

Kältemittel – jetzt und in Zukunft

Eine Anwenderbeschreibung aus der Perspektive von Danfoss über die weltweiten Trends in Bezug auf Kältemittel in der Kälte- und Klimatechnik. Aktualisiert: Februar 2020.

Schaffung nachhaltiger
HVACR-Systeme durch
intelligente Lösungen,
Energieeffizienz und
Kältemittel mit
**niedrigem
Treibhaus-
potenzial**



Grundsatzzerklärung

Danfoss setzt sich für die Weiterentwicklung und die Verwendung von Kältemitteln mit niedrigem Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) ein. Denn diese sind der Schlüssel, mit dem die Erderwärmung verlangsamt und letztendlich aufgehalten werden kann. Es ist uns wichtig, einen Beitrag zum Wohlergehen der Weltbevölkerung sowie der wirtschaftlichen Entwicklung und dem erfolgreichen Fortbestand unserer Branche zu leisten.

Wir werden unsere Kunden dabei unterstützen, diese Kältemittelziele zu erreichen. Zudem werden wir die Energieeffizienz der Kälte- und Klimatechnik noch weiter optimieren.

Danfoss wird proaktiv Produkte für natürliche und synthetische Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial entwickeln, um der Kundennachfrage nach praxistauglichen und sicheren Lösungen gerecht zu werden, bei gleichzeitiger Steigerung der Energieeffizienz.

Danfoss ist sich seiner Verantwortung als eines der führenden Unternehmen sehr bewusst und befasst sich intensiv mit der Entwicklung von Lösungen für natürliche Kältemittel. Danfoss wird Produkte für synthetische Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial entwickeln und fördern, insbesondere für Anwendungen, bei denen natürliche Kältemittel zum aktuellen Zeitpunkt weder zweckmäßig noch wirtschaftlich vertretbar sind.

Inhaltsverzeichnis

Grundsatzerklärung	2
Zusammenfassung.....	4
Kältemittelvorschriften.....	5
Standardisierung und Risikobewertung	7
Nachhaltigkeit ist der Schlüssel.....	9
Ausblick	10
Kältemitteloptionen.....	12
Fazit	14
Anhang 1.....	15
Gesetzgebung und Regulierung	
Anhang 2.....	22
Auswirkungen direkter Leckagen als Funktion der Leckrate	
Anhang 3.....	23
Geschichte	

Zusammenfassung

Danfoss, weltweit führender Anbieter von Verdichtern und Regelkomponenten, verfügt über eines der umfassendsten und vollständigsten Produktangebote der HVACR-Branche. Unsere Produkte kommen in zahlreichen Geschäftsbereichen zum Einsatz, wie dem Lebensmitteleinzelhandel, der Gewerbe- und Industriekältetechnik, der Klimatechnik, der Kältetechnik für den Großhandel sowie der Automatisierung in verschiedenen Industriezweigen. Mehr als 85 Jahre Erfahrung haben Danfoss zum Vorreiter beim Entwickeln von Produkten gemacht, die Kältemittel nutzen, sowie beim Bewerten der Tauglichkeit von neu eingeführten Kältemitteln. Dieses Dokument liefert eine Zusammenfassung über unsere Erfahrung und unser Wissen sowie Informationen zu den Hintergründen, Trends und Einflussfaktoren, die den Rahmen für die aktuelle und zukünftige Auswahl von Kältemitteln bilden.

Die Geschichte der Kältemittel ist lang und bildet eine Art Kreislauf. Wir erwarten, dass Kältdampfverdichtungssysteme auch in absehbarer Zukunft die primäre Technologie darstellen werden und dass der Kältemittelverbrauch durch die wachsende Nachfrage der Schwellenländer drastisch ansteigen wird. Systeme und Technologien mit dem am besten geeigneten Kältemittel zu kombinieren, stellt eine Entscheidung dar, die jahrelange Auswirkungen für die Nutzer haben wird. Für die meisten Experten stellen Sicherheit, Erschwinglichkeit und Umweltfreundlichkeit die wichtigsten Faktoren dar, die beim Konstruieren eines Systems berücksichtigt werden müssen. Ein Gleichgewicht zwischen den Faktoren kann nicht erreicht werden, wenn nur ein Kältemittel im Fokus steht.

Die Entscheidung für neue Kältemittelalternativen zieht Investitionen, Kosten und andere Konsequenzen nach sich. Wir sind jedoch davon überzeugt, dass sich durch die richtige Auswahl und einen innovativen Ansatz neue Möglichkeiten ergeben. Während wir neue sichere Technologien und Verfahren für den Umgang mit Systemen entwickeln, wissen wir, dass die Entwicklung der Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotential noch viel weiter gehen wird, als bei denen, welche heute bereits im Einsatz sind. Wir rechnen mit einem jahrzehntelangen, komplexen Entwicklungsprozess. Das weltweite Abkommen über eine planmäßige und schrittweise Reduktion von Kältemitteln mit hohem Treibhauspotential gibt jedoch endgültig eine bestimmte Richtung vor.

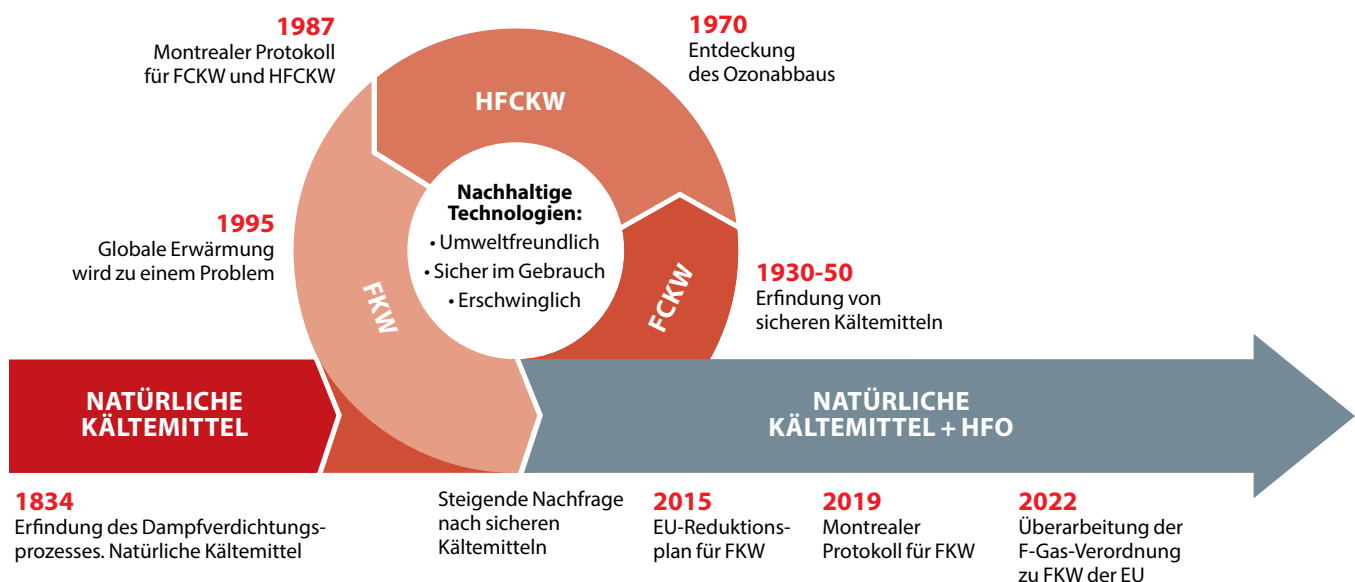


Abbildung 1: Die historische Entwicklung von Kältemitteln
Weitere Informationen zur Geschichte in Anhang 3.

Kältemittelvorschriften

Sowohl nationale als auch internationale Vorschriften stellen einen der wichtigsten Mechanismen zum Fördern von Investitionen in neue Technologien dar. Abbildung 2 enthält eine Übersicht der wesentlichen Reduktionspläne für FKW, die für die Branche bereits gelten. Die Umsetzung der Maßnahmen zur Reduktion von FKW ist überwiegend gesetzlich vorgeschrieben. Alle Maßnahmen zielen darauf ab, innerhalb des Markts Beschränkungen zu erlassen. Spezifische Leitlinien zur Marktentwicklung – wie Treibhauspotenzial-Grenzwerte für bestimmte Anwendungen – geben Anlass zu Bedenken hinsichtlich der Verfügbarkeit nachhaltiger Lösungen. Wenn neue Rechtsvorschriften ausgearbeitet werden, sollen sie sowohl die Leitlinien als auch die Anliegen der Industrie berücksichtigen und einen entsprechenden Ausgleich finden.

Die Verwendung von HFCKW, vor allem R22, wurde innerhalb der EU bereits verboten und die Verwendung in den USA und anderen Industrieländern läuft Ende 2019 aus. In Entwicklungsländern gelten seit 2015 ebenfalls Gesetze für das schrittweise Verbot von HFCKW bis 2030. Es ist wichtig zu wissen, dass der HFCKW R22 in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt wird, was den Ausstieg zu einer Herausforderung macht, da kein einziges nicht brennbares Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotential es ersetzen kann. Tabelle 1 in Anhang 1 zeigt den Reduktionsplan für HFCKW.

Im Oktober 2016 einigte man sich auf einen Reduktionsplan für FKW. Dieser wurde in das Montrealer Protokoll aufgenommen (auch bekannt als Kigali-Änderung). Diese Änderung trat am 1. Januar 2019 in Kraft. Falls die Kigali-Änderung von einem Land erst nach diesem Datum ratifiziert wird, tritt sie im entsprechenden Land 90 Tage später in Kraft (der Reduktionsplan für FKW ist Anhang 1 Tabelle 2 zu entnehmen). Zur Verbesserung der Energieeffizienz während der Reduktion von FKW ist eine spezielle Maßnahme vorgesehen, die als Kigali-Kühleffizienzprogramm (Kigali Cooling Efficiency Program, KCEP) bezeichnet wird. Es ist zu erwarten, dass das KCEP die Einführung nachhaltiger Technologien in der schnell wachsenden Kältungssparte voranbringen wird.

Neben diesen Beschränkungs- und Verbotsinstrumenten ergreifen viele Regierungen Maßnahmen zum Verringern des Verbrauchs von Kältemitteln mit hohem Treibhauspotenzial, indem sie zum Beispiel je nach Treibhauspotenzial bestimmte Steuern erlassen. Bislang erheben Spanien, Dänemark, Norwegen und Schweden Steuern für die Verwendung von FKW. Darüber hinaus werden gegenwärtig in vielen anderen Ländern Anreize in Form von Fördergeldern für Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial geschaffen.

Anhang 1 liefert eine detaillierte Übersicht über die wichtigsten Vorschriften, einschließlich des Montrealer Protokolls, der europäischen F-Gas-Verordnung und der US-amerikanischen SNAP-Verordnung, die vom Bundesgericht abgelehnt, aber in mehreren US-Bundesstaaten wieder aufgenommen wurde.

Schrittweise Reduktion von FKW für Artikel-5- und Nicht-Artikel-5-Länder

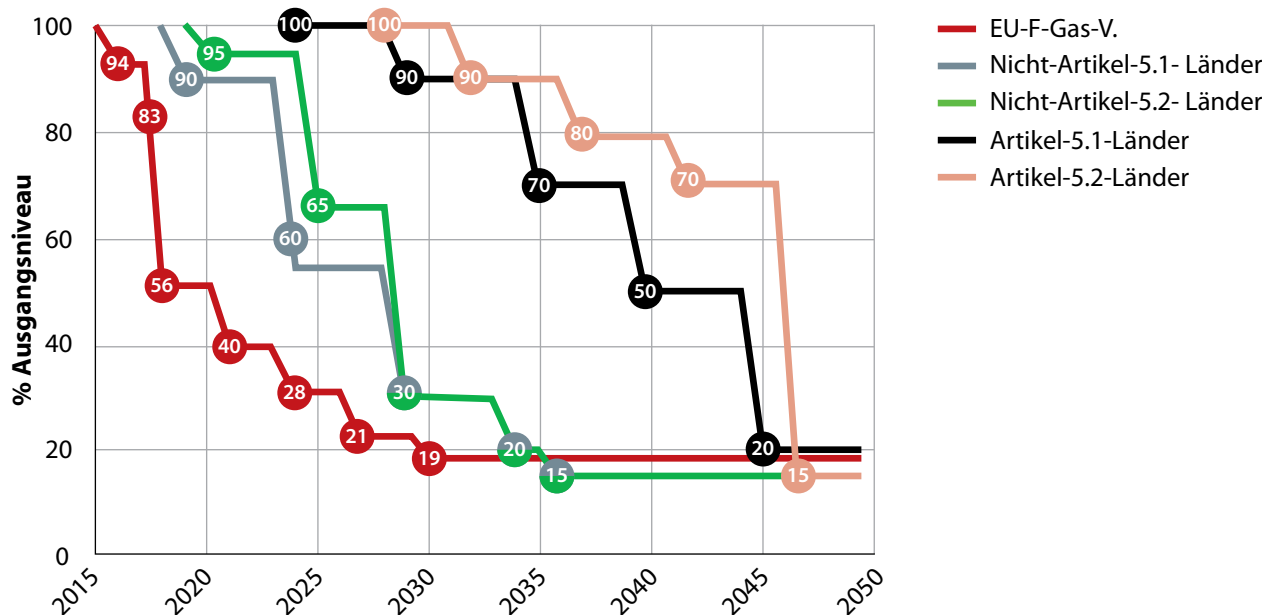


Abbildung 2: Reduktion von Kältemitteln (MP und EU).
Für weitere Informationen siehe Anhang 1.

OBERGRENZEN des Gesetzgebers für den Verbrauch

- GWP-Grenzwerte bei Anwendungen
- Betriebs- und Wartungsanforderungen
- STEUERN und Fördergelder

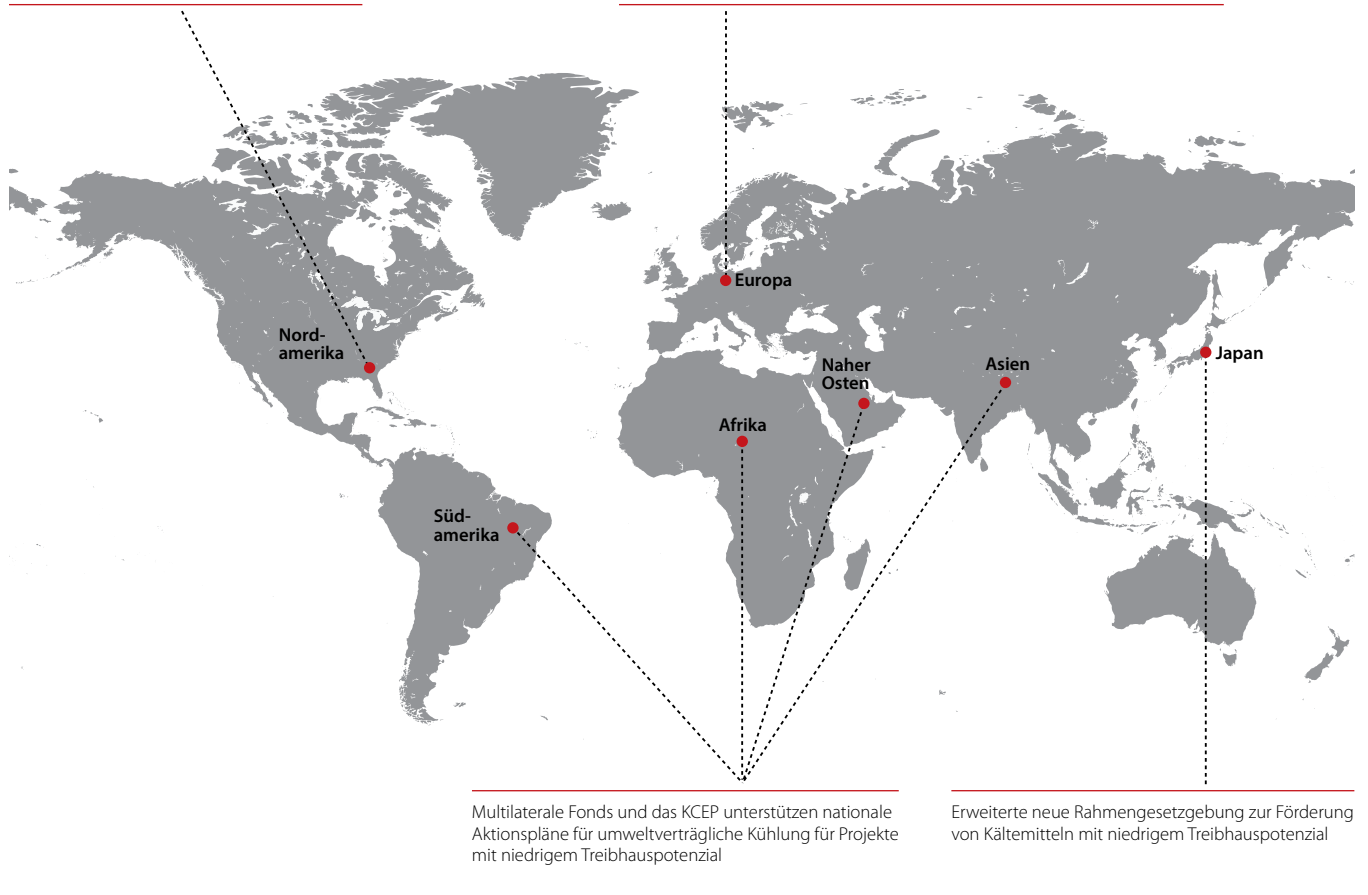
Industrielle Lösungen mit niedrigem Treibhauspotenzial

- Sicherheit
- Energieeffizienz
- Erschwinglichkeit

Abbildung 3: Dynamik zwischen dem gesetzgeberischen Rahmen und den Lösungen der Industrie.

Mehrere Staaten führen Reduktion von FKW ein

FKW-Beschränkung ab 2015 mit dem Ergebnis einer Reduktion von 79 % bis 2030



Weltweit:

Im Jahr 2016 getroffene Vereinbarungen des Montrealer Protokolls über die Reduktion von FKW ab 2019

Nationale Steuerregelungen für FKW

Nationale Fördermittel und Subventionen

Nationale Unterstützung für Forschung und Entwicklung in Bezug auf Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial

Abbildung 4: Übersicht über weltweite Kältemittelvorschriften

Standardisierung und Risikobewertung

Alle Kältemittel können sicher in der Handhabung sein, wenn Standards und Richtlinien für die sichere Handhabung eingehalten werden. Mit Standards werden einheitliche Praktiken, die technologische Ausrichtung und die Rechtskonformität sichergestellt. Dieser letzte Punkt ist aus Sicht der Branche besonders wichtig, da so bei der Entwicklung neuer Produkte Risiken reduziert werden können und Rechtssicherheit gewährleistet werden kann. Danfoss beteiligt sich an Arbeitsgruppen für die Standardisierung, die zur Erarbeitung von wichtigen Sicherheitsstandards wie der ISO 5149, EN 378 und ASHRAE 15 beitragen.

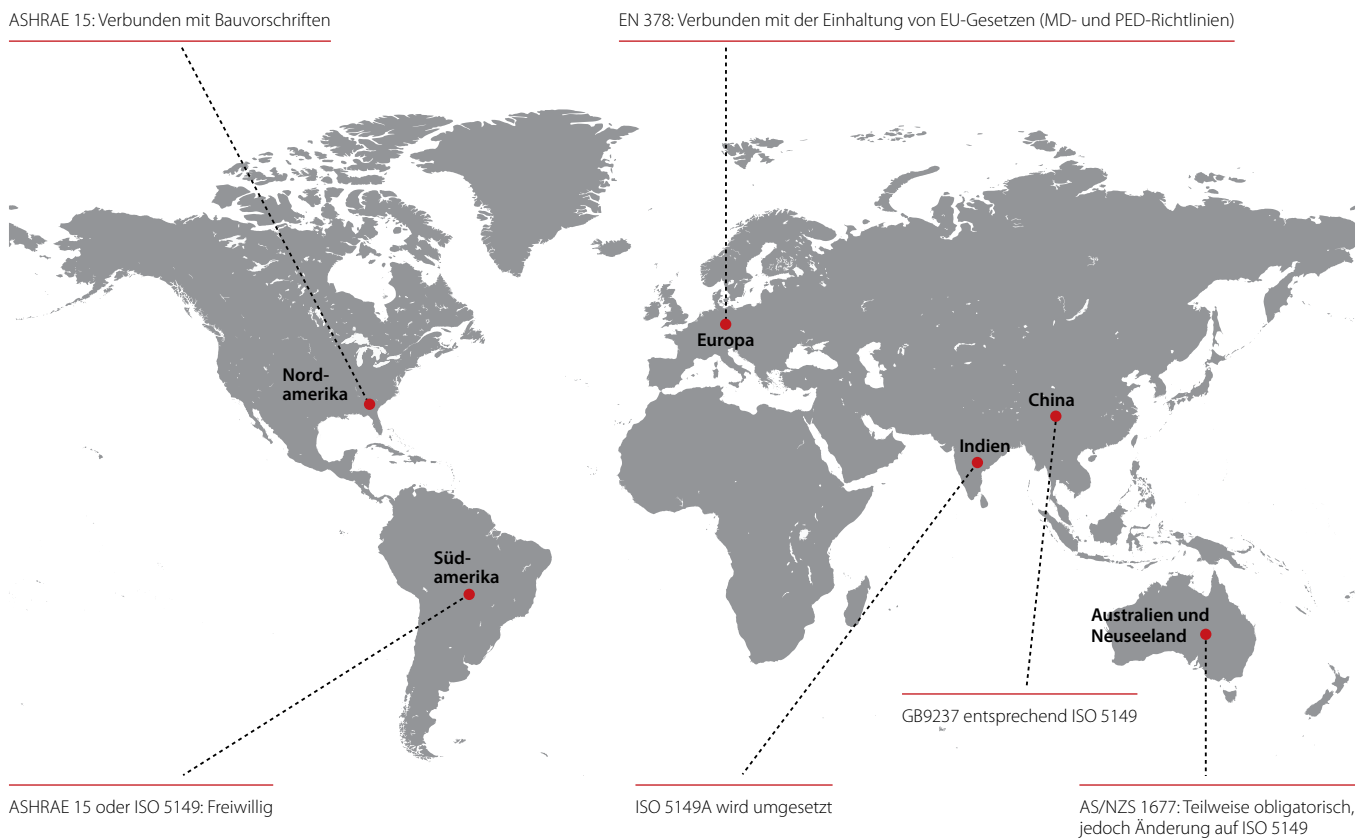


Abbildung 5: Übersicht über weltweite Standards

Abbildung 6 zeigt, in welchem Zusammenhang Kältemittel- und Sicherheitsstandards stehen. Zum Beispiel wurden die Bestimmungen der Norm ASHRAE 34 in der ISO 817 verwendet, um Kältemittelklassen zu bilden. Diese Klassen kommen wiederum in Sicherheitsstandards wie ISO 5149, ASHRAE 15 und EN 378 zum Einsatz.

Beim Bewerten von Kältemitteln stellt das Risikobewusstsein immer einen entscheidenden Parameter dar.

Stellen Sie sich die Frage: „Welches Risikoniveau ist akzeptabel?“. Bevor Sie antworten, berücksichtigen Sie die Differenz zwischen wahrgenommenen und tatsächlichem Risiko. Das wahrgenommene Risiko eines neuen Kältemittels wird in der Regel höher als das tatsächliche Risiko eingeschätzt. Mit wachsender Branchenkompetenz und zunehmender Benutzererfahrung wird das wahrgenommene Risiko in Bezug auf die Verwendung eines Kältemittels immer niedriger eingeschätzt. Hier bietet sich ein Vergleich zwischen dem wahrgenommenen Risiko beim Fliegen mit einem Flugzeug und beim Fahren mit einem Auto an: Oftmals wird das Risiko des Autofahrens geringer eingeschätzt als das Risiko beim Reisen per Flugzeug. Tatsächlich ist ein Flugzeug jedoch weitaus sicherer.

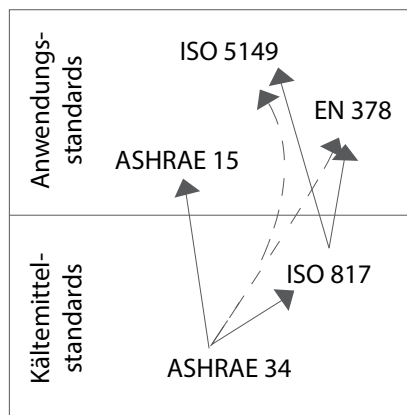


Abbildung 6: Anwendungs- und Kältemittelstandards

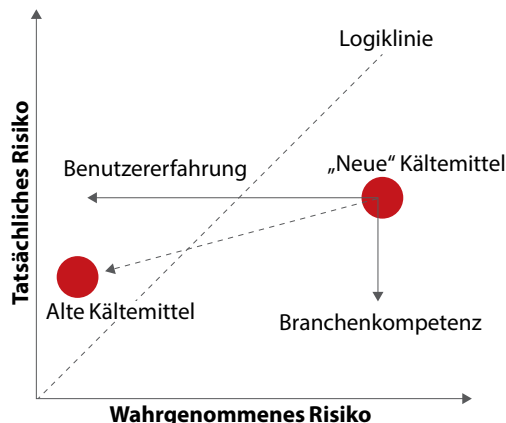


Abbildung 7: Wahrgenommenes und tatsächliches Risiko

Standards entwickeln sich in Richtung einer breiteren Akzeptanz von brennbaren Kältemitteln. Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Entwicklung der wichtigsten Standards und die Einbeziehung von brennbaren Kältemitteln.

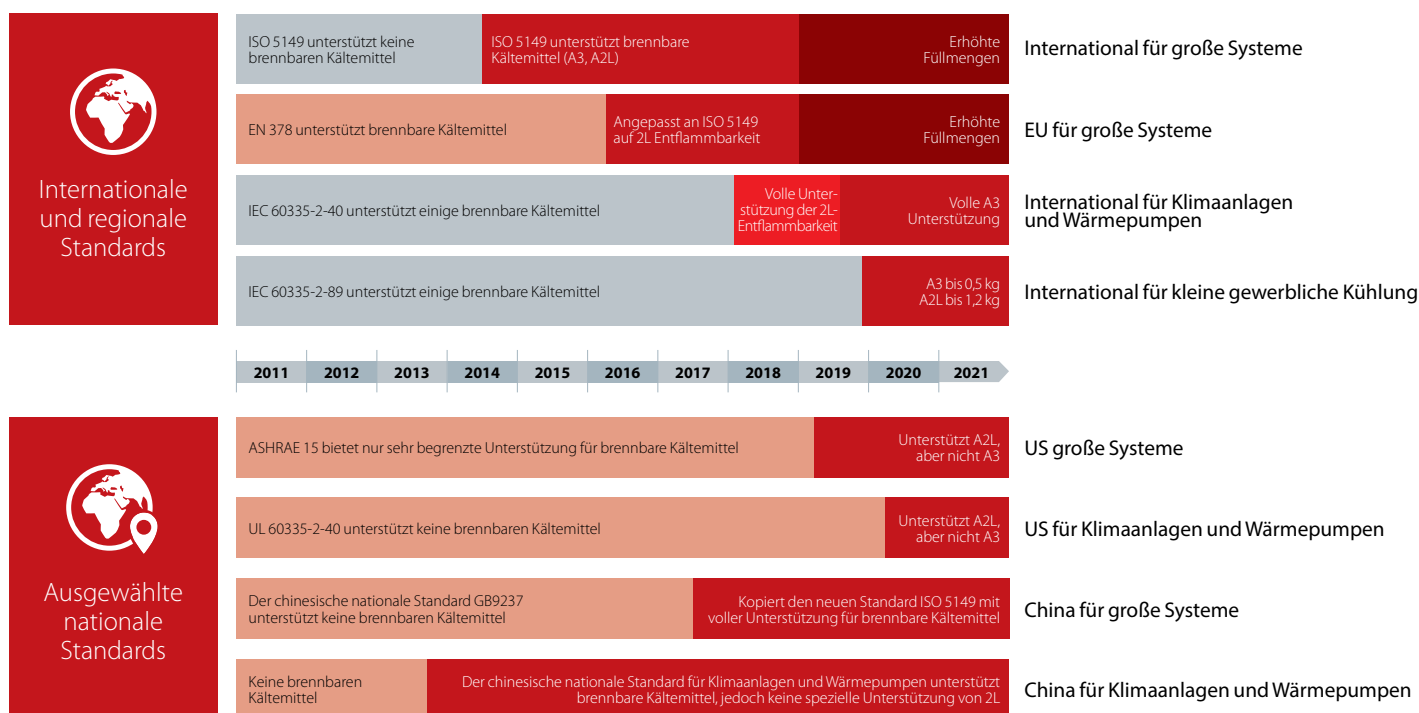


Abbildung 8: Entwicklung von Sicherheitsstandards – Erkennen der Notwendigkeit von brennbaren Kältemitteln.

Nachhaltigkeit ist der Schlüssel

Im Hinblick auf langfristig nachhaltige Kältemittellösungen berücksichtigt Danfoss drei wichtige Parameter, die aufeinander abgestimmt werden müssen, um ein wirklich nachhaltiges Gleichgewicht zu erzielen: Erschwinglichkeit, Sicherheit und Umweltfreundlichkeit.

Bei der Auswahl eines neuen Kältemittels für eine Anwendung müssen alle drei Parameter gleichermaßen berücksichtigt werden. Wird dies nicht getan, ist es unmöglich, langfristig nachhaltige Ergebnisse zu erzielen. Auch ein Fokus auf zugrunde liegende Parameter wie niedrigste Lebenszykluskosten, Serviceverfügbarkeit, Betriebseffizienz und -sicherheit sowie niedriges Treibhauspotenzial des Kältemittels ist wichtig. Eine nachhaltige Lösung wird nur erreicht, wenn alle diese Parameter im Gleichgewicht sind. Um dieses Gleichgewicht zu garantieren, ist eine gründliche Auswertung der Faktoren erforderlich, die diese Parameter beeinflussen (siehe Abbildung 9).

Langfristig nachhaltige Lösungen sind kurzfristig möglicherweise nicht rentabel. Bei der Entwicklung von nachhaltigen Lösungen spielen noch weitere Faktoren eine Rolle, die festlegen, ob neue Kältemittellösungen zukunftsfähig sind. Zum Bestimmen der industriellen Realisierbarkeit von entwickelten nachhaltigen Lösungen für neue Kältemittel hat Danfoss ein Modell erarbeitet, das die wichtigsten Parameter aufschlüsselt.

Wir nennen dies das 7-Kräfte-Modell. Die roten Pfeile stellen die wirtschaftlichen Faktoren und die grauen Pfeile die kulturellen Faktoren wie Wissen, Bildung und Gesetzgebung dar. Wenn das Gleichgewicht zwischen den rot und den grau dargestellten Kräften das Realisierbarkeitsniveau erreicht, ist es weitaus wahrscheinlicher, dass die Branche in neue Lösungen und Technologien investiert. Für die Entscheidung, in neue Technologien zu investieren oder neue Kompetenzen zu entwickeln, stellen die Gesetzgebung und die darauf aufbauenden Normen die wichtigsten Antriebe dar.

In den letzten zehn Jahren hat sich das Realisierbarkeitsniveau für viele Kältemittel mit geringem Treibhauspotenzial erhöht. Treffende Beispiele hierfür sind CO₂-Anwendungen für die Gewerbekälte, vor allem in Supermärkten.

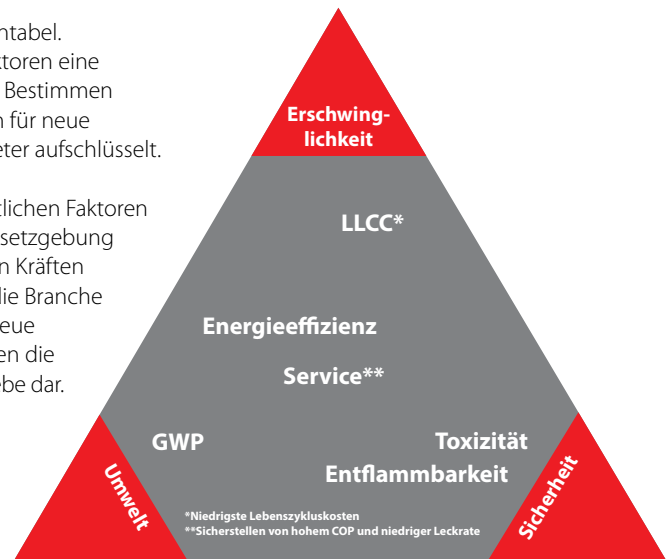


Abbildung 9: Kältemittel-Nachhaltigkeitsdreieck

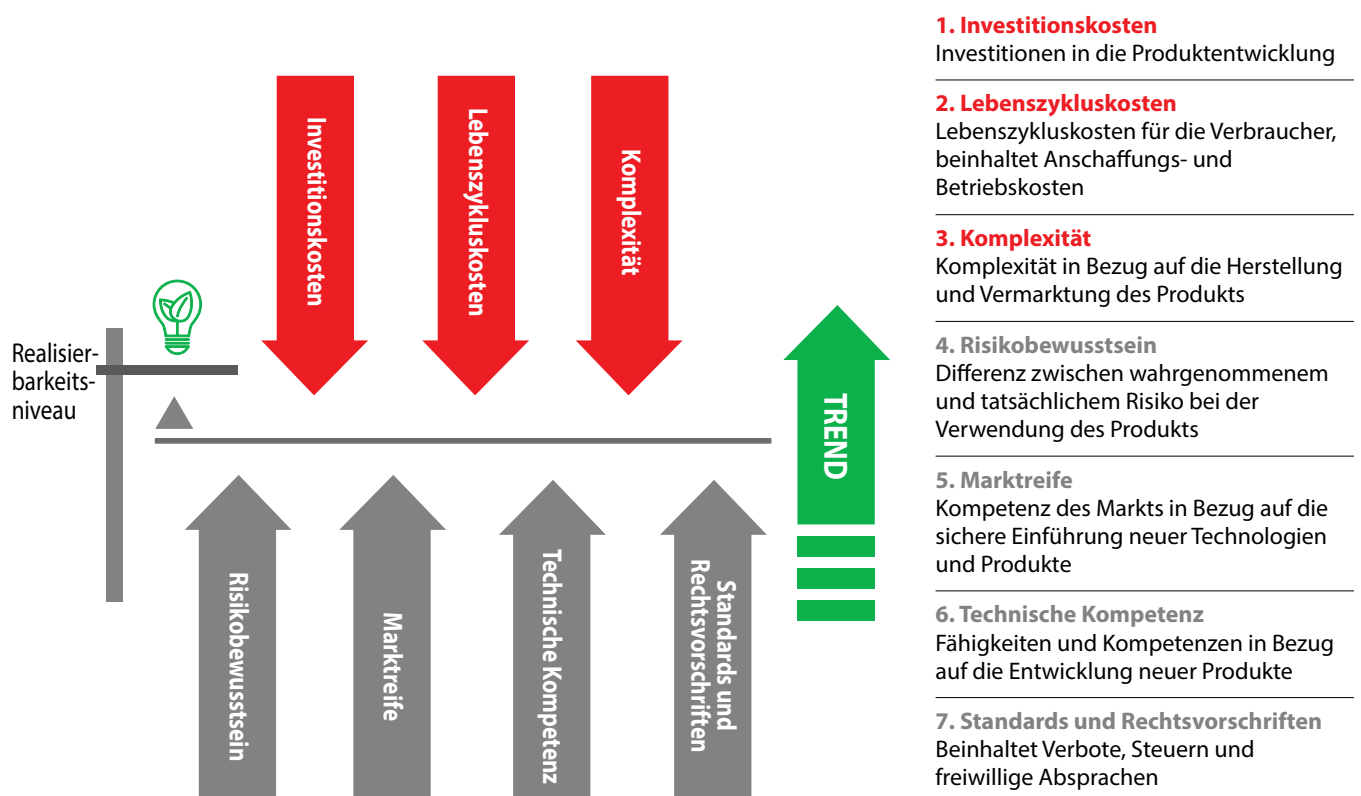


Abbildung 10: Das 7-Kräfte-Modell

Ausblick

Das Nachhaltigkeitsdreieck (Abbildung 9) zeigt die drei Nachhaltigkeitsparameter und ihre vielen Facetten. Hersteller und Benutzer von Systemen wünschen sich gleichermaßen langfristige Lösungen, die umweltfreundlich, sicher und erschwinglich sind. Natürliche Kältemittel haben ein niedriges Treibhauspotenzial und sind effizient. Wir gehen davon aus, dass sie nach Möglichkeit zur bevorzugten Wahl werden. Die Sicherheit wird jedoch weiterhin ein begrenzender Faktor bei der Regulierung der Verwendung natürlicher und einiger FKW/HFO-Kältemittel sein.

Als Trend zeigt sich eine steigende Akzeptanz von schwer entflammaren A2L-Kältemitteln, vor allem jetzt, nachdem sie in die neuen ISO- und IEC-Standards aufgenommen wurden. Auch lässt sich die verstärkte Nutzung von leicht entflammaren A3-Kältemitteln in kompakteren Systemen erkennen, die von der neuen Norm IEC 60335-2-89 besonders unterstützt werden. In Bezug auf die Handhabung brennbarer Kältemittel vor Ort hat der Kältemittelführerschein (Refrigerant Driving License, RDL) große Fortschritte bewirkt, wie auf der Sitzung des Montrealer Protokolls im Jahr 2019 berichtet wurde. Der RDL zielt auf die Weiterentwicklung des Dienstleistungssektors ab, um einen fachkundigen und sicheren Service sowie sichere Installationen zu fördern. Er befasst sich mit den Haupthindernissen, die aktuell die flächendeckende Einführung von Kältemitteln mit niedrigem Treibhauspotenzial behindern, und gewinnt bei der weltweiten Reduktion von FKW zunehmend an Bedeutung.

Unsere internationale Danfoss-Expertengruppe hat eine Prognose erstellt, die unserer Ansicht nach den wahrscheinlichsten Ausblick für die Zukunft der Kältemittel beschreibt. Dieser Ausblick ist auf den nächsten Seite zusammengefasst.

CO₂ kommt häufig in Industrie- und Gewerbekälteverbunden zum Einsatz. Wir sind davon überzeugt, dass sich dieser Trend, der in Europa begann, auch im Rest der Welt fortsetzen wird. CO₂-Wärmepumpen werden möglicherweise ebenfalls zunehmend verwendet.

Wir erwarten, dass Ammoniak weiterhin sehr gut angenommen werden wird, vor allem in Anwendungen der Industriekältetechnik, obwohl durch seine Toxizität einzigartige Sicherheitsvorkehrungen ergriffen werden müssen. Wir gehen davon aus, dass eine Lösung, in der CO₂ und Ammoniak eingesetzt werden, künftig vorrangig verwendet werden wird. Wir beobachten, dass sehr effiziente Kohlenwasserstoffe in Systemen mit geringen Füllmengen weltweit eine wichtige Rolle spielen. Wir sind davon überzeugt, dass FKW nicht verschwinden werden, sondern sich die Verwendung auf diejenigen FKW beschränken wird, die das geringste Treibhauspotenzial aufweisen. Wir prognostizieren, dass die meisten FKW, auch in der Kombination mit HFO umweltfreundlicher werden, jedoch schwer entflammare Stoffe Sicherheitsaspekte noch weiter in den Fokus rücken.

Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial werden weiterhin unsere aktuelle Sichtweise darüber infrage stellen, welche Kältemittel in bestimmten Anwendungen verwendet werden können. Allerdings werden sie auch zu Innovationen hinsichtlich der Systemkonstruktion führen.

Klimatechnik und Wärmepumpen

		Wohnungs- klimatisierung inkl. reversible Systeme			Roof Top Units Scrollverdichter			Gewerbliche Klimatechnik Scrollverdichter			Gewerbliche Klimatechnik Kälteanlagen mit Schrauben- oder Zentrifugalverdichter			Privat & Gewerblich Wasser-/Wasser- Wärmepumpen			Industrielle Wärmepumpen		
		1-10 kW			10-30 kW			30-400 kW			400 kW-5 MW			1-10 MW			1-10 MW		
Kältemittel	Region/Jahr	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027
CO₂ (R744)	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		
NH₃ (R717)	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		
KW z. B. R290	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		
FKW (A1) hohes Treibhaus- potenzial*	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		
FKW/HFO (A1 & A2L) mittleres Treibhaus- potenzial*	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		
FKW/HFO (A1 & A2L) Niedriges Treibhaus- potenzial*	Nordamerika																		
	EU																		
	China																		
	Übrige Welt																		

* Die Klassifizierung des Treibhauspotenzial hängt in gewissem Grad von der derzeitigen Lösung und dem Ausgangsniveau des Betriebsüberdrucks ab.
Allgemeine Orientierungshilfe: Hoch >1000, Mittel 300-1000, Niedrig <300.

Kältetechnik

		Haushalts- und Privat- Kältetechnik			Kompakt gewerbliche Kältetechnik			Verflüssigungssätze			Zentralisierte Gewerbliche Verbunde (Supermärkte)			Industrielle Kältetechnik		
		50-300 W			0,15-5 kW			3-20 kW			20-500 kW			1-10 MW		
Kältemittel	Region/Jahr	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027	2020	2023	2027
CO₂ (R744)	Nordamerika															
	EU															
	China															
	Übrige Welt															
NH₃ (R717)	Nordamerika															
	EU															
	China															
	Übrige Welt															
KW z. B. R290	Nordamerika															
	EU															
	China															
	Übrige Welt															
FKW (A1)	Nordamerika															
	EU															
	China															
	Übrige Welt															
FKW/HFO (GWP<150) (A2L)	Nordamerika															
	EU															
	China															
	Übrige Welt															

** Kaskadenanlagen mit Ammoniak/CO₂ werden in der Industriekältetechnik vorrangig eingesetzt werden

 Hauptkältemittel	 Eingeschränkte Verwendung und nur Nischenanwendungen
 Regelmäßige Verwendung	 Nicht verwendbar oder unklare Situation

Tabellen 1a und 1b: Globale Trends bei Kältetechnik, Klimaanlage und Wärmepumpen. Stand: Januar 2020.

Kältemitteloptionen

Aufgrund des durch gesetzliche Vorschriften ausgelösten Drucks, Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial zu beseitigen, werden viele Alternativen für FKW vorgeschlagen. Es wird ein Kompromiss zwischen geringerem Treibhauspotenzial und Entflammbarkeit eingegangen. Die Abbildung 11 zeigt, dass für die meisten Kältemittel keine einfachen Alternativlösungen mit niedrigem Treibhauspotenzial existieren: Die Entflammbarkeit steht im Zusammenhang mit dem Treibhauspotenzial und der Kältemittelleistung. Je geringer das Treibhauspotenzial und je höher die Leistung, desto höher ist auch die Entflammbarkeit. Bis heute liegt der Fokus auf neuen ungesättigten Fluorchemikalien, sogenannten Hydrofluorolefinen (HFO), vor allem R1234yf, R1234ze und R1233zd. Diese weisen ein sehr geringes Treibhauspotenzial auf, sind nicht oder nur schwer entflammbar und gehören zur Gruppe der Kältemittel mit geringerer Dichte. Das Ozonabbaupotenzial von R1233zd ist sehr niedrig (nur ein kleiner Prozentsatz von R22); dies stellt in einigen Ländern wie z. B. Dänemark jedoch weiterhin ein Problem dar. Zum Senken des Treibhauspotenzials von FKW mit hoher Dichte werden HFO beigemischt. Wie in Abbildung 13a und 13b dargestellt sind die vorgeschlagenen Gemische sehr ähnlich. Die wesentlichen Unterschiede hängen davon ab, welcher R1234-Typ verwendet wird und welches Kältemittel genau ersetzt werden soll.

Hauptkältemittel

Ein komplexes Beispiel für kontinuierliche Weiterentwicklung

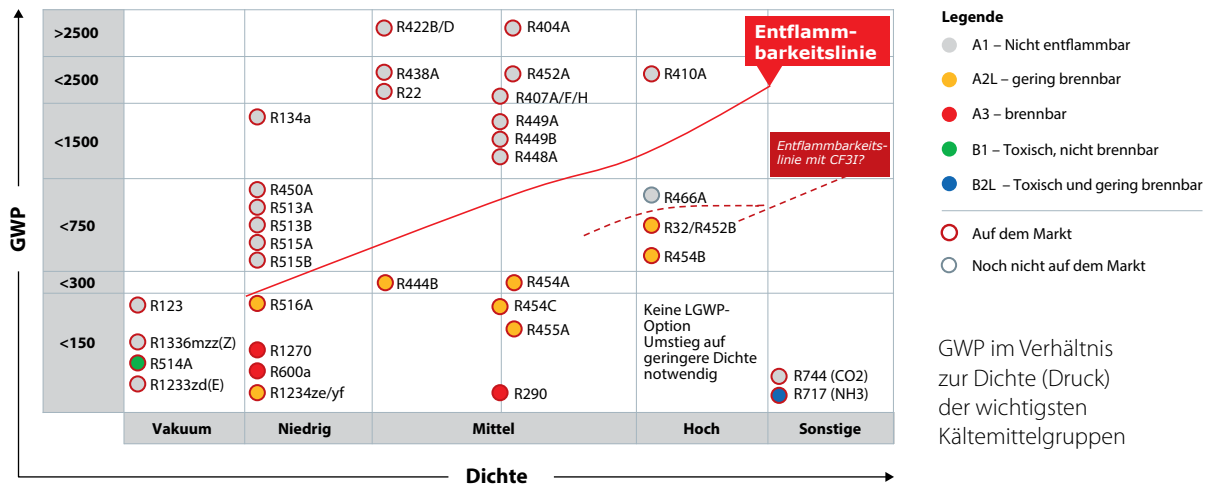


Abbildung 11: Kältemittel mit Kohlenstoffketten (KW, FKW, HFCKW);
GWP im Verhältnis zur Dichte (Druck) der wichtigsten Kältemittelgruppen

In Abbildung 12 und gemäß ASHRAE 34 werden Kältemittel je nach Toxizität und Entflammbarkeit in Klassen eingeteilt. A1-Kältemittel sind nicht brennbar und nur sehr schwach toxisch. Im Gegensatz dazu stehen B3-Kältemittel, die eine hohe Entflammbarkeit und Toxizität aufweisen. Für Kohlenwasserstoffe, die sich durch eine geringe Toxizität und hohe Entflammbarkeit auszeichnen, sind besondere Vorsichtsmaßnahmen erforderlich. Ammoniak ist dagegen sehr toxisch und nur schwer entflammbar. Es kommt häufig zum Einsatz (vor allem in der Industriekältetechnik) und ermöglicht einen sehr effizienten Betrieb.

Zur A2L-Unterklasse gehören Kältemittel mit einer geringen Entflammbarkeit. Bei diesen beträgt die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit weniger als 10 cm/s und ist demnach eher gering. Diese Kältemittel spielen eine wichtige Rolle, je mehr wir uns von den alten FKW mit hohem Treibhauspotenzial wegbewegen.

	Niedrigere Toxizität	Höhere Toxizität
Keine Flammenausbreitung	A1: FCKW, HFCKW, die meisten FKW	B1: Selten verwendet
Geringe Entflammbarkeit	A2L: Most HFOs, R32	B2L: Ammonia
Brennbar	A2: R152	B2: Selten verwendet
Höhere Entflammbarkeit	A3: Kohlenwasserstoffe	B3: keine Kältemittel

Abbildung 12: Kältemittel-Sicherheitsklassen

Eine der größten Herausforderungen besteht darin, einen nicht entflammbaren R410A-Ersatz mit einem niedrigen Treibhauspotenzial zu entwickeln. Dies war bei Molekülen auf H₂, C- und F-Basis bis zur Einführung von Jod unmöglich. R466A ist ein Kältemittel, das als Alternativlösung für R410 entwickelt wurde. Es hat ein GWP von 730 und setzt sich zusammen aus R32, R125 und CF3I. Das CF3I-Molekül enthält Jod und unterdrückt die Entflammbarkeit, hat jedoch auch ein Ozonabbaupotenzial (ODP) (im Montrealer Protokoll jedoch nicht berücksichtigt). Materialverträglichkeitsprüfungen, Entwicklung und Qualifizierung von Komponenten sind größtenteils noch nicht abgeschlossen.

Figure 1: Relative contribution of different R227a variants to the total weight of the R227a population.

The figure consists of two stacked bar charts. The top chart shows the relative contribution of different R227a variants to the total weight of the R227a population, with the y-axis representing the percentage of the total weight (0-100%). The bottom chart shows the relative contribution of different R227a variants to the total weight of the R227a population, with the y-axis representing the weight in grams per hectare (GWP, 0-2500).

Top Chart: Relative contribution of different R227a variants to the total weight of the R227a population.

The y-axis represents the percentage of the total weight (0-100%). The x-axis lists the R227a variants: R515B, R513A, R450A, R1234yf, R1234ze, R448A, R449A, R452A, R454C, R455A, R454B, R452B, R32, and R466A. The legend indicates the following color coding for the variants:

- R227ea (Yellow)
- CF3I (Black)
- R744 (Blue)
- R32 (Dark Red)
- R152a (Light Blue)
- R125 (Green)
- R134a (Light Grey)
- R1234ze (Red)
- R1234yf (Dark Grey)

Bottom Chart: Relative contribution of different R227a variants to the total weight of the R227a population.

The y-axis represents the weight in grams per hectare (GWP, 0-2500). The x-axis lists the R227a variants: R515B, R513A, R450A, R1234yf, R1234ze, R448A, R449A, R452A, R454C, R455A, R454B, R452B, R32, and R466A. The legend indicates the following color coding for the variants:

- A1 (Dark Grey)
- A2L (Red)

The bottom chart also includes three large grey arrows pointing downwards, labeled with the following text:

- Ers. R134a
- Ers. R404A, R407
- Ers. R410A

Informationsschrift 13

Die Verwendung zugelassener Komponenten für Systeme mit brennbaren Kältemitteln ist kein Problem, wenn der Systembauer Systeme gemäß den Sicherheitsstandards entwirft. Der Systembauer muss immer eine Risikobewertung durchführen und sicherstellen, dass keine explosionsgefährdeten Bereiche entstehen können.

In Fällen, in denen Leckagen auftreten und brennbare Atmosphären erwartet werden, müssen Zündquellen vermieden oder in eine nicht brennbare Zone gebracht werden. Eine Methode zur Vermeidung von Zündquellen ist die Verwendung von EX-Komponenten. Eine gute Leitlinie – Zielgruppe EU – ist der ASERCOM-Website zu entnehmen. Die Leitlinie wurde unter Einbeziehung der wichtigsten Komponentenhersteller erstellt. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 14 dargestellt. Beachten Sie, dass während des Betriebs alle Zündquellen ausgeschaltet werden müssen.

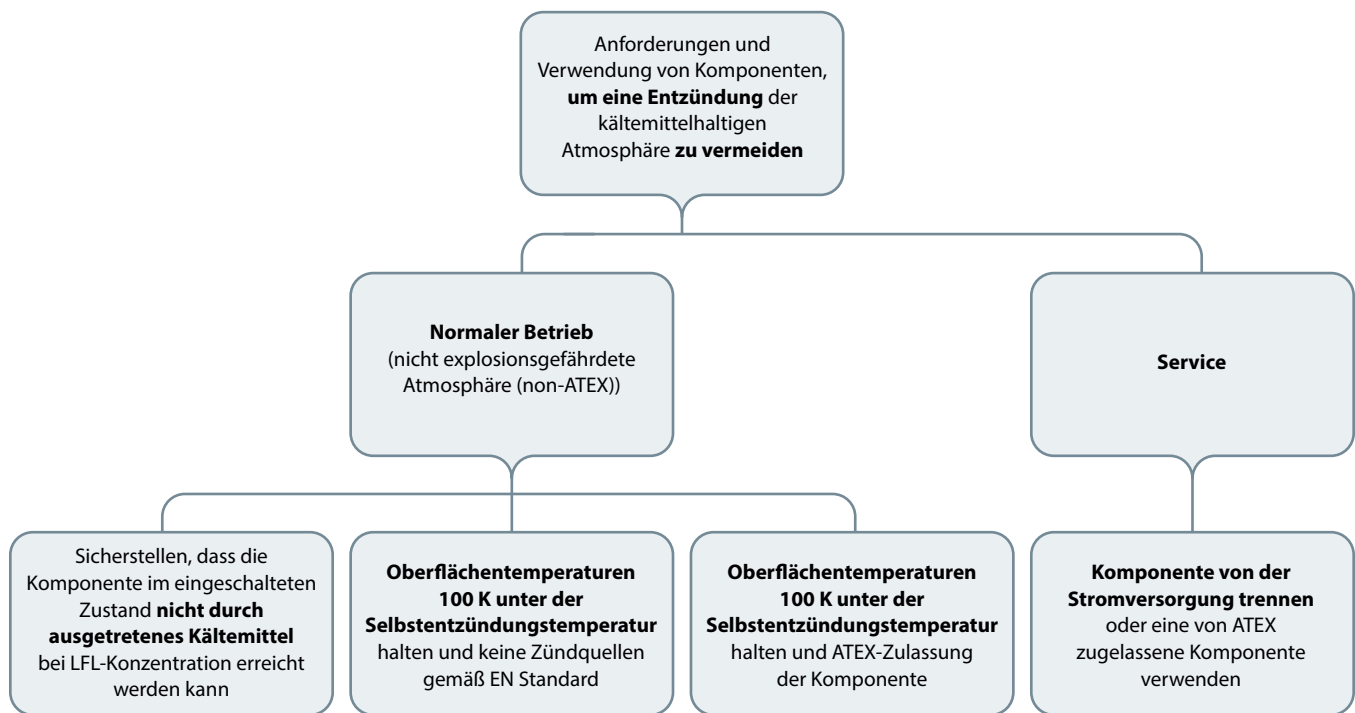


Abbildung 14: Anforderungen und Verwendung von Komponenten in Systemen mit brennbaren Kältemitteln. Quelle: ASERCOM.

Fazit

Kältemittel sind in der heutigen Welt mit ihrer steigenden Nachfrage nach Kühlung und Heizung wichtiger denn je. Die Auswahl der richtigen Kältetechnik ist von entscheidender Bedeutung. Während einige Lösungen der Vergangenheit Folgen für die heutige Umwelt hatten, ist es unbedingt notwendig, dass die Branche an die Zukunft denkt und zukunftsfähige Lösungen für aktuelle Probleme findet. Um dies effektiv umzusetzen, ist eine solide Partnerschaft mit einem Unternehmen erforderlich, das nicht nur breitgefächerte Erfahrungen und umfassendes Wissen über aktuelle Normen, Gesetze und künftige Technologien vorweisen kann, sondern auch die zukünftige Entwicklung hinsichtlich Sicherheit und Umweltverantwortung im Blick hat. Danfoss ist ein solches Unternehmen.

Mit mehr als fünfundachtzig Jahren Erfahrung und dem Willen, die heutigen Herausforderungen der Branche zu meistern, sind wir ein führendes Unternehmen, das bereit ist, seinen Partnern nachhaltige Lösungen anzubieten. Danfoss ist gerüstet, um zusammen mit Ihnen die beste Alternativlösung für Ihre Anwendungen zu finden und umzusetzen. Wir können gemeinsam die aktuellen Probleme lösen und gleichzeitig die Ansprüche von morgen erfüllen.

Anhang 1.

Gesetzgebung und Regulierung

1.1 Montrealer Protokoll

Nachdem 2016 Ziele für eine weltweite Reduktion von FKW in das Montreal-Protokoll aufgenommen wurden, reguliert das Abkommen nun zwei Arten von Stoffen: Stoffe mit hohem Ozonabbaupotenzial sowie mit hohem Treibhauspotenzial. Der Ausstiegsplan für HFCKW ist in Tabelle 2 und der Reduktionsplan für FKW in Tabelle 3 dargestellt. Es ist anzumerken, dass für die Nicht-Artikel-5-Länder bereits fixierte Ausgangsniveaus gelten, während sich die Artikel-5-Länder an eine Kombination aus HFCKW- (bereits fixiert) und bisher noch nicht festgelegten FKW-Ausgangsniveaus halten müssen. Dies hat einige Spekulationen über die Anreize für Artikel-5-Länder verursacht, die dazu führen können, dass diese Länder frühzeitig auf Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial umsteigen, da dies ihr Ausgangsniveau verringern würde.

Gruppe I: HFCKW (Verbrauch)

Vertragsparteien, die nicht unter Artikel 5.1 fallen: Verbrauch (Industrieländer)		Vertragsparteien gemäß Artikel 5.1: Verbrauch (Entwicklungsländer)	
Ausgangsniveau:	HFCKW-Verbrauch 1989 + 2,8 Prozent des FCKW-Verbrauchs von 1989	Ausgangsniveau:	Durchschnitt 2009 bis 2010
Inkrafttreten:	1996	Inkrafttreten:	1. Januar 2013
Reduktion um 35 %	1. Januar 2004	Reduktion um 10 %	1. Januar 2015
Reduktion um 75 %	1. Januar 2010	Reduktion um 35 %	1. Januar 2020
Reduktion um 90 %	1. Januar 2015	Reduktion um 67,5 %	1. Januar 2025
Reduktion um 100 %	1. Januar 2020 Bis zum 1. Januar 2030 ist ein Verbrauch in der Höhe von 0,5 % des Ausgangsniveaus erlaubt (gilt für die Wartung von Kälte- und Klimageräten, die am 1. Januar 2020 vorhanden sind).	Reduktion um 100 %	1. Januar 2030 Bis zum 1. Januar 2040 ist ein Verbrauch in der Höhe von 2,5 % des Ausgangsniveaus erlaubt, wenn dieser dem Durchschnittsverbrauch der 10 Jahre von 2030 bis 2040 entspricht (gilt für die Wartung von Kälte- und Klimageräten, die am 1. Januar 2030 vorhanden sind).

Tabelle 2: Ausstiegsplan für HFCKW sowie Ausgangsniveaus
Quelle: United Nations Environment Programme (UNEP)

	Nicht-Artikel-5.1-Länder	Nicht-Artikel-5.2-Länder	Artikel-5.1-Länder	Artikel-5.2-Länder
Inkrafttreten	–	–	2024 (100 %)	2028 (100 %)
Schritt 1	2019 – 90 %	2020 – 95 %	2029 – 90 %	2032 – 90 %
Schritt 2	2024 – 60 %	2025 – 65 %	2035 – 70 %	2037 – 80 %
Schritt 3	2029 – 30 %	2029 – 30 %	2040 – 50 %	2042 – 70 %
Schritt 4	2034 – 20 %	2034 – 20 %	–	–
Letzter Schritt	2036 – 15 %	2036 – 15 %	2045 – 20 %	2047 – 15 %
Länder	Alle Nicht-Artikel-5-Länder mit Ausnahme von Nicht-Artikel-5.2- und EU-Ländern	Weißrussland, Russland, Kasachstan, Tadschikistan, Usbekistan	Alle Artikel-5-Länder mit Ausnahme von Artikel-5.2-Ländern	Indien, Pakistan, Iran, Irak, Bahrain, Kuwait, Oman, Katar, Saudi-Arabien, Vereinigte Arabische Emirate
Ausgangsniveau	FKW-Durchschnittsverbrauch (2011 – 2013) + 15 % des HFCKW-Ausgangsniveaus (Nicht-Artikel-5-Länder)	HFCKW-Durchschnittsverbrauch (2011 – 2013) 25 % des HFCKW-Ausgangsniveaus (Nicht-Artikel-5-Länder)	HFCKW-Durchschnittsverbrauch (2020 – 2022) 65 % des HFCKW-Ausgangsniveaus (Artikel 5)	HFCKW-Durchschnittsverbrauch (2024 – 2026) + 65 % des HFCKW-Ausgangsniveaus (Artikel 5)
Anmerkungen	Der Ausstiegsplan für HFCKW entspricht nicht den 15 % im Jahr 2011, spiegelt jedoch wahrscheinlich den tatsächlichen Verbrauch wider.	Der Ausstiegsplan für HFCKW entspricht den 25 % in den Jahren 2010 bis 2014	Der Ausstiegsplan für HFCKW entspricht den 65 % in den Jahren 2020 bis 2024	Der Ausstiegsplan für HFCKW entspricht den 65 % in den Jahren 2020 bis 2024

Tabelle 3: Reduktionsplan für FKW sowie Ausgangsniveaus
Quelle: United Nations Environment Programme (UNEP)

1.2 Europäische MAC-Richtlinie

Diese Richtlinie verbietet die Verwendung von jeglichen Kältemitteln mit einem Treibhauspotenzial von über 150 in Klimaanlage von Kraftfahrzeugen:

- Gilt seit Januar 2011 für neue Modelle bestehender Fahrzeuge
- Gilt ab Januar 2017 für alle neuen Fahrzeuge

Die Richtlinie gilt nicht für andere Anwendungen.

R134a – nach wie vor das weltweit am häufigsten in mobilen Klimaanlage (Mobile Air Conditioning, MAC) eingesetzte Kältemittel – weist ein Treibhauspotenzial von 1.430 auf und ist damit ebenfalls vom Verbot betroffen. Dafür wird zunehmend R1234yf eingesetzt, wodurch aktuell mehrere Millionen US-amerikanische und europäische Autos dieses HFO nutzen.

1.3 Europäische F-Gas-Verordnung

Die F-Gas-Verordnung über bestimmte fluorierte Treibhausgase gilt seit dem 1. Januar 2015. Die Verordnung sieht für 2015 bis 2030 eine schrittweise Reduktion von FKW vor. Dieser wurde mithilfe eines Quotensystems und sektorspezifischer Verbote für Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial entwickelt. R404A und R507 stehen besonders im Fokus und werden in allen gewerblichen Systemen verboten werden. Es wurde ein europäisches Quotensystem eingerichtet. Der erste Reduktionsschritt wurde zwischen 2016 und 2018 durch im Vergleich zum Ausgangsniveau um 44 % verringerte Quoten realisiert. Im Rahmen des Quotensystems werden Herstellern und Importeuren von Bulkgasen Quoten zugeteilt. Quoteninhaber können (nach einer Registrierung) Anteile ihrer Quote auf Importeure von vorbefüllten Einheiten übertragen. Die Berechtigungen können erneut übertragen werden, jedoch nur noch ein Mal. Alle Aktivitäten müssen in einem Zentralregister eingetragen werden, um die Einhaltung der Verordnung sicherzustellen. Weitere Informationen sowie Listen mit Fragen und Antworten finden Sie auf der Website der EU oder der European Partnership for Energy & the Environment (EPEE).

Beim Ausgangsniveau für die Reduktion werden die Kältemittelmengen von importierten vorbefüllten Einheiten und die für die Umrüstung von R22-Systemen erforderliche FKW-Menge nicht berücksichtigt. Die Höhe der Menge von importierten vorbefüllten Einheiten wird auf 11 % des offiziellen Ausgangsniveaus geschätzt. Da die FKW-Menge in importierten vorbefüllten Einheiten bei der offiziellen Quote von 2017 enthalten ist, wird davon ausgegangen, dass dies bezüglich der Verfügbarkeit von FKW zusätzlichen Druck aufbaut.

Indem die für vorbefüllte Einheiten erforderliche Menge zu den Reduktionsschritten hinzugefügt und ein im Laufe der Jahre konstanter Verbrauch in metrischen Tonnen angenommen wird, offenbart sich ein anderes Szenario. Bis 2018 verringerte sich die Quote im Vergleich zu den früheren 63 auf 56 % des Ausgangsniveaus. Das Ziel für 2030, eine Quote von 21% des Ausgangsniveaus, wird sich in Wirklichkeit auf etwa 19% belaufen. Die Berechnungen werden in Abbildung 15 dargestellt.

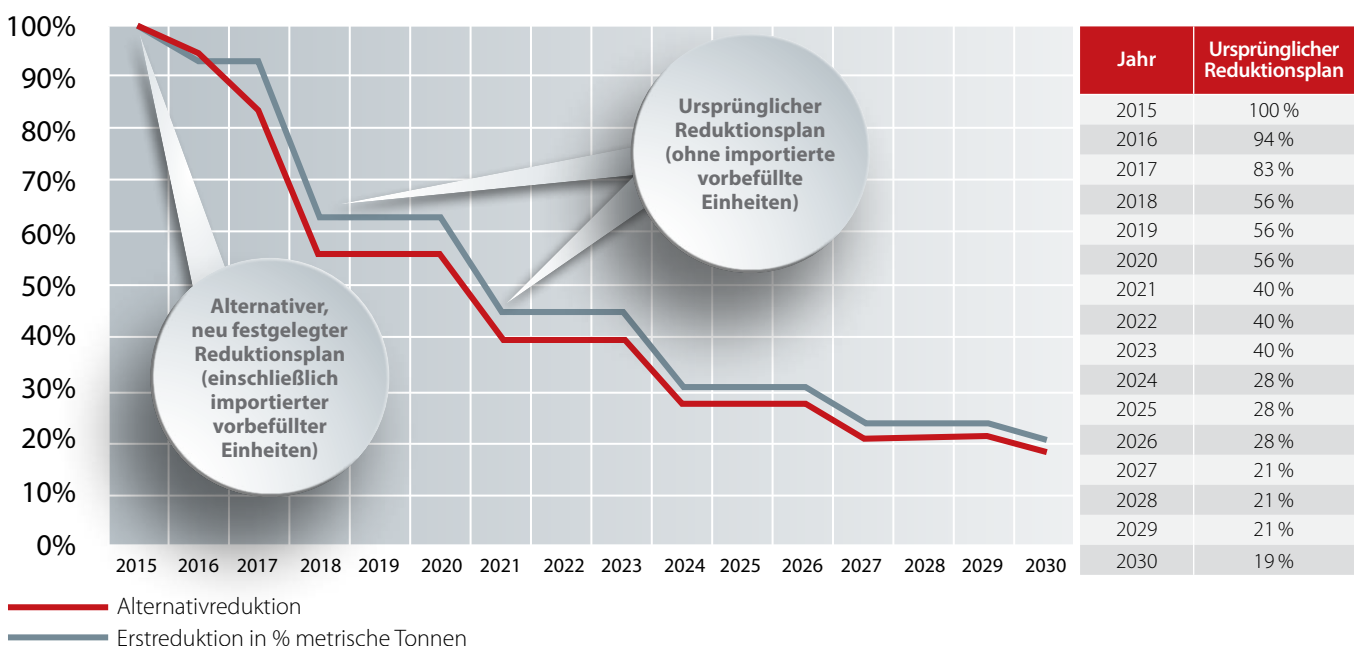


Abbildung 15: Die von der EU festgelegte schrittweise Reduktion in Abhängigkeit der Einbeziehung oder Nichteinbeziehung von vorbefüllten Einheiten.

Abbildung 16 zeigt die erwarteten brancheninternen Beiträge zur Reduktion bis 2021. Es ist offensichtlich, dass die Kältetechnikbranche am meisten zur schrittweisen Reduktion beitragen wird, während sich der Beitrag der Klimatechnik- und der Wärmepumpenbranche erst später erhöht.

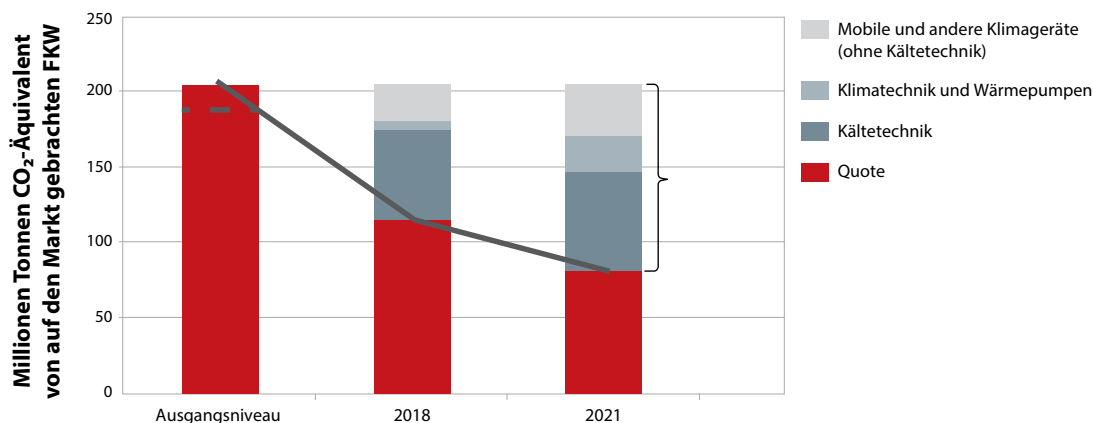


Abbildung 16: Beitrag der einzelnen Branchen zur Reduktion von FKW in Europa

Quelle: Danfoss auf Basis des Gapometer-Projekts der EPEE

Beobachtungen Ende 2019 ließen einen Anstieg der Kältemittelpreise um bis zu 400-600 % erkennen, und zwar bei allen üblichen FKW-Arten wie R404A, R134a und kürzlich auch bei R410. Die Preise gehen im Verlauf des Jahres jedoch zurück. Es ist dringend zu empfehlen, einen detaillierten Plan zu erstellen, um Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial und insbesondere R404A zu ersetzen. R410A ist das einzige Kältemittel, das keinen Ersatz der A1-Klasse mit einer Alternative mit niedrigerem Treibhauspotenzial enthält (siehe Abbildung 11). Daher wird R410A in der Zukunft möglicherweise als einziges der früheren FKW verwendet werden, wenn auch zu einem wesentlich höheren Preis. Ein schneller Übergang zu Alternativen mit niedrigerem Treibhauspotenzial dürfte zu Engpässen auf dem Markt führen.

1.4 Einschränkungen für Produkte

Der Reduktionsplan wurde um Verbote für neue Produkte und für Serviceprodukte ergänzt, in denen Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 17). Auch wenn die Verbote für Serviceprodukte noch weit in der Zukunft liegen, fallen sie dennoch in die erwartete Lebensdauer aktueller neuer Produkte. Dadurch gerät die Branche unter Druck, Systeme mit R404A bzw. R507 nicht mehr herzustellen.

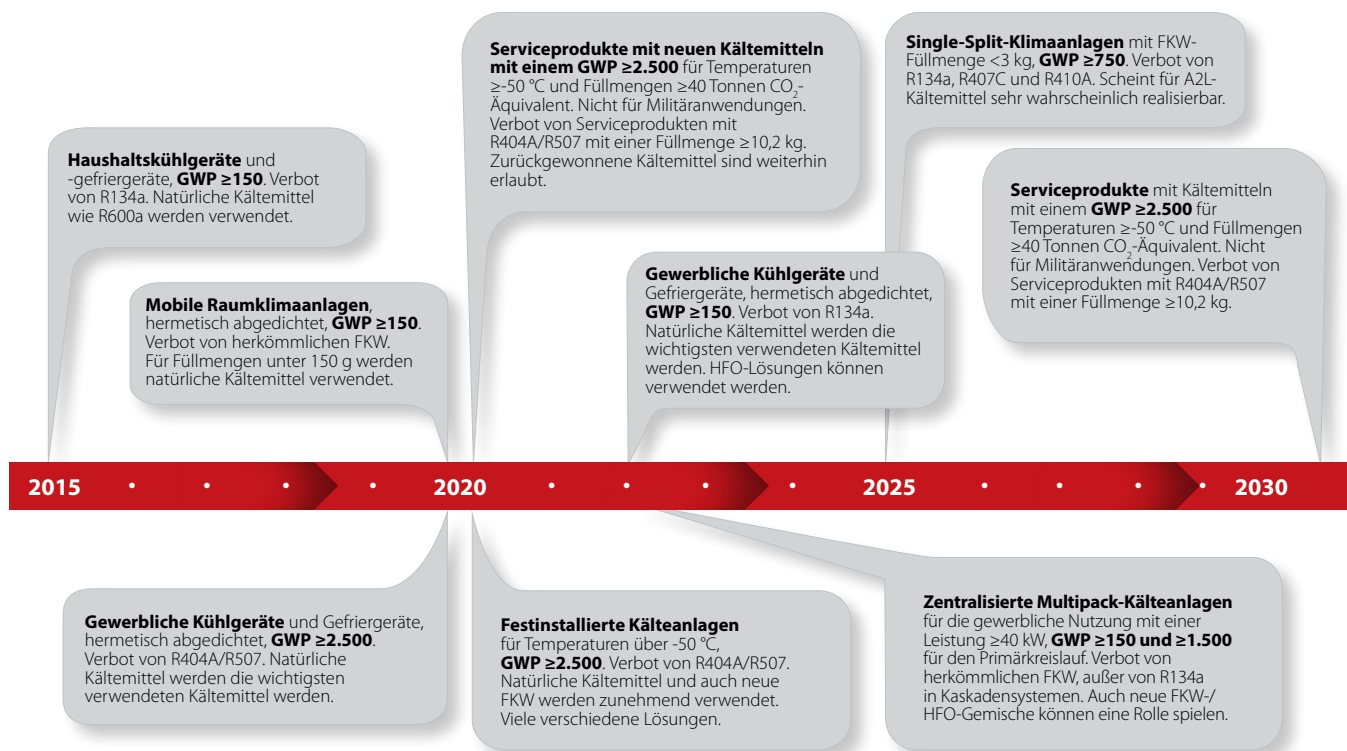


Abbildung 17: Einschränkungen für neue Produkte

1.5 US-amerikanische SNAP-Richtlinie

Als Instrument zur Umsetzung des ODP-Ausstiegs im Jahr 1989 hat die Environmental Protection Agency (EPA) ein signifikantes Programm für neue alternative Richtlinien (SNAP) in den USA entwickelt. Der ursprüngliche Zweck des SNAP Programm war es, einen sicheren und reibungslosen Übergang von ozonabbauenden Substanzen zu fördern. Der Mechanismus von SNAP besteht darin, spezifische Kältemittel in bestimmten Anwendungen zu akzeptieren oder schließlich zu verbieten. Von 2014 bis 2016 wurden jedoch auch bestimmte FKW mit hohem Treibhauspotenzial, die zuvor akzeptiert waren, ausgenommen. Die Herausnahme dieser Hoch-GWP-Stoffe ohne Ozonabbaupotenzial wurde 2017 gerichtlich revidiert.

Zwischen 2014 und 2016 wurden Ausschlussdaten für FKW mit hohem GWP in Hauptanwendungsbereichen festgelegt, während neue FKW/HFOs mit niedrigem oder mittlerem Treibhauspotenzial und sogar KW-Akzeptanz für bestimmte Anwendungen erhielten.

Die erste Regel war Regel 17, die die Verwendung von vier spezifischen Kohlenwasserstoffen in Haushaltskühl- und Haushaltsgefrierschränken sowie im Einzelhandel für die Lebensmittelkühlung erlaubte. Diese Kohlenwasserstoffe enthalten bis zu 57 g von R600a für den Haushaltsbereich und bis zu 150g von R290 für den Einzelhandel. Seit dieser Regel wurden mehrere andere Anwendungen erlaubt und eine Übersicht der betroffenen Anwendungen mit ähnlichen Gebührenlimits wie Regel 17 und zusätzliche Regeln wurden vorgeschlagen.

Abschnitt 608 des Clean Air Act (Gesetz zur Reinhaltung der Luft) erweitert die Verwendungsanforderungen für Kältemittel. Darin werden niedrigere Leckraten-Grenzwerte genannt, die kennzeichnen, dass eine Reparatur der Kälte- und Klimageräte zwingend erforderlich ist:

- Verringert von 35 auf **30 %** für Geräte der industriellen Prozesskühlung
- Verringert von 35 auf **20 %** für Geräte der Gewerbekälte
- Verringert von 15 auf **10 %** für Geräte der Komfortkühlung

Kühl- und Klimageräte, bei denen die Leckrate höher als zulässig ist, erfordern vierteljährliche bzw. jährliche **Leckageprüfungen**. Zudem ist der Betreiber oder der Bediener verpflichtet, es der EPA zu **melden**, wenn in einem Kalenderjahr in Systemen mit Füllmengen von 50 oder mehr Pfund Kältemittelleckagen von 125 % der Gesamtfüllmenge oder darüber hinaus auftreten. Zudem müssen Kälteanlagenbauer dokumentieren, wie viel **Kältemittel** bei der Entsorgung von Systemen mit einer Füllmenge von 5 bis 50 lbs **zurückgewonnen** werden konnte.

SNAP-Regeln 20 und 21 und Abschnitt 608 Kältemittelmanagement (FKW-Regel) lieferten einen Plan zu den ersten beiden Schritten der FKW-Reduzierung. Aber aufgrund von Rechtsstreitigkeiten, ist der Plan nicht klar.

Hinweis: Im August 2017 hat das Oberste Gericht der USA gegen die Praxis, FKW von der Liste zu nehmen, entschieden. Derzeit wird diese Entscheidung angefochten und das Ergebnis ist noch nicht bekannt. Im Juli 2018 wurde angekündigt, dass elf US-Staaten gegen die EPA für die "Effektive Aufhebung" der Vorschriften des Verbots für die Verwendung von FKW Kältemitteln klagen.

	FKW-Engagement	Reduktionsplan für FKW-Emissionen	SNAP-Regeln 20 und 21	California SNAP	Gewerbekälte-technik 150 GWP-Grenzwert >50 lbs	AC 750 GWP-Grenzwert 2023	Abschnitt 608 Regeln für Kältemittelmanagement	Anforderungen an Kennzeichnung, Aufzeichnung und Offenlegung
Kalifornien	✓	40 % bis 2030	✓	✓	✓	✓	✓	Offenlegung und Dokumentation
New York	✓	20 % bis 2030	✓					Dokumentation in Übereinstimmung mit anderen Staaten der Klimaallianz
Washington	✓	20 % bis 2030	✓					Regeln für Bekanntmachungen und Kommentare zu Berichtspflichten
New Jersey	✓	40 % bis 2035						
Vermont	✓	40 % bis 2030	✓					
Connecticut	✓							
Maryland	✓							

Tabelle 4: AHRI -Übersicht

Der California Air Resources Board (CARB) verfolgt einen strengen Plan für eine frühzeitige Reduktion von FKW. Weitere Staaten haben sich angeschlossen. In der vorgeschlagenen Regelung wird die Verwendung von bestimmten FKW-Stoffen und Stoffen mit einem hohen Treibhauspotenzial in neuen und nachgerüsteten stationären Kälteanlagen sowie als Treibmittel für Isolierschaum verboten. Die Verordnung trat Mitte 2018 in Kraft und die ersten Anwendungsverbote für spezifische FKW sind für Januar 2019 vorgesehen. Tabelle 4 zeigt, dass weitere Staaten gefolgt sind, ohne die gleichen Maßnahmen durchzuführen, was der Branche Schwierigkeiten bereitet, mit den Entwicklungen Schritt zu halten und sie zu verstehen.

Jahr	Systemgrenze für die Einkapselung von Kältemitteln in neuen stationären Systemen	GWP-Grenzwert
2021	Kälteanlagen ≥ 50 Pfund	150
2021	Kälteanlagen ≥ 20 Pfund und ≤ 50 Pfund	1500
2021	Klimaanlagen ≥ 2 Pfund	750
2021	Kaltwassersätze	150
Eingeschränkter Vertrieb von Kältemitteln		
2021	Keine Produktion, kein Import, kein Verkauf, kein Vertrieb, keine Vermarktung	2500
2024		1500

Tabelle 5: Detaillierte Übersicht der kalifornischen Rechtsvorschriften zu FKW-Beschränkungen

Anwendungen	Neu/ Nachrüstung	Verbotene Substanz	Datum
Supermarktsysteme entfernte Verflüssigungssätze	Neu	HFC-227ea, R-404A, R-407B, R-421B, R-422A, R-422C, R-422D, R-428A, R-434A, R-507A	Jan. 2019
	Nachrüstung	R-404A, R-407B, R-421B, R-422A, R-422C, R-422D, R-428A, R-434A, R-507A	Jan. 2019
Eigenständige MT-Geräte mit einer Verdichterleistung unter 2200 BTU/h und ohne überfluteten Verdampfer	Neu		Jan. 2019
Eigenständige MT-Geräte mit einer Verdichterleistung unter 2200 BTU/h und mit überflutetem Verdampfer	Neu	FOR12A, FOR12B, HFC-134a, HFC-227ea, KDD6, R-125/290/134a/600a (55.0/1.0/42.5/1.5), R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-407F, R-410A, R-410B, R-417A, R-421A, R-421B, R-422A, R-422B, R-422C, R-422D, R-424A, R-426A, R-428A, R-434A, R-437A, R-438A, R-507A, RS-24 (Zusammensetzung von 2002), RS-44 (Zusammensetzung von 2003), SP34E, THR-03	Jan. 2020
Eigenständige MT-Geräte mit einer Verdichterleistung von mindestens 2200 BTU/h (neu)	Neu		Jan. 2020
Eigenständige Tieftemperatur-Einheiten	Neu	HFC-227ea, KDD6, R-125/290/134a/600a (55.0/1.0/42.5/1.5), R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-407F, R-410A, R-410B, R-417A, R-421A, R-421B, R-422A, R-422B, R-422C, R-422D, R-424A, R-428A, R-434A, R-437A, R-438A, R-507A, RS-44 (Zusammensetzung von 2003)	Jan. 2020
Eigenständige Einheiten	Nachrüstung	R-404A, R-507A	Jan. 2019
Verkaufsautomaten	Neu	FOR12A, FOR12B, HFC-134a, KDD6, R-125/290/134a/600a (55.0/1.0/42.5/1.5), R-404A, R-407C, R-410A, R-410B, R-417A, R-421A, R-422B, R-422C, R-422D, R-426A, R-437A, R-438A, R-507A, RS-24 (Zusammensetzung von 2002), SP34E	Jan. 2019
	Nachrüstung	R-404A, R-507A	Jan. 2019
Kühl- und Verarbeitungsanlagen für Lebensmittel sowie Dosieranlagen	Neu	HFC-227ea, KDD6, R-125/290/134a/600a (55.0/1.0/42.5/1.5), R-404A, R-407A, R-407B, R-407C, R-407F, R-410A, R-410B, R-417A, R-421A, R-421B, R-422A, R-422B, R-422C, R-422D, R-424A, R-428A, R-434A, R-437A, R-438A, R-507A, RS-44 (Zusammensetzung von 2003)	Jan. 2021

Tabelle 6: Darstellung der kalifornischen FKW-Beschränkungen

1.6 Chinas Ausstiegsplan für HFCKW (HCFC Phase-out Management Plan, HPMP):

Der im Juni 2019 vorgelegte chinesische Aktionsplan für umweltverträgliche Kühlung besagt, dass die schrittweise Reduktion der FKW gemäß den Vorgaben des Montrealer Protokolls erfolgt, auf die sich im Oktober 2016 geeinigt wurde. Neben der Fokussierung auf die Reduzierung von HFCKW sind in Kürze ehrgeizige Energieeffizienzziele für bestimmte Anwendungen geplant. Eine Gesamtübersicht zum Verbot von HFCKW und zur Beschränkung von FKW wird in Abbildung 18 dargestellt. Um den HPMP-Ausstiegsplan zu erfüllen, fördern die chinesischen Behörden Projekte für den Umstieg auf alternative Kältemittel gemäß dem Ausstiegsplan für HFCKW, der auf der UNEP-Webseite zu finden ist.

Bei der Bewertung der Alternativlösungen wurde sich nicht nur auf das Ozonabbaupotenzial konzentriert, sondern es wurde auch auf das Treibhauspotenzial, die Sicherheit und die Anwendungseignung geachtet. Die Empfehlungen der chinesischen Behörden hängen von der Anwendung und der zeitlichen Perspektive ab (siehe Tabelle 7). Auch die Verwendung zahlreicher bekannter Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial wird empfohlen. Die Empfehlungen werden vom in internationalen Sicherheitsstandards (z. B. ISO 5149 (GB 9237) und IEC 60335) beschriebenen Einführungsprozess gestützt (siehe für eine Übersicht Tabelle 8). Diese Standards werden stetig überprüft und aktualisiert, wie den Versionsangaben zu entnehmen ist.

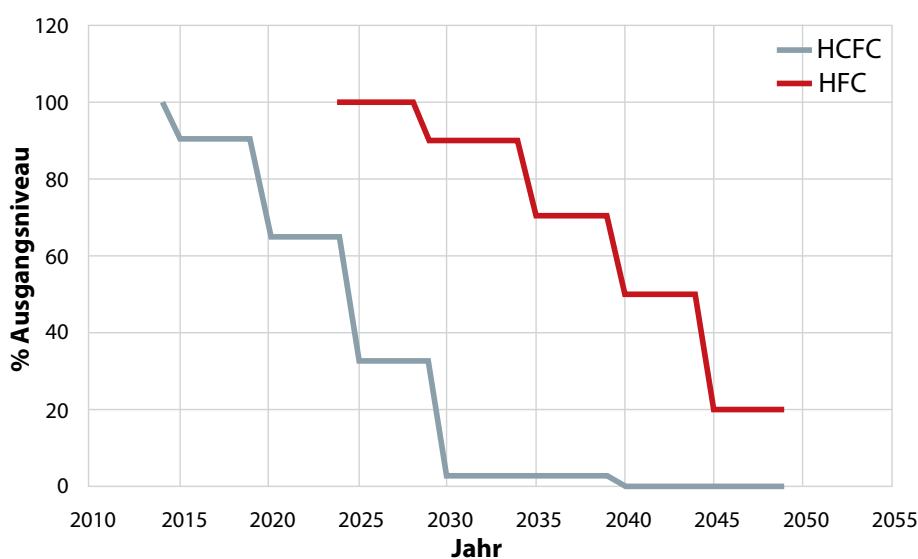


Abbildung 18: China: Ausstiegsplan für HFCKW und Reduktionsplan für FKW

Anwendung	Aktuell	Kurzfristig (bis 2020)	Langfristig (bis 2025)
Haushaltskühlgeräte	R22/R600a	R600a	R600a
Industrie- und Gewerbekältetechnik	R22/R134a/R410A/NH ₃	R134a, NH ₃	NH ₃ /CO ₂ , R290, R600a, Gemische mit niedrigem Treibhauspotenzial
Kompakte und mittelgroße Kaltwassersätze	R22, R410A	R410A, R32	R290, R32
Große Kaltwassersätze	R22, R123, R134a	R134a, R1234ze	R1234ze, NH ₃
Einheitliche Klimaanlage/VRFSYSTEME/Wärmepumpen	R22, R410A, R407C	R410A, R32	R32, Gemische mit niedrigem Treibhauspotenzial
Raumklimatetechnik	R22, R410A	R410A, R290	R290, R32

Tabelle 7: Kältemittelooptionen je Anwendung

Chinesischer Standard		IEC-Standard		
Nr.	Aktuelle Version	Entsprechende IEC-Version	Nr.	Aktuelle Version
GB 4706.13	2014	2012	IEC 60335-2-24	2012
GB 4706.32	2012	2005	IEC 60335-2-40	2013
GB 4706.102	2010	2007	IEC 60335-2-89	2015

Tabelle 8: Normenreihe IEC 60335 und chinesische Standards

1.7 Japan

Japan hat 2014 ein umfassendes Programm zum Reduzieren der Emissionen von FKW eingeführt. Das Programm nutzt einen Lebenszyklus-Ansatz, um das Treibhauspotenzial verwendeter FKW zu senken sowie Leckagen während des Systembetriebs (Wartung und Rückgewinnung) und der Systemaußerbetriebnahme zu reduzieren. Das Programm sieht keine direkten Verbote oder spezielle Quoten vor, wie das in den USA oder in Europa der Fall ist. Stattdessen werden bestimmte Treibhauspotenzial-Werte für spezielle Anwendungen in Kombination mit Kennzeichnungen vorgeschrieben.

