der Füllmenge ^c		

^a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.
^b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.
^c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Grenzwert für konkretes Beispiel

Berechnung über vorhandene Raumgröße– Ermittlung maximale Füllmenge

Maximale Füllung = 20% x LFL x Raumvolumen

Maximale Füllung = $((0,289 \text{ kg/m}^3 / 100) \times 20) \times 18 \text{ m}^3$

Maximale Füllung = 1,04 kg

OK für Einzelaggregat mit kurzer Rohrleitung

Nicht OK für Anschluss an eine Verbundanlage!

R545A LFL 0,289 kg/m³

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge am Beispiel R455A Kälteanlage

Beispiel:

Aggregat integriert in Kühlregal eines Supermarktes

Zugangsbereich a, Aufstellungsbereich 1

Kältemittel R545A (LX40)

Klassifizierung A2L

Füllmenge insgesamt 0,7 kg

Raumgröße 400 m² / 1400 m³

Raumhöhe 3,5 m

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Tabelle C.2 — Anforderungen an die Grenzwerte für die Kältemittel-Füllmenge für Kälteanlagen auf Grundlage der Brennbarkeit

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation			
			I	II	III	IV
2L	a	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^a \times 1,5$		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
	b	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
	c	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$			
		Andere Anwendungen	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als $m_2^a \times 1,5$ oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$		
		< 1 Person pro 10 m ²	20 % \times LFL \times Raumbvolumen und nicht mehr als 50 kg ^a oder nach C.3 und nicht mehr als $m_3^b \times 1,5$	Keine Begrenzung der Füllmenge ^c		

^a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

^b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

^c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Grenzwert für konkretes Beispiel

Berechnung über vorhandene Raumgröße – Ermittlung maximale Füllmenge

Maximale Füllung = 20% x LFL x Raumvolumen

Maximale Füllung = $((0,289 \text{ kg/m}^3 / 100) \times 20) \times 1400 \text{ m}^3$

Maximale Füllung = 80,92 kg lt. Formel

Aber nicht mehr als $m_2 \times 1,5$!

Maximale Füllung = $26 \text{ m}^3 \times \text{LFL} \times 1,5$

Maximale Füllung = $26 \text{ m}^3 \times 0,289 \text{ kg/m}^3 \times 1,5$

Maximale Füllung = 11,27 kg

R545A LFL 0,289 kg/m³

$m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$

Das Konzept kann in dieser Form ausgeführt werden

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge am Beispiel R290 Kälteanlage

Beispiel:

Aggregat integriert in Kühlregal eines Supermarktes

Zugangsbereich a, Aufstellungsbereich 1

Kältemittel R290

Klassifizierung A3

Füllmenge insgesamt 0,7 kg

Raumgröße 400 m² / 1400 m³

Raumhöhe 3,5 m

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Brennbarkeits- klasse	Kategorie des Zugangsbereichs	Aufstellungsort-Klassifikation			
		I	II	III	IV
	Menschlicher Komfort	Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg			

3.1.7

dauerhaft geschlossene Anlage

Kälteanlage, in der alle kältemittelführenden Teile durch Schweißen, Hartlöten oder eine vergleichbare nicht lösbare Verbindung dicht zusammengebaut sind, die Ventile mit Kappen und Serviceanschlüsse mit Kappen enthalten kann, die die ordnungsgemäße Instandsetzung oder Entsorgung ermöglichen, und die unter einem Druck von mindestens einem Viertel des maximal zulässigen Drucks eine geprüfte Leckagerate von weniger als 3 Gramm pro Jahr aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Mechanische Verbindungen, die dadurch vor unsachgemäßer Handhabung geschützt sind, dass Spezialwerkzeuge (z. B. Klebstoff) erforderlich sind, werden als gleichwertige nichtlösbare Verbindung angesehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Hermetisch dichte Anlagen nach EN 16084 entsprechen dauerhaft geschlossenen Anlagen in EN 378-2.

	c	Andere Anwendungen			keine Begrenzung der Füllmenge ^c
			Oberirdisch		
			20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 10 kg ^c	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c	

^a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

^b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.

