TRANE® ENGINEERS Newsletter

Ausgabe 1

Überlegungen für Kältemittel der nächsten Generation

Der Engineers-Newsletter diskutiert die Notwendigkeit einer ausgewogenen Entscheidungsgrundlage zwischen Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz im Zuge der Kältemittelwahl von neuen Klimaanlagen.
Dieser Artikel führt die Diskussion hinsichtlich Sicherheit, Verbote und anderer Überlegungen für Kältemittel der nächsten Generation fort.

Gesetzliche Vorgaben

Während der letzten Jahrzehnte sind Kältemittel für Kälte- und Klimaanlagen unter ständigem Druck gesetzlicher Auflagen gestanden. Seit Mitte der 90er Jahre lag der primäre Fokus auf dem Schutz der Ozonschicht. Zugleich rückte der Treibhauseffekt immer mehr in den Mittelpunkt. Unsere Branche war und ist bestrebt, die richtige Balance zwischen Energieeffizienz und Sicherheit bei gleichzeitiger Minimierung der Auswirkungen auf die Umwelt zu suchen und zu finden.
Bild 1 illustriert den politischen Druck und die Belastung für die Industrie mit Konsequenzen auf fast alle gehandelten Kältemittel der letzten Jahrzehnte. Diese gesetzlichen Vorgaben haben die Entwicklung von alternativen Kältemitteln vorangetrieben. Die neuen Kältemittel der nächsten Generation sind auf Basis von Olefinen und haben sehr ähnliche Eigenschaften wie HFKWs und FKWs, aber nur minimale Auswirkungen auf die Umwelt. Das erste kommerziell verfügbare Kältemittel der nächsten Generation ist das Olefin basierende R-1234yf, entwickelt als Ersatz für Automotive sowie Kälte- und Klimaanlagen, und zeigt den Beginn der Akzeptanz - auch in der HLK-Branche.

Nicht-fluorierte Kältemittel – Betrachtet man Kältemittel der nächsten Generation, empfiehlt es sich, dass politische Entscheidungsträger, Öffentlichkeit und Hersteller direkte Umwelteinflüsse (ODP, GWP, Leckageraten), indirekte Umwelteinflüsse (Energieeffizienz), Auswirkungen auf Sicherheit und Leistung abwägen. Da HFCKWs verboten sind und man sich nun auch von vielen HFKWs und FKWs verabschiedet, werden andere hergestellte Kältemittel, wie z.B. neue Fluorkohlenwasserstoffe, mit geringem GWP und nicht-fluorierte Kältemittel, wie z.B. CO^2, NH^3 (Ammoniak) oder Kohlenwasserstoffe, in Erwägung gezogen.
Während nicht-fluorierte Kältemittel (manchmal auch "natürliche" Kältemittel genannt) einige wünschenswerte Merkmale für mechanische Verdichter-Kältemaschinen aufweisen, haben fluorierte Kältemittel (F-Gase) bei HLK-Anwendungen bestens gedient, weil diese F-Gas-Kältemittel die beste Ausgewogenheit zwischen Sicherheit, Energieeffizienz und Umweltverträglichkeit aufweisen. Tatsächlich haben einige der neuen Kältemittelalternativen auf Olefin-Basis geringere GWP-Werte verglichen zu manch natürlichen Kältemittel.

Nicht-fluorierte Kältemittel werden sich in den nächsten Jahren einer steigenden Nutzung erfreuen, überall dort, wo die einzigartigen Eigenschaften zur Anwendung passen, wie z.B. bei Normal- und Tiefkühlung.

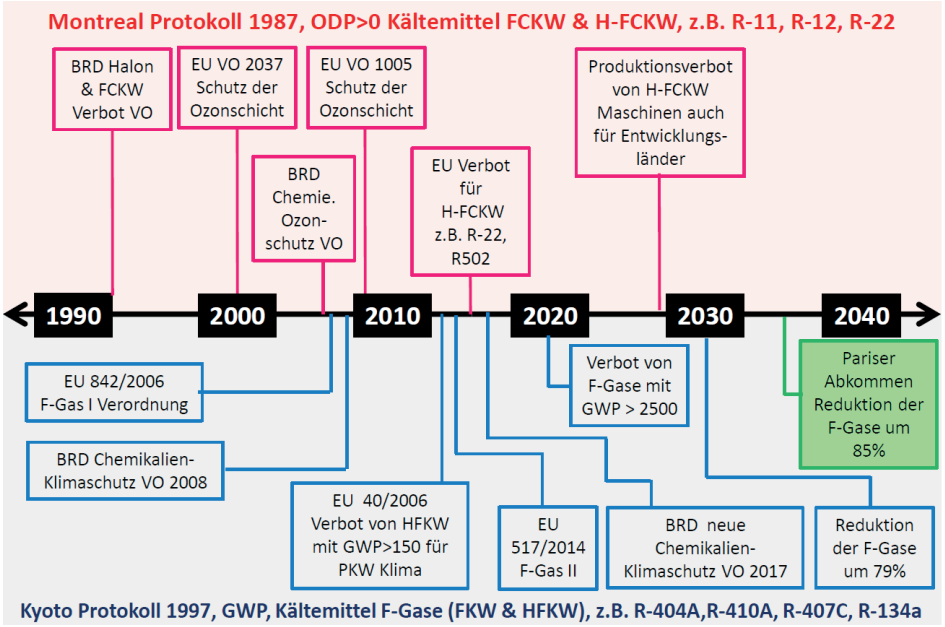


Bild 1. Gesetzliche Regelungen für Kältemittel

Tabelle 1 vergleicht die wichtigsten Eigenschaften von weltweit kommerziell genutzten Kältemitteln sowie Potentiale von zukünftigen Kältemittel.

Entflammbarkeit – die nächste große Herausforderung für die Industrie.

Mit der aktuellen Generation von Fluorkohlenwasserstoffen hatte die HLK-Branche keine Probleme in Bezug auf die Brennbarkeit von Kältemitteln.
Jedoch wird es in den kommenden Jahren im Zuge des Umstiegs auf neue Kältemittel eine Herausforderung sein, geringfügig brennbare Kältemittel am Markt zu etablieren.

Derzeit nimmt die „American Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers“ (ASHRAE) die Führungsrolle bei der Entwicklung von Leitlinien für die sichere Verwendung von Kältemitteln, welche als geringfügig entzündlich eingestuft werden, ein (Abbildung 2).

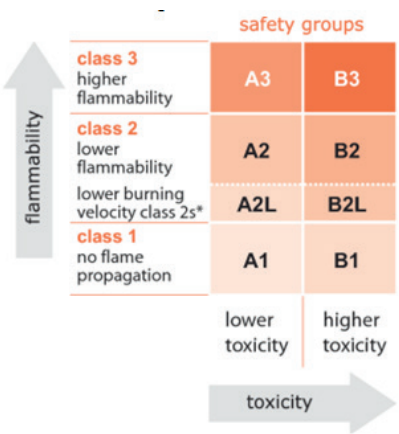
Im Jahr 2010 hat ASHRAE die neue Kategorie „2L“ für die Entflammbarkeit von vielen der neuen Kältemittel eingeführt.

Diese „2L“ Kältemittel sind schwierig oder unmöglich bei Raumtemperatur zu entzünden und können möglicherweise mit ähnlichen Techniken angewendet werden, wie diese heute schon verwendet werden. Die scheinbar einfache Eigenschaft der Flammbarkeit ist aber tatsächlich schwer zu differenzieren. Flammbarkeit kann durch mehrere Kriterien ausgedrückt werden. Die beiden Wichtigsten sind die Mindestzündenergie und Brenngeschwindigkeit.

Mindestzündenergie gibt die Menge an Energie an, welche benötigt wird, um ein Kältemittel bei Raumtemperatur zu entzünden. Je höher die Zahl, desto schwieriger ist die Entzündung.

Brenngeschwindigkeit ist die Rate, mit der ein Kältemittel nach einer Entzündung brennt. Je langsamer die Brenngeschwindigkeit, desto geringer ist das Risiko.

Abbildung 2: ASHRAE Standard 34-2013 4 Sicherheitseinstufung



** A2L und B2L sind Kältemittel niedriger Entflammbarkeit mit einer maximalen Brenngeschwindigkeit von 10 cm/s.*

Bild 2: Trane Roggenkamp Firmengebäude

Tabelle 1. Kältemittel Eigenschaften

	Atmosphärische Lebensdauer		Umweltdaten		Sicherheitskriterien				COP (ε)	
			Ozon-Schädigung-Potential	Treibhaus-Potential	Sicherheitsgruppe		Brennge schwindig-keit	Minimale Zündenergie	Maximaler theoretischer Wirkungsgrad (Carnot-Wirkungsgrad) für Klimaanwendungen	
	Jahre	Tage	ODP	GWP	Sicherheit Klasse	Brennbarkeit Klasse	(cm/s)	(mJ)	2-stufig	1-stufig
R-11	45	16,425	1	4750	A	1	0	-	9,467	9,101
R-12	100	36,500	0,82	10,900	A	1	0	-	9,102	8,584
R-22	11,9	4,344	0,034	1760	A	1	0	-	8,965	8,483
R-123	1,3	475	0,012	79	B	1	0	-	9,401	8,949
R-134a	13,4	4,891	0	1300	A	1	0	-	9,055	8,472
R-410A	28,2	10,293	0	1924	A	1	0	-	-	7,988
R-245fa	7,7	2,811	0	858	A	1	0	-	9,305	8,778
R-32	5,2	1,898	0	677	A	2L	6,7	15	-	8,215
R-1233zd(E)	0,0712	26	0,0002	1 *	A	1	0	-	9,345	8,854
R-1234yf	0,031	11	0	<1*	A	2L	1,5	5000	8,868	8,168
R-1234ze(E)	0,038	14	0	<1*	A	2L	0**		9,067	8,452
R-513A	5,9	2,158	0	572	A	1	0		8,934	8,280
R-744 (CO2)	50	18,250	0	1	A	1	0			3,533
R-717 (NH3)	0,01	4	0	0	B	2L	72	100		8,774

* Hodnebrog, 0., et, al, "Global Warming Potential and Radiative Efficiencies of Halocarbons and Related Compounds: A Comprehensive Review," Reviews of Geophysics (June 20131)

* * bei Raumtemperatur

Kältemittel Entscheidung

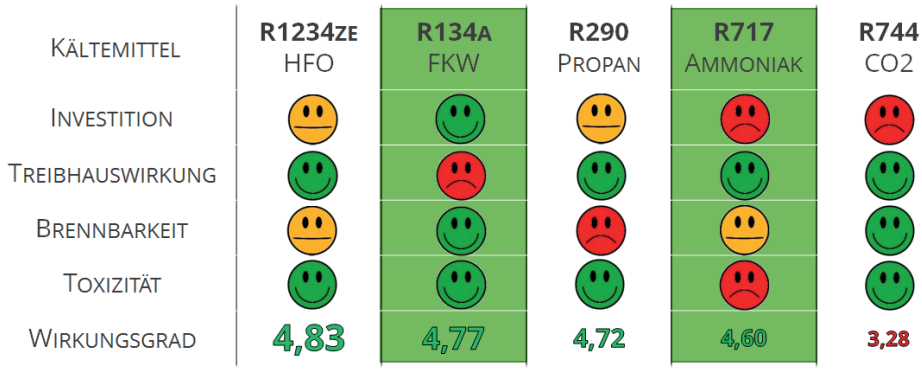
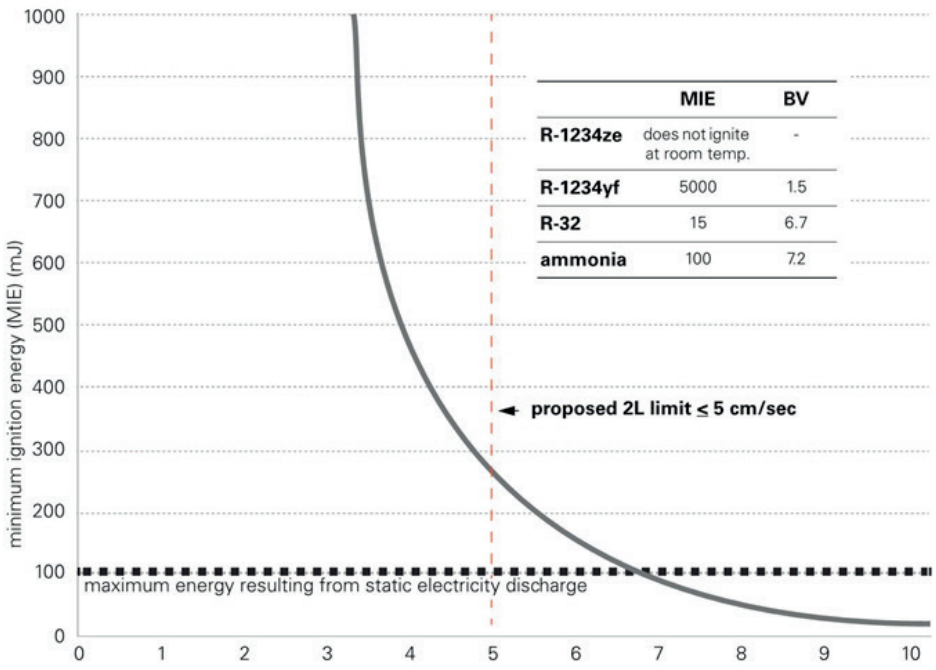


Bild 3: Kältemittel Entscheidung (Quelle: Trane Roggenkamp

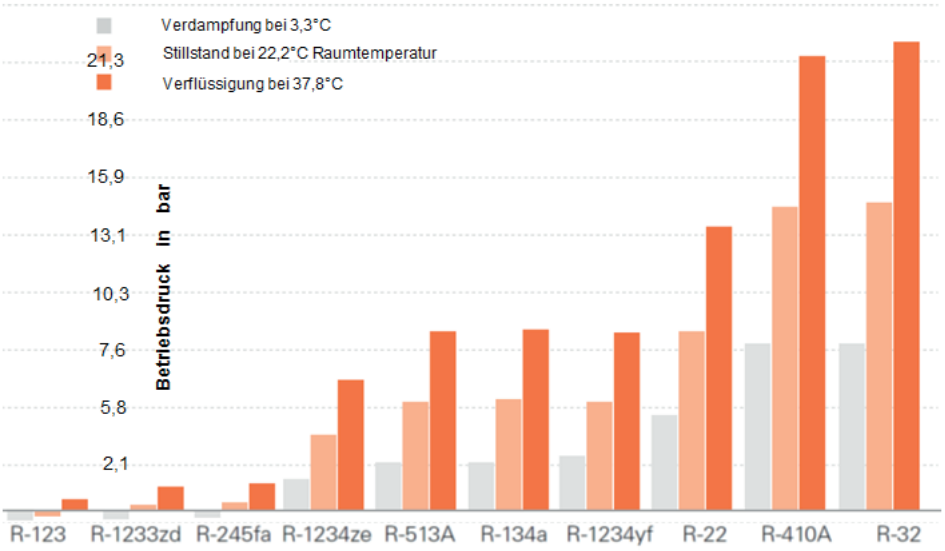
Abbildung 3 zeigt den Zusammenhang zwischen Zündenergie und Brenngeschwindigkeit.
Diese Grafik zeigt, dass viele "2L"-Kältemittel schwer zu entzünden sind. Falls dennoch eine Entzündung stattfindet, ist die Brenngeschwindigkeit sehr gering. Kältemittel auf Olefin-Basis sind entweder nicht oder schwer entflammbar, entsprechen somit der Klasse „2L".

