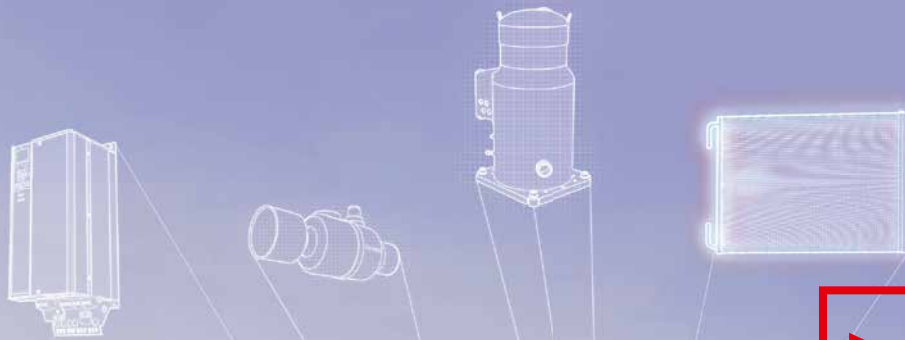


## Sparen Sie Geld und seien Sie vorbereitet für den Umstieg auf neue Kältemittel

Das Danfoss-Angebot an Kältemitteln mit geringem Treibhauspotenzial bietet Ihnen die Möglichkeit, klimaschonende und nachhaltige Lösungen zu entwickeln und bei Preiserhöhungen oder Steuern Geld zu sparen.



**> 25**

Kältemittel mit einem  
GWP < 2.500, die von  
Danfoss für HVACR-  
Anwendungen  
zugelassen sind

# Danfoss und Kältemittel mit geringem Treibhauspotenzial

Nachhaltige Lösungen sind im Interesse aller Interessengruppen unserer Branche. Das Prinzip „Nachhaltigkeit“ stellt langfristige Investitionen und die unternehmerische Gesellschaftsverantwortung sicher.

Im Hinblick auf Kältemittel und langfristige Nachhaltigkeit berücksichtigt Danfoss drei wichtige Parameter, die aufeinander abgestimmt werden müssen, um ein wirklich nachhaltiges Gleichgewicht zu

erzielen: **Erschwinglichkeit, Sicherheit und Umweltfreundlichkeit.** Danfoss unterstützt den Markt dabei, die Reduktionsziele für CO<sub>2</sub>-Äquivalente zu erreichen, indem es aktiv an **Lösungen für alternative Kältemittel** arbeitet und einen pragmatischen Ansatz verfolgt, bei dem auf Gesamtwirkungsgrad, Kosten und Sicherheit geachtet werden. Das Unternehmen bietet **eine große Auswahl an Produkten und Lösungen für synthetische und natürliche Kältemittel mit geringem**

**Treibhauspotenzial** (Global Warming Potential, GWP) an, die sowohl für Kälte- als auch Klimaanwendungen geeignet sind.



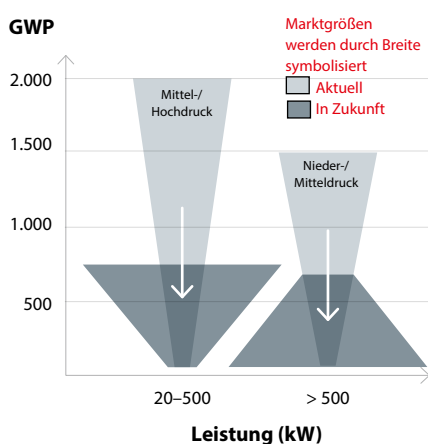
Sehen Sie für weitere Informationen die Auswahlsoftware Coolselector oder wenden Sie sich an Danfoss.  
[coolselector.danfoss.de](http://coolselector.danfoss.de)

## Hauptanwendungen und -kältemitteltypen

In Zukunft sind geringere Treibhauspotenzial-Werte durch die schrittweise Reduktion von Treibhausgasemissionen sowie höhere Mindestwirkungsgrade (Minimum Energy Performance Standard, MEPS) erforderlich. HVACR-Experten werden einen Fokus auf die Verwendung von Komponenten, die geringstmögliche Füllmengen ermöglichen, sowie auf Technologien setzen, die für ein bestimmtes Kältemittel das beste Preis-Leistungs-Verhältnis bieten.

### Kaltwassersätze

Wenn es um Kältemittel geht, lassen sich Kaltwassersätze in zwei Kategorien unterteilen: Nieder-/Mitteldruck und Mittel-/Hochdruck Ausführungen. Bei Nieder-/Mitteldruck-Kaltwassersätzen ist die Verwendung von reinen HFO (R1233zd und R1234ze) nützlich, die zu einem Treibhauspotenzial von fast Null führen (Abb. 1). Die Nachteile in Bezug auf die Entflammbarkeit sind relativ gering und überschaubar, vor allem wenn die Systeme im Freien oder in Maschinenräumen aufgestellt werden. Es ist zu erwarten, dass diese Systeme kurz- bis mittelfristig für Kältemittel mit sehr geringem Treibhauspotenzial modifiziert werden. Der obere Treibhauspotenzial-Grenzwert für große Nieder-/Mitteldruck-Kaltwassersätze wird durch die lokale Umsetzung der schrittweisen Reduktion von Treibhausgasemissionen bestimmt. Aber auch der Einfluss des Treibhauspotenzials auf die Kältemittelkosten wird dabei eine Rolle spielen. Abhängig davon kann der Wert bis zu 630 betragen, was dem Treibhauspotenzial des HFO-Gemisches R513A entspricht, das im Juli 2015 in der SNAP-Richtlinie der EPA auf die Liste der zugelassenen Kältemittel gesetzt wurde. Die Verwendung von R134a wird dagegen ab 2024 schrittweise verboten. Bei Mittel-/Hochdruck-Kaltwassersätzen weisen die Alternativen mit 125 bis 750 ein mittleres Treibhauspotenzial auf – vorausgesetzt, Nutzer akzeptieren ein Kältemittel der Sicherheitsgruppe A2L (schwer entflammbar). Diese Alternativen sollten ebenfalls für Systeme akzeptabel sein, die im Freien oder in Maschinenräumen aufgestellt werden. Der Markt wird wahrscheinlich auf die Alternativen umsteigen, die das beste Verhältnis zwischen niedrigen Systemkosten und hoher Systemleistung bieten. Wir gehen davon aus, dass Kältemittel mit hoher Dichte/hohem Druck dazu gehören werden (Treibhauspotenzial beträgt etwa 500 bis 750).



**Abbildung 1:** Marktentwicklung und Treibhauspotenzial-Werte je Kaltwassersatzgröße. In den meisten Mittel-/Hochdruck-Kaltwassersätzen kommen Kältemittel mit einem Treibhauspotenzial von etwa 750 und in den meisten Nieder-/Mitteldruck-Kaltwassersätzen Kältemittel mit sehr geringem Treibhauspotenzial zum Einsatz.

### VRF-Systeme

In VRF-Systemen werden im Vergleich zu Systemen mit Luftkanälen relativ hohe Kältemittelmengen verwendet. Dies liegt an den dezentralisierten Verdampfern und den langen und verzweigten Rohrleitungsstrecken. Für eine Reduzierung der Rohrleitungsdimensionen sind Kältemittel mit mittlerer bis hoher Dichte erforderlich. Für R410A stellen A2L-Kältemittel wie R32 und R452B die einzigen Alternativen dar.

Bei der Verwendung von A2L-Kältemitteln spielen Sicherheitsnormen wie die EN 378 und ISO 5149 eine wichtige Rolle. In den aktuellen Versionen wurde die zulässige Menge von A2L-Kältemitteln erheblich erhöht. Die Arbeitsgruppe um ASHRAE-Norm 15 beschäftigt sich ebenfalls mit dem zukünftigen Bedarf an Kältemitteln mit niedrigem Treibhauspotenzial. Obwohl diese Sicherheitsnormen zwingend eingehalten werden sollten, sind sie allein als Schutzmaßnahme noch nicht ausreichend.

Viele lokale Brandschutzbestimmungen schränken die Verwendung von A2L-Kältemittel erheblich ein. Innovative, alternative Medien für die Zirkulation werden fortwährend weiterentwickelt. Eine offensichtliche Wahl für Zirkulationsysteme stellt Wasser dar – und selbst CO<sub>2</sub> wurde schon ins Auge gefasst. Die jüngsten Maßnahmen des Montrealer Protokolls für die schrittweise Reduktion von FKW rücken Möglichkeiten und Risiken in den Vordergrund, die sich in Verbindung mit dem Verwenden von A2L-Kältemitteln ergeben. Die nächsten Jahre werden wahrscheinlich eine weitaus deutlichere Richtung bei der Kältemittelauswahl für VRF-Systeme vorgeben.

### Industriekälte

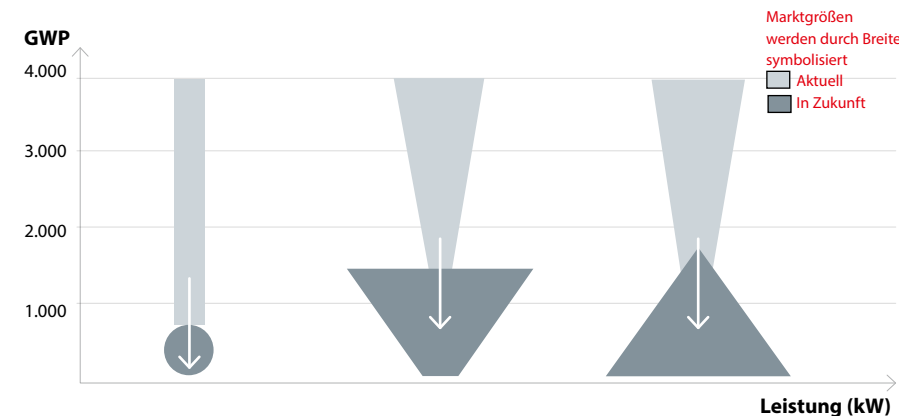
Auf den ersten Blick scheint es in der Industriekälte in Bezug auf Kältemittel mit geringerem Treibhauspotenzial keine Probleme zu geben, jedoch sehen wir immer noch mögliche Fallstricke und Raum für Innovationen. NH<sub>3</sub> (Ammoniak) stellt seit Langem durch seine hervorragende Effizienz das bevorzugte Kältemittel dar. Es wird höchstwahrscheinlich auch in Zukunft eine Rolle spielen, da der Bedarf nach nachhaltigen Kältemitteln steigt. Sicherheitsbedenken können jedoch möglicherweise den Erfolg von NH<sub>3</sub> beeinträchtigen, da es toxisch ist und somit umfassende Maßnahmen für eine sichere Verwendung erforderlich sind. Wir als Branche haben mittlerweile einige wichtige Erkenntnisse hinzugewonnen. So ist u. a. das Vermeiden von großen Füllmengen und das sorgfältige Planen des Aufstellungsorts bei größeren Anlagen von enormer Bedeutung. Somit müssen neue, innovative Lösungen gefunden werden, um die Füllmenge zu reduzieren, wenn z. B. NH<sub>3</sub> mit CO<sub>2</sub> kombiniert wird: CO<sub>2</sub> übernimmt die Rolle des Wärmeträgers und wird in großen Lagergebäuden zirkuliert.

## Gewerbekältetechnik

Gewerbekälteanwendungen sind hinsichtlich Systemtypen und verwendeter Kältemittel sehr verschieden. Dazu gehören Kühlräume, Kühlregale und -theken, sowohl als zentralisierte als auch als Plug-in-Ausführungen – in hermetischen oder autonomen Kühlkreisläufen mit Verflüssigungssäten. Gewerbekälteanwendungen lassen sich in drei Hauptkategorien einteilen.

**1. Hermetisch dichte Anwendungen** nutzen heutzutage verschiedene Kältemittel mit einem Treibhauspotenzial bis zu 4.000. Sie eignen sich für die Verwendung von Kältemitteln mit geringem Treibhauspotenzial, die durch ihre geringen Füllmengen sicher sind. In vielen dieser Systeme kommen bereits Kohlenwasserstoffe wie R600a und R290 zum Einsatz. Für die schrittweise Reduktion von Treibhausgasemissionen in der EU sind seit 2016 nur Stoffe mit Treibhauspotenzial unter 150 erlaubt (Abb. 2).

**2. Verflüssigungssäte** verfügen in der Regel über eine Kältemittelfüllmenge zwischen 5 und 20 kg. Für sie sind bestimmte Sicherheitsvorschriften notwendig, da sie brennbare Kältemittel enthalten und viele dieser Systeme öffentlich zugänglich sind. Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial wie R404A werden seit vielen Jahren eingesetzt, jedoch weisen neue Alternativen – A1-klassifizierte FKW – ein im Vergleich zu R404A 60 % geringes Treibhauspotenzial auf. Nichtsdestotrotz stellen die Auswirkungen von höheren Verdichter-Heißgastemperaturen auf den Betriebsbereich sowie die Folgen des Kältemittelgleits auf die Kälteleistung neue Herausforderungen dar. Wir sind davon überzeugt, dass der Großteil des Markts schnell auf ein Kältemittel mit mittlerem Treibhauspotenzial (von etwa 1.500) umsteigen wird, bevor allmählich weitere Lösungen mit geringerem Treibhauspotenzial (CO<sub>2</sub>, R290 (Kohlenwasserstoffe) oder HFO-Gemische) ins Spiel kommen werden (Abb. 2).



**Abbildung 2:** Marktentwicklung und Treibhauspotenzial-Werte für Gewerbekälteanwendungen

### 3. Zentralisierte Direktexpansionssysteme

verbrauchen mit Abstand am meisten Kältemittel. Dies liegt an den großen Kältemittelfüllmengen und den hohen Leckraten. Es wird geschätzt, dass sie eine Kältemittelmenge nutzen, die mehr als 40 % des Ausgangsniveaus beträgt, das im Rahmen der schrittweisen Reduktion von Treibhausgasemissionen in der EU empfohlen wird. In den letzten zehn Jahren hat sich CO<sub>2</sub> zu einem zukunftsfähigen Kältemittel entwickelt, das in verschiedenen Systemen eingesetzt werden kann.

- Transkritische Systeme, bei denen CO<sub>2</sub> in allen Kreisläufen (NK und TK) verwendet wird. Transkritische CO<sub>2</sub>-Systeme haben ebenfalls die Entwicklung von integrierten Heiz- und Kühlsystemen vorangetrieben, wodurch die Kältemittelauswahl eng mit dem Systemtyp verbunden ist.
- Indirekte Systeme, bei denen ein kaltwassersatzähnlicher Verbund mit FKW, KW oder NH<sub>3</sub> das CO<sub>2</sub> in einem Sammler kühlt, das dann wiederum in den NK-Kreis gelangt und diesen kühlt. Bei der TK kommt ebenfalls CO<sub>2</sub> zum Einsatz, das entweder direkt zum Kaltwassersatz oder im NK-Kreis kondensiert.

• Kaskadenanlagen, bei denen CO<sub>2</sub> nur im TK-Kreis eingesetzt wird und dann die Wärme in den NK-Kreis mit FKW geleitet wird. Diese Art von System nutzt trotzdem noch etwa 80 % der in einem herkömmlichen System verwendeten FKW-Kältemittelmenge.

Die Umgebungstemperatur und damit der geographische Aufstellungsort beeinflussen die Energieeffizienz eines Systems. Transkritische CO<sub>2</sub>-Systeme sind bekannt dafür, dass sie sehr empfindlich auf eine Veränderung der Außentemperatur reagieren. Allerdings haben die neuesten Lösungen mit Einspritztechnologie den Gesamtwirkungsgrad von CO<sub>2</sub>-Systemen deutlich erhöht – das gilt auch für sehr warme Klimazonen. Wir erwarten, dass ihr Marktdurchbruch in den nächsten Jahren stattfinden wird.

Hauptkältemittel				
GWP	> 4.000		○ R404A	
	< 2.500		○ R452A ○ R22 ○ R407A/R407F	Entflammbarkeitslinie ○ R410A
	< 1.500	○ R134a	○ R449A ○ R448A ○ N20*	
	< 700	○ R450A/N13 ○ R513A/XP10 ○ R515	○ R454A/XL40/DR7 ○ L40* ○ R444B/L20	○ R32 ○ R454B/R452B ○ R452B/DR55
	< 150	○ R1233zd ○ R12336mzzz ○ DR2	○ R1270 ○ R600a ○ R1234ze	○ R454C/XL20/DR3 ○ R455A/HD110 ○ R290
	Wie R123	Wie R134a	Wie R404A bzw. R22	Wie R410A
			Keine Option mit geringerem GWP	○ R744/CO <sub>2</sub> ○ R717/NH <sub>3</sub>
				Sonstige

**Legende**

- A1 – Nicht brennbar
- A2L – Schwer entflammbar
- A3 – Leicht entflammbar
- B2L – Toxisch und schwer entflammbar
- Altes Referenzkältemittel
- Neu und auf dem Markt
- Noch nicht auf dem Markt

Dichte →

GWP im Verhältnis zur Dichte (Druck) der wichtigsten Kältemittelgruppen  
\* no ASHRAE name yet







## Kältemittelvorteile für Ihre HVACR-Anwendung

Anwendung	Kältetechnik												Klimatechnik			Wärmepumpen										
	Kälte in Privathaushalten			Kompakte Gewerbekälte			Gewerbliche Verbunde und Verflüssigungssätze			Industriekälte			Wohnungsklimatisierung (einschließlich reversiblen Systemen)			Gewerbe			Eigenheim und gewerbliche Wärmepumpen			Industrielle Wärmepumpen				
	Watt	50-300		150-5.000		> 5.000		> 1.000.000		1.000-20.000		> 20.000		2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	
Kältemittel	Region/Jahr	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	2017	2022	2027	
CO <sub>2</sub> R744	Nordamerika																									
	Europa																									
	China																									
	Übrige Welt																									
NH <sub>3</sub> (2L) R717	Nordamerika																									
	Europa																									
	China																									
	Übrige Welt																									
KW	Nordamerika																									
	Europa																									
	China																									
	Übrige Welt																									
FKW	Nordamerika																									
	Europa																									
	China																									
	Übrige Welt																									
FKW/HFO GWP < 700	Nordamerika																									
	Europa																									
	China																									
	Übrige Welt																									

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

\* Kaskadenanlagen mit Ammoniak/CO<sub>2</sub> werden in der Industriekältetechnik vorrangig eingesetzt werden  
Tabelle 1: Globale Trends in der Kälte- und Klimotechnik (Stand: 2017)

Aus globaler Sicht werden in der Branche verstärkt natürliche Kältemittel eingesetzt werden, sofern sie technisch sicher und wirtschaftlich vertretbar sind. Synthetische Kältemittel werden wahrscheinlich auch weiterhin sowohl in der Kälte- als auch der Klimotechnikbranche eine wichtige Rolle spielen. In diesen Branchen lässt sich ebenfalls der Trend aufzeigen, dass immer mehr neue Stoffe mit niedrigem Treibhauspotenzial eingesetzt werden, die nur geringe Auswirkungen auf die Umwelt haben.

### CO<sub>2</sub> (R744)

- Treibhauspotenzial von 1
- Ist hervorragend für **Anwendungen im Lebensmitteleinzelhandel** geeignet. Die Auswirkungen bei Undichtigkeiten sind minimal und die thermodynamischen Eigenschaften machen es zum idealen Medium für die Wärmerückgewinnung.
- Transkritische CO<sub>2</sub>-Kreise geben einen großen Teil der Wärme bei hohen Temperaturen ab, weshalb sich CO<sub>2</sub> für **Wärmepumpen** eignet.
- In der **Industriekältetechnik** ist es mit CO<sub>2</sub> möglich, die Ammoniakfüllmenge zu reduzieren, den Wirkungsgrad zu steigern und die Umweltbilanz von Tiefkühlanlagen zu verbessern.

- Für die **Transportkühlung, Gewerbekälteanwendungen** und die **Kühlung von Elektronikheiten** steht mit CO<sub>2</sub> eine nicht brennbare und umweltverträgliche Lösung bereit.

### Ammoniak (NH<sub>3</sub> - R717)

- Treibhaus- und Ozonabbaupotenzial von 0; die Kosten (pro kg) sind deutlich geringer als diejenigen von FKW
- Ammoniak zählt in Anwendungen mit Niedrig- bis Hochtemperaturen zu den Kältemitteln mit der höchsten **Energieeffizienz**. Der Energieverbrauch spielt eine immer wichtigere Rolle und Ammoniak ist eine nachhaltige Wahl für die Zukunft.
- Im Vergleich zu den meisten chemischen Kältemitteln hat Ammoniak bessere **Wärmeübertragungseigenschaften**, wodurch geringere Konstruktions- und Betriebskosten anfallen.

### Kohlenwasserstoffe (R290, R600)

- Bieten im Vergleich zu FKW eine hohe Energieeffizienz, einen hohen volumetrischen Wirkungsgrad und einen großen Betriebsbereich
- Aufgrund ihrer Entflammbarkeit ist die Verwendung auf **kompakte Systeme** und **Kaltwassersätze** (z. B. Kaltwassersätze für

**Systeme im Lebensmitteleinzelhandel** oder für außerhalb des Gebäudes installierte **Komfort-Klimaanlagen**) beschränkt.

- Bei der Verwendung in **Wärmepumpen** können mit Kohlenwasserstoffen sehr niedrige Verdampfungstemperaturen erreicht werden, ohne den Verdichter zu überhitzen (bei FKW muss für kalte Tage ein elektrisches Heizelement oder teure Dampf-/Flüssigkeitseinspritzkreise installiert werden).
- **FKW-/HFO-Gemische mit mittlerem Treibhauspotenzial**
- Stellen eine Übergangslösung dar, die für die Nachrüstung von FKW-Systemen mit hohem Treibhauspotenzial verwendet werden kann. Lösungen mit mittlerem Treibhauspotenzial (< 1.500) und nicht brennbare Lösungen werden vorrangig eingesetzt, wenn die Füllmenge von im Gebäude installierten Systemen ein Risiko darstellen kann und eine alternative Systemkonstruktion zu teuer ist.

### Schwer entflammbare FKW und HFO

- Aufgrund des niedrigen Treibhauspotenzials und der schweren Entflammbarkeit eignen sich diese Kältemittel für **relativ große Systeme**.
- Diese Kältemittel sind besonders für **Klimaanwendungen** interessant, da hier natürliche, nicht brennbare (A1) Alternativen fehlen.

Erfahren Sie mehr über Energieeffizienz und Ihre Kältemittelloptionen auf [kaeltemittel.danfoss.de](http://kaeltemittel.danfoss.de)