

KG: 434 Welche Kältemittel werden heute noch eingesetzt?

1. Einordnung des Themas

Kältemittel sind das thermodynamische Arbeitsmedium jeder Kälteanlage. Ihre stofflichen Eigenschaften beeinflussen unmittelbar die erreichbaren Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen, die Drucklage des Systems, die Effizienz des Kälteprozesses, die Auslegung der Komponenten sowie die Sicherheitsanforderungen an Planung, Bau und Betrieb. In der Technischen Gebäudeausrüstung ist die Kältemittelfrage deshalb keine nachgelagerte Detailentscheidung, sondern ein grundlegender Systemparameter.

Im Kontext der Kostenstruktur nach DIN 276 sind Kälteanlagen regelmäßig der Kostengruppe 434 zuzuordnen. Die Wahl des Kältemittels wirkt sich dabei nicht nur auf den Kälteerzeuger aus, sondern auch auf Rohrleitungen, Armaturen, Wärmeübertrager, Sicherheitseinrichtungen, Aufstellbedingungen, Überwachungstechnik und Wartungskonzepte. Sie beeinflusst damit das Gesamtsystem der Kälteversorgung.

Technisch und regulatorisch ist zwischen synthetischen und natürlichen Kältemitteln zu unterscheiden. Zu den synthetischen Kältemitteln zählen vor allem teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) sowie Fluorolefine (HFO) und deren Gemische. Zu den natürlichen Kältemitteln zählen insbesondere Kohlendioxid (R744), Ammoniak (R717), Propan (R290) und Wasser (R718). Diese Einteilung ist für die Planung deshalb relevant, weil sich aus ihr unterschiedliche Anforderungen an Sicherheit, Umweltbewertung, Verfügbarkeit und Zukunftsfähigkeit ergeben.

Die Kältemittelwahl steht stets im Spannungsfeld von Effizienz, Sicherheit und Umweltwirkung. Ein Kältemittel mit günstiger Klimabilanz kann erhöhte Anforderungen an Brand- oder Personenschutz auslösen. Ein thermodynamisch günstiges Medium kann hohe Betriebsdrücke erfordern. Ein bewährtes synthetisches Kältemittel kann regulatorisch unter Druck geraten. Die planerische Aufgabe besteht daher darin, nicht den Stoff isoliert zu bewerten, sondern seine Eignung im Gesamtsystem.

2. Regulatorische Grundlagen

Die regulatorische Entwicklung der letzten Jahre hat die Auswahl von Kältemitteln grundlegend verändert. Maßgeblich ist auf europäischer Ebene die F-Gase-Regulierung, die fluorierte Treibhausgase schrittweise begrenzt und deren Einsatz in vielen Anwendungen zunehmend einschränkt. Ziel ist die Reduzierung direkter Emissionen aus Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen.

Kern dieser Regulierung ist das sogenannte Phase-down. Dabei wird die insgesamt auf dem Markt verfügbare Menge an HFKW stufenweise reduziert. Dies führt dazu, dass Kältemittel mit hohem Treibhauspotenzial nicht nur regulatorisch, sondern auch wirtschaftlich unter Druck geraten. Die Verknappung wirkt sich auf Verfügbarkeit, Preisniveau und Planungssicherheit aus. Für neue Anlagen genügt es deshalb nicht mehr, allein die technische Eignung eines Kältemittels

zu betrachten. Maßgeblich ist auch, ob das Medium über die voraussichtliche Nutzungsdauer der Anlage regulatorisch belastbar bleibt.

Ein zentrales Bewertungskriterium ist der GWP-Wert, also das Global Warming Potential. Er beschreibt das Treibhauspotenzial eines Kältemittels im Vergleich zu Kohlendioxid. Kohlendioxid selbst hat den Referenzwert 1. Viele klassische HFKW liegen deutlich darüber. Je höher der GWP-Wert, desto größer sind bei einem Leck die direkten klimatischen Auswirkungen und desto eher greifen regulatorische Beschränkungen.

Hinzu kommt die Sicherheitsklassifizierung nach ISO 817. Diese ordnet Kältemittel nach Toxizität und Entflammbarkeit ein. Für die Planung sind insbesondere die Klassen A1, A2L, A3 und B2L relevant. A1 steht für geringe Toxizität und keine Flammenausbreitung, A2L für gering brennbare Stoffe mit niedriger Brenngeschwindigkeit, A3 für hoch brennbare Stoffe und B2L für höher toxische, gering brennbare Medien. Diese Klassifizierung ist nicht nur eine Stoffeigenschaft, sondern bestimmt wesentliche Randbedingungen der Anlagentechnik.

Zusätzlich bestehen Anforderungen an Dichtheit, Aufzeichnung, Leckageüberwachung und Instandhaltung. Betreiber müssen je nach Anlagentyp und Kältemittelmenge Dokumentationspflichten erfüllen und in bestimmten Fällen regelmäßige Dichtheitskontrollen sicherstellen. Für die Planung und Ausschreibung bedeutet dies, dass die Auswahl des Kältemittels immer mit einem passenden Überwachungs- und Betreiberkonzept verbunden werden muss.

Bestimmte Kältemittel werden heute nicht deshalb nicht mehr eingesetzt, weil sie thermodynamisch ungeeignet wären, sondern weil ihre Umweltwirkung regulatorisch nicht mehr akzeptiert wird oder ihre künftige Verfügbarkeit unsicher ist. Übergangsfristen und Bestandsregelungen sind deshalb im Einzelfall zu prüfen. Für Neuanlagen ist jedoch regelmäßig eine langfristige Betrachtung erforderlich, damit nicht schon kurz nach Inbetriebnahme ein regulatorisches oder wirtschaftliches Risiko entsteht.

3. Synthetische Kältemittel (HFKW, HFO)

Synthetische Kältemittel werden weiterhin eingesetzt, allerdings mit deutlich veränderter Gewichtung. Klassische HFKW waren über viele Jahre Stand der Technik, weil sie gute thermodynamische Eigenschaften, etablierte Komponenten und ein bekanntes Betriebsverhalten boten. Ihr Nachteil liegt in der teils hohen Klimawirkung. Diese Stoffgruppe verliert daher im Neubau und bei langfristig ausgelegten Projekten zunehmend an Bedeutung.

HFKW finden sich heute vor allem noch in Bestandsanlagen und in Anwendungen, bei denen bestehende Systemarchitekturen weitergeführt werden. Ihre Vorteile liegen in der technischen Bekanntheit, in bewährten Auslegungskonzepten und teilweise in moderaten Druckverhältnissen. Aus planerischer Sicht ist jedoch zu beachten, dass ein heute noch zulässiges HFKW nicht automatisch eine belastbare Lösung für den gesamten Lebenszyklus der Anlage darstellt.

HFO und HFO-haltige Gemische werden häufig als Alternativen mit niedrigerem GWP eingesetzt. Sie können die direkte Klimawirkung im Vergleich zu klassischen HFKW deutlich reduzieren. Allerdings sind viele dieser Stoffe oder Gemische nicht nichtbrennbar, sondern der Sicherheitsklasse A2L zugeordnet. Das bedeutet, dass ihre Verwendung zusätzliche

Anforderungen an Füllmengen, Lüftung, Raumgeometrie, Leckagebetrachtung und Zündquellenvermeidung auslösen kann.

Technisch sind HFO-basierte Lösungen deshalb nicht als einfacher Austauschstoff zu verstehen. Zwar können sie in bestimmten Systemen an bekannte Anlagenkonzepte anknüpfen, doch verschiebt sich die planerische Bewertung von der reinen Stoffsubstitution hin zur sicherheitstechnischen Gesamtauslegung. Diese umfasst insbesondere die Aufstellbedingungen, den Schutz angrenzender Räume, Wartungszugänge und gegebenenfalls besondere Anforderungen an die Gebäudeautomation.

Die Zukunftsperspektive synthetischer Kältemittel ist differenziert. Hoch-GWP-HFKW verlieren an Bedeutung. Niedrig-GWP-Stoffe und Gemische bleiben vorerst relevant, unterliegen aber weiterhin dem regulatorischen Rahmen für fluoridierte Treibhausgase. Für Planer bedeutet dies, dass synthetische Kältemittel zwar weiterhin eingesetzt werden, ihre Auswahl jedoch wesentlich stärker begründungsbedürftig ist als in der Vergangenheit.

4. Natürliche Kältemittel

CO₂ (R744)

Kohlendioxid ist ein natürliches Kältemittel mit sehr geringer direkter Klimawirkung. Es ist nicht brennbar und in der Kältetechnik insbesondere dort interessant, wo regulatorische Robustheit und geringe Umweltwirkung gefordert sind. Seine planerische Besonderheit liegt im hohen Druckniveau. Daraus ergeben sich erhöhte Anforderungen an Bauteile, Sicherheitseinrichtungen, Rohrleitungsdimensionierung und Prüfkonzepte. CO₂ eignet sich nicht als universeller Standardersatz, ist aber in vielen Anwendungen ein technisch tragfähiges Medium.

Ammoniak (R717)

Ammoniak ist thermodynamisch sehr günstig und seit langem in der Industriekälte etabliert. Es weist eine hohe volumetrische Kälteleistung und gute energetische Eigenschaften auf. Die entscheidende Grenze liegt in der Toxizität. Daraus folgen erhöhte Anforderungen an Maschinenräume, Lüftung, Leckageerkennung, Notfallkonzepte und räumliche Trennung von Aufenthaltsbereichen. Ammoniak ist vor allem für größere Anlagen und für professionell betreute Betriebsumgebungen geeignet. Im klassischen Gebäudeumfeld ist seine Anwendung sorgfältig abzuwägen.

Propan (R290)

Propan gehört zu den Kohlenwasserstoffen und besitzt sehr günstige thermodynamische Eigenschaften bei sehr geringer direkter Klimawirkung. Seine planerische Herausforderung ist die hohe Entflammbarkeit. Propan erfordert daher eine saubere sicherheitstechnische Konzeption mit Blick auf Füllmengen, Zündquellen, Aufstellräume, Lüftung, Wartungsbedingungen und Explosionsschutzbetrachtungen. In technisch passenden Anwendungen ist Propan ein bedeutendes Kältemittel, insbesondere wenn niedriger GWP und gute Effizienz gefordert sind.

Wasser (R718)

Wasser ist weder brennbar noch toxisch und weist praktisch keine problematische Umweltwirkung auf. Es eignet sich jedoch nicht als allgemeines Kältemittel für übliche Kompressionskälteanlagen. Die physikalischen Eigenschaften von Wasser setzen besondere Systemkonzepte voraus, etwa im Hinblick auf Vakuumbetrieb und Temperaturbereich. Wasser ist daher ein Spezialmedium für ausgewählte Anwendungen, nicht jedoch ein breit einsetzbarer Standardstoff für die allgemeine Gebäudekälte.

Für alle natürlichen Kältemittel gilt, dass sie aus regulatorischer Sicht häufig günstiger einzuordnen sind als fluorierte Stoffe. Daraus folgt aber nicht automatisch eine uneingeschränkte technische Überlegenheit. Die Entscheidung hängt vielmehr von Leistungsklasse, Aufstellort, Nutzung, Betreiberkompetenz und Sicherheitskonzept ab.

5. Vergleichs- und Entscheidungsaspekte

Bei der Auswahl eines Kältemittels genügt ein Vergleich der GWP-Werte nicht. Zwar ist der GWP-Wert ein wichtiger Umweltindikator, doch für die Planung sind zusätzlich Effizienz, Sicherheitsanforderungen, Investitionsaufwand und Betriebsorganisation zu bewerten.

In energetischer Hinsicht ist zwischen Stoff und System zu unterscheiden. Ein thermodynamisch günstiges Kältemittel erreicht nur dann gute Jahresarbeitszahlen, wenn der gesamte Kältekreislauf, die Regelung, die Wärmeübertrager und die Systemtemperaturen darauf abgestimmt sind. Eine rein stoffbezogene Bewertung führt daher häufig zu Fehlschlüssen.

Auch die Sicherheitsanforderungen können den planerischen Aufwand erheblich beeinflussen. Ein nicht brennbares Medium kann gegenüber einem brennbaren Kältemittel Vorteile im Gebäudeumfeld haben, während ein toxisches Medium im Bestand oft nur unter hohen Schutzmaßnahmen realisierbar ist. Daraus folgt, dass nicht jeder stoffliche Umweltvorteil automatisch zu einer wirtschaftlich oder technisch vorteilhaften Anlage führt.

Die Investitionskosten hängen nicht nur vom Kälteerzeuger ab, sondern auch von Nebenanlagen, Überwachungstechnik, Raumkonzepten und Sicherheitsmaßnahmen. Bei Klein- und Großanlagen ergeben sich deshalb unterschiedliche Präferenzen. Ebenso unterscheidet sich die Bewertung zwischen Neubau und Bestand. Im Neubau können Aufstellflächen, Lüftung und Sicherheitszonen von Anfang an mitgeplant werden. Im Bestand begrenzen vorhandene Strukturen häufig die Auswahl.

Aus planerischer Sicht ist deshalb eine objektspezifische Bewertung erforderlich. Diese muss die gesamte Lebensdauer der Anlage berücksichtigen, nicht nur die Erstinvestition oder die isolierte Stoffeigenschaft.

6. Einfluss auf Planung und Anlagentechnik

Die Wahl des Kältemittels beeinflusst das Gesamtsystem der Kälteanlage unmittelbar. Sie bestimmt Sicherheitszonen, Aufstellbedingungen, Lüftungsanforderungen, Druckniveaus, Materialanforderungen, Detektionssysteme und Wartungskonzepte.

Brennbare Kältemittel erfordern beispielsweise besondere Betrachtungen hinsichtlich Raumvolumen, Füllmenge, möglicher Zündquellen und natürlicher oder technischer Lüftung.

Toxische Kältemittel verlangen andere Maßnahmen, etwa Maschinenraumkonzepte, Gaswarnsysteme und eine klare Trennung von Personenbereichen. Hohe Druckniveaus führen zu angepassten Anforderungen an Bauteile, Armaturen und Prüfverfahren.

Auch die Materialwahl ist nicht unabhängig vom Kältemittel. Werkstoffverträglichkeit, Dichtheit, Schmierstoffsystem, Temperaturbereich und Druckbeanspruchung müssen auf das Medium abgestimmt werden. Gleiches gilt für die Wartung. Die Instandhaltung einer Anlage mit brennbarem oder toxischem Kältemittel stellt andere Anforderungen an Personal, Betriebsanweisungen und Freigabeprozesse als bei klassischen nicht brennbaren HFKW-Systemen.

Dokumentationspflichten und Leckageüberwachung sind ebenfalls Teil der Planung. Es genügt nicht, im Leistungsverzeichnis nur das Kältemittel zu benennen. Erforderlich ist eine zusammenhängende Beschreibung aller technischen und organisatorischen Konsequenzen. Nur so entsteht eine vollständige und belastbare Ausschreibungsgrundlage.

7. Typische Praxisfragen

Welche Kältemittel sind heute noch zulässig?

Es gibt weiterhin sowohl zulässige synthetische als auch natürliche Kältemittel. Maßgeblich ist nicht nur der Stoffname, sondern die konkrete Anwendung, das Inverkehrbringen, der GWP-Wert, die Füllmenge und die jeweilige Anlagenart. Für Neuanlagen gelten deutlich strengere Maßstäbe als früher. Deshalb ist die Zulässigkeit immer anwendungsbezogen zu prüfen.

Was bedeutet der GWP-Wert konkret?

Der GWP-Wert beschreibt die Klimawirkung eines Kältemittels im Vergleich zu CO₂. Praktisch bedeutet ein hoher GWP-Wert, dass bereits kleine Leckagen erhebliche direkte Treibhauswirkungen verursachen. Gleichzeitig steigt mit hohem GWP die regulatorische Belastung des Mediums. Der GWP-Wert ist daher sowohl Umweltkennzahl als auch Planungsparameter.

Sind natürliche Kältemittel automatisch besser?

Nein. Natürliche Kältemittel sind bei der direkten Klimawirkung häufig günstig, können aber erhebliche Anforderungen an Sicherheit und Anlagentechnik auslösen. CO₂ arbeitet mit hohen Drücken, Ammoniak ist toxisch, Propan ist hoch brennbar und Wasser nur eingeschränkt einsetzbar. Ob ein natürliches Kältemittel die bessere Lösung ist, hängt vom konkreten Projekt ab.

Welche Sicherheitsklassen sind relevant?

Für die TGA-Praxis sind vor allem A1, A2L, A3 und B2L relevant. Diese Einstufungen bestimmen, ob ein Medium nicht brennbar, gering brennbar, hoch brennbar oder toxisch einzuordnen ist. Daraus folgen unmittelbare Konsequenzen für Aufstellung, Lüftung, Füllmengen und Instandhaltung.

Wie wirkt sich die F-Gase-Verordnung auf Bestandsanlagen aus?

Bestandsanlagen werden nicht pauschal unzulässig. Allerdings können Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit bestimmter fluorierter Kältemittel im Betrieb zunehmend problematisch

werden. Bei älteren Anlagen ist daher zu prüfen, ob Weiterbetrieb, Umrüstung oder Ersatz langfristig die tragfähigere Lösung ist.

Welche Haftungsrisiken bestehen für Planer?

Haftungsrisiken entstehen insbesondere dann, wenn ein Kältemittel ausgeschrieben wird, ohne die daraus folgenden technischen, sicherheitstechnischen und regulatorischen Anforderungen vollständig zu berücksichtigen. Kritisch sind unvollständige Ausschreibungen, fehlende Sicherheitskonzepte und eine mangelnde Berücksichtigung der künftigen Regulierungsentwicklung.

8. Neubau vs. Bestand

Im Neubau kann die Kältemittelwahl integraler Bestandteil der Systemplanung sein. Aufstellräume, Leitungswege, Lüftung, Sicherheitsbereiche und Gebäudeautomation lassen sich von Anfang an auf das gewählte Medium abstimmen. Dadurch können auch Kältemittel mit erhöhten Anforderungen technisch sinnvoll integriert werden.

Im Bestand ist die Situation anders. Vorhandene Raumstrukturen, begrenzte Schachtflächen, bestehende Brandschutzkonzepte und vorhandene Technikzentralen schränken die Auswahl häufig ein. Eine Umrüstung auf ein anderes Kältemittel ist deshalb selten eine reine Stoffumstellung. Oft sind Änderungen an Verdichter, Armaturen, Sicherheitstechnik, Kennzeichnung und Dokumentation erforderlich.

Wirtschaftlich ist im Bestand stets die Restnutzungsdauer der Anlage zu bewerten. Eine Umrüstung ist nur dann sinnvoll, wenn der bauliche Aufwand, die verbleibende Lebensdauer und die regulatorische Perspektive in einem vertretbaren Verhältnis stehen. Im Neubau ist die Entscheidung dagegen stärker strategisch geprägt, weil die langfristige Planungssicherheit im Vordergrund steht.

9. Technisches Fazit

Heute werden weiterhin sowohl synthetische als auch natürliche Kältemittel eingesetzt. Die Tendenz ist jedoch eindeutig: Kältemittel mit hohem GWP verlieren an Bedeutung, während natürliche Medien und niedrig-GWP-Lösungen zunehmend in den Vordergrund treten.

Die Auswahl des Kältemittels ist keine isolierte Stoffentscheidung. Sie bestimmt das Sicherheitskonzept, die Systemarchitektur, die Aufstellbedingungen, die Wartungsanforderungen und die regulatorische Belastbarkeit einer Anlage über ihre gesamte Nutzungsdauer. Technisch sachgerecht ist deshalb nur eine objektspezifische Bewertung, die Umweltauflagen, Anlagensicherheit, Wirtschaftlichkeit und Betriebsorganisation gemeinsam betrachtet.

Als TGA-Ingenieurbüro mit Sitz in Köln begleitet MT Ingenieure Projekte von der Grundlagenermittlung bis zur Ausführungsplanung über alle Gewerke hinweg.