Figure 3. Burning Velocity (BV) versus Minimum Ignition Energy (MIE) ASHRAE TRP-1584



Herausforderung Drucklage von Kältemittel der nächsten Generation

Seit vielen Jahren hat die Industrie für die HLK-Branche eine Vielzahl von Kältemitteln für verschiedene Betriebsdrücke, Anwendungen und Verdichterarten entwickelt.
Je höher der Betriebsdruck von Kältemitteln der nächsten Generation ist, umso schwerer werden Alternativen in Bezug auf niedrigen GWP und keiner oder geringer Entflammbarkeit zu finden sein. Als Ersatz für das Niederdruckkältemittel R-123 ermöglicht R-1233zd(E) einen extrem geringen GWP <1, sehr hohe Effizienz, und ist zudem nicht brennbar. Die Herausforderung bei Mitteldruck- Alternativen ist jedoch weit größer (Abbildung 4).
Nicht brennbar alternative Kältemittelmischungen auf Olefin-Basis bieten GWP-Werte unter 500 bei hoher Effizienz; jedoch wird ein geringfügiges Risiko einer Entzündbarkeit schwer zu vermeiden sein. Daher sind „2 L"-Kältemittel wie R-1234ze angedacht, eine Balance zwischen Sicherheit und Effizienz bei Mitteldruck-Kältemitteln sicherzustellen.
Für das Hochdruckkältemittel R-410A wird derzeit ein Ersatz angeboten, welcher jedoch geringfügig brennbar ist. Die Arbeit geht weiter, um nicht brennbare Alternativen für R-410A zu finden. Leichtentzündliche Alternativen, wie Propan, sind für einige Anwendungen denkbar, aber aus Sicherheitsbedenken sind die Füllmengen sehr begrenzt, z.B. Kühlschrank. Positiv: Viele der R-410A-Alternativen haben derzeit eine bessere Effizienz und bessere Eigenschaften bei sehr hohen Außentemperaturen.



„Green Buildings" und Kältemittelwahl

„Green Building Rating-Systeme", wie z.B. USGBC's "LEED" (Leadership in Energy and Environmental Design) berücksichtigen den Kältemittel-einsatz. Das aktuelle „LEED Rating System" berechnet mittels einer Formel den Einfluss von Anlagenlebensdauer, Kältemittelart und Füllmenge sowie Leckrate auf die Ozon-schädigung und die globale Erwärmung.

Nach den Kriterien der Rating Systeme kann im Zuge einer Zertifizierung durch die Wahl des Kältemittels dazu beitragen, den Green Building Status zu erreichen. Beispielsweise können die meisten Turbo-Kaltwassersätze mit R-123 und R-134a Kältemittel vier zusätzliche LEED-Punkte für Energie und Atmosphäre erhalten. Es gibt jedoch HLK-Systeme, z.B. Split-oder VRF-Systeme, die diese Kredite aufgrund der großen Menge an Kältemittel nicht erhalten können.

Für weitere Informationen siehe: „Zertifizierungssysteme für Gebäude" (Detail: Green Books)

Risikomanagement eines wandelnden Kältemittel-Umfelds

In einem sich ständig ändernden regulatorischen Umfeld umgibt ein vermeintliches Risiko die Auswahl des richtigen Kältemittels. Erster Schritt bei der Minimierung dieses Risikos erfordert ein Verständnis im Zuge der Kältemittelwahl.

Beim Auswerten der Kosten über die Lebensdauer der Anlagen wird das Ausmaß des Risikos bei der Auswahl der richtigen Kältemittel deutlich. Abbildung 5 zeigt die wesentlichen Kosten im Zusammenhang mit dem Betrieb einer Turbokältemaschine über eine Lebensdauer von 30 Jahren. Wie Sie sehen können, stammt die überwiegende Mehrheit der Ausgaben über die Lebensdauer (über 88 %) vom Energieverbrauch, gefolgt von Service und Investitionskosten.

