

Kohlendioxid (CO₂) in Kälte- und Klimaanlage

Kohlendioxid (CO₂)¹ war eines der ersten in Kaltdampfmaschinen eingesetzten Kältemittel, mit denen die frühen Kaltluftsysteme ersetzt wurden. Es wurde vor allem zur Kühlung auf Schiffen Anfang des 20. Jahrhunderts eingesetzt, danach jedoch von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW und HFCKW) abgelöst. Da CO₂ jedoch umweltfreundlich, nicht toxisch (im klassischen Sinne), nicht entflammbar sowie chemisch inaktiv ist und eine sehr hohe volumetrische Kälteleistung sowie ausgezeichnete Wärmeübertragungseigenschaften besitzt, wird es unterdessen als eines der wesentlichen Kältemittel für Kälte- und Klimaanlage in Betracht gezogen.

CO₂ wird bereits in größerem Umfang bei gewerblichen Anwendungen in subkritischen, transkritischen und sog. Booster-Systemen eingesetzt, häufig auch in Kombination mit Wärmerückgewinnung und Klimakühlung. Zudem sind in Europa eine größere Anzahl Wärmepumpen, Klimasysteme und Transport-Anwendungen als Prototypen in Erprobung. Darüber hinaus wird CO₂ zunehmend in industriellen Kälteanlagen mit einer Kälteleistung bis über 1 MW verwendet.

Aufgrund seines bei eventueller Emission vernachlässigbaren Einflusses auf die globale Erwärmung und eines ODP-Werts von 0² unterliegt CO₂ keinen Verwendungsbeschränkungen wie sie z.B. in der EU F-Gase Verordnung oder dem Kigali Abkommen festgelegt sind. Da CO₂ derselben Sicherheitsgruppe (A1) wie nicht brennbare Fluorkohlenwasserstoffe (HFKWs) angehört, sind die Sicherheitsanforderungen weniger streng als bei Ammoniak oder Kohlenwasserstoffen.

Die thermodynamischen Eigenschaften von CO₂ unterscheiden sich deutlich von den üblicherweise in Kälte- und Klimaanlage eingesetzten Kältemitteln. Aufgrund der sehr niedrigen kritischen Temperatur von 31°C kann abhängig von der Temperatur der Wärmesenke am hochdruckseitigen Wärmeübertrager ein sogenannter transkritischer Betrieb erforderlich werden. Dabei unterscheidet sich auch das Anlagenkonzept von einem konventionellen Kaltdampf-Kompressionsprozess. Die Energieeffizienz ist im transkritischen Modus tendenziell geringer als bei einem subkritischen konventionellen System. Dessen ungeachtet können CO₂-Kälteanlagen jedoch bei moderaten Klimabedingungen häufig eine höhere Energieeffizienz erreichen als Systeme mit üblichen Kältemitteln. Bei den unter solchen Bedingungen überwiegend relativ niedrigen Umgebungstemperaturen ist ein subkritischer und damit besonders effizienter Betrieb möglich. In wärmeren Klimazonen kommen zunehmend Systeme mit Parallelverdichtung, Ejektoren und Wärmerückgewinnung zum Einsatz, mit denen die potenziellen Nachteile in der Energieeffizienz bei transkritischer Betriebsweise (höhere Umgebungstemperatur) kompensiert werden können.

Gewisse Unsicherheiten hinsichtlich der künftigen Situation bei synthetischen Kältemitteln und eines außergewöhnlichen Preisanstiegs bei HFKWs initiierten zusätzlich die Entwicklung und breitere Verfügbarkeit von Komponenten für CO₂ Systeme. Damit wird die Popularität der CO₂ Technologie zusätzlich gefördert.

Druckniveau und volumetrische Kälteleistung von CO₂-Anlagen sind deutlich höher als bei konventionellen Systemen. Dadurch können Verdichter-Fördervolumen und Rohrleitungsquerschnitte kleiner dimensioniert werden. Allerdings müssen wesentliche

Letzte Aktualisierung: Oktober 2018

Komponenten, insbesondere Verdichter, speziell für die Verwendung mit CO₂ ausgelegt sein.

Die CO₂-Technologie kann daher nicht als allgemeine Alternativlösung für Systeme mit Fluorkohlenwasserstoffen, NH₃ oder Kohlenwasserstoffen betrachtet werden. Unter keinen Umständen darf CO₂ in eine Anlage eingefüllt werden, die für ein anderes Kältemittel ausgelegt wurde. Abgesehen davon, sollte bei der Entwicklung und Anwendung von Kälte- und Klimaanlage mit CO₂ eine sorgfältige Bewertung der Systemeffizienz, des TEWI³, der Nutzungsdauerkosten (life cycle cost), der technischen Machbarkeit sowie der Zuverlässigkeit und Sicherheit vorgenommen werden.

Außerdem erfordern Auslegung und Einsatz spezifischer Komponenten, eine erhöhte Systemkomplexität, anspruchsvolle Anforderungen hinsichtlich hoher Drucklagen und die Berücksichtigung der spezifischen Stoffeigenschaften entsprechende Fertigkeiten und Know-how. Dies bedingt eine entsprechende Weiterbildung und Qualifizierung von Planern, Installations- und Service-Fachleuten sowie eine spezifische und regelmäßige Unterweisung der Anlagenbetreiber.

ASERCOM Mitgliedsunternehmen beteiligen sich an Projekten, bei denen CO₂ als Kältemittel eingesetzt wird. Komponenten und Lösungen für diese Anwendung sind mittlerweile verfügbar. Bevor CO₂ eingesetzt wird, ist jedoch eine individuelle sorgfältige Beratung mit den Herstellern erforderlich, da dabei sehr spezielle Aspekte zu beachten sind.

¹ R744 nach ISO 817 / EN 378-1

² ODP = Ozon-Abbaupotential

³ TