

Quo vadis Kältemittel? Synthetische Niedrig-GWP-Kältemittel versus natürliche Stoffe – was ist in der Zukunft zu erwarten?

Hermann Renz, Bitzer GmbH

Vortrag anlässlich der Historikertagung 2015 – Gemeinschaftsveranstaltung des HKK und der DKV Senioren vom 18. bis 21. 6. 2015 in Stuttgart.

Inhalt

- Blick in die jüngere Vergangenheit
- Revidierte EU F-Gase Verordnung
- Konsequenzen für den Kälte- und Klima-Sektor
- Entwicklungstrends
- Zusammenfassung / Fazit

Blick in die jüngere Vergangenheit

Nach Maßgabe der FCKW-Halon-Verordnung aus dem Jahre 1991 war nach dem Verbot von FCKW-Kältemitteln und Halonen neben natürlichen Kältemitteln im Wesentlichen noch HFCKW R22 erlaubt - allerdings in Deutschland für Neuanlagen nur noch bis Ende 1999. Nachdem in gewerblichen Kälte- und Klimaanlageanlagen in erster Linie synthetische Kältemittel zum Einsatz kamen, war eine Zielsetzung, Alternativen ohne Ozonabbau-Potenzial mit ähnlichen thermodynamischen Eigenschaften zu entwickeln. Für das in großem Umfang eingesetzte FCKW-Kältemittel R12 zeigte sich HFKW R134a als ideales Substitut. Die erste großtechnische Produktionsanlage wurde bereits Anfang der 90er Jahre in Betrieb genommen. Bei Alternativen für R22 und R502 gab es größere Herausforderungen, ähnliche Eigenschaften waren nur mit Gemischen aus verschiedenen Stoffen zu erreichen. Bei gewerblichen Kälteanlagen konnte sich dabei R404A in weitem Umfang etablieren.

Schon bald setzte sich die Erkenntnis durch, dass auch HFKW-Kältemittel bei Freisetzung durch ihr hohes Treibhauspotenzial (GWP) zur Erderwärmung beitragen. Infolgedessen kam in der EU bereits 2007 die weltweit erste Verordnung zur Reduzierung der F-Gase Emissionen zur Anwendung. Ziel war eine Emissionsminderung durch ein Bündel von Maßnahmen, wie z.B. verbesserte Anlagendichtheit. Verwendungsverbote waren bei stationären Systemen nicht vorgesehen.

/ Anfang der 1990er wird in Europa und USA der Niedergang der FCKW- und HFCKW-Kältemittel eingeläutet

- Erste Produktionsanlage für R134a von DuPont in Corpus Christie (USA) – R134a als Substitut für R12
 - ⇒ Besichtigung im Januar 1992 durch europäische Delegation – u.a. mit Herren Stenzel und Renz als Teilnehmer
- Wenige Tage später Vorstellung des Kältemittelgemisches HP62 (später R404A) auf der ASHRAE-Messe – als Substitut für R502

/ 1991 ⇒ Deutschland: FCKW-Halon-Verbotsverordnung

/ 2000 ⇒ Deutschland: Verbot von R22 in Neuanlagen

/ 2002 ⇒ R22-Verbot EU – Ausnahme reversible Klimageräte (2004)

/ 2007 ⇒ EU F-Gase Verordnung Nr. 842/2006

Kernelemente:

- Anlagendichtheit / Rückgewinnung
- Dichtheitskontrolle
- Ausbildung / Zertifizierung
- Überwachung und Berichterstattung
- Markteinführung

Keine Verwendungsverbote bei stationären Kälte-/Klimaanlagen

Revidierte EU F-Gase Verordnung Nr. 517/2014

Die Begründung für eine Revision mit Verschärfung der Anforderungen ist auf Seite 3 aufgelistet. Die beiden Diagramme zeigen dabei sowohl den mengenmäßigen Verbrauch als auch das CO₂-Äquivalent an verbrauchten HFCKW-Kältemitteln. Dabei weist das in der Gewerbekälte am meisten eingesetzte R404A (und R507A) den größten Beitrag auf. Ein relativ hoher Anteil davon wird für den Service benötigt und entspricht dann der effektiven Emissionsmenge.

Als Konsequenz wurde von der Legislative für die verschiedenen Anwendungen eine stufenweise Begrenzung des GWP festgeschrieben. Hinzu kommen Verwendungsverbote oder Verwendungsbegrenzungen (Anhang III der VO). Darüber hinaus wurde eine Mengenbegrenzung (Phase-Down) auf Basis des CO₂-Äquivalent festgelegt – mit einer Reduzierung des Verbrauchs um 79% bis 2030. Die Kontrolle des Verbrauchs erfolgt durch ein Quotensystem.

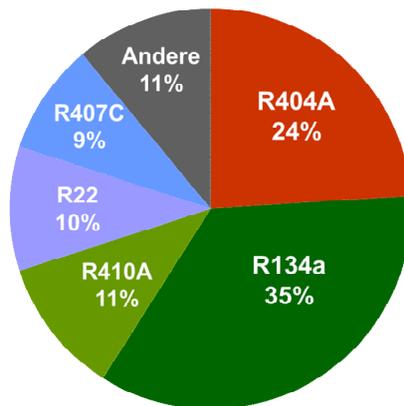
Begründung für die Revision der F-Gase Verordnung:

- / Gesetzlich festgelegter, regulärer Revisionszyklus
 - Bisherige Verordnung verlangte eine Neubewertung bis Juli 2011
- / Sehr ambitionierte Ziele hinsichtlich CO₂ Emissionsminderung in der EU
 - z.B. 20-20-20 Ziele
 - ⇒ 20 % weniger Treibhausgasemissionen als 2005
 - ⇒ 20 % Anteil an erneuerbaren Energien
 - ⇒ 20 % mehr Energieeffizienz
 - Ursprüngliche Ziele zur Emissionsminderung sind nicht ausreichend
 - ⇒ Studien im Auftrag der Kommission + unabhängige Studien
 - ⇒ Beträchtlicher Anteil von „Hoch GWP“ Kältemitteln

Konsequenzen für den Kälte- und Klimasektor:

Kältemittelverbrauch in der EU

Mengenmäßiger Verbrauch 2010 in % ⇒ 85900 Tonnen



In 2010

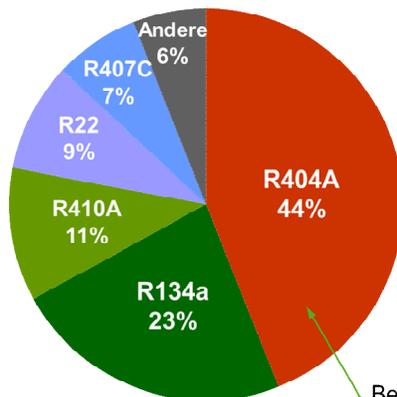
- R134a hatte den größten Anteil am Verbrauch (35 % in Tonnen)

Wesentliche Gründe

- Hoher Anteil von Kfz-Klimaanlagen (MAC)
- Hohe Leckagen bei MAC

Source: SKM Enviros Study 08.2012

Verbrauch an Treibhausgasen 2010 in % ⇒ 186 MT CO₂ äquivalent



In 2010

- R404A / R507A hatten den größten Anteil am Verbrauch von Treibhausgasen (44 % CO₂ eq.)

Wesentliche Gründe

- Hoher GWP
- Hohe Leckageraten in gewerblichen Kälteanlagen

Beträchtliches Potenzial für Reduzierung

Source: SKM Enviros Study 08.2012

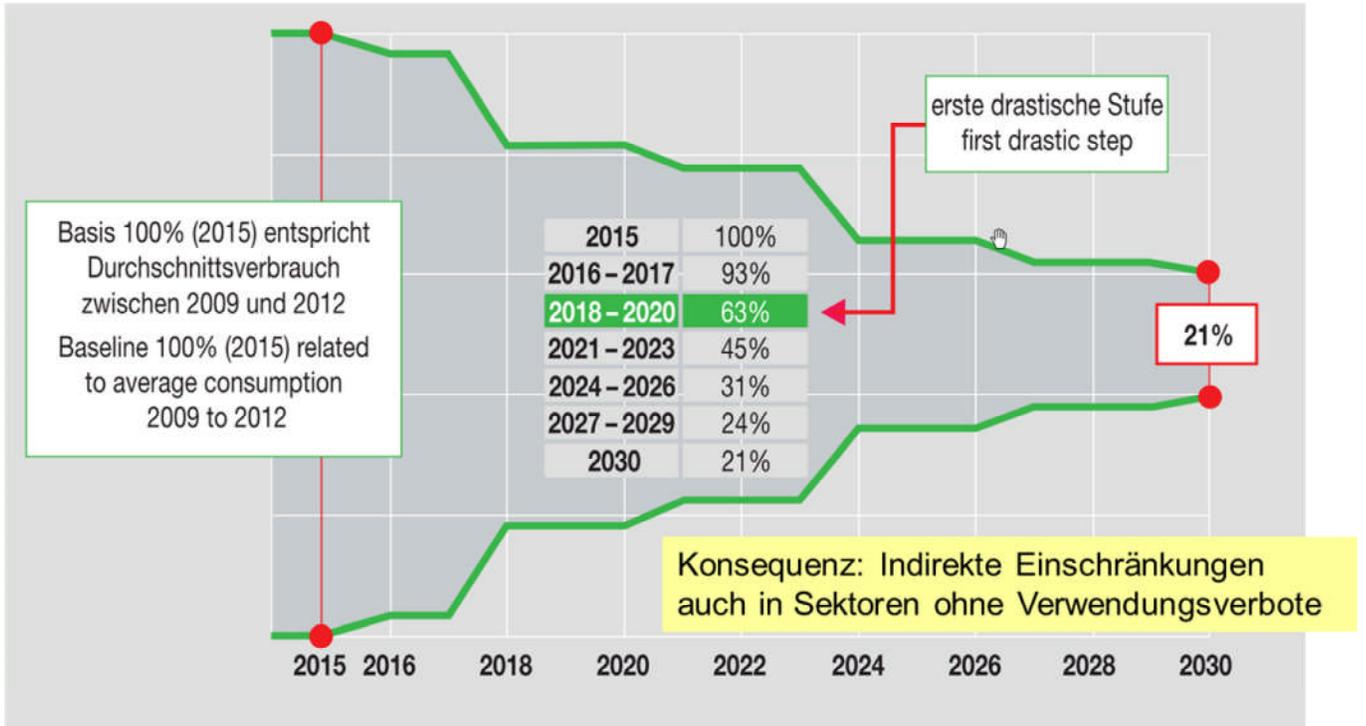
Kernelemente der revidierten Verordnung:

- / Mit F-Gasen vorgefüllte Produkte von Ländern außerhalb der EU müssen ab 2017 ebenfalls im Quotensystem berücksichtigt werden
- / Verbot von F-Gasen für Servicezwecke ab 2020 bzw. 2030
 - ab 2020: Kältemittel mit GWP > 2500 für Anlagen mit Füllmengen **≥ 40 Tonnen CO₂ äquivalent**
 - ⇒ Ausnahme: Recyceltes Material aus bestehenden Systemen
 - Ab 2030: Generelles Verbot für Kältemittel mit GWP > 2500
- / Mögliche Ausnahmen zum Anhang III (Verwendungsverbote)
 - Falls nachgewiesen werden kann, dass für eine bestimmte Anwendung keine technisch sinnvolle Alternative verfügbar ist
- / "Phase-down" von F-Gasen in mehreren Stufen auf gerade mal 21 % (CO₂ äquivalent) bis 2030
- / Quoten-System: Hersteller bekommen auf Antrag Quoten zugewiesen, damit der Verbrauch kontrolliert werden kann ⇒ Meldepflicht
- / Für eine Reihe von Anwendungen sind max. zulässige GWP-Werte festgelegt – in verschiedenen Segmenten der gewerblichen Kälte- und Klimatechnik ab 2020
 - Bedeutet indirekte Verbote und Verwendungsbeschränkungen
- / Neue und stringenter Anforderung hinsichtlich Anlagendichtheit, Leckageprüfungen und Kennzeichnung der Produkte
 - Verbindlich bei Kältemittelfüllungen **≥ 5 Tonnen CO₂ äquivalent**
 - R134a: **≥ 3.5 kg** // R404A: **≥ 1.3 kg**

Konsequenzen für der Kälte-/Klimasektor

Das nächste Bild zeigt die künftige Mengenbegrenzung in graphischer Form. Die erste drastische Stufe ist bereits für 2018 geplant, wobei ab 2017 noch die Kältemittelmenge von in die EU importierten Geräten berücksichtigt werden muss (zusätzlich ca. 10 bis 12%). De facto ist dadurch eine noch größere Reduzierung erforderlich. Dies zeigt dann bereits, dass die gesetzten Ziele nicht allein mit den Vorgaben zur Begrenzung des GWP erreicht werden können. Folglich werden auch Sektoren unserer Branche indirekt von den Beschränkungen betroffen sein, die eigentlich keinen Mengenbegrenzungen oder Verboten unterliegen. Dies bedeutet einen gravierenden Wandel auf breiter Ebene.

Maximal erlaubte Menge an HFKWs (CO₂ äquivalent)



Erzeugnisse und Einrichtungen	Zeitplan / Kältemittel-Optionen												
	KW	R744 (CO ₂)	R717 (NH ₃)	R404A/R507A	R417B/R422D	R134a	R407A/C/F	R410A	R417A/R427A	R32	HFO*	HFO/HFC Blends GWP < 150	HFO/HFC Blends GWP 150 - 1500
11. Kühlgeräte und Gefriergeräte für die gewerbliche Verwendung (hermetisch geschlossene Einrichtungen), die HFKW mit einem GWP ≥ 2500 enthalten - ab 2020 // HFKW mit GWP ≥ 150 - ab 2022	2020 & 2022			2020	2020	2022	2022	2022	2022	2022			2022
12. Ortsfeste Kälteanlagen, die HFKW mit einem GWP ≥ 2500 enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen, außer Einrichtungen, die für die Anwendung zur Kühlung von Produkten auf unter -50°C bestimmt sind	2020					Indirekte Beschränkung durch "Phase-down"							
13. Mehrteilige zentralisierte Kälteanlagen für die gewerbliche Verwendung mit einer Nennleistung von 40 kW oder mehr, die fluorierte Treibhausgase mit einem GWP ≥ 150 enthalten oder zu ihrem Funktionieren benötigen, außer im primären Kältemittelkreislauf in Kaskadensystemen, in dem fluorierte Treibhausgase mit einem GWP < 1500 verwendet werden dürfen	2022					Kaskade - Primärkreislauf					Kaskade - Primärkreislauf		Kaskade - Primärkreislauf

Weitere Verwendungsverbote:

- Haushaltskühl- und Gefriergeräte mit HFKW und einem GWP ≥ 150 – ab 2015
- Bewegliche Raumklimageräte mit HFKW und einem GWP ≥ 150 – ab 2020
- Mono-Split Klimageräte mit weniger als 3 kg HFKW und einem GWP ≥ 750 – ab 2025

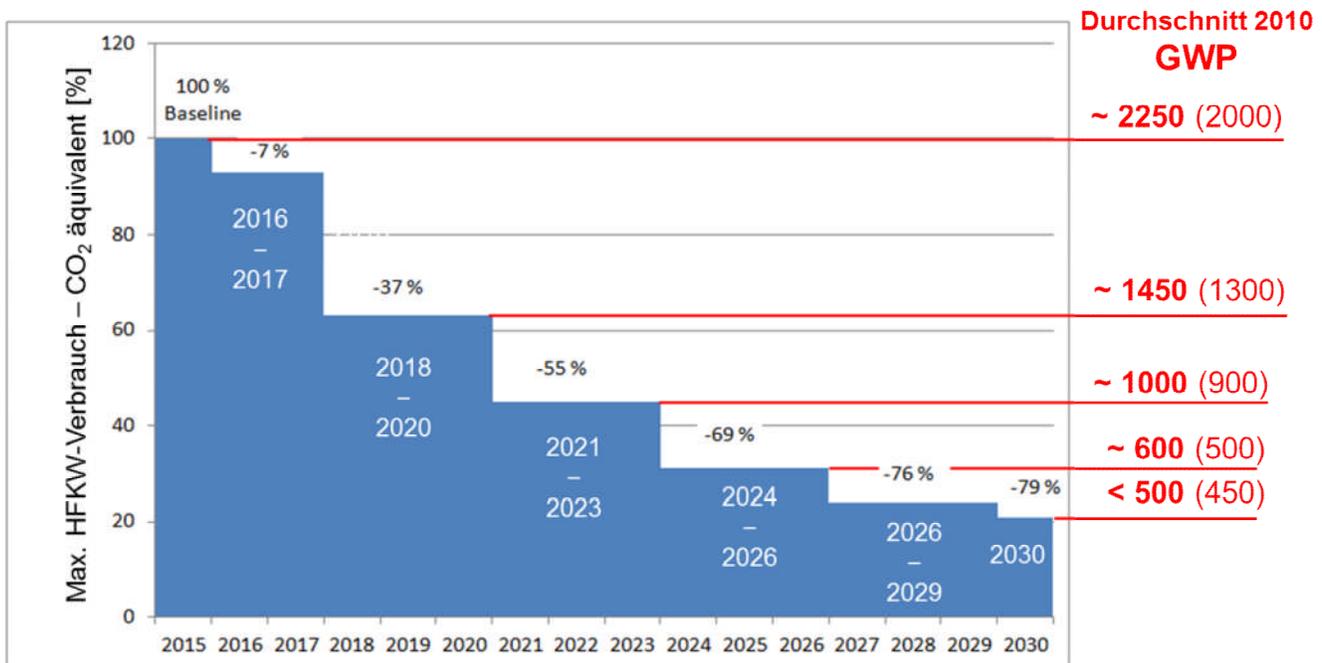
Dieses Bild zeigt die wesentlichen Verwendungsbeschränkungen für den gewerblichen Bereich anhand einer tabellarischen Darstellung. Für hermetisch geschlossene Systeme (Pos. 11) bedeuten die Vorgaben eine klare Trendwende zu Kohlenwasserstoffen und HFOs als Reinstoff oder im Gemisch.

Für sog. ortsfeste Kälteanlagen (Pos. 12) sehen die Anforderungen auf den ersten Blick eher gemäßigt aus, zumal bereits heute Alternativen für R404A/R507A zur Verfügung stehen und R134a sowie R134a/HFO-Gemische für Normalkühlung als Teil der Lösung angesehen werden können. Unter Betrachtung des „Phase-Down“ werden aber auch in diesem Sektor indirekte Beschränkungen zum Tragen kommen.

Dies gilt in gleicher Weise für zentralisierte Kälteanlagen (Verbundsysteme) < 40 kW (Pos.13). Demnach ist auch eine Aufteilung größerer Anlagen auf kleinere Einheiten der falsche Ansatz. Systeme > 40 kW können praktisch gesehen ab 2022 nur noch mit natürlichen Kältemitteln betrieben werden, ggf. noch mit HFOs für die Normalkühlung. Ausnahmen sind Kaskadensysteme bei denen für den Primärkreislauf ein Kältemittel mit GWP < 1500 (z.B. R134a) erlaubt sein wird.

Gewerbliche und industrielle Anlagen zur Klimakühlung sowie Wärmepumpen sind von Beschränkungen ausgenommen, werden jedoch durch den „Phase-Down“ ebenfalls einen Wandel hinsichtlich Kältemittel erfahren müssen.

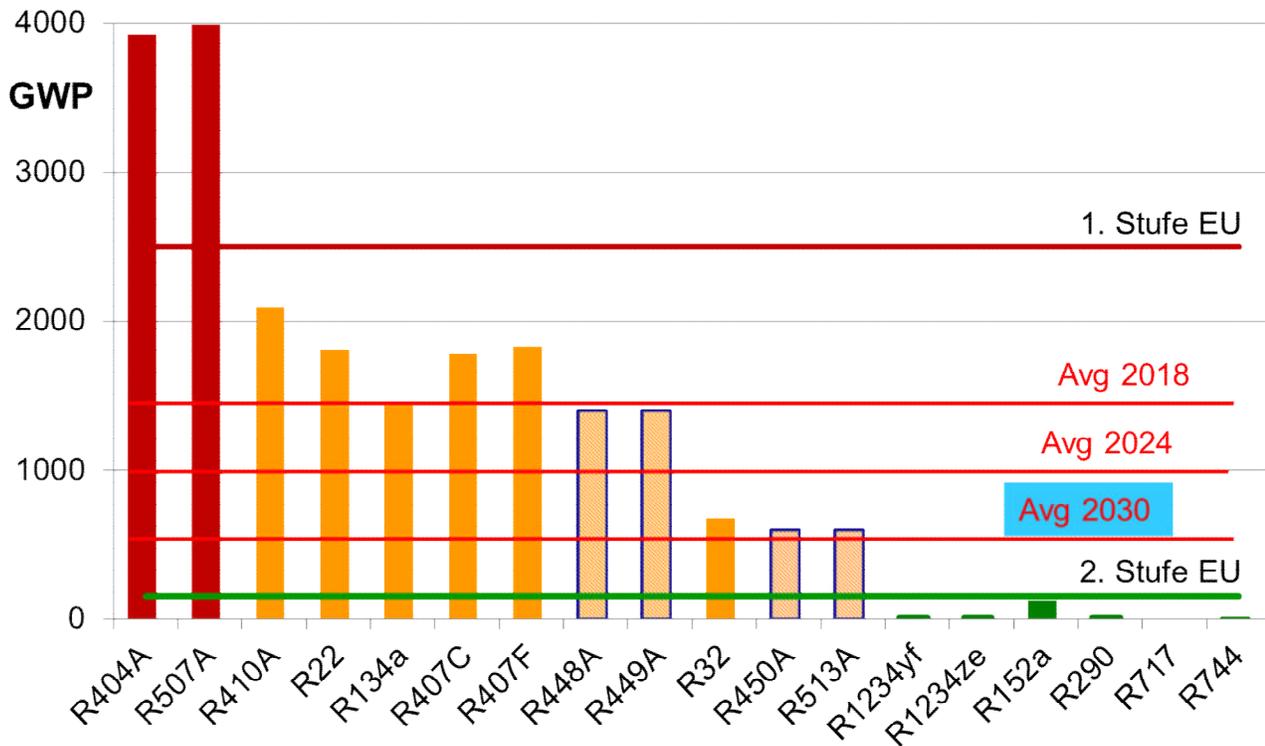
Theoretischer Durchschnitts-GWP in Relation zu Phase-down Stufen



(..) bezogen auf geschätzten Durchschnitts-GWP im Jahr 2015

Hier wird deutlich, wie sich der „Phase-Down“ auf den durchschnittlichen GWP aller zum Einsatz kommenden Kältemittel auswirken wird.

GWP-Werte und Verordnungsstufen

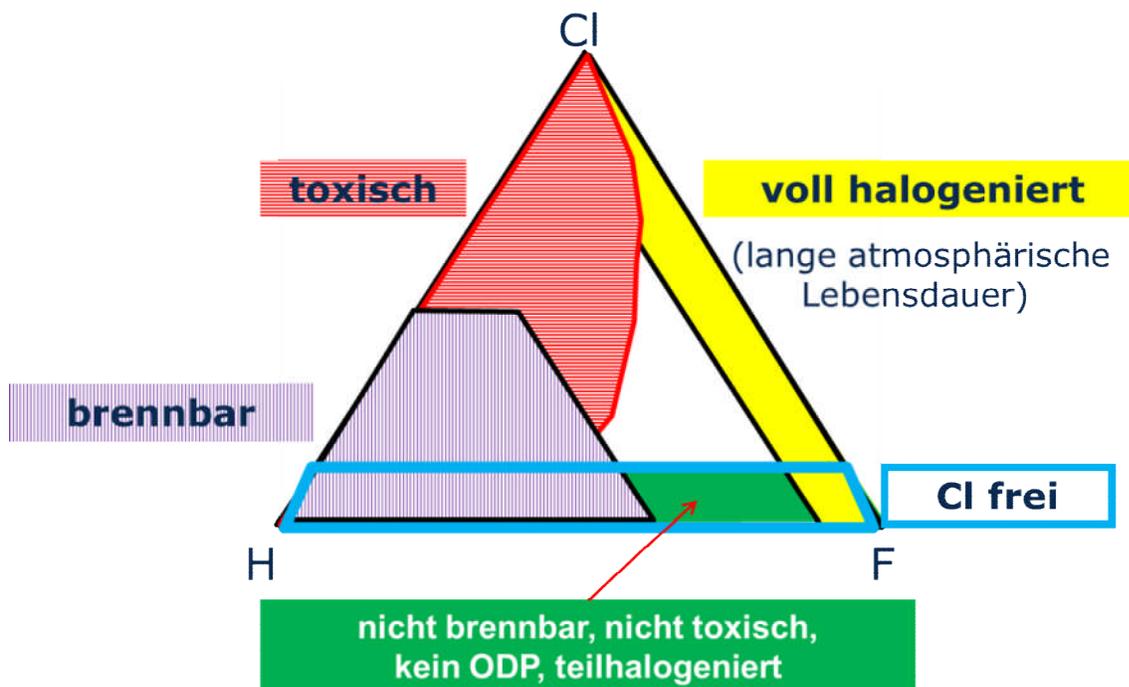


Die Grafik zeigt die derzeit wichtigsten Kältemittel und deren GWP-Werte sowie die sich aus der Rückstufung (Phase-Down) ergebenden durchschnittlichen GWP-Grenzwerte. Bei dieser vereinfachten Betrachtung sind zwar die Potenziale zu reduzierter Kältemittelfüllung bei Neuentwicklungen nicht berücksichtigt, andererseits aber auch nicht der zu erwartende Anstieg der Produktionsmengen. Letztlich wird sich der durchschnittliche GWP unterhalb 500 einpendeln müssen, d.h., auch synthetische Kältemittel mit geringem GWP werden brennbar sein. Dies gilt ebenfalls für das Kältemittel R32 (GWP 675), das bisher nur als Bestandteil von Gemischen eingesetzt wurde, in der Klima- und Wärmepumpentechnik jedoch als künftiger Ersatz für R41 0A gesehen wird.

Hieraus ergeben sich zusätzliche Konsequenzen hinsichtlich Sicherheitsanforderungen und Systemausführung.

GWP versus Brennbarkeit

Das Dilemma mit HFKW



Das Dilemma der Brennbarkeit mit HFKW zeigen diese Bilder.

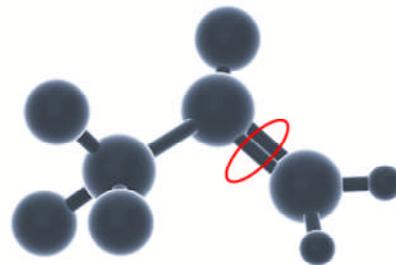
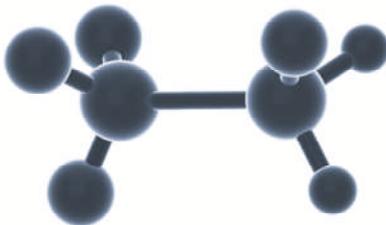
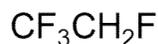
.Einen Beitrag zur weiteren Nutzung nicht brennbarer synthetischer Kältemittel leisten Systeme mit natürlichen Stoffen (CO_2 , NH_3 , Kohlenwasserstoffe sowie H_2O), die bekanntlich keinen oder einen vernachlässigbaren GWP aufweisen. Es ist bereits heute absehbar, dass sie trotz der erhöhten Sicherheitsanforderungen in verschiedenen Segmenten eine deutliche Steigerung erfahren oder sogar Systeme mit HFKW verdrängen werden.