Anwendung	GWP-Sollwert (max.)	Zieljahr für vollständige Umsetzung
Raumklimatechnik	750	2018
Gewerbeklimatechnik	750	2020
Gewerbekältetechnik	1500	2025
Kühlraumtechnik	100	2019
Mobile Klimatechnik	150	2023

Tabelle 9: Treibhauspotenzial-Werte und Zeitrahmen

1.8 Andere lokale Initiativen

Etliche Länder und Regionen haben bereits Maßnahmen ergriffen, um Alternativlösungen mit niedrigem Treibhauspotenzial zu fördern. Solche Maßnahmen umfassen eine Begrenzung der Kältemittelfüllmenge (Dänemark), die Besteuerung von Kältemitteln mit hohem Treibhauspotenzial (z. B. Dänemark, Norwegen und Australien) und Zuschüsse für Systeme, die natürliche Kältemittel nutzen (z. B. Deutschland und die kanadische Provinz Québec).

Anhang 2.

Auswirkungen direkter Leckagen als Funktion der Leckrate

Beispiel:

Das folgende Beispiel kann dazu dienen, das Verhältnis zwischen direkten und indirekten Auswirkungen aufzuzeigen.

Typische Kälteanlage in einem mittelgroßen Supermarkt:

- Marktgröße: 1000 bis 1500 m²
- Kältemittel: R404A
- Kältemittelfüllmenge: 250 kg
- Kälteleistung: 100 kW
- Energieverbrauch: 252.000 kWh/Jahr
- Lebensdauer: 10 Jahre
- Treibhauspotenzial: 3.920
- Betriebszeit: 19 Stunden pro Tag
- Rückgewinnung/Wiederverwendung: 90 %

CO₂-Emissionen der Stromerzeugung

Land A (fossile Brennstoffe): 0,8 kg CO₂ pro kWh

Land B (Wasser- und Windkraft): 0,04 kg CO₂ pro kWh

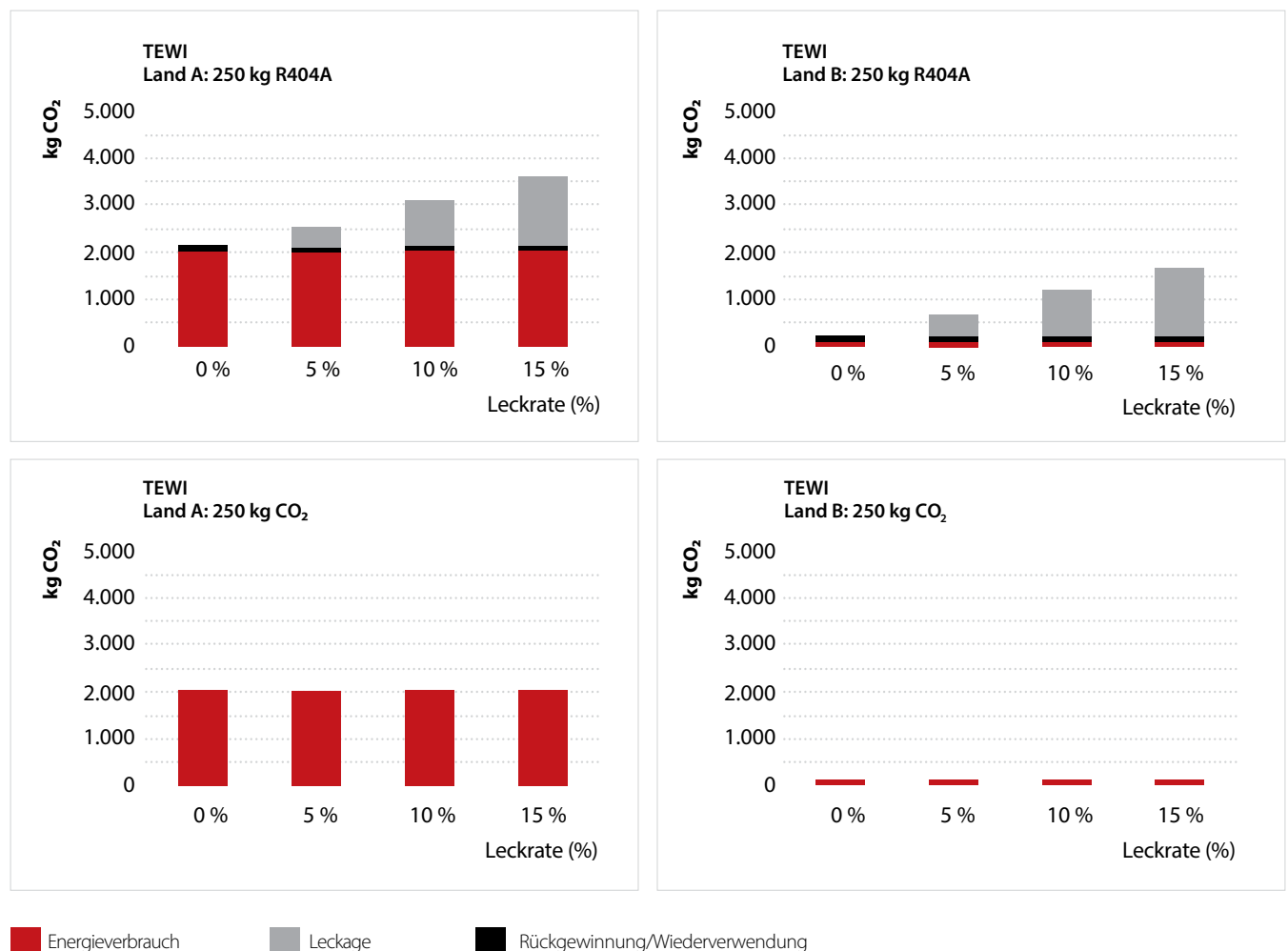


Abbildung 19: Verhältnis zwischen direkten und indirekten Auswirkungen der Kälteanlage

Anhang 3.

Geschichte

Fast zweihundert Jahre sind vergangen, seit Jacob Perkins ein Patent für den Kaltdampfverdichtungsprozess eingereicht hat, mit dem die Geschichte der Kältemittel begann. Im Kaltdampfverdichtungsprozess wird das Kältemittel genutzt, um die Wärme von der kalten auf die warme Seite einer Kälteanlage, einer Wärmepumpe oder einer Klimaanlage zu transportieren. Der gleiche thermodynamische Kreisprozess kommt auch heute noch zum Einsatz, die Kältemittel haben sich allerdings verändert.

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Kältemittel seit 1835. Anfangs waren alle Kältemittel leicht erhältlich, da sie in der Natur vorkamen oder bereits in Industrieprozessen eingesetzt wurden. In den 1930er Jahren wurde deutlich, dass viele dieser frühen Kältemittel kritische Sicherheitsrisiken mit sich brachten, da Leckagen unter anderem zu Bränden oder Vergiftungen führen konnten. Daraufhin wurden die synthetischen Sicherheitskältemittel erfunden, die sogenannten Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), die bald weltweit verwendet wurden. Mit der Weiterentwicklung der synthetischen Kältemittel in den 1950er Jahren wurden Kältemittel eingeführt, die einen Wasserstoffanteil enthielten (Hydrofluorchlorkohlenwasserstoffe (HFCKW) wie R22).

In den frühen 1970er Jahren erkannte man, dass FCKW- und HFCKW-Kältemittel zum Abbau der Ozonschicht führen. FCKW weisen ein besonders hohes Ozonabbaupotenzial (Ozone Depletion Potential, ODP) auf, während HFCKW ein vergleichsweise geringeres Ozonabbaupotenzial aufweisen, aber dennoch Schaden anrichteten. Infolgedessen wurde 1987 das Montrealer Protokoll aufgesetzt, ein Abkommen zur schrittweisen Reduzierung bzw. Beschränkung (Phase-Down) von Stoffen, die zum Abbau der Ozonschicht führen. Es gilt seither als weltweiter Erfolg in Bezug auf die Reduktion von gefährlichen Chemikalien. Die Reduktion von FCKW-Emissionen hat nicht nur die Belastung der Atmosphäre durch Stoffe mit hohem Ozonabbaupotenzial verringert. Auch die globale Erwärmung hat sich dadurch verlangsamt. Ersatzkältemittel, sogenannte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), weisen ein Ozonabbaupotenzial von Null, jedoch ein mittleres bis hohes Treibhauspotenzial auf, das dennoch geringer ist als dasjenige der von dem Ausstieg bzw. Verbot (Phase-Out) betroffenen FCKW. Wegen der zunehmenden Bedrohung durch den Klimawandel wurde die Verwendung von FKW immer stärker hinterfragt, um deren Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren. Auch wenn FKW-Leckagen aktuell keinen großen Einfluss auf die globale Erwärmung haben, zeigen wissenschaftliche Untersuchungen, dass ihre zunehmende Verwendung, vor allem in Klimaanlageanlagen in Entwicklungsländern, erheblich zur globalen Erwärmung beitragen wird, wenn keine Maßnahmen für eine schrittweise Reduzierung ergriffen werden. Im Oktober 2016 haben die Unterzeichnerstaaten des Montrealer Protokolls der schrittweisen Reduktion von FKW zugestimmt. Diese Regelung trat 2019 in Kraft und wird wesentlich dazu beitragen, die Verwendung dieser Gase mit hohem Treibhauspotenzial einzuschränken.

Alles in allem können Kältemittel langfristig schwerwiegende Folgen für die Umwelt haben, wenn wir uns nicht umweltgerecht verhalten. Die Geschichte gleicht einer Lernkurve, wobei brennbare und giftige Kältemittel durch sichere ersetzt wurden, die jedoch zum Teil umweltschädigend waren und dadurch nur kurzfristige Lösungen darstellten. Technologische Entwicklungen haben es letztendlich zusammen mit anerkannten Sicherheitsstandards ermöglicht, dass immer mehr wirklich langfristige Kältemittellösungen mit einem Ozonabbaupotenzial von null und niedrigem Treibhauspotenzial eingesetzt werden können.

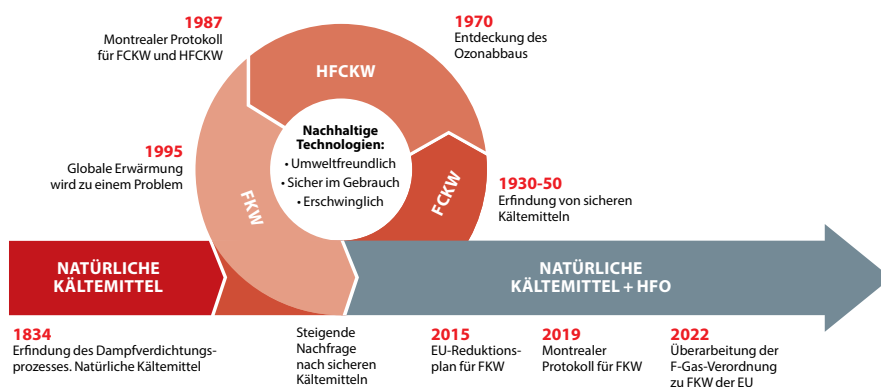


Abbildung 1: Die historische Entwicklung von Kältemitteln

Lösungen für heute und morgen

Intelligente Lösungen, die natürliche Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial nutzen und eine hohe Energieeffizienz bieten, ebnen den Weg für eine nachhaltige Kälte- und Klimatechnik. Danfoss fördert aktiv die Entwicklung und die Verwendung von Kältemitteln mit niedrigem Treibhauspotenzial, um so dabei zu helfen, die globale Erwärmung zu verringern und die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu sichern.

Danfoss entwickelt Produkte für natürliche und synthetische Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial, um der Kundennachfrage nach praxistauglichen, sicheren und energieeffizienten Lösungen gerecht zu werden. Unser umfassendes Produktangebot weist bereits zahlreiche Regelkomponenten für CO₂, Ammoniak und Kohlenwasserstoffe auf. Das Produktangebot von Danfoss wird stetig weiterentwickelt, damit hochmoderne Komponenten mit hoher Energieeffizienz – von Verdichtern bis Wärmetauschern – erhältlich sind.

Um nachhaltige Lösungen zu erzielen, müssen die Faktoren „Erschwinglichkeit“, „Sicherheit“ und „Umweltfreundlichkeit“ gleichermaßen berücksichtigt werden. Auf Grundlage unserer langjährigen, nachhaltigen Denkweise und unserer engagiert betriebenen Pionierarbeit verfolgen wir stets das Ziel, neue nachhaltige Technologien zu entwickeln.

Scannen Sie den QR-Code, um direkt auf Informationen über die **Danfoss-Produkte für Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial** zugreifen zu können.



kaeltemittel.danfoss.de

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthaltenen Angaben und technischen Daten sind vom Käufer vor Übernahme und Anwendung zu prüfen. Der Käufer kann aus diesen Unterlagen und zusätzlichen Diensten keinerlei Ansprüche gegenüber Danfoss oder Danfoss Mitarbeitern ableiten, es sei denn, dass diese vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung im Rahmen des Angemessenen und Zumutbaren Änderungen an ihren Produkten – auch an bereits in Auftrag genommenen – vorzunehmen. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum der jeweiligen Firmen. Danfoss und das Danfoss Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.