^c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge aufgrund der Brennbarkeit

Grenzwert für konkretes Beispiel

Berechnung über vorhandene Raumgröße – Ermittlung maximale Füllmenge

Maximale Füllung = 20% x LFL x Raumvolumen

Maximale Füllung = $((0,038 \text{ kg/m}^3 / 100) \times 20) \times 1400 \text{ m}^3$

Maximale Füllung = 10,64 kg lt. Formel

Maximale Füllung = 1,5 kg

R290 LFL 0,038 kg/m³

Das Konzept kann in dieser Form ausgeführt werden

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Berechnung der zulässigen Füllmenge am Beispiel R290/R744

Kaskaden- Kälteanlage mit wassergekühltem Verflüssiger der oberen Stufe

Beispiel:

Kaskadenanlage aufgestellt in einem Maschinenraum

Zugangsbereich c, Aufstellungsbereich III

Kältemittel R290 (Betrachtung hier der obere Kaskadenteil)

Klassifizierung A3

Füllmenge insgesamt 20 kg

Raumgröße 70 m² / 210 m³

Maschinenraum

B 10 x L 7 x H 3 m

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

Tabelle C.2 (fortgesetzt)

Brennbarkeits- klasse	Kategorie des Zugangsbereichs		Aufstellungsort-Klassifikation				
			I	II	III	IV	
3	a	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Nicht mehr als 5 kg ^c	Füllmenge des Kältemittels nicht mehr als m_3
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg			
			Oberirdisch	Nur dauerhaft geschlossene Anlagen: 20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1,5 kg			
	b	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Nicht mehr als 10 kg ^c	
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^a			
			Oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg			
	c	Menschlicher Komfort		Nach C.2 und nicht mehr als m_2 bzw. 1,5 kg		Keine Begrenzung der Füllmenge ^c	
		Andere Anwendungen	Unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 1 kg ^c			
			Oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 10 kg ^c	20 % × LFL × Raumvolumen und nicht mehr als 25 kg ^c		

^a $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.
^b $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL}$.
^c für die Aufstellung im Freien gilt EN 378-3:2016, 4.2 und für Maschinenräume gilt EN 378-3:2016, 4.3.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

C.3.1 Allgemeines

Wenn die Kombination aus Klasse des Aufstellungsorts und Kategorie des Zugangsbereichs nach Tabelle C.1 und Tabelle C.2 die Anwendung alternativer Vorkehrungen zulässt, kann der Konstrukteur (für einige oder alle der durch die Geräte versorgten Personen-Aufenthaltsbereiche) die zulässige Kältemittel-Füllmenge unter Nutzung von RCL-, QLMV- oder QLAV-Werten nach C.3.2 berechnen. Alle Personen-Aufenthaltsbereiche, die kältemittelführende Teile enthalten, müssen bei der Berechnung der Kältemittel-Füllmenge der Kälteanlage zu berücksichtigen werden.

Diese alternativen Vorkehrungen können nur für Personen-Aufenthaltsbereiche angewendet werden, die alle folgenden Bedingungen erfüllen:

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

Allgemeines C3.1 Bedingungen für die Anwendung von C.3

- Kältemittel A1 oder A2L
- Füllmenge **A1** kleiner 150 kg und **A2L** kleiner $1,5 \times m_3$ (z.B. R32 59,9 kg)
- Innengerät Nenn-Kälte bzw. Nenn-Heizleistung kleiner 25% des Gesamtwertes des Außengeräts
- Rohre im Personenaufenthaltsbereich dimensioniert für Innengerät (knapp bem.)
- Aufstellungsort der Kälteanlage Klasse II

c) **Klasse II — Verdichter im Maschinenraum oder im Freien**

Sofern sich alle Verdichter und Druckbehälter im Maschinenraum oder im Freien befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse II, außer die Anlage entspricht den Anforderungen der Klasse III. Rohrschlangen und Rohrleitungen mit Ventilen können sich in einem Personenaufenthaltsbereich befinden.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

C.3.2 Zulässige Grenzwerte für die Kältemittelfüllmenge

- Personenaufenthaltsbereich größer 250 m² – Berechnung trotzdem mit 250 m²

Keine zusätzlichen Maßnahmen nach C.3.2.2 oder C3.2.3

- Füllmenge / Raumvolumen muss kleiner QLMV-Wert (Tabelle C.3) sein
- Füllmenge / Raumvolumen muss kleiner RCL-Wert (Tabelle C.3) bei UG sein

Werden diese überschritten 

zusätzlichen Maßnahmen nach C.3.2.2 oder C3.2.3

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

C.3.2 Zulässige Grenzwerte für die Kältemittelfüllmenge

Zusätzlichen Maßnahmen nach C.3.2.2 oder C3.2.3

- Lüftungen (natürlich oder mechanisch)
- Sicherheitsabsperrentile
- Gaswarnanlage mit Sicherheitsalarm
- Allerdings nur, wenn die Personen in der Mobilität nicht eingeschränkt sind

ANMERKUNG 1 Für Kälteanlagen, die innerhalb der Einschränkungen nach C.3.1 aufgestellt und betrieben werden, wurde das Risiko einer raschen Freisetzung von Kältemittel durch große Leckagen auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Die Berechnung der Luftwechselrate nach diesem Anhang beruht daher auf einer maximalen Leckrate von 10 kg/h.

ANMERKUNG 2 Der QLMV-Wert beruht auf einer Raumhöhe von 2,2 m und einer Öffnung von 0,003 2 m² (berechnet auf der Grundlage einer Türbreite von 0,8 m und einer Spaltbreite von 4 mm, wie sie typisch für Räume ohne speziell ausgelegte Lüftung sind).

ANMERKUNG 3 Der QLAV-Wert beruht auf einer Sauerstoff-Volumenkonzentration von 18,5 % unter Annahme einer perfekten Mischung.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

Tabelle C.3 RCL, QLMV und QLAV Werte

Grenzwert für die Kältemittelkonzentration

RCL

(en: refrigerant concentration limit)

maximale Kältemittelkonzentration in Luft entsprechend der Festlegung in Anhang C.3 dieser Europäischen Norm, die bestimmt wird, um die Gefährdungen im Zusammenhang mit akuter Toxizität, Erstickung und Brennbarkeit zu mindern

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Wert wird für die Bestimmung der maximalen Kältemittel-Füllmenge für einen bestimmten Anwendungsfall zugrunde gelegt.

Ermittlung der zulässigen Füllmengen gemäß EN378

C.3 Alternative für das Risikomanagement von Kälteanlagen in Personenaufenthaltsbereichen

Tabelle C.3 QLMV und QLAV Werte

Grenzwert für die Kältemittel-Füllmenge bei zusätzlicher Belüftung

QLAV

(en: quantity limit with additional ventilation)

Kältemittel-Konzentration, bei deren Überschreiten unmittelbar eine gefährliche Situation entsteht, wenn die gesamte Kältemittel-Füllmenge in den Personen-Aufenthaltsbereich austritt

Anmerkung 1 zum Begriff: C.3 enthält Informationen zum Grenzwert für die Kältemittel-Füllmenge bei zusätzlicher Belüftung (en: Quantity Limit with Additional Ventilation (QLAV)), der für das Risikomanagement im Personen-Aufenthaltsbereich herangezogen wird, sofern die Belüftung zur Absaugung des ausgetretenen Kältemittels innerhalb 15 Minuten in der Lage ist.

Grenzwert für die Kältemittel-Füllmenge bei Mindestbelüftung

QLMV

(en: quantity limit with minimum ventilation)

Kältemittel-Füllmenge, die zu einer Konzentration entsprechend dem RCL führt, welche in einem Raum mit nicht luftdichter Konstruktion und gemäßigter Kältemittelleckage austritt

Anmerkung 1 zum Begriff: C.3 enthält Informationen zum Grenzwert für die Kältemittel-Füllmenge bei minimaler Belüftung (en: Quantity Limit with Minimum Ventilation (QLMV)), der für das Risikomanagement im Personen-Aufenthaltsbereich (nicht unterirdisch) herangezogen wird, wenn die Belüftung zur Absaugung des ausgetretenen Kältemittels innerhalb 15 Minuten nicht in der Lage ist. Die Berechnung basiert auf einer Öffnung von 0,0032 m² und einer Leckrate von 2,78 g/s.

Tabelle C.3 — Zulässige Kältemittel-Füllmenge

Kältemittel	Zulässige Konzentration (kg/m ³) RCL	QLMV (kg/m ³)	QLAV (kg/m ³)
R-22	0,21	0,28	0,50 ^a
R-134a	0,21	0,28	0,58 ^a
R-407C	0,27	0,44	0,49 ^a
R-410A	0,39	0,42	0,42 ^a
R-744	0,072	0,074	0,18 ^b
R-32	0,061	0,063	0,15 ^c
R-1234yf	0,058	0,060	0,14 ^c
R-1234ze	0,061	0,063	0,15 ^c
^a Basierend auf ODL ^b Basierend auf einem Volumenanteil von 10 % ^c Basierend auf 50 % LFL			

Für nicht in Tabelle C.3 aufgelistete Kältemittel muss der QLAV-Wert dem geringsten der folgenden Werte entsprechen:

- Für R-744 ein Volumenanteil von 10 % (aufgrund einer akut anästhetischen Wirkung);
- ODL;
- 50 % der LFL für Kältemittel der Klasse 2L.

Für nicht in Tabelle C.3 aufgelistete Kältemittel ist die Formel (C.6) für die Berechnung des QLMV-Werts anzuwenden:

$$QLMV = s|_{x=RCL} \times \dot{m} \tag{C.6}$$

Der QLMV-Wert von Kältemitteln mit molekularen Massen zwischen 50 g/mol und 125 g/mol kann durch lineare Interpolation der in Tabelle C.4 angegebenen Werte bestimmt werden.

Sofern das oben aufgeführte Verfahren einen nicht definierten QLMV oder QLMV über QLAV ergibt, muss QLMV gleich QLAV verwendet werden.

Tabelle C.4 — Interpolationstabelle zur Berechnung des QLMV-Werts

RCL	Molare Masse (en: Molecular Mass)			
	50	75	100	125
0,05	0,051	0,051	0,051	0,051
0,10	0,106	0,108	0,108	0,109
0,15	0,168	0,173	0,175	0,176
0,20	0,242	0,254	0,260	0,264
0,25	0,336	0,367	0,383	0,394
0,30	0,470	0,564	0,633	0,689
0,35	0,724	—	—	—

Beispiel: R134a RCL 0,21 Molekulare Masse 102 QLMV 0,28

Anwendung des RCL, QLAV und QLMV Wertes

C.3.2.2 Zugangsbereiche mit Ausnahme solcher im tiefsten unterirdischen Geschoss des Gebäudes

Sofern die Kältemittel-Füllmenge, geteilt durch das Raumvolumen, nicht den QLMV-Wert überschreitet, sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

Sofern der Wert den QLMV-Wert überschreitet, jedoch maximal dem QLAV-Wert entspricht, ist mindestens eine der in EN 378-3:2016, Abschnitte 6 und 8, beschriebenen Maßnahmen anzuwenden. Sofern der Wert den QLAV-Wert überschreitet, sind mindestens zwei der festgelegten Maßnahmen anzuwenden.

C.3.2.3 Zugangsbereiche im tiefsten unterirdischen Geschoss des Gebäudes

Sofern die Kältemittel-Füllmenge, geteilt durch das Raumvolumen, den RCL-Wert nach Tabelle C.3 überschreitet, jedoch maximal dem QLMV-Wert entspricht, ist mindestens eine der in EN 378-3:2016, Abschnitte 6, 8 und 9, beschriebenen Maßnahmen anzuwenden. Sofern der Wert den QLMV-Wert überschreitet, sind mindestens zwei der festgelegten Maßnahmen anzuwenden. Der Wert darf den QLAV-Wert nicht überschreiten.

C.3.2.4 Auswirkung des Absinkens von Kältemittelgas

Selbst für den Fall, dass sich im tiefsten Geschoss keine Kälteanlage befindet, gilt: Wenn die höchste Kältemittel-Füllmenge einer Kälteanlage im Gebäude, geteilt durch das Gesamtvolumen des tiefsten Geschosses, den QLMV- Wert überschreitet, muss eine mechanische Lüftung nach EN 378-3:2016, 6.3, vorgesehen werden.

Anhang H (informativ)

Berechnungsbeispiele zu C.2 und C.3

H.4 Beispiel 4 zu C.3

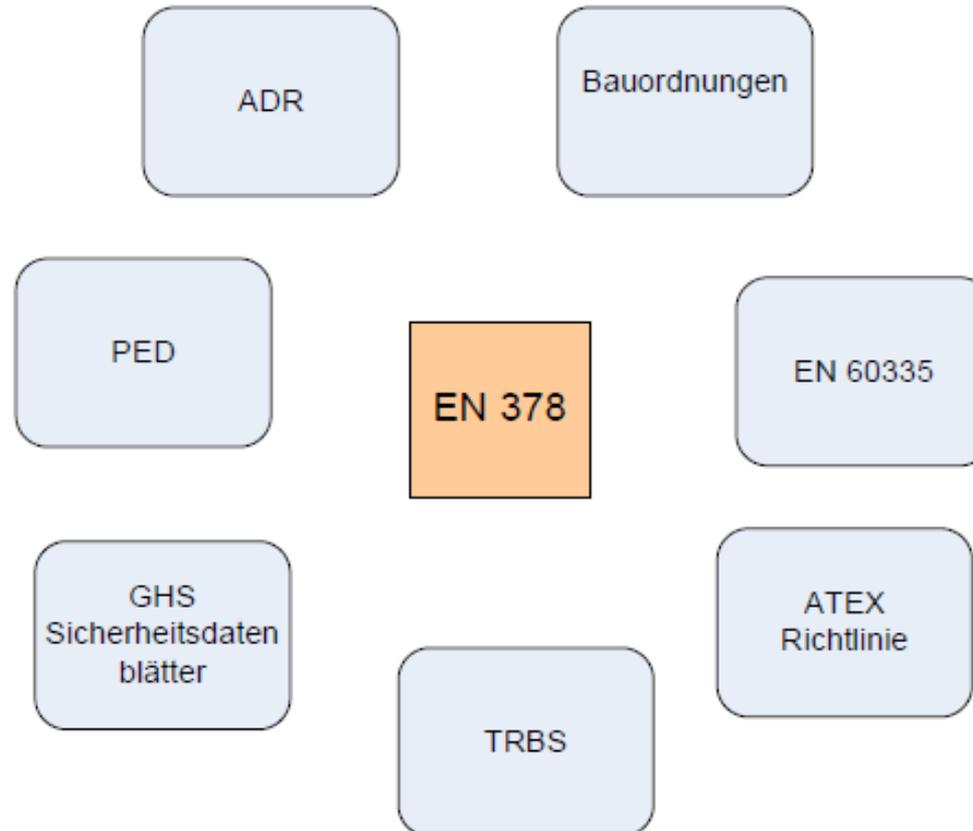
Eine Anlage mit Kältemittel R-410A wird in Raumvolumina nach Tabelle H.2 aufgestellt.

Die Anlage ist ein direktes System der Klasse II des Aufstellungsortes.

Tabelle H.2 — Bestimmung der maximalen Füllmenge

Beispiel	Raum- volu- men	Grenzwert der Kältemittel- Füllmenge Nach C.3.1	Maximale Kältemittel- Füllmenge basierend auf QLMV Raum- volumen multipliziert mit QLMV	Maximale Kältemittel- Füllmenge basierend auf QLAV Raum- volumen multipliziert mit QLAV	Schlussfolgerung
1	1 000 m ³	150 kg	420 kg	420 kg	Die maximale Kältemittel-Füllmenge beträgt 150 kg
2	100 m ³	150 kg	42 kg	42 kg	Die maximale Kältemittel-Füllmenge beträgt Option 1: 42 kg Option 2: 150 kg, vorausgesetzt es werden zwei zusätzliche Maßnahmen nach C.3.2 angewendet

Aber nicht vergessen - leider ist die EN 378 nicht alleine!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