Sind ungesättigte HFKW (sog. HFO = Hydro Fluoro Olefin) ein Teil der Lösung?

Ein klares Ja, allerdings mit Vorbehalten. Im Wesentlichen handelt es sich um zwei Moleküle mit chemischer Doppelbindung und dem entsprechend raschem Zerfall in der Atmosphäre – mit dem Effekt eines sehr niedrigen GWP (<10). Nachteilig ist dabei die Brennbarkeit, allerdings mit sehr geringer Flammausbreitung. Voraussetzung ist auch eine hohe Zündenergie. Beide Stoffe sind deshalb in die neue Sicherheitsgruppe A2L eingestuft, für die aber in den aktuellen Regelwerken noch keine finalen Anforderungen definiert sind. Eine individuelle Risikoanalyse nach ATEX ist erforderlich.

Aus den chemischen Eigenschaften ergeben sich auch besonders hohe Anforderungen an die „Sauberkeit“ der Systeme, aber auch bei Einsatz reaktiver Zusatzstoffe wie z.B. Verschleiß-Additive in Kältemaschinenölen. Insofern gibt es noch gewisse Fragen zur chemischen Langzeitstabilität.

Vergleich der R134a und R1234yf Moleküle



- Chemische Doppelbindung
- + Rascher Zerfall in der Atmosphäre, gelangt nicht in Stratosphäre
 - dadurch niedriger GWP
- Brennbar (A2L) – neue Sicherheitsgruppe
- Chemische Langzeitstabilität?

Weitere Eigenschaften bzw. Vor- und Nachteile der HFKW Kältemittel umseitig.

Aktuelle HFKW-Kältemittel	Alternativen		Komponenten / Gemischkomponenten für „Low GWP“							
	Sicherheits-Gruppe ↓	GWP ↓	R1234yf A2L GWP 4	R1234ze(E) A2L 7	R32 A2L 675	R152a A2 124	R134a A1 1430	R125 A1 3500	CO ₂ A1 ② 1	R290 A3 ② 3
R134a (GWP 1430)	A1 A2L A2L	~ 600 < 150 < 10	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓	✓	✓			
R404A/R507A (GWP 3922/3985)	A1 A1 A2L A2L A2	< 2500 ^① < 1400 < 250 < 150 < 150	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓	✓	✓		✓ ✓ ✓
R22/R407C (GWP 1810/1774)	A1 A2L A2L A2	900..1400 < 250 < 150 < 150	✓ ✓ ✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓ ✓	✓	✓	✓		✓
R410A (GWP 2088)	A2L A2L	< 750 < 500	✓	✓	✓				✓	

Sicherheitsgruppe A2L (A2) – brennbar:

- Alle R410A Alternativen
- Alle R404A / R507A Alternativen mit GWP < ~1300 .. 1400
- Alle R22 Alternativen mit GWP < ~900 .. 1000
- Alle R134a Alternativen mit GWP < ~500 .. 600

Inflationäre Entwicklung – erinnert an Kindertage der HFKW Gemische

Aktuelle HFKW-Kältemittel	„Low GWP“ Alternativen für HFKW-Kältemittel ③					
	ASHRAE Kennzeichnung	Hersteller-Bezeichnung		Zusammensetzung (bei Gemischen)	GWP ④	Sicherheitsgruppe
R134a (GWP 1430) ①	R513A	Opteon® XP10	DuPont	R1234yf/134a	631	A1
	R450A	Solstice N-13	Honeywell	R1234ze(E)/134a	601	A1
	-	AC5X	Mexichem	R32/1234ze(E)/134a	620	A1
	R1234yf	verschiedene	-	-	4	A2L
	R1234ze(E) ②	verschiedene	-	-	7	A2L
-	ARM-42	Arkema	R1234yf/152a/134a	< 150	A2L	
erste Priorität	R449A	Opteon® XP40	DuPont	R32/125/1234yf/134a	1397	A1
	R448A	Solstice N-40	Honeywell	R32/125/1234yf/1234ze(E)/134a	1386	A1
	-	ARM-32b	Arkema	nicht veröffentlicht	~ 1400	A1
	-	LTR4X	Mexichem	R32/125/1234ze(E)/134a	1295	A1
	R452A	Opteon® XP44	DuPont	R32/125/1234yf	2140	A1
	-	ARM-35	Arkema	nicht veröffentlicht	~ 2150	A1
	-	Opteon® XL40	DuPont	R32/1234yf	246	A2L
	-	Solstice L4F	Honeywell	nicht veröffentlicht	145	A2L
R404A/R507A (GWP 3922/3985)	-	ARM-20a/20b	Arkema	nicht veröffentlicht	< 150 / ~ 250	A2L
	-	ARM-25	Arkema	nicht veröffentlicht	< 150	A2
	-	DR-91	DuPont	nicht veröffentlicht	949	A1
	R22/R407C (GWP 1810/1774)	Solstice N-20	Honeywell	R32/125/1234yf/1234ze(E)/134a	975	A1
	-	ARM-32c	Arkema	nicht veröffentlicht	~ 1350	A1
-	DR-3	DuPont	R32/1234yf	148	A2L	
-	R444B	Solstice L-20	Honeywell	R32/152a/1234ze(E)	294	A2L
R410A (GWP 2088)	R32	verschiedene	-	-	675	A2L
	R454B	Opteon® XL41	DuPont	R32/1234yf	466	A2L
	R447A	Solstice L-41	Honeywell	R32/125/1234ze(E)	582	A2L
	-	ARM-71a	Arkema	nicht veröffentlicht	< 500	A2L
-	HPR1D	Mexichem	R32/1234ze(E)/CO ₂	407	A2L	

HFO-Kältemittel werden inzwischen auch im Gemisch mit HFKWs in realen Anlagen getestet. Je nach den Anteilen von HFO und HFKW mit geringem GWP (R134a, R32) sind z.B. nicht brennbare Alternativen zu R404A mit einem um zwei Drittel reduzierten GWP möglich. Die untere Tabelle zeigt eine Übersicht potenzieller Gemisch-Kompositionen

mit unterschiedlichen GWP-Werten und der jeweils resultierenden Sicherheitsgruppe. Sie umfassen eine längere Liste (eigentlich viel zu lang) von Produkten, die teilweise schon für erweiterte Feldversuche angeboten werden oder sich noch im Entwicklungsstadium befinden.

