

Umweltbewusstsein

Kältemittelsituation heute und in Zukunft Danfoss unterstützt Sie in der Wahl des richtigen Kältemittels

Ein Strategiepapier zu den weltweiten Trends in der Kälte- und Klimatechnik mit besonderem Fokus auf Nachhaltigkeit.

Klima

und Umweltbewusstsein

Danfoss zeigt Ihnen in diesem Strategiepapier Wege und Lösungen auf, wie Sie mit dem Einsatz nachhaltiger Technologie Energieeinsparungen erreichen und sich ein umweltfreundliches Image aufbauen können.

Energie

Energie(effizienz) und Kältemittelwahl

Die Kältemittelwahl beeinflusst die Energieeffizienz eines Kältesystems. Lesen Sie mehr darüber, wie die heutigen und zukünftigen strikten Vorgaben Ihrer Kunden und der Behörden eingehalten werden können.

Zusammenfassung	4
Grundsaterklärung	5
Hintergrund	
Kältemittel und ihre Eigenschaften.....	6
Auswirkung von Kältemitteln auf die Umwelt.....	6
Emissionen von Kälteanlagen tragen erheblich zur globalen Erwärmung bei.....	7
Der energetische Wirkungsgrad ist ein weiterer wichtiger Parameter bei der Kältemittelauswahl.....	7
LCCP	7
Keine universelle Lösung	7
Industrieinitiativen weisen neue Wege.....	8
Trends.....	8
Haushaltskälte	8
Kleine gewerbliche Kälteanlagen	8
Gewerbliche Kälteanlagen	8
Industriekälte.....	8
Klimaanlagen.....	9
Wärmepumpen	9
Globale Trends in der Kälte- und Klimatechnik.....	9
Kältemittel	
Übersicht.....	10
HFKW-Kältemittel (Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe)	10
Kohlenwasserstoffe	13
CO ₂ (Kohlendioxid).....	14
NH ₃ (Ammoniak).....	16
Technologien	17
A. Füllungsbegrenzung und Leckagerereduzierung.....	17
B. Verbesserung des Wirkungsgrads und Erfüllung spezieller Regelanforderungen	18
C. Hochdruck-Kältesysteme.....	18
Fallbeispiele	
A. Energieeinsparungen in Supermärkten mit einem transkritischen CO ₂ -Boostersystem der 2. Generation	19
B. Kohlenwasserstoff: SolarChill.....	19
C. Ammoniak: NH ₃ /CO ₂ -gekühlte Kühlhalle in Kanada.....	19
Anhang 1. Kältemittleigenschaften	20
Anhang 2. Montrealer Protokoll.....	21
Anhang 3. Belastung durch direkte Emissionen abhängig von der Leckagerate.....	23

Zusammenfassung

Die Kälte- und Klimatechnikindustrie hat in den vergangenen beiden Jahrzehnten erhebliche Fortschritte bei der Reduzierung ozonabbauender Kältemittel erzielt. Die ursprünglichen Ziele zur Reduzierung der Emission ozonabbauender Substanzen, die 1987 im Montreal-Protokoll festgelegt wurden, werden erfüllt und sogar übertroffen. Als weitere Folge dieser Initiativen bestand in den 1990er Jahren und Anfang dieses Jahrhunderts allgemeine Unsicherheit in Bezug auf zukünftige Kältemitteloptionen. Nun wurde ein Pfad eingeschlagen, der ergänzend auf der globalen Agenda zu Klimawandel und globaler Erwärmung beruht.

Auf globaler Ebene setzt die Industrie mehr und mehr auf natürliche Kältemittel, wenn dies aus technologischer Sicht machbar ist. Synthetische Kältemittel werden in der Kälte- und Klimatechnikindustrie voraussichtlich auch weiterhin eine wichtige Rolle spielen, dies jedoch in Systemen mit minimierter Füllmenge unter Verwendung neuer Substanzen mit niedrigem Treibhauspotential. Parameter wie Wirkungsgrad, Sicherheit, Umweltbelastung, relativ kurze atmosphärische Lebensdauer, chemische Eigenschaften und Wirtschaftlichkeit sind wichtige Faktoren bei der Auswahl zukünftiger Kältemitteloptionen.

Dieses Dokument bietet einen Überblick über die wichtigsten globalen Trends im Kältemittelbereich (einschließlich Umweltaspekte, Entwicklungen und Tendenzen) sowie die gesetzlichen Anreize, die für die Zukunft bedeutend sind. Es werden außerdem einige der Ziele von Danfoss vorgestellt und Danfoss-Produkte beschrieben, die diese Ziele unterstützen.



Grundsatzklärung

Danfoss unterstützt die weitere Entwicklung und Verwendung von Kältemitteln mit niedrigem Treibhauspotenzial, um den Prozess der globalen Erwärmung zu verlangsamen und schließlich umzukehren, und um weltweit die Gesundheit der Menschen, eine positive wirtschaftliche Entwicklung und das Fortbestehen unserer Industrie auch in Zukunft sicherzustellen. Wir ermöglichen es unseren Kunden, diese Kältemittelziele umzusetzen, und verbessern fortlaufend den energetischen Wirkungsgrad von Anlagen/ Systemen der Kälte- und Klimatechnik.

Danfoss entwickelt proaktiv Produkte für Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial, sowohl auf natürlicher als auch auf synthetischer Basis, um die Kundenanforderungen nach praktischen und sicheren Lösungen ohne Beeinträchtigung des energetischen Wirkungsgrads zu erfüllen. Danfoss ist in der Entwicklung von Lösungen für natürliche Kältemittel ein führendes und anerkanntes Unternehmen. Im Hinblick auf Kohlenwasserstoffe, Ammoniak und Kohlendioxid konzentrieren wir uns auf die Beseitigung der bestehenden Anwendungsschwierigkeiten bezüglich Entflammbarkeit, Toxizität, Korrosion und extremen Drücken mit dem gleichzeitigen Ziel, kostengünstige Systeme mit einem hohen energetischen Wirkungsgrad anzubieten. Danfoss entwickelt und fördert daneben Produkte für synthetische Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial, insbesondere für Anwendungen, bei denen natürliche Kältemittellösungen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht umsetzbar oder wirtschaftlich tragbar sind.

Weiterhin unterstützt Danfoss die Festsetzung einer globalen Vereinbarung (wie des Montreal-Protokolls) mit der Vorgabe, die Emissionen von Kältemitteln mit hohem Treibhauspotenzial zu reduzieren. Da durch den Einsatz von HFKW-Kältemitteln sichere, energieeffiziente Produkte mit positiven Auswirkungen auf die Gesellschaft ermöglicht werden, sollten diese Kältemittel gesondert von unerwünschten Abfallnebenprodukten etwa von Kraftwerken, Fabriken oder Fahrzeugen eingestuft und durch ein globales und kompetentes Regelungssystem und eine entsprechende Infrastruktur überwacht werden. Es muss ein praktikabler Übergangs- und Ausstiegsplan etabliert werden, um den Produktwechsel zu erleichtern, um eine gefährliche Zerrüttung des Marktes oder Preisschwankungen während des Übergangszeitraums zu vermeiden und um die langfristige Herstellung sehr kleiner Mengen an HFKW-Kältemitteln für besondere Anforderungen zu sichern.



Hintergrund

Kältemittel und ihre Eigenschaften

Alle Stoffe, die in einem thermodynamischen Kreisprozess mit Phasenwechsel von gasförmig zu flüssig und umgekehrt verwendet werden können, kommen als Kältemittel in Betracht. Einige dieser Kältemittel wie Ammoniak, Kohlenwasserstoffe und Kohlendioxid sind natürliche Substanzen, andere dagegen können nur künstlich hergestellt werden. Typische synthetische Kältemittel sind FCKW, HFCKW und HFKW.

Synthetische Kältemittel wurden eingeführt, weil sie für Kältemittelkreisläufe mehrere vorteilhafte Eigenschaften mit sich bringen, wie einen guten thermodynamischen Wirkungsgrad und einen relativ niedrigen Druck. Leider haben die meisten dieser synthetischen Kältemittel auch negative Auswirkungen.

Auswirkung von Kältemitteln auf die Umwelt

Die meisten Kältemittel wirken sich auf die Atmosphäre aus, wenn sie freigesetzt werden. Diese Auswirkungen reichen von leicht (z. B. CO₂) bis sehr stark (FCKW). Die Umwelt wird dabei hauptsächlich durch den Ozonabbau und den Treibhauseffekt belastet.

Mit der Umsetzung des Montreal-Protokolls wurden HFKW-Kältemittel als Ersatz für ozonabbauende Kältemittel eingeführt. HFKW-Kältemittel ersetzen dabei HFCKW-Kältemittel, die als Zwischenlösung nach dem stufenweisen Verzicht auf FCKW-Kältemittel verwendet wurden. Verwendung und die Emissionen von HFKW-Kältemitteln werden deshalb im Laufe der nächsten Jahrzehnte stark ansteigen.

Die HFKW-Kältemittel lösen zwar das Problem des Ozonabbaus, sie sind jedoch Treibhausgase mit einem hohen Treibhauspotenzial (siehe Abbildung 1). Das Treibhauspotenzial üblicher HFKW-Kältemittel reicht von 1300 bis fast 4000.

Damit entspricht die Freisetzung von 1 kg R404A in die Atmosphäre einer CO₂-Emission von 3,8 Tonnen. HFKW stehen deshalb im Blickpunkt von Umweltvertretern und Regierungsbehörden und natürlich der Kälte- und Klimatechnikindustrie. HFKW-Kältemittel wurden als „starke Treibhausgase“ eingestuft und unterliegen verstärkt der gesetzlichen Regulierung.

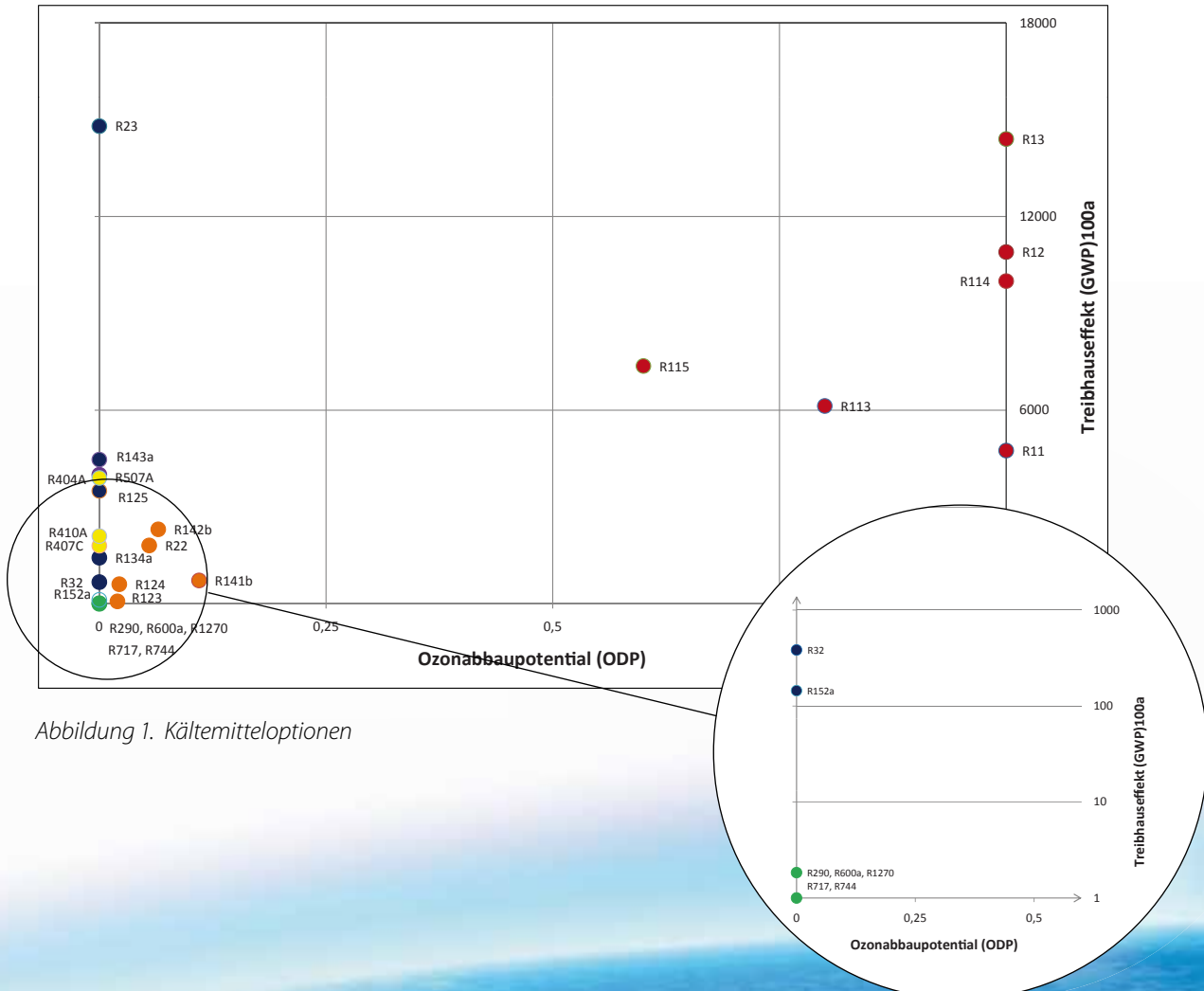


Abbildung 1. Kältemitteloptionen

Emissionen von Kälteanlagen tragen erheblich zur globalen Erwärmung bei.

Der energetische Wirkungsgrad ist ein weiterer wichtiger Parameter bei der Kältemittelauswahl.

Emissionen erfolgen während des gesamten Lebenszyklus von Kältemitteln: Herstellung, Verwendung und Recycling oder Entsorgung. Insgesamt belaufen sich die alleine von Kälteanlagen frei gesetzten fluorierten Kältemittel auf einen geschätzten Wert entsprechend von mehr als 1 Milliarde Tonnen CO_2 – hierzu kommen die Emissionen mobiler und stationärer Klimaanlage. Der gesamte Beitrag durch Emission fluorierter Gase zur globalen Erwärmung sind mit denen der Luftfahrt- oder Computerindustrie vergleichbar. Auch wenn die absoluten Zahlen und die von verschiedenen Quellen vorgenommenen Einschätzungen strittig sind, ist das Ausmaß des Problems nicht zu unterschätzen.

Kälte- und Klimaanlage tragen auf zwei Wegen zur globalen Erwärmung bei: direkt durch die Emission von Kältemitteln und indirekt durch den Energieverbrauch. Die Summe dieser beiden Faktoren wird als TEWI (Total Equivalent Warming Impact) bezeichnet – siehe Abbildung 2. Entsprechend seiner Definition hängt der TEWI von verschiedenen Faktoren ab: direkte Freisetzung/Leckage, einschließlich der Herstellung, jährliche Freisetzung/Leckage und Rückgewinnungsverluste und indirekte Faktoren, einschließlich der Anlageneffizienz und der Kohlendioxidemissionen bei der Stromerzeugung. Wenn beispielsweise Strom durch Wind- oder Wasserkraft erzeugt wird, sind direkte Austritte wichtiger als bei der Stromerzeugung durch Verbrennung von Kohle.

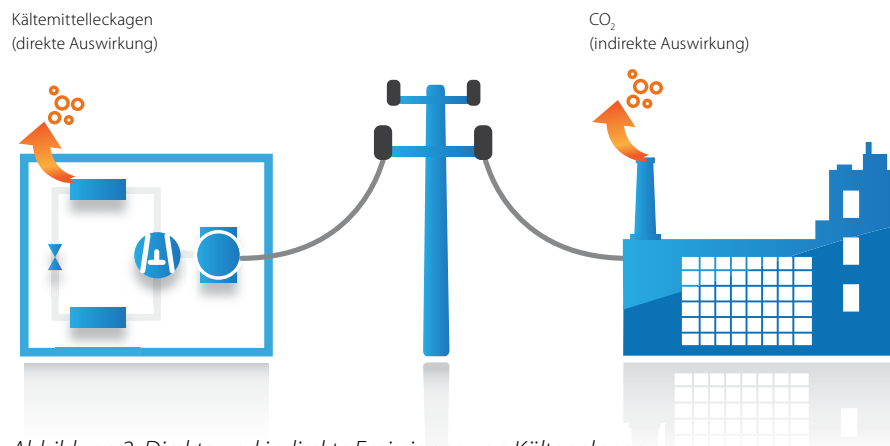


Abbildung 2. Direkte und indirekte Emissionen von Kälteanlagen

TEWI = direkte Emissionen (Leckagen und Rückgewinnungsverlust, CO_2 -Äquivalent) plus indirekte Emissionen (CO_2 aus Kraftwerken)

LCCP

Wegen des stärkeren Bewusstseins für die Problematik des Treibhauseffekts ist die Industrie zunehmend darum bemüht, noch umfangreichere Maßnahmen zu ergreifen, um die Umweltauswirkungen einer Anlage immer besser zu verstehen. Der auf ein örtliches Klima bezogene Lebenszyklusausstoß an CO_2 – Äquivalenten (LCCP = Life-Cycle Climate Performance) ist ein Maß für die Gesamtklimabelastung einer Anlage. Der Unterschied zwischen der LCCP und dem TEWI besteht darin, dass die LCCP auch Folgendes berücksichtigt: Den Energieverbrauch für die Herstellung der Materialien einschließlich des Kältemittels, den Energieverbrauch für den Transport sowie den Energieverbrauch für das Recycling bzw. die Entsorgung nach Außerbetriebnahme der Anlage.

Das erste international anerkannte Tool zur Simulation der LCCP ist die Anwendung GREEN-MAC_LCCP® für mobile Klimaanlage (verfügbar auf der Website der US-Umweltschutzbehörde EPA: www.epa.gov/cppd/mac). Zurzeit wird fieberhaft an der Entwicklung eines LCCP-Modells für Klima- und Kälteanlagen gearbeitet.

Keine universelle Lösung

Als Fazit lässt sich festhalten, dass es unter den Kältemitteln keine Universallösung gibt. Jedes Kältemittel muss für die spezifischen Anwendungen und geografischen Einsatzbereiche ausgewählt werden, um das Ziel eines niedrigstmöglichen TEWI zu erreichen. Danfoss zielt darauf ab, Komponenten und Lösungen bereitzustellen, mit denen umweltfreundliche Systeme mit minimalem TEWI hergestellt werden können.

Industrieinitiativen weisen neue Wege

Die Kältetechnik (oder Kältetechnik Industrie) hat bereits eine Reihe von Initiativen zur Reduzierung der Leckageraten und zur Minimierung der Füllmengen durchgeführt. Unterstützt von Danfoss hat die Industrie auch damit begonnen, verstärkt natürliche Kältemittel mit sehr niedrigem Treibhauspotenzial zu verwenden. Danfoss stellt Komponenten für die Verwendung mit Kohlenwasserstoffen (HC), Kohlendioxid (CO₂) und Ammoniak (NH₃) her. Kältemittelhersteller arbeiten ebenfalls an der Entwicklung synthetischer Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial. Auch wenn keine dieser Substanzen als universeller Ersatz für HFKW-Kältemittel gilt, hat die Industrie große Fortschritte beim Wechsel auf Alternativen mit niedrigem Treibhauspotenzial gemacht.

Trends

Das Verhältnis zwischen direkten und indirekten Emissionen variiert je nach Anwendung. Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, kann die direkte Auswirkung der Kältemittelmmissionen von geringfügig (etwa bei Wasserkühlsätzen) bis stark (mobile Anwendungen) variieren.

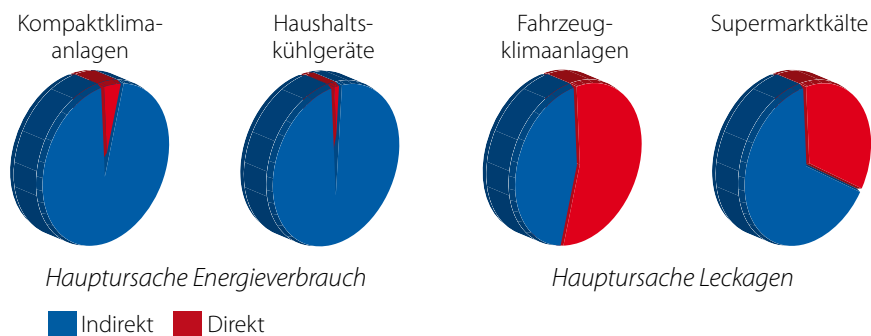


Abbildung 3. Direkte und indirekte Emissionen in verschiedenen Anwendungen

Hierauf basieren weitgehend die Gründe für einen Kältemittelwechsel in verschiedenen Anwendungen.

Haushaltskälte

Heutzutage sind etwa 63 % der neu hergestellten Haushaltskühlgeräte mit R134a und etwa 36 % mit Isobutan (R600a) gefüllt. Nach Prognosen werden in 10 Jahren mindestens 75 % der weltweit hergestellten Haushalts-Kühlgeräte Kohlenwasserstoffe verwenden. Die Isobutanfüllmenge ist niedriger als die R134a-Füllung, und außerdem ist der Wirkungsgrad von Isobutan höher oder vergleichbar dem von in Geräten mit R134a Kühlschränken. Isobutan ist in Europa bereits das wichtigste Kältemittel für Haushaltsgeräte. Der Umstieg von R134a auf R600a bei neuen Kühlschränken ist in Japan abgeschlossen und wurde in Ländern wie den USA oder China und in lateinamerikanischen Ländern begonnen.