Den kleinsten Kostenanteil mit <0,04 % betrifft die Ergänzung von Kältemittel über die Lebensdauer der Kältemaschine (vorausgesetzt ist ein Niederdruckkältemittel und 0,5 % jährliche Leckrate).

Wie können Sie die Risiken im Zuge einer Neuanschaffung einer Kältemaschine unter Berücksichtigung der wesentlichen Kosten über die Lebensdauer minimieren?

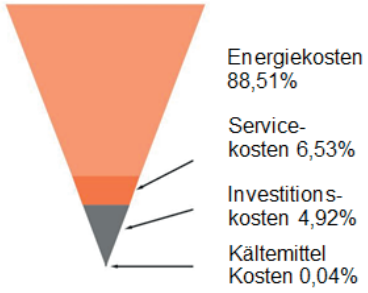
· Kältemittelfüllung minimieren. Verwenden Sie die geringstmögliche Menge an Kältemittel (kg / kW)

· Monitoring / Verfolgung / Reparatur jeder Leckage im System. Stellen Sie sicher, dass die Anlage gut gewartet und dicht ist. Jährliche Leckraten weit unter 0,5 % sind leicht erreichbar mit Niederdruck-Kältemaschinen.

· Pflegen Sie Ihre Anlage auf höchstem Leistungsniveau. Ordnungsgemäße Wartung der Anlage und Maßnahmen, Lecks zu reparieren, werden Lebenszykluskosten minimieren.

Im Vergleich zu den gesamten Lebenszykluskosten einer Kältemaschine sind die Kosten für Kältemittel der kleinste Ausgabenposten. Mit ein wenig Aufwand können diese Ausgaben praktisch auf Null reduziert werden.

Abbildung 5: Life Cycle Kosten einer Kältemaschine



Grafik basiert auf einer 30-Jahre-Lebens-kosten- Analyse einer Niederdruck-Turbokältemaschine mit Direktantrieb, Servicekosten wurden anhand dem Wartungsaufwand und der empfohlenen Rohrreinigung, Kältemittelanalyse, Dichtheitsprüfung, Kontrollenupdates, Kompressorüberholung, elektrische Prüfungen, Prüfung, Lager und Öl-Analyse errechnet. Abhängig von der Anwendung können zusätzliche Kosten zur Anwendung kommen.

Zusammenfassung

Die HLK-Branche ist wieder einmal mit einer neuen Generation von Kältemitteln konfrontiert. Neue Kältemittel bedeuten neue Herausforderungen und neue Chancen. Die letzte große Abkehr von FCKW führte zu einer vielfältigeren Industrie mit neuen Optionen, diese erwies sich als zuverlässig und effizient.

Ebenso bietet die aktuelle Abkehr von FKW und HFKW Herausforderungen und Chancen, Gleichgewicht zwischen Effizienz, Emissionen und Sicherheit stehen dabei an vorderster Front. Es gibt keinen Zweifel, dass die HLK-Branche diese Herausforderung selbstbewusst annehmen und neue Kältemittel mit niedrigen GWP finden wird, welche einen effizienten und sicheren Betrieb gewährleisten.

Für weitere Informationen kontaktieren Sie uns unter:

Trane Klima- und Kältetechnisches Büro GmbH
Pionierstraße 3
82152 Krailling

zentrale@trane-roggenkamp.de
089 / 89 51 46 - 0

Auf unserer Homepage **www.trane-roggenkamp.de** erfahren Sie auch mehr über:

Von: Mike Thompson, Mike Patterson und Ryan Geister, TRANE
Deutsch Übersetzung : Gottfried Kadecka, ETAAGO®
Original unter: *https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/industry-articles/ENV-APN001A-EN_2015_refrigerants.pdf*