Vor- und Nachteile HFO und HFO / HFKW Gemische:

Pro's

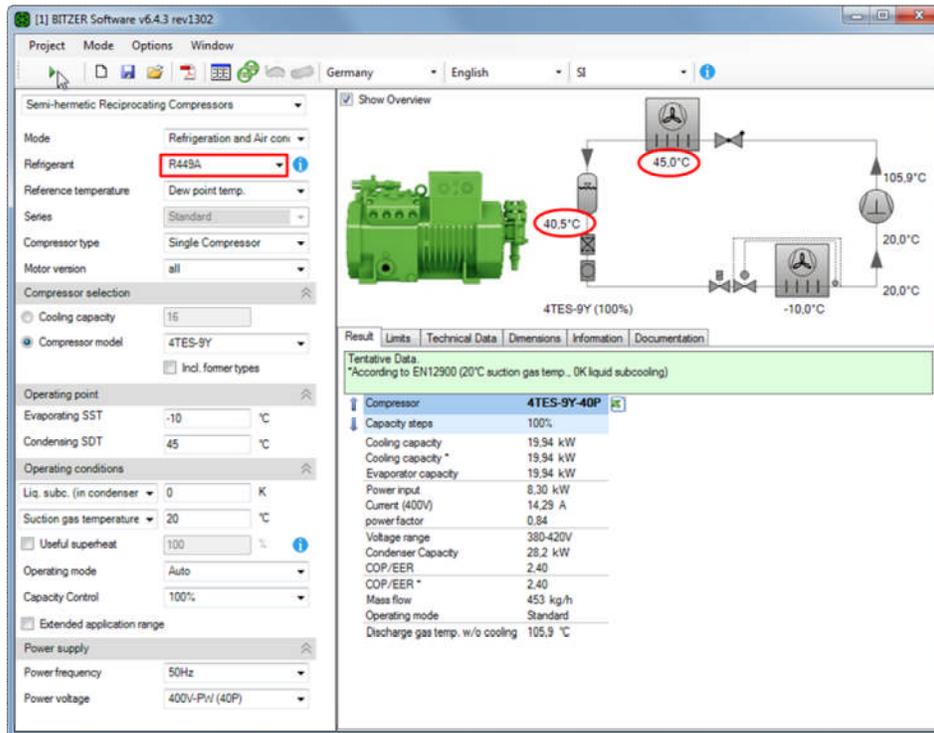
- / HFO Reinstoffe \Rightarrow Geringer GWP (< 10)
- / R1234yf potenziell direkter Ersatz für R134a
- / R1234ze(E) – potenzieller Einsatz in Flüssigkeitskühlsätzen und Hochtemperatur-Anwendungen
- / Eignung für Gemische mit HFKW
 - Ähnliche Eigenschaften wie derzeitige HFKW-Gemische
 - Technologie und Anwendung ähnlich wie mit HFKW
 - Vorteilhaft in Gewerbekühlung, Klimakühlung, Wärmepumpen

Con's

- / HFO Reinstoffe brennbar (Sicherheitsgruppe A2L)
- / Keine Langzeiterfahrung – Chemische Stabilität von Kältemittel und Öl?
- / Volumetrische Kälteleistung von R1234yf nur auf R134a Niveau, R1234ze(E) ca. 75% von R134a
 - Weitere HFO Moleküle teils problematisch – Stabilität, Toxizität
- / GWP bei nicht brennbaren HFO / HFKW relativ hoch ($> 600 / 1000 / 1400$)
 - Bei reduzierten GWP-Werten ist Gemisch brennbar (A2L)
- / Hoher Temperaturleit bei Gemisch-Alternativen zu R22, R404A/507A
- / Höhere Druckgastemperatur bei Alternativen zu R404A/507A
- / HFO Kosten noch relativ hoch

BITZER hat einige der bereits in der ASHRAE-Nomenklatur gelisteten Kältemittel-Gemische getestet und in der Auswahl-Software berücksichtigt – weitere Produkte werden bereits untersucht.

Erste HFO/HFKW-Alternativen für R404A/R507A und R134a integriert



Entwicklungstrends:

/ Gewerbliche Kältetechnik

- Mittlere bis größere Supermärkte ⇒ CO₂ Technologie, Tiefkühlmöbel zunehmend mit integrierten R290 Kühlsätzen
- Klassische Gewerbekälteanlagen (kleine bis mittlere Leistung) Tendenz zu „Lower GWP“ Alternativen
 - ⇒ R134a, R407A/F ⇒ in weiterer Folge HFO/HFKW Gemische
 - ⇒ R1234yf und R290 als potenzieller Ersatz für R134a, R404A