Kleine gewerbliche Kälteanlagen

Bei kleineren Kälteanlagen für den gewerblichen Einsatz (z.B. Flaschenkühlern und Tiefkühltruhen für Speiseeis) kommen derzeit verschiedene HFKW-Kältemittel zum Einsatz. Kohlenwasserstoffe gewinnen in Europa und einigen anderen Teilen der Welt jedoch schnell an Bedeutung.

Gewerbliche Kälteanlagen

Die gewerbliche Kältetechnik ist der Teilbereich der Kältetechnik mit den höchsten treibhausrelevanten Emissionen. Den größten Anteil haben dabei Supermarktanlagen, bei denen in der Regel ein HFKW-Kältemittel mit einem hohen Treibhauspotenzial (R404A) zum Einsatz kommt.

Mögliche Alternativen zu HFKW-Kältemitteln sind Kohlenwasserstoffe und CO₂. Als dritte Option kommt eine Füllmengenbegrenzung durch Sekundärkühlung in Betracht. CO₂ (transkritisch und unterkritisch) hat sich im nordeuropäischen Supermarktsektor als die Standardlösung etabliert und findet auch in weiteren Ländern zunehmend Anwendung. In den USA werden Lösungen mit Sekundärkühlung bevorzugt, und in anderen Teilen der Welt werden gerade verschiedene Technologien untersucht.

Industriekälte

Bei der Industriekälte wird als Kältemittel überwiegend Ammoniak eingesetzt. In einigen Ländern sind auch R22 und R507 gängig. Ammoniak wird in der Industriekälte traditionell als Kältemittel verwendet, weshalb dessen Marktanteil – in einigen Fällen in Kombination mit CO₂-Kaskadensystemen oder mit Sekundärkühlung – voraussichtlich steigen wird. Die größte Einschränkung für Ammoniak ergibt sich aus den Sicherheitsrisiken im Zusammenhang mit dem Füllvolumen. Eine mögliche Lösung für dieses Problem stellen Sekundärkühlungssysteme mit CO₂ dar, weil diese über einen sehr hohen Wirkungsgrad verfügen.

Klimaanlagen

Zu den vorhandenen Technologien im Bereich der Klimaanlagen gibt es derzeit nur wenige Alternativen. Diverse Optionen – z. B. Sekundäranlagen und Propananlagen mit geringer Füllmenge – werden derzeit eingehend untersucht. Darüber hinaus werden auch Systeme mit R32 bzw. mit neuen synthetischen Kältemitteln betrachtet, die eine geringe Entflammbarkeit und ein niedriges GWP aufweisen. Einige vorwiegend ostasiatische Hersteller bieten bereits Anlagen an, in denen Propan als Kältemittel zum Einsatz kommt. Es ist davon auszugehen, dass in Zukunft sowohl synthetische Kältemittel mit geringem GWP als auch natürliche Kältemittel (Kohlenwasserstoffe) zum Tragen kommen werden.

Wärmepumpen

In Wärmepumpen werden heutzutage hauptsächlich HFCKW- und HFKW-Kältemittel verwendet. Dennoch können natürliche Kältemittel in dieser Anwendung erfolgreich verwendet werden. Propan ist eine gute Alternative für herkömmliche Wärmepumpen für die Raumheizung, weil es im erforderlichen Temperaturbereich einen hohen Wirkungsgrad aufweist. Propan eignet sich besonders für Luft-Wasser-Anwendungen. Die Gesetzgebung in Europa unterstützt bereits solche Anwendungen und erlaubt Füllmengen von bis zu knapp 5 kg. CO₂ ist eine weitere interessante Option für Wärmepumpen, bei der die Raumheizung mit der Erzeugung von Brauchwasser hoher Temperatur kombiniert werden kann. Ein weiterer Einsatzbereich sind Fernwärmeeanwendungen, bei denen Wasser hoher Temperatur benötigt wird. Japan ist bei dieser Art von Anwendungen mit einer Reihe von EcoCute-Wärmepumpen führend. Die ersten Wärmepumpen dieser Art sind mittlerweile auch in Europa in Betrieb.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenfassung der aktuellen Trends. Die Anwendungen sind in zwei Hauptgruppen (Kältetechnik und Klimatisierung oder Wärmepumpen) unterteilt, und die Anwendungen der Kältetechnik sind weiter nach Leistung aufgeschlüsselt. Die Trends werden für jedes Kältemittel auch nach verschiedenen Regionen angezeigt, weil sich die Auswahlkriterien von Region zu Region unterscheiden. Die folgende Zusammenfassung vermittelt nur ein Gesamtbild. Ausnahmen bestehen für jede Anwendung und jede Region.

Globale Trends in der Kälte- und Klimatechnik (Stand September 2011)

	Anwendung	Haushaltskühlgeräte	Kleinkälte	Gewerblich	Industriell	Klimatisierung	Wärmepumpen
	Watt	50-300	150-1500	> 5000	> 100 000	Alle	Alle
Kältemittel	Region						
CO₂ Kohlendioxid	Nordamerika						
	Europa						
	China						
	Restliche Welt						
NH₃ Ammoniak	Nordamerika						
	Europa						
	China						
	Restliche Welt						
KW Kohlenwasserstoffe	Nordamerika						
	Europa						
	China						
	Restliche Welt						
HFKW Hydrogen-Fluorkohlenwasserstoffe	Nordamerika						
	Europa						
	China						
	Restliche Welt						

	Zunehmende Verwendung oder Hauptkältemittel
	Eingeschränkte oder erwogene Verwendung
	Abnehmende Verwendung
	Nicht anwendbar oder unklare Situation

Kältemittel

Übersicht

Die Kältemittlemissionen werden von der Industrie zwar ernst genommen, können jedoch nicht vollständig vermieden werden. Wie zuvor beschrieben, sind deshalb neue Kältemittel erforderlich, die die Umwelt nicht oder nur gering belasten.

Um die Folgen eines Kältemittelwechsels zu verstehen, müssen Anlagenkonstruktion und Verwendungsrisiken berücksichtigt werden. Auch wenn alternative Kältemittel im Hinblick auf die Thermodynamik geeignet sind, können sie in vorhandenen Anlagen nicht immer verwendet werden.

Bei der Auswahl eines zukünftigen Kältemittels sind folgende Aspekte zu berücksichtigen (in beliebiger Reihenfolge):

- Wirkungsgrad (theoretisch, volumetrisch, Potential zur Optimierung des Arbeitsprozesses)
- Sicherheit (einschließlich Toxizität, Entflammbarkeit und Höchstdruck)
- Umweltbelastung: Kältemittel sollten ein Ozonabbaupotenzial von Null und ein niedriges Treibhauspotenzial sowie eine relativ kurze atmosphärische Lebensdauer haben
- Thermophysische Eigenschaften:
 - Kritischer Punkt und Tripelpunkt
 - Niedriges Druckniveau
 - Druckverhältnis des Kältemittels im Anwendungs- und Klimaszenario
- Chemische Eigenschaften wie Materialverträglichkeit, Mischbarkeit mit Öl, chemische Stabilität und Mischbarkeit mit Wasser
- Wirtschaftlichkeit (einschließlich Anfangskosten der Anlage und Lebenszykluskosten)
- Verfügbarkeit des Kältemittels

Im Folgenden werden vier Kältemittelhauptgruppen untersucht, wobei vor allem auf die oben angegebenen Faktoren eingegangen wird. Die Hauptgruppen sind HFKW-Kältemittel, Kohlenwasserstoffe, CO_2 und NH_3 . FCKW-/HFCKW-Kältemittel sind nicht in der Übersicht enthalten, weil der Verzicht auf deren Verwendung bereits ganz oder teilweise vollzogen wurde. Auf neue Kältemittel mit niedrigem Treibhauspotenzial wie HFO 1234yf wird ebenfalls nicht eingegangen, weil sie noch nicht hergestellt und vertrieben werden. Dieses Dokument wird mit neuen Kältemitteln aktualisiert, sobald diese in Anwendungen der Kälte- und Klimatechnik zum Einsatz kommen.

HFKW-Kältemittel (Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe)

Allgemeine Eigenschaften

HFKW-Kältemittel (Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe) sind synthetische Kältemittel und umfassen eine Vielzahl von Fluiden und Gemischen. Das wichtigste Reinstoff-Kältemittel ist R134a, und die wichtigsten HFKW-Gemische sind R404A (R125/R143a/R134a), R507 (R125/R143a), R407C (R32/R125/R134a) und R410A (R32/R125). HFKW-Gemische können für alle Arten von Anwendungen entwickelt werden.

Wirkungsgrad

Der Carnot-Gütegrad des theoretischen Prozesses von HFKW-Kältemitteln unterscheidet sich wesentlich je nach dem verwendeten Kältemittel und dem Anwendungsbereich. HFKW-Kältemittel verfügen in ihrem Anwendungsbereich generell über einen guten Wirkungsgrad.

Sicherheit

Die hier angegebenen HFKW-Kältemittel sind alle als nicht toxisch und nicht entflammbar klassifiziert. Einige HFKW-Gemische enthalten eine schwach entflammbare Komponente wie R143a oder R32. Das Gemisch ist zwar nicht entflammbar, jedoch sollte der Eintritt von Luft in die Anlage immer vermieden werden.

In Europa gilt für HFKW-Kältemittel die F-Gas-Verordnung. Der Kontakt von HFKW-Kältemitteln mit Feuer oder heißen Oberflächen (mehr als 250 °C) kann zur Zersetzung und zur Freisetzung toxischer Gase führen, die aus Fluorwasserstoff (HF) und Carbonylhalogeniden (Phosgen) bestehen. Gasförmige HFKW-Kältemittel sind schwerer als Luft und verdrängen Luft in der Lunge. Bei relativ niedrigen Konzentrationen können sie Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit und Koordinationsverlust verursachen. Eine starke Inhalation des Gases (niedrige Sauerstoffkonzentration von 12 bis 14 %) führt zur Erstickung.

Umweltbelastung

Da die meisten HFKW ziemlich hohe GWP-Werte aufweisen (in der Regel zwischen 1.420 und 4.000) sind sie längst ins Visier der Gesetzgeber und Umweltschutzbehörden geraten. Im jüngsten TEAP-Vorschlag wird ein GWP zwischen 300 und 1.000 als „moderat“, zwischen 1.000 und 3.000 als „hoch“ und zwischen 3.000 und 10.000 als „sehr hoch“ eingestuft. Traditionelle HFKW-Kältemittel werden auch weiterhin verwendet werden, allerdings in weniger Anwendungen, mit verschärftem Augenmerk auf Lecks und in Anlagen mit geringeren Kältemittelfüllmengen.

Zudem gerät eine neue Gruppe von bisher kaum verwendeten brennbaren HFKW mit geringem GWP zunehmend in den Fokus. Diese Gruppe besteht derzeit aus den Kältemitteln R32, R1234yf und R1234ze sowie aus deren Gemischen – und zwar untereinander und mit nicht brennbaren HFKW. Die HFKW mit geringem GWP werden wahrscheinlich künftig eine signifikante Rolle spielen. Allerdings sind sie brennbar und müssen mit der entsprechenden Vorsicht gehandhabt werden.

Druck und Temperatur

Im Folgenden werden die spezifischen Eigenschaften gängiger Kältemittel beschrieben.

R134a

R134a kommt in Kälteanlagen mittlerer Temperaturen, Wasserkühlsätzen und Fahrzeugklimaanlagen zum Einsatz. Der Anwendungsbereich liegt etwa bei +20 bis -20°C. R134a wurde als am besten geeigneter Ersatz für R12 eingeführt.

Die HFKW-Mischungen sind als Ersatz für R22 und R502 vorgesehen, weil kein reines synthetisches Kältemittel vergleichbare Eigenschaften aufweist. R502 ist ein azeotropes Gemisch, dessen Eigenschaften denen eines Reinstoffes ähnlich sind. Der Ersatz erfolgt hauptsächlich durch zeotrope HFKW-Gemische.

R404A und R507

Dies sind HFKW-Gemische, die als Ersatz für R22 vor allem in Kälteanlagen zur Erzeugung mittlerer und niedriger Temperaturen vorgesehen sind. Der Anwendungsbereich liegt bei etwa -5 bis -45°C. R404A ist ein ternäres zeotropes Gemisch, und R507 ist ein binäres azeotropes Gemisch.

R407C

Dies ist ein ternäres zeotropes Gemisch, das für den Ersatz von R22 vor allem in Klimaanlage- und Wärmepumpengeräten vorgesehen ist. Der Anwendungsbereich liegt bei etwa +10 bis -15°C. Wegen der engen Übereinstimmung des Drucks und der Kälteleistung mit denen von R22 findet es vielfach Anwendung.

R410A

Dies ist ein binäres HFKW-Gemisch, das derzeit hauptsächlich als Ersatz für R22 in neuen Klimaanlage- und Wärmepumpensystemen verwendet wird. Der Anwendungsbereich liegt etwa bei +10 bis -45°C. Weiterhin wird R410A erfolgreich in industriellen Anwendungen für Temperaturen von bis zu -60°C eingesetzt.

Dieses Kältemittel bietet eine hohe Kälteleistung, die allerdings einen hohen Systemdruck mit sich bringt. Die Kälteanlage und die zugehörigen Komponenten müssen deshalb auf einen höheren Druck ausgelegt sein. Für Umrüstungen ist R410A damit nicht geeignet. Die Verwendung von R410A für die Klimatisierung nimmt schnell zu. R410A wird jetzt auch für Anwendungen der Kältetechnik in Erwägung gezogen.

R32

R32 erweist sich mit seinem moderaten GWP immer mehr als Alternative zu R410A. Es ist nicht so teuer wie R410A und es gibt reichlich Produktionskapazitäten. R32 ist ein brennbares Kältemittel und muss mit gebührender Vorsicht gehandhabt werden.

R1234yf und R1234ze

Hierbei handelt es sich um zwei ungesättigte HFKW, die auch als HFOs bezeichnet werden. Die Automobilindustrie in Europa hat sich entschieden, das Kältemittel R134a in den Autoklimaanlagen durch R1234yf zu ersetzen. Beide Stoffe besitzen das Potenzial, als wichtige Bestandteile künftiger HFKW-Gemische zum Tragen zu kommen.

Chemische Eigenschaften

HFKW-Kältemittel sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Molekularstrukturen wesentlich polarer als FCKW- und HFCKW-Kältemittel. Sie sind deshalb nicht mit nicht-polaren Ölen wie Mineralölen und Alkylbenzol mischbar. In Anwendungen, bei denen ein HFKW-Kältemittel und ein geeignetes Kältemaschinenöl verwendet werden, sollten Kompatibilitätsprobleme sehr ernst genommen werden. Hierzu zählen die Polarität des HFKW-Kältemittels und des Kältemaschinenöls, deren Fähigkeit, Materialeigenschaften zu beeinflussen, und die mangelnde Fähigkeit, Verunreinigungen in Lösung zu halten.

Kältemaschinenöle

- HFKW-Kältemittel sind mit folgenden Ölen mischbar:
 - POE (Polyolester)
 - PAG (Polyalkylenglykol)
 - PVE (Polyvinylether)

POE ist das am häufigsten verwendete Kältemaschinenöl für HFKW-Kältemittel, und PAG wird hauptsächlich in mobilen Klimaanlage verwendet. PVE stellt zunehmend eine interessante Lösung für Scrollverdichteranwendungen dar.

- Wenn Zusatzstoffe benötigt werden, kommen in der Regel bekannte Typen wie für andere Industriezweige entwickelte Antioxidantien und Verschleisschutzmittel zum Einsatz. Viele dieser Zusatzstoffe wirken am besten in Kombination mit nicht oder niedrig polaren Basisölen wie Mineralölen, Alkylbenzol und PVE. Einige Zusatzstoffe sind auch für POE geeignet.

Werkstoffe

Wenn die Anlagen ordnungsgemäß betrieben werden und ein niedriger Feuchtigkeitsgehalt gesichert wird, kann die Bildung organischer Säuren verhindert werden. Die meisten Metallwerkstoffe können deshalb problemlos verwendet werden. Kunststoffe, Elastomere und zur Produktion notwendige Fluide sollten sorgfältig ausgewählt werden. Kompatibilitätsprobleme werden am häufigsten im Zusammenhang mit Korrosionsschutzölen, Tiefziehschmiermitteln, Trennmitteln und von Elastomeren oder Kunststoffen freigesetzten Komponenten beobachtet.

Wirtschaftliche Aspekte

Der Preis für HFKW-Kältemittel ist derzeit in den meisten Ländern niedrig, weil deren Umweltbelastung (Treibhauspotenzial) nicht berücksichtigt wird. Verschiedene Länder haben bereits abhängig vom jeweiligen Treibhauspotenzial eine Steuer auf HFKW-Kältemittel erhoben oder erwägen die Erhebung einer solchen Steuer.

Bei HFKW-Kältemitteln entstehen aufgrund des relativ niedrigen Drucks und dem Fehlen von Entflammbarkeitsrisiken in den meisten Anwendungen die niedrigsten Investitionskosten

Anwendungen

HFKW-Kältemittel kommen derzeit in allen Anwendungen der Kälte- und Klimatechnik zum Einsatz.

Wegen des verstärkten Fokus auf Undichtigkeiten (besonders in großen verteilten Systemen) nehmen indirekte Systeme mit HFKW-Kältemitteln besonders in Europa und in den USA eine zunehmend wichtige Rolle ein. HFKW-Kühler werden typischerweise in folgenden Bereichen verwendet:

- Lebensmittel-/Einzelhandelssektor
- Industrielle Kälteanlagen (Anwendungen mit mittleren und hohen Temperaturen)
- Klimatisierung

In bestimmten Anwendungen wie Supermarktkälteanlagen können sekundäre Systeme mit HFKW-Kältemitteln die direkte Umweltbelastung erheblich reduzieren. Der Nachteil sekundärer Systeme besteht in einem niedrigeren Wirkungsgrad wegen des geringeren Saugdrucks und der erforderlichen Pumpenleistung.

Kohlenwasserstoffe

Allgemeine Eigenschaften

Die folgenden Arten von Kohlenwasserstoffen werden häufig als Kältemittel eingesetzt:

R290 Propan
R600a Isobutan
R1270 Propylen

Andere Kohlenwasserstoffe wie Gemische mit Ethan, Propan oder Butan werden ebenfalls als Kältemittel verwendet.

Propan war schon seit Ende der 1980er Jahre als Ersatz für FCKW- und HFCKW-Kältemittel im Gespräch. Es ist seit langem in der Kältetechnik vertreten und damit ein interessanter Kandidat. Wegen seiner Entflammbarkeit ist der Einsatz jedoch eingeschränkt. Isobutan (R600a) kam in Westeuropa seit dem Beginn des Verzichts auf FCKW in Haushaltsgeräten zum Einsatz. Etwas später folgte R290, durch das R134a, R22 oder R404A in einigen Geräten ersetzt wurde.

Wirkungsgrad

Kohlenwasserstoffe weisen hervorragende thermodynamische Eigenschaften auf, und sie eignen sich in dieser Hinsicht in den meisten Anwendungen mindestens ebenso gut wie HFKW- oder HFCKW-Kältemittel.

Sicherheit

Kohlenwasserstoffe sind leicht entflammbar und müssen vorsichtig behandelt werden. Bei verantwortungsvoller Verwendung können Kohlenwasserstoffe in verschiedenen Anwendungen der Kälte- und Klimatechnik genutzt werden.

Zur Gewährleistung der Sicherheit unterliegen Kohlenwasserstoffanwendungen verschiedenen internationalen, regionalen und nationalen Standards und Gesetzen.

Bei Kohlenwasserstoffen besteht nur dann Explosionsgefahr, wenn die Konzentration zwischen der unteren und oberen Explosionsgrenze liegt. Wenn Undichtigkeiten in Haushaltskühlgeräten (Kühl- und Gefrierschränken) mit einer Füllmenge von weniger als 150 g auftreten, steigt die Konzentration generell nicht über 20% der unteren Explosionsgrenze.

		R 600a		R 290		R 1270	
Untere Explosionsgrenze	(UEG)	1,80 %	etwa 43 g/m ³	2,10 %	etwa 38 g/m ³	2,50 %	etwa 43 g/m ³
Obere Explosionsgrenze	(OEG)	8,50 %	etwa 202 g/m ³	9,50 %	etwa 171 g/m ³	10,10 %	etwa 174 g/m ³
Zündtemperatur		460 °C		470 °C		455 °C	

Die Auswahl der Sicherheitsvorkehrungen und die Ausführung des Systems hängen von der Kältemittelmenge ab.

Die meisten Kohlenwasserstoffe sind nicht toxisch, und das Hauptrisiko besteht in ihrer Entflammbarkeit. Gasförmige Kohlenwasserstoffe sind jedoch schwerer als Luft und verdrängen Luft in der Lunge.

Nur befugte Personen, die für die Montage und Wartung von Kälteanlagen mit entflammbaren Kältemitteln zertifiziert sind, dürfen Montage- und Wartungsarbeiten durchführen.

Umweltbelastung

Kohlenwasserstoffe gehören zur Gruppe der natürlichen Kältemittel. Sie haben ein Ozonabbaupotenzial von Null und ein vernachlässigbares Treibhauspotenzial. Kohlenwasserstoffe sind in der Regel Nebenerzeugnisse der petrochemischen Industrie.

Druck und Temperatur

Die Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen wie Druck, Druckverhältnis und Druckgastemperatur sind in vielerlei Hinsicht mit denen von HFCKW- oder HFKW-Kältemitteln vergleichbar.

Chemische Eigenschaften

Die am häufigsten verwendeten Kohlenwasserstoffe (Propan und Isobutan) sind mit standardmäßigen Kühlmaterialien und Ölen kompatibel.

Eine Ausnahme bildet Propen (Propylen), das nicht mit Neopren kompatibel ist. Bei diesem Kältemittel müssen deshalb spezielle O-Ringe verwendet werden.

CO₂ (Kohlendioxid)

Wirtschaftliche Aspekte

Die relativen Kosten einer Anlage, in der Kohlenwasserstoffe verwendet werden, ist weitgehend anwendungsabhängig. In privaten und kleinen gewerblichen Anwendungen sind die Kosten vergleichbar mit denen von Anlagen, in denen HFKW-Kältemittel verwendet werden. In gewerblichen und industriellen Kühlanwendungen sind Kohlenwasserstoffanlagen wegen der Erfordernis eines explosions sicheren Gehäuses für elektrische Komponenten relativ teuer. Bei im Freien aufgestellten Kühlern sind die zusätzlichen Sicherheitskosten dagegen niedriger.

Typische Anwendungen

Typische Anwendungen für Kohlenwasserstoffe sind:

- Kühl- und Gefrierschränke für Haushalte
- Flaschenkühler
- Eiskremtruhen und gewerbliche Gefrierschränke
- Gewerbliche Kühlschränke
- Bierkühler
- Getränkeautomaten
- Entfeuchter
- Wärmepumpen
- Supermarktkälteanlagen (in Kombination mit einer sekundären Kühlung oder als Hochtemperaturstufe in einem CO₂-Kaskadensystem)

Allgemeine Eigenschaften

Kohlendioxid (CO₂, R744) ist chemisch träge und umweltverträglich, bei der Konstruktion der Kälteanlage bestehen jedoch besondere Herausforderungen. Wie in Tabelle 1 im Anhang gezeigt, hat CO₂ einige besondere Eigenschaften, die bei der Entwicklung einer CO₂-Anlage zu berücksichtigen sind.

Wirkungsgrad

Der theoretische Wirkungsgrad von CO₂ ist zwar relativ niedrig, in der Praxis bieten viele CO₂-Anlagen jedoch eine sehr gute Leistungszahl. Die Hauptgründe hierfür sind eine bessere Wärmeübertragung (geringere Temperaturunterschiede in Verdampfern und Verflüssigern), die Möglichkeit des Betriebs mit einem sehr niedrigen Hochdruck im Winter (bei transkritischen Anlagen) und eine sehr niedrige Pumpleistung bei der Verwendung von CO₂ als Kälteüberträger. In bestimmten Fällen sind komplexere CO₂-Anlagen erforderlich, um denselben Wirkungsgrad wie HFKW-Anlagen zu erreichen. Der Wirkungsgrad von Anlagen mit CO₂ hängt stärker als bei anderen Kältemitteln von der Anwendung und den klimatischen Umgebungsbedingungen ab.

Sicherheit

Die Sicherheit bei CO₂ lässt sich in zwei Aspekte unterteilen: die Sicherheit von CO₂ als Gas und die Sicherheit von CO₂-Anlagen aufgrund des hohen Drucks.

CO₂ ist als ein nicht toxischer und nicht entflammbarer Stoff eingestuft. Die atmosphärische Konzentration liegt bei etwa 0,04 % (Volumen) und die relative Dichte beträgt 1,55. CO₂ ist zwar nicht toxisch und direkt an Atmungsprozessen beteiligt, in hohen Konzentrationen kann es jedoch gefährlich sein. Ab einer atmosphärischen CO₂-Konzentration von 3 % können sich nachteilige Wirkungen beginnend mit Hyperventilation einstellen. Vorkehrungen müssen also auch bei CO₂ getroffen werden, und zumindest im Maschinen- und Kühlraum sind Gaswarngeräte zu installieren.

Der hohe Druck von CO₂ muss bei der Anlagenkonstruktion berücksichtigt werden (Stillstandssysteme, Sicherheitsventile und für hohe Arbeitsdrücke zugelassene Komponenten).

Da CO₂ erst seit kurzem wieder als Kältemittel verwendet wird, müssen Servicetechniker und am Standort beschäftigte Mitarbeiter im richtigen Umgang mit CO₂ geschult werden.

Umweltbelastung

Aus der Umweltperspektive ist CO₂ ein sehr attraktives Kältemittel. Es ist ein natürliches Material mit einem Ozonabbaupotenzial von Null und einem Treibhauspotenzial von 1. Die Substanz tritt in der Natur auf und ist in der Atmosphäre reichlich vorhanden.

Druck und Temperatur

Bei CO₂ handelt es sich um ein Hochdruckkältemittel. CO₂ besitzt einen hohen Betriebsdruck, der auf der Niederdruckseite oder in subkritischen Anlagen in der Regel zwischen 20 und 50 bar und auf der transkritischen Seite der Anlage zwischen 60 und 100 bar liegt. Der transkritische Bereich befindet sich für gewöhnlich zwischen dem Verdichter und dem Hochdruckregler. Steht die Anlage still, kann der Druck in den Bereichen, in denen flüssiges Kältemittel vorhanden ist, bei Umgebungstemperatur den Sättigungsdruck erreichen und überschreiten. Folglich werden diese Anlagen entweder mit einem kleinen Verflüssigungssatz für den Aus-Zustand ausgestattet, oder darauf ausgelegt, einem Druck von bis zu 90 bar standzuhalten. Ein Druckabfall von 1 bar im CO₂-Betriebsbereich entspricht 1 °K, d.h. die Effizienzeinbußen durch Leitungsverluste sind sehr gering.

Zugleich hat CO₂ ein niedriges Verdichtungsverhältnis (20 bis 50 % niedriger als bei HFKW-Kältemitteln und NH₃), wodurch der volumetrische Wirkungsgrad verbessert wird.

Der Tripelpunkt und der kritische Punkt von CO₂ liegen sehr nahe am Arbeitsbereich. Der kritische Punkt kann im normalen Systembetrieb erreicht werden. Der Tripelpunkt kann während der Systemwartung erreicht werden. Hierbei bildet sich Trockeneis, wenn flüssigkeitstragende Teile der Anlage atmosphärischem Druck ausgesetzt sind. Es sind besondere Verfahren erforderlich, um die Bildung von Trockeneis während der Wartungsentlüftung zu verhindern.

Bei Verdampfungstemperaturen im Bereich von -55 °C bis 0 °C beträgt die volumetrische Leistung von CO₂ bspw. das 4- bis 12-Fache der volumetrischen Leistung von NH₃. Das wiederum gestattet den Einsatz von Verdichtern mit kleinerem Hubvolumen.

Chemische Eigenschaften

Wirkung auf Materialien: R744 reagiert nicht mit unedlen Metallen oder mit Komponenten aus Teflon®, PEEK oder Neopren. Es reagiert jedoch mit Elastomeren und kann mit Butylkautschuk (IIR), Nitrilkautschuk (NBR) und Ethylen-Propylen-Materialien (EPDM) zum Quellen führen.

Die Dichte von flüssigem CO₂ ist eineinhalb Mal so groß wie die von NH₃, was bei großen Industrieanlagen zu einer höheren Füllmenge in Verdampfern (wie großen Plattenkühlern) führt. Eine höhere Dichte bedeutet auch einen höheren Ölumlauflauf, weshalb effektive Ölabscheider erforderlich sind.

Wirtschaftliche Aspekte

CO₂ entsteht als Nebenerzeugnis in verschiedenen Industriezweigen, und deshalb ist der Preis von CO₂ sehr niedrig. CO₂-Anlagen kosten wegen des höheren Drucks (bei transkritischen Anlagen) oder wegen der höheren Komplexität (bei transkritischen und subkritischen Anlagen) in der Regel mehr als herkömmliche Anlagen.

Mit zunehmender Anzahl der CO₂-Installationen nähern sich die Kosten denen der Referenzsysteme (mit HFKW-Kältemitteln) an.

Indirekte CO₂-Systeme, insbesondere bei der industriellen Kühlung, können möglicherweise kostengünstiger hergestellt werden als Glykolsysteme. Die Anfangs- und Lebenszykluskosten sind damit niedriger.

Anwendungen

Im Gegensatz zu den meisten anderen Kältemitteln wird CO₂ in der Praxis in drei verschiedenen Kältesystemen verwendet:

- Unterkritisch (Kaskadensysteme)
- Transkritisch (reine CO₂-Systeme)
- Sekundärflüssigkeit (Verwendung von CO₂ als verdampfender Kälteüberträger)

Welche Technologie zum Einsatz kommt, hängt von der Anwendung und dem geplanten Anlagenstandort ab.

Es gibt mehrere Anwendungen, in denen CO₂ interessant ist und bereits heute verwendet wird:

- Industrielle Kälteanlagen. CO₂ wird generell zusammen mit Ammoniak in Kaskadensystemen oder als flüchtige Sole verwendet.
- Lebensmittel-/Einzelhandelssektor.
- Wärmepumpen.
- Transportkälteanlagen

Allgemeine Eigenschaften

Ammoniak (NH₃) ist ein sehr bekanntes Kältemittel. Es findet besonders in großen Industrieanlagen Anwendung, wo seine Vorteile vollständig genutzt werden können, ohne die Sicherheit der mit der Kälteanlage arbeitenden Personen zu gefährden. Ammoniak hat sehr günstige thermodynamische Eigenschaften. In vielen Anwendungen übertrifft seine Leistung die synthetischer Kältemittel wie R22, das zu den effizientesten HFCKW-Kältemitteln zählt. Eine Reihe von Nachteilen verhindert jedoch seinen Einsatz in gewerblichen Kälteanlagen. Hierzu zählen Materialverträglichkeit, Toxizität und Entflammbarkeit.

Wirkungsgrad

Ammoniak ist ein sehr effizientes Kältemittel und sein theoretischer Wirkungsgrad ist etwas höher als der von R134a oder Propan. Dank der besseren Wärmeübertragungseigenschaften sind Ammoniakanlagen in der Praxis sogar noch effizienter.

Sicherheit

Aufgrund der Toxizität und Entflammbarkeit von Ammoniak gelten für Installationen mit Ammoniak nationale Vorschriften zur Gewährleistung der Sicherheit. Trotzdem wird gefordert, die Füllmenge von Installationen mit Ammoniak zu reduzieren, insbesondere bei Anlagen in Bereichen, in denen sich viele Menschen aufhalten. Dies kann unter anderem erreicht werden, indem Ammoniak als Kältemittel zusammen mit CO₂ als verdampfender Kälteüberträger (für mittlere oder hohe Temperaturen) oder in Kaskadenanwendungen (für niedrige Temperaturen) verwendet wird. Die mit der Wartung betrauten Mitarbeiter vor Ort müssen im Umgang mit Ammoniak geschult sein, um einen sicheren Anlagenbetrieb zu gewährleisten.

Umwelt

Ammoniak ist ein natürliches Kältemittel. Es hat ein Ozonabbau- und Treibhauspotenzial von Null. Auch aufgrund seines hohen Wirkungsgrads gehört es zu den umweltfreundlichsten Kältemitteln.

Druck und Temperatur

Die Arbeitsdrücke von Ammoniak sind mit denen anderer gängiger Kältemittel (HFKW-Kältemittel und Kohlenwasserstoffe) vergleichbar. Der Siedepunkt von Ammoniak ist relativ hoch (-33,3°C). Aufgrund der volumetrischen Leistung sind Ammoniakleitungen kleiner als HFKW-Leitungen, die Saugleitungen sind jedoch größer als die bei CO₂.

Chemische Eigenschaften

Ammoniak ist mit allen gängigen Materialien außer Kupfer und Messing kompatibel. Für die Anlagenkonstruktion ergeben sich daraus gewisse Einschränkungen. Zum einen können nur geschweißte Stahlleitungen verwendet werden. Zum anderen müssen entweder offene Verdichter oder Verdichter mit speziellen Motorbeschichtungen verwendet werden.

Ammoniak ist nicht mit herkömmlichen Ölen mischbar. Außerdem ist Ammoniak leichter als Öl, weshalb einfache Ölrücklaufsysteme verwendet werden können.

Wirtschaftliche Aspekte

Ammoniak ist ein sehr kostengünstiges und reichlich vorhandenes Kältemittel. Ammoniakinstallationen sind relativ teuer, weil Stahlleitungen, offene Verdichter und verschiedene Sicherheitsvorrichtungen wie Gaswarngeräte erforderlich sind.

Anwendungen

Um die günstigen Thermodynamik- und Umwelteigenschaften von Ammoniak zu nutzen, wird die Entwicklung von Ammoniakanlagen mit niedriger Füllung verstärkt vorangetrieben.

Die Entwicklungsarbeit umfasst unter anderem Folgendes:

- Entwicklung von Anlagen mit geringerer Füllmenge und zugehörigen Steuerungsalgorithmen
- Optimierung von Wärmeübertragern
- Systeme mit Trockenverdampfung
- Kaskadensysteme oder Kombination mit indirekten Systemen mit CO₂ als Sole

Aktuell wird Ammoniak vor allem in industriellen Kühlanwendungen verwendet:

- Kühllager
- Gefriertunnel
- Brauereien
- Anlagen der Lebensmittelverarbeitung (Schlachthöfe, Speiseeisfabriken usw.)
- Fabriksschiffe

Technologien

Es gibt kein ideales Kältemittel. Einige Kältemittel belasten die Umwelt, und andere bergen Sicherheitsrisiken. Weitere Anforderungen an Kältemittel sind Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz. Danfoss untersucht die Kältemitteloptionen für verschiedene Anwendungen und entwickelt Technologien, mit denen die Herausforderungen der besten Alternative gemeistert werden können. Einige der vorgeschlagenen Lösungen werden bereits vertrieben, und so können schon jetzt umweltfreundlichere Anlagen gebaut werden.

A. Füllungsbegrenzung und Leckagereduzierung



MCHE

- **Microchannel-Wärmeübertrager:** Danfoss gründete ein Joint Venture mit Sanhua zur Entwicklung von Wärmeübertragern für die Kältetechnik. Microchannel-Wärmeübertrager aus Aluminium benötigen nur eine niedrige Füllmenge (dies reduziert die Umweltbelastung und steigert die Kosteneffektivität), und sie sind im Vergleich zu herkömmlichen Rippenrohrwärmeübertragern sehr kompakt und leicht. Die MCHE-Technologie wurde in den 1980er Jahren von der Fahrzeugindustrie entwickelt. Seit 2004 wird diese Technologie verstärkt in Klimaanlageanlagen verwendet und ihr Einsatz erstreckt sich mittlerweile auch auf die Kältetechnik. Microchannel-Wärmeübertrager können mit herkömmlichen Kältemitteln wie HFKW-Kältemitteln oder mit natürlichen Kältemitteln einschließlich Ammoniak, Kohlenwasserstoffen und sogar CO₂ in transkritischen Anlagen verwendet werden.

ICF



- **Direkt geschweißte Komponenten und Ventilstationen für die Industriekälte.** Danfoss hat eine Baureihe von Ventilstationen (Typen ICF und ICF) entwickelt, die die Anzahl der benötigten Schweißverbindungen drastisch reduziert. Diese Produkte haben das traditionell konservative Segment der Industriekälte revolutioniert und wurden 2005 und 2007 mit Innovationspreisen ausgezeichnet. Durch diese Ventile befinden sich in der Anlage weniger gebördelte und geschweißte Anschlüsse, wodurch die Möglichkeit von Undichtigkeiten ganz erheblich reduziert wird. Außerdem sind die Komponenten auf höhere Drücke ausgelegt und können damit in unterkritischen CO₂-Anlagen verwendet werden.

- **Danfoss-Lösung für trockenverdampfende (DX)-Ammoniakanlagen.** Durch ein motorisiertes Ventil (ICM) und einen elektronischen Regler (EKC 315A) in Verbindung mit einem Drucksensor und einem Temperaturfühler kann Ammoniak in kompakten DX-Systemen eingesetzt werden. Die Anlage hat eine sehr kurze Reaktionszeit und behält bei allen Lastbedingungen ein stabiles, niedriges Überhitzungsniveau bei. Hierdurch wird das Risiko des Rückflusses von Flüssigkeit in den Verdichter minimiert, und die Energieeffizienz wird maximiert.

ICM und
EKS 315a



B. Verbesserung des Wirkungsgrads und Erfüllung spezieller Regelanforderungen

ICM TS



ADAP-KOOL®



Verdichter



C. Hochdruck-Kältesysteme werden vor allem in transkritischen und subkritischen CO₂-Anlagen verwendet.

Kompakte Ammoniak-Kälteanlagen mit Plattenverdampfern in Verbindung mit einem sekundären Kreislauf können in vielen traditionellen Anwendungen der industriellen Kältetechnik sowie in anderen Segmenten wie der gewerblichen Klimatisierung und in Supermarktkälteanlagen verwendet werden. DX-Ammoniakanlagen können auch als Hochtemperaturstufen in Kaskadensystemen mit CO₂ verwendet werden.

- **Gaskühlerregelsysteme.** Die schwierigste Anforderung in transkritischen CO₂-Systemen ist die Hochdruckregelung. Danfoss stellt eine integrierte Lösung für Gaskühler mit Ventilen, Sensoren und einem elektronischen Regler bereit. Diese Lösung optimiert den Wirkungsgrad reiner CO₂-Systeme, indem der Hochdruck unter allen Umgebungsbedingungen auf dem idealen Niveau gehalten wird. Dieses System hält einem Druck von bis zu 140 bar stand und ist damit auch für Wärmepumpenanwendungen geeignet. Die zweite Funktion des Systems besteht darin, den Druck in Verkaufskühlmöbeln zu regeln, da diese in der Regel auf Drücke ausgelegt sind, die nicht über die mit R410A verwendeten Drücke (40 bis 45 bar) hinausgehen. Dieses System ist das erste seiner Art auf dem Markt und stellt einen großen Fortschritt in Richtung des Einsatzes von CO₂ in Supermarktanwendungen dar.

ADAP-KOOL®-Regelungssystem und Frequenzumrichter. Danfoss hat vollständig integrierte elektronische Regelungssysteme entwickelt, die die Leistung gewerblicher Kälteanlagen für Supermärkte und/oder Industriekälteanlagen verwalten, überwachen und optimieren.

ADAP-KOOL® vereint speziell entwickelte Kälte regler und Ventilkombinationen und nutzt Algorithmen der adaptiven Regelung für die Flüssigkeitseinspritzung in Verdampfer, während Verdichter- und Verflüssigerregler eine effiziente und effektive Strategie der Energieoptimierung umsetzen und die komplette Systemverwaltung übernehmen. Erweiterungsfunktionen ermöglichen die fortlaufende Überwachung und Erstellung von Statusberichten zur Erkennung von Kältemittelleckagen (dadurch wird die Einhaltung unter anderem der F-Gas-Verordnung durch den Endverbraucher unterstützt), zum Energieverbrauch und zum Wirkungsgrad und zur Produkttemperatur (dadurch wird die Einhaltung der Vorschriften zur Lebensmittelhygiene (HACCP) unterstützt) sowie die Überwachung und Wartung des gesamten Systems.

- **Verdichter für Kohlenwasserstoffe.** Danfoss zählt zu den Marktführern bei der Herstellung kleiner gewerblicher Verdichter für Kohlenwasserstoffe. Neben einer Produktreihe von Verdichtern für die Kleinkälte, die mit R600a betrieben werden, hat Danfoss Verdichter für kleine gewerbliche Anwendungen wie Speiseeiskühltruhen mit Propan als Kältemittel entwickelt.

- **Komponenten für unterkritische CO₂-Anwendungen.** Danfoss bietet ein komplettes Sortiment an Ventilen und Reglern für gewerbliche und industrielle CO₂-Kaskadensysteme an. Obwohl die Produkte für gewerbliche Kühlanwendungen denen für R410A entsprechen, wurde eine separate Produktreihe für die industrielle Kältetechnik entwickelt, die speziell CO₂-Anforderungen erfüllt.

- **Komponenten für transkritische CO₂-Anwendungen.** Die Herausforderungen bei transkritischen CO₂-Anlagen sind noch größer als bei unterkritischen Anlagen, weil das obere Druckniveau etwa dreimal so hoch ist wie das Druckniveau aller anderen in gewerblichen Anwendungen verwendeten Kältemittel. Danfoss hat bereits ein Hochdruckregelventil entwickelt (ICM TS) und arbeitet an der Erweiterung des Produktsortiments.

Fallbeispiele

Danfoss hat mit einigen Partnern zusammengearbeitet und zahlreiche Schlüsselkomponenten bereitgestellt, die einen Kältekreislauf mit Kältemitteln ermöglichen, die ein geringes GWP besitzen und somit den Nachweis erbringen, dass sich die Umweltbelastungen minimieren und gleichzeitig Energieeinsparungen erzielen lassen. Nachstehend finden Sie Beispiele für unterschiedliche Anlagen/Anwendungen mit Kältemitteln, die ein geringes GWP besitzen und enorme Energieeinsparungen erzielen.

A. Energieeinsparungen in Supermärkten mit einem transkritischen CO₂-Boostersystem der 2. Generation

Fakta ist eine dänische Supermarktkette, die sich seit 15 Jahren um eine Senkung des Energieverbrauchs bemüht, indem sie Kältemittel mit geringem GWP verwendet. Vor fünf Jahren haben weniger als zehn Supermärkte in Europa CO₂ in ihren Kälteanlagen verwendet. Heute ist CO₂ bereits das bevorzugte Kältemittel in mehr als 1.000 Systemen. Fakta ist als einer der Ersten von konventionellen HFKW-Kälteanlagen auf CO₂-Systeme umgestiegen. Die 1. Generation transkritischer Systeme wurde 2007 installiert. Heute betreibt die Fakta-Supermarktkette 378 Filialen. 61 dieser Supermärkte sind mit transkritischen CO₂-Systemen ausgestattet.

Diese 61 Filialen waren Gegenstand von Energiestudien, die deutliche Energieeinsparungen der transkritischen CO₂-Systeme der 2. Generation gegenüber den HFKW-Anlagen aufzeigen. Tests nach einem Jahr belegen, dass es möglich ist, Energieeinsparungen zu erzielen und gleichzeitig den Treibhauseffekt zu reduzieren. Messungen ergaben Energieeinsparungen von 10% in Dänemark.

B. Kohlenwasserstoff: SolarChill

Das letztendliche Ziel des SolarChill-Projekts besteht darin, die Bereitstellung von Impfstoffen und Kältetechnik für arme Menschen in ländlichen Gegenden zu unterstützen. Um dies zu erreichen, wurde im Rahmen des SolarChill-Projekts eine vielseitige Kühltechnologie entwickelt, die umweltfreundlich und technologisch zuverlässig und kostengünstig ist und verschiedene Energiequellen nutzen kann. Diese Technologie wird frei zugänglich angeboten. Neben der Netzstromversorgung ist auch ein Solar-, Wind-, Biomasse- oder Dieselbetrieb möglich.

SolarChill setzt auf der Greenfreeze-Technologie auf, bei der für den Isolierschaum und den Kältemittelkreislauf Kohlenwasserstoffe eingesetzt werden. Dadurch entfällt der Einsatz von Fluorkohlenstoffverbindungen, die die Ozonschicht abbauen und ein hohes Treibhauspotenzial aufweisen. Danfoss hat für dieses Projekt Gleichstrom-Isobutanverdichter bereitgestellt.

C. Ammoniak: NH₃/CO₂-gekühlte Kühlhalle in Kanada

Flanagan Foodservice ist eines der führenden Vertriebsunternehmen in Kitchener, Ontario (Kanada). Seit mehr als 30 Jahren verfolgt Flanagan Foodservice einen „individuellen Vertriebsansatz“ und sichert so ein solides Unternehmenswachstum.

Das Unternehmen errichtete ein 5.000 m² großes Kühlhaus mit modernster CO₂-Kältetechnologie.

Ein zweistufiges System mit Ammoniak/CO₂-Sole kühlt einen 4.200 m² großen Tiefkühlbereich mit einer Kälteleistung von 360 kW auf eine Temperatur von -15 °C und einen 500 m² großen Gefrierraum für Speiseeis (bereitgestellt von Mayekawa Canada) mit einer Kühlleistung von 130 kW auf eine Temperatur von -29 °C.

Von Danfoss stammten die bewährten ICF-Ventilstationen, die CO₂ in die Verdampfer und gefluteten NH₃/CO₂-Rohrbündelwärmeübertragern leiten, sowie die Frequenzumrichter und Druckmessumformer für die NH₃-Schraubenverdichtern und CO₂-Pumpen. Die motorisierten ICM-Ventile in der ICF-Baugruppe sind für die Beibehaltung einer stabilen Flüssigkeitszufuhr sehr wichtig.

Der Frequenzumrichter AKD von Danfoss ermöglicht eine gleichmäßige Regelung des NH₃/CO₂-Systems und erfüllt damit die in Bezug auf die CO₂-Strömung und die Thermodynamik bestehenden Anforderungen.

Anhang 1. Kältemittleigenschaften

Kältemittel	R22	R134a	R404A	R410A	R717 (NH ₃)	R744 (CO ₂)	R290 (Propan)
Wirkungsgrad						*/	
Sicherheit							
Umwelt (Ozonabbau-, Treibhauspotenzial)							
Druck und Temperatur							
Chemische Eigenschaften							
Wirtschaftliche Aspekte	/	/	/	/			
Verfügbarkeit	/						
Typische Anwendungen	Alle	Kleinkälte, Gewerbekälte, Klimatisierung	Gewerbekälte	Gewerbekälte, Wärmepumpen, Klimatisierung	Gewerbe- und Industriekälte	Kleinkälte, Gewerbe- und Industriekälte, Transport, Wärmepumpen	privat, Klein- und Gewerbekälte, Wärmepumpen

* Einige Kälteanwendungen

** Wärmepumpen, Kälte­träger und einige Kälteanwendungen

*** Höhere Steuern (Nordeuropäische Länder)

Tab­elle 1. Eigen­schaf­ten ver­schiedener Kälte­mittel

Anhang 2. Montrealer Protokoll

Die letzte Modifikation am Montrealer Protokoll wurde im Jahr 2007 vorgenommen. Für die Kälte- und Klimatechnische Industrie sind vor allem die für die HFCKW vorgeschriebenen Regelungsmaßnahmen von Bedeutung. Siehe nachstehende Tabelle.

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 1989.	Ausgangsniveau:	Durchschnitt 2009–10.
Niveau halten:	1996.	Niveau halten:	1. Januar 2013
Reduzierung um 35 Prozent	1. Januar 2004	Reduzierung um 10 Prozent	1. Januar 2015
Reduzierung um 75 Prozent	1. Januar 2010	Reduzierung um 35 Prozent	1. Januar 2020
Reduzierung um 90 Prozent	1. Januar 2015	Reduzierung um 67,5 Prozent	1. Januar 2025
Reduzierung um 99,5 Prozent	Ab 1. Januar 2020: Verbrauch beschränkt sich auf die Instandhaltung und den Betrieb der an diesem Tag bereits vorhandenen Kälte- und Klimaanlage.	Reduzierung um 97,5 Prozent (gemittelt über den 10-Jahres-Zeitraum von 2030 bis 2040)	Ab 1. Januar 2030: Verbrauch beschränkt sich auf die Instandhaltung und den Betrieb der an diesem Tag bereits vorhandenen Kälte- und Klimaanlage.
Reduzierung um 100 Prozent	1. Januar 2030	Reduzierung um 100 Prozent	1. Januar 2040

Quelle: (http://ozone.unep.org/Publications/MP_Handbook/Section_1.2_Control_measures/Annex_C_-_Group_I_C.shtml)

Seit 2009 wird der Vorschlag diskutiert, auch die HFKW-Kältemittel in das Protokoll aufzunehmen. Dieser Vorschlag wurde von Kanada, Mexiko und den USA eingebracht und wird von der EU und weiteren Ländern unterstützt. Im Fokus dieses Vorschlags steht der Ausstieg aus der Nutzung von HFKW im Rahmen des Montrealer Protokolls, obwohl die HFKW eigentlich Gegenstand des Kyoto-Protokolls sind, das sich auf die Reduzierung der Emissionen konzentriert. Doch angesichts der positiven Erfahrungen beim Ausstieg aus den früheren Kältemitteln (FCKWs und HFCKWs) im Rahmen des Montrealer Protokolls, scheint sich dieses auch für den HFKW-Ausstieg anzubieten. Das Montrealer Protokoll konzentriert sich auf die Produktion und den Verbrauch von Kältemitteln und bietet zudem einige Vorteile hinsichtlich der Zuständigkeiten bei den HFKW. Der historische Erfolg und die Erfahrungen bei der Regulierung und Eliminierung der ozonabbauenden Stoffe bedeuten, dass das Montrealer Protokoll bereits über eine effektive Infrastruktur (Multilateraler Fonds sowie technische und wissenschaftliche Organe) verfügt, die eine solide Basis für einen schnellen und effektiven HFKW-Ausstieg darstellt. Schnelligkeit und Effektivität sind in dieser Angelegenheit die entscheidenden Argumente.

Die Diskussion darüber, ob der HFKW-Ausstieg tatsächlich vollzogen und in das Montrealer Protokoll aufgenommen werden soll, ist noch längst nicht beendet, allerdings wird dieser Vorschlag von 7 Ländern – allen voran China und Indien – abgelehnt. Im November 2011 stand diese Diskussion erneut auf der Tagesordnung der Montrealer Konferenz.

Montreal-Protokoll (global)

Entwickelte Länder („nicht Artikel 5 Länder“) haben sich dazu verpflichtet, die Herstellung und den Verbrauch von HFCKW-Kältemitteln bis 2010 um 75% und bis 2015 um 90% zu reduzieren. Ein kompletter Verzicht auf HFCKW-Kältemittel ist bis 2020 vorgesehen. Entwicklungsländer (Artikel 5) haben sich dazu verpflichtet, die Herstellung und den Verbrauch von HFCKW-Kältemitteln bis 2010 um 1%, bis 2020 um 35% und bis 2025 um 67,5% zu reduzieren. Ein kompletter Verzicht auf HFCKW-Kältemittel ist bis 2030 vorgesehen. Ein kleiner Prozentsatz (2,5%) der ursprünglichen Basismenge ist in Entwicklungsländern zusätzlich bis 2040 zulässig.

MAC-Richtlinie (EU)

Diese Richtlinie verbietet die Verwendung von Kältemitteln mit einem Treibhauspotenzial von mehr als 150 in Fahrzeugklimaanlagen:
 ab dem 1. Januar 2011 für neue Modelle vorhandener Fahrzeuge,
 ab dem 1. Januar 2017 für alle Neufahrzeuge.
 R134a, das derzeit gängigste Kältemittel in mobilen Klimaanlagen, hat ein Treibhauspotenzial von 1410 und ist damit auch von dem Verbot betroffen. Die Richtlinie gilt nicht für andere Anwendungen.

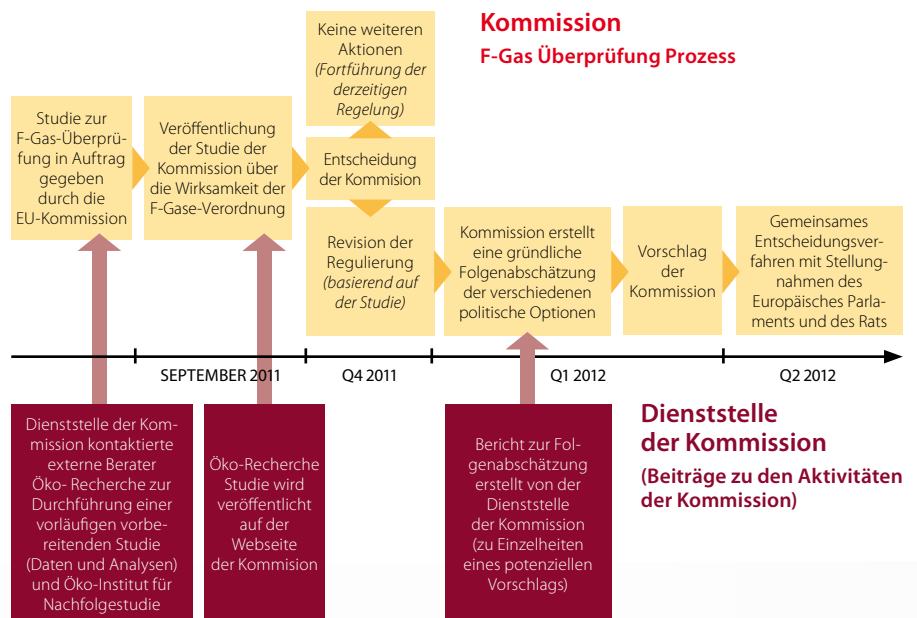
F-Gas-Verordnung (EU)

Die F-Gas-Verordnung ist seit Juni 2006 in Kraft. Das Hauptziel der Vorschrift ist die Eindämmung, Verhinderung und Reduzierung der Emissionen fluoriertes Treibhausgase (F-Gase) mit hohem Treibhauspotenzial. Im Einzelnen regelt die Vorschrift die Lagerung, Verwendung, Rückgewinnung und Zerstörung von F-Gasen, die Etikettierung und Entsorgung von Produkten und Geräten mit solchen Gasen, die Mitteilung von Informationen zur Verwendung und Kontrolle dieser Gase, Verbote zur Einführung von Produkten und Geräten auf dem Markt und die Schulung und Zertifizierung von Wartungstechnikern und Mitarbeitern. Die Vorschrift wirkt sich vor allem auf Anlagen mit einer Kältemittelfüllung ab 3 kg aus. Die F-Gas-Verordnung wird 2011 neu überprüft.

F-Gase im Visier

Die Kommission beabsichtigt, sich mit der Effektivität der derzeitigen Verordnungen zu befassen und künftige internationale Verordnungen hinsichtlich eines Ausstiegs aus den F-Gasen – insbesondere aus den HFKW – zu untersuchen.

Im Jahr 2010 hat die Kommission die geplante Überprüfung der F-Gas-Verordnungen initiiert. Die Kommission wird sich bei der Festlegung der künftigen F-Gas-Verordnungen auf die Ergebnisse dieser Überprüfung stützen. Die Kommission wird einen Bericht veröffentlichen, der auf den Erfahrungen mit der Anwendung dieser Verordnung basiert. Der Überprüfungsbericht wurde im Oktober 2011 erwartet. Weitere Schritte entnehmen Sie der Abbildung. XX unten.



SNAP (USA)

Die amerikanische Umweltschutzbehörde EPA ist im Begriff, vier spezifische Kohlenwasserstoffe für den Einsatz in Haushaltskühl- und -gefriergeräten sowie für die Kälteanlagen im Lebensmitteleinzelhandel zuzulassen. Zu diesen Kohlenwasserstoffen zählen unter anderem R600a (mit einer Füllmenge von maximal 57g) für das Segment der Haushaltsgeräte sowie R290 (mit einer Füllmenge von maximal 150g) für die Kälteanlagen im Lebensmitteleinzelhandel.

Diese neue Verordnung – Rule 17 – soll im Rahmen des Significant New Alternative Program (SNAP) in Kraft treten. Mit diesem Programm wird das Ziel verfolgt, einen sicheren und reibungslosen Umstieg von den ozonabbauenden Stoffen zu fördern. Diese neue Verordnung soll bis Ende 2011 in Kraft treten.

Weitere regionale Initiativen

Zahlreiche Länder und Regionen haben bereits entsprechende Schritte unternommen, um Alternativen mit niedrigem Treibhauspotenzial zu fördern. Zu diesen Maßnahmen zählen Obergrenzen für die Füllmenge (Dänemark), die Besteuerung von Kältemitteln mit hohem Treibhauspotenzial (Nordeuropäischen Ländern) und die staatliche Förderung von Anlagen, bei denen natürliche Kältemittel verwendet werden (Deutschland und Quebec (Kanada)).

Anhang 3. Belastung durch direkte Emissionen abhängig von der Leckagerate

Beispiel:

Das folgende Beispiel veranschaulicht die Beziehung zwischen direkten und indirekten Belastungen.

Typische Kälteanlage in einem Supermarkt mittlerer Größe:

- Lagergröße: 1000 bis 1500 m²
- Kältemittel: R404A
- Kältemittelfüllmenge: 250 kg
- Kälteleistung: 100 kW
- Energieverbrauch: 252 000 kWh/Jahr
- Lebensdauer: 10 Jahre
- Treibhauspotenzial: 3922
- Betriebszeit: 19 Stunden pro Tag
- Rückgewinnung/Recycling: 90 %

CO₂-Emissionen durch Stromerzeugung

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

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

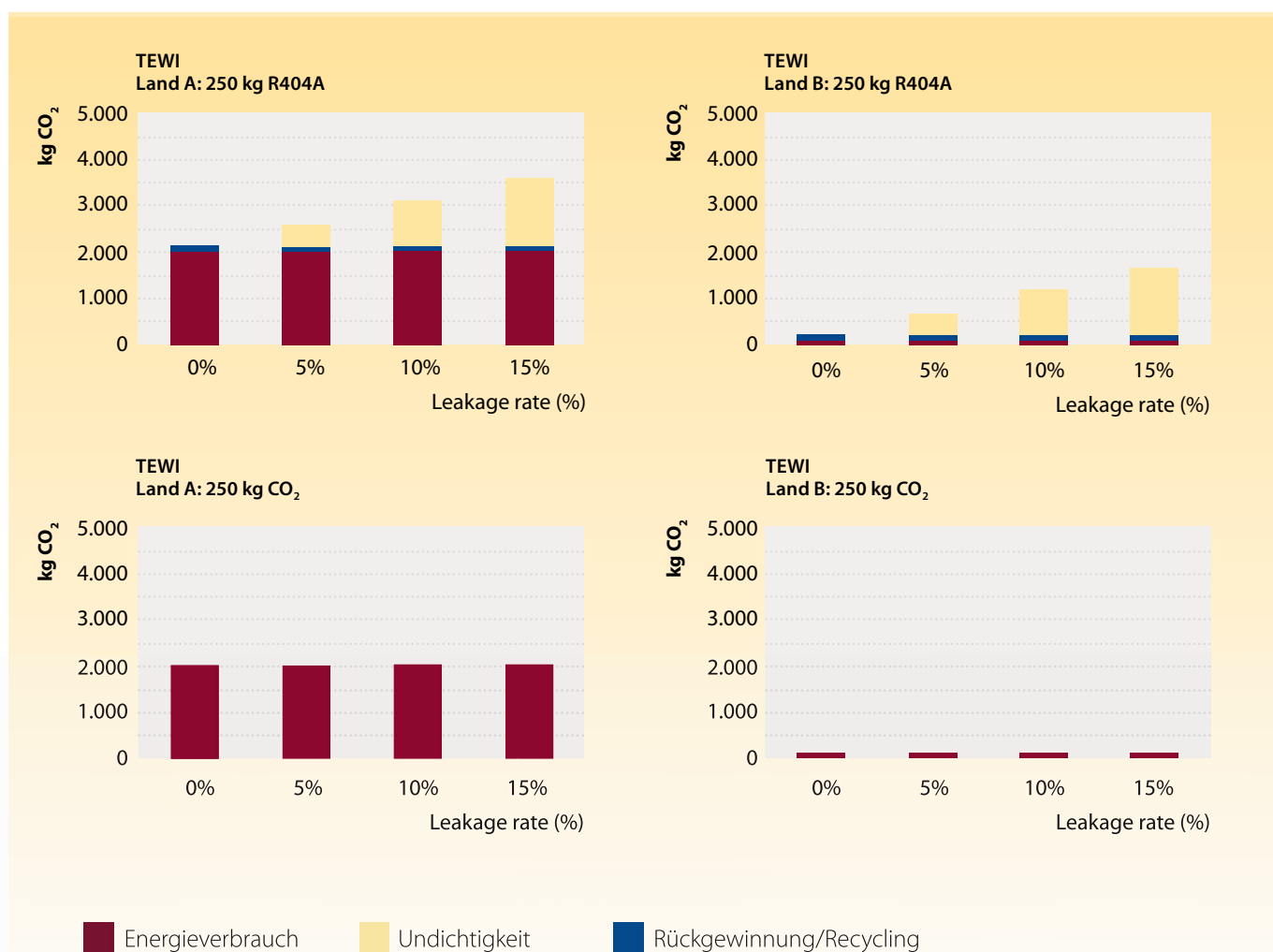


Abbildung 6: Beziehung zwischen den direkten und indirekten Belastungen der Kälteanlage

Die Danfoss-Produktpalette für die Kälte- und Klimatechnik

Danfoss Refrigeration & Air Conditioning ist ein weltweit führender Hersteller von Kältekomponenten für die Gewerbekälte, Industriekälte und Supermarktanwendungen sowie Anbieter von Lösungen im Bereich Klimatechnik.

Unser Hauptaugenmerk liegt auf der Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten, Bauteilen und Systemen zur Leistungsoptimierung und zur Reduzierung von Betriebskosten von Kälte-, Klimaanlage und Wärmepumpen.



Komponenten für die Gewerbekälte



Komponenten für die Industriekälte



Elektronische Regler



Industrieautomatik



Verdichter für die Kleinkälte



Verdichter für gewerbliche Anwendungen



Verflüssigungssätze



Thermostate



Plattenwärmeübertrager

Wir bieten Ihnen eines der weltweit umfassendsten Portfolios an innovativen Bauteilen und Systemen für Kälte- und Klimaanlage, alles aus einer Hand. Wir kombinieren unsere Spitzenstellung in Technik und Qualität mit einer starken Logistik und einer moderaten Preisgestaltung. Damit sind wir für Sie der idealer Partner zum Erreichen Ihrer Geschäftsziele.

Deutschland:

Danfoss GmbH -Kältetechnik- • Postfach 10 04 53 • 63004 Offenbach • Tel. +49 6947868-521 • www.danfoss.de/kaelte • kaelte-info@danfoss.com

Österreich:

Danfoss Ges.m.b.H. -Kältetechnik- • Danfoss Straße 8 • 2353 Guntramsdorf • Tel. +43 2236 5040-9671 • www.danfoss.at/kaelte • kaelte-info@danfoss.com

Schweiz:

Danfoss AG -Kältetechnik- • Parkstr. 6 • 4402 Frenkendorf • Tel. +49 6947868-532 • www.danfoss.de/kaelte • kaelte-info@danfoss.com

Die in Katalogen, Prospekten und anderen schriftlichen Unterlagen, wie z.B. Zeichnungen und Vorschlägen enthalten 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-Mitarbeiter 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.