



Leitfaden „Umgang mit brennbare Kältemitteln der Sicherheitsklasse A2L“ – Teil 1

Vorwort

Um den weltweiten Klimawandel und den damit verbundenen Temperaturanstieg zu begrenzen, soll unter anderem der Einsatz von fluorierten Treibhausgasen mit hohem Treibhauspotential (GWP) drastisch eingeschränkt werden. Die Beschlüsse von Kigali verpflichten Industrie- und Entwicklungsländer in unterschiedlichem Maß, die Produktion und die Verwendung der HFKW zunächst einzufrieren und in den Folgejahren zu vermindern (HFKW-Phase-Down-Szenario). Die F-Gas-Verordnung (EU-Verordnung Nr. 517/2014) reduziert die CO₂-Quote von voll- und teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW) bis 2030 schrittweise auf ein Fünftel der Quote aus 2015. Diese Maßnahme soll die CO₂-gewichtete Verkaufsmenge fluorierter Treibhausgase bis zum Jahr 2030 auf etwa 35 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent senken.

Das Treibhauspotenzial (GWP) ist ein Maß für die Klimawirksamkeit von Treibhausgasen im Vergleich zu CO₂ als Referenzsubstanz (GWP = 1) und wird üblicherweise über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet. Das bedeutet, dass ein Kilogramm des Kältemittels R134a mit GWP von 1430, innerhalb der ersten 100 Jahre nach der Freisetzung 1430-mal so stark zum Treibhauseffekt beiträgt wie ein Kilogramm CO₂. Die CO₂-Quote berechnet sich aus der Summe aller HFKW-Mengen, multipliziert mit dem entsprechenden GWP. Das heißt, je kleiner der GWP eines Kältemittels ist, desto größer ist die Menge, die dem Markt zur Verfügung steht.

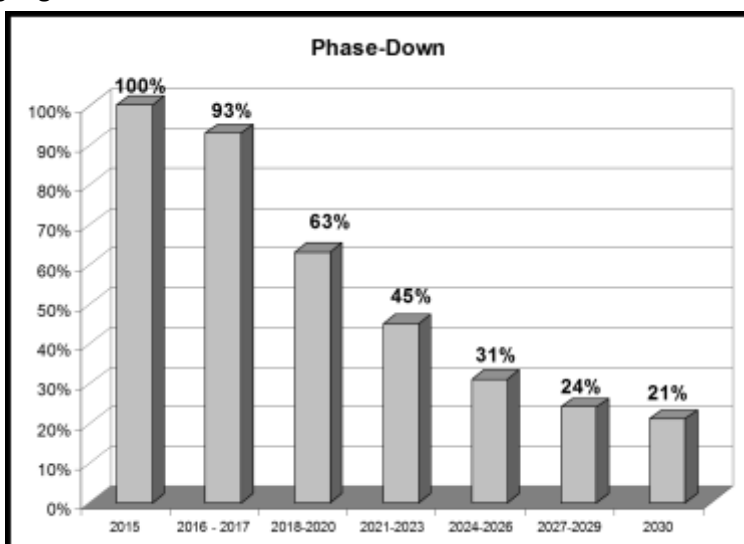


Abbildung 1: Phase-Down

Basierend auf der Quotenreduzierung der F-Gas-Verordnung muss sich der Markt auf den Einsatz von Kältemitteln mit niedrigem GWP-Wert einstellen. Sofern man HFKW betrachtet, steigt mit kleiner werdendem Treibhauspotential die Tendenz zur Brennbarkeit. In der Vergangenheit hat man den Einsatz von Kältemitteln, die nicht in die Sicherheitsklasse A1 eingestuft sind, aus Sicherheitsgründen meist vermieden. Da die meisten Kältemittel mit niedrigem GWP brennbar und damit in die Sicherheitsklassen 2L oder 3 (nach ISO 817) eingestuft sind, müssen sich jetzt Anlagenbauer und Betreiber diesem Thema stellen.



Aus diesem Grund hat sich die Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik mit den Herstellern von Kältemitteln, Großhandel sowie Prüf- und Überwachungsorganisationen zusammengeschlossen, um einen entsprechenden Leitfaden zu erstellen. Unter den Mitwirkenden befinden sich folgende Unternehmens- bzw. Organisationsgruppen:

- Chemours Deutschland GmbH
- Westfalen AG
- Reiss Kälte-Klima GmbH & Co. KG
- TÜV Hessen GmbH
- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Der Leitfaden „Umgang mit brennbaren Kältemitteln der Sicherheitsgruppe A2L“ soll ein wenig „Licht ins Dunkel“ bringen. Er richtet sich an die Hersteller/Errichter von Kälteanlagen sowie an den Arbeitgeber/Betreiber solcher Kälteanlagen und an Servicemonteur, die letztendlich diese Anlagen warten und reparieren müssen.

Allgemeines

Sicherheitstechnische Eigenschaften von Kältemitteln (nach ISO 817)

Sicherheitstechnisch lassen sich Kältemittel durch die Parameter *Giftigkeit* und *Entflammbarkeit* bewerten. Die ISO 817 (ISO 817:2014(E) Abschnitt 6.2) ordnet die Kältemittel entsprechend ihrer Entflammbarkeit und Giftigkeit in acht Sicherheitsklasse ein.

Sicherheitsklasse der Kältemittel

		Giftigkeit	
		nicht giftig (A)	giftig (B)
Entflammbarkeit	nicht entflammbar	A1	B1
	schwer entflammbar	A2L	B2L
	entflammbar	A2	B2
	leicht entflammbar	A3	B3

Tabelle 1 „Sicherheitsklasse der Kältemittel“

Einstufung der Toxizität (Giftigkeit)

Kältemittel werden je nach zulässiger Exposition einer von zwei Klassen, A oder B, zugeordnet:

- ✓ Klasse A (niedrigere chronische Toxizität) bezeichnet Kältemittel mit einem Arbeitsplatzgrenzwert von 400 ppm (z. B. R 290 = 1000 ppm) oder mehr;
- ✓ Klasse B (höhere chronische Toxizität) bezeichnet Kältemittel mit einem Arbeitsplatzgrenzwert von weniger als 400 ppm (z. B. R 717 = 20 ppm).



Einstufung der Entzündbarkeit (Entflammbarkeit)

Kältemittel werden auf der Grundlage der unteren Entzündbarkeitsgrenze einer von vier Klassen (1, 2L, 2 oder 3) zugeordnet.

Klasse 1 (keine Flammenausbreitung)

Einstoff-Kältemittel oder Kältemittelgemische, die:

- ✓ Getestet mit Luft bei 60 °C und 101,3 kPa, keine Flammenausbreitung zeigen

Klasse 2L (geringere Entflammbarkeit)

Einzelkältemittel oder Kältemittelgemische, die

- ✓ bei einer Prüfung bei 60 °C und 101,3 kPa eine Flammenausbreitung aufweisen und
- ✓ eine LFL¹ > 3,5 Vol.-% haben (wenn bei 23° C und 101,3 kPa getestet wird) und
- ✓ eine Verbrennungswärme < 19 000 kJ/kg und
- ✓ eine maximale Brenngeschwindigkeit von ≤ 10 cm/s bei Prüfung mit 23°C und 101,3 kPa aufweisen.

Klasse 2 (brennbar)

Einzelkältemittel oder Kältemittelgemische, die

- ✓ bei einer Prüfung bei 60 °C und 101,3 kPa eine Flammenausbreitung aufweisen und
- ✓ eine LFL > 3,5 Vol.-% haben (wenn das Kältemittel bei 23 °C und 101,3 kPa keine LFL aufweist) und
- ✓ eine Verbrennungswärme < 19 000 kJ/kg aufweisen.

Klasse 3 (höhere Entflammbarkeit)

Einzelkältemittel oder Kältemittelgemische, die:

- ✓ bei einer Prüfung bei 60 °C und 101,3 kPa eine Flammenausbreitung aufweisen und
- ✓ eine LFL ≤ 3,5 Vol.-% haben (wenn das Kältemittel bei 23 °C und 101,3 kPa keine LFL aufweist) oder
- ✓ eine Verbrennungswärme von ≥ 19 000 kJ/kg haben.

Übersicht von ausgewählten A2L-Kältemitteln

R32 (Sicherheitsklasse A2L)

R32 – Difluormethan (CH₂F₂) – ist ein entzündbares Gas (n. EU 2019/521 vom März 2019), welches mit Luft ein brennfähiges Gemisch bilden kann. Der Explosionsbereich liegt zwischen 12,7 Vol.-% als untere Explosionsgrenze (UEG oder LFL) und 33,4 Vol.-% als obere Explosionsgrenze (OEG). Die Selbstzündungstemperatur liegt bei 648 °C. Bei der Verbrennung kann giftiger und ätzender Fluorwasserstoff sowie Carbonylfluorid (COF₂) entstehen. Es ist schwerer als Luft. Aufgrund des moderaten GWP-Wertes von 675 kommt R32 zunehmend in der Klima- und Wärmepumpentechnik im kleineren Leistungsbereich zum Einsatz.

Der GWP-Wert von R32 beträgt etwa nur 1/3 gegenüber dem von R410A, eine etwa 20 % höhere volumetrische Kälteleistung, sowie einen etwa 4,4 % höheren theoretischen COP.

¹ LFL = untere Entflammbarkeitsgrenze



Aus der höheren volumetrischen Kälteleistung gegenüber R410A ergibt sich die Möglichkeit, geringere Querschnitte für die Kältemittelleitungen zu verwenden. Bei Verwendung der bei R410A üblichen Querschnitte für R32, ergibt sich ein leicht höherer COP aufgrund geringerer Druckverluste in der Leitung und des damit einhergehenden geringer ausfallenden Kompressorstromverbrauchs.

R32 findet auch als Bestandteil verschiedener Kältemittelgemische z. B. R410A, R407F, R448A und R449A Verwendung.

R1234yf (Sicherheitsklasse A2L)

R1234yf – 2,3,3,3-Tetrafluorpropen ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$) – ist ein entzündbares Gas (n. EU 2019/521 März 2019), welches mit Luft ein brennfähiges Gemisch bilden kann. Der Entzündbarkeitsbereich liegt zwischen 6,2 Vol.-% als untere (UEG) und 12,3 Vol.-% als obere Grenze (OEG). Die Selbstentzündungstemperatur liegt bei 405 °C. Bei der Verbrennung kann giftiger und ätzender Fluorwasserstoff sowie Carbonylfluorid (COF_2) entstehen.

R1234yf ist schwerer als Luft und hat ein geringes Treibhauspotenzial (GWP 4 nach IPPC AR4). Es steht damit im Gegensatz zu anderen Fluorkohlenwasserstoffen wie R134a mit einem Treibhauspotential von 1430 sehr gut da. Der Grund hierfür liegt im schnellen Abbau von R1234yf, seine mittlere Lebenszeit in der Atmosphäre beträgt nur etwa 12 Tage.

R1234yf wird nicht in Anhang I der F-Gase-Verordnung genannt und zählt damit nicht zu den in „Artikel 2 Nr. 1 definierten fluorierten Treibhausgasen.“

R1234yf wird als Kältemittel in den meisten neueren PKW-Klimaanlagen eingesetzt.

Kältemittel	R32	R1234yf
Sicherheitsklasse	A2L	A2L
UEG (untere Explosionsgrenze)	12,7 Vol.-%	6,2 Vol.-%
OEG (obere Explosionsgrenze)	33,4 Vol.-%	12,3 Vol.-%
Molmasse (M)	52 g/mol	114 g/mol
LFL (20°C)	274,6 g/m ³	293,9 g/m ³
LFL (0°C)	294,8 g/m ³	315,5 g/m ³
Selbstzündtemperatur (n. 67/548/EEC)	648 °C	405 °C
GWP nach IPPC AR4	675	4
UN-Nummer	3252	3161
Gefahrenhinweis GHS-Einstufung (nach EU2019/521 v. März 2019)	Kategorie 1B H221: Entzündbares Gas	



Kältemittel	R32	R1234yf
GHS-Piktogramm		
Kennzeichnungselemente	H280: Enthält Gas unter Druck, kann bei Erwärmung explodieren	

Tabelle 2 „Daten von Kältemitteln“²

Wie kann man von Volumenanteile in Massenanteile umrechnen?

Bei Gasen und Dämpfen ist die Angabe der Konzentration in g/m³ weniger gebräuchlich als die in den Tabellenwerken angewendeten Volumen-%. Sollte eine Umrechnung notwendig werden, so kann sie nach folgender Gleichung erfolgen:

$$Ex_{Masse} = (Ex_{Vol} \cdot 10 \cdot M) / V_m$$

Formel 1 "Umrechnung Explosionsgrenzen Vol.% in g/m³

Ex _{Masse}	= Explosionsgrenze in Masse pro Volumen [g/m ³]	
Ex _{Vol}	= Explosionsgrenze in Vol.-% [10 l/m ³]	
M	= Molmasse des Kältemittels in [g/mol]	
V _m	= Molvolumen	bei 20 °C (1013,25 mbar) = 24,05 l/mol bei 0 °C (1013,25 mbar) = 22,4 l/mol

² Die Daten stammen aus der GESTIS Stoffdatenbank