/ Industriekälte

- Fast ausschließlich NH₃, teilweise in Kaskade mit CO₂

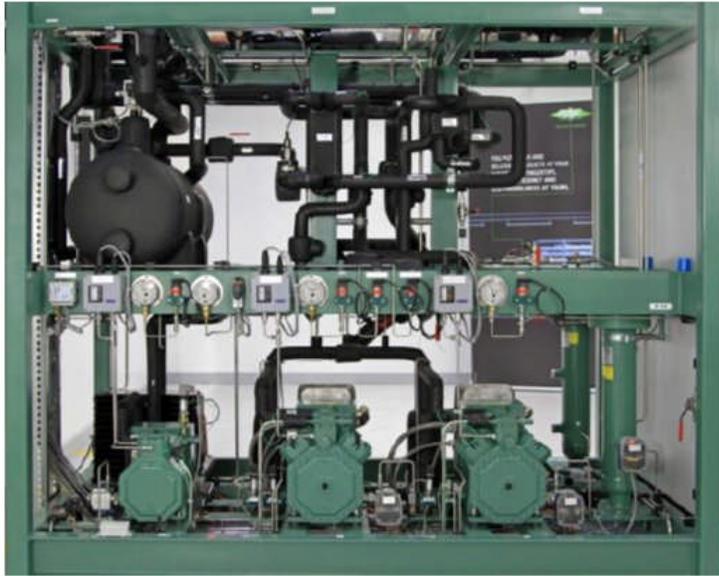
/ Flüssigkeitskühlsätze für Prozesskühlung

- Schrauben, Turbo ⇒ R134a, zunehmend NH₃ (Schrauben)

/ Transport-Kältesysteme

- Zunächst HFKW mit GWP < 2500, weitere Entwicklung kontrovers

CO₂ Booster System – Training Center Rottenburg



Obiges Bild zeigt ein CO₂ Booster-System, das zu Schulungszwecken im BITZER Training Center in Rottenburg aufgebaut ist. Diese Technologie kommt inzwischen schon in weiten Bereichen der Supermarkt-Anwendung zum Einsatz und kann quasi als Stand der Technik bezeichnet werden. Allerdings hat die CO₂-Technologie noch einen elitären Anstrich und wird auf Grund der hohen Entwicklungskosten bisher hauptsächlich von größeren Firmen beherrscht. Die Motivation von BITZER ist deshalb, das CO₂ Know-how durch theoretische und praktische Weiterbildung von Kunden auf eine breitere Basis zu stellen. Nach dem Bezug der neuen „Schauffler Academy“ im Herbst 2015 wird das Weiterbildungsprogramm noch auf weitere Technologie-Bereiche ausgedehnt werden.

/ Stationäre Klimatechnik

- Mono-Split Klimageräte ⇒ R32 (A2L), teilweise R290 (A3)
- Multi-Split / VRF + VRV ⇒ R32 + R32 / HFO? Kein klarer Trend
- Komfort A/C Flüssigkeitskühlsätze (Chiller) + reversible WP
 - ⇒ Scroll ⇒ R32 + R32 / HFO? Kein klarer Trend erkennbar
 - ⇒ Schrauben ⇒ R134a ⇒ R450A und R513A ⇒ R1234yf?
 - ⇒ Turbo ⇒ R134a ⇒ R1234z(E) + weitere HFO, H₂O??
 - ⇒ Vermehrter Einsatz von Absorptionssystemen

/ Klimaanlage für Busse, Eisenbahnen etc.

- Noch keine eindeutige Entwicklungsrichtung erkennbar

/ Haushaltswärmepumpen

- Kontroverse Position der Hersteller – bis auf Weiteres HFKW

Zumindest in der EU werden parallel zur F-Gase Verordnung aktuell und künftig sehr hohe Effizienz-Anforderungen auf Basis von Ökodesign Produkt-Verordnungen festgeschrieben, die sich durchaus auf die Wahl des Kältemittels oder einer Technologie als solcher auswirken können. Die schon zuvor erwähnten besonderen Herausforderungen für die Branche werden dadurch noch weiter verschärft.

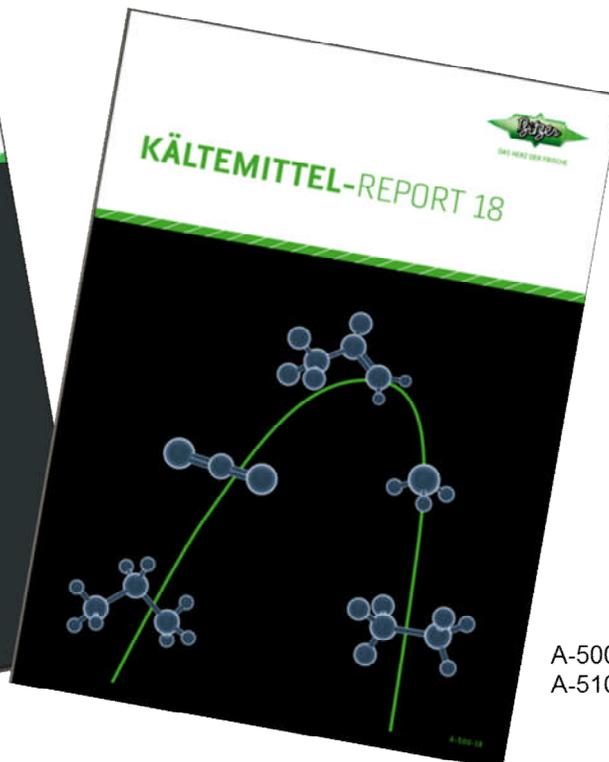
Zusammenfassung / Fazit

Die neue F-Gase Verordnung stellt die Kälte- und Klimatechnik vor die größte Herausforderung, die unsere Branche jemals erfahren hat. Sie wird in weiten Bereichen einen eklatanten Wandel zur Folge haben, aber auch große Chancen für innovative Unternehmen mit sich bringen.

Ergänzende Dokumente:



A-510-1



A-500-18
A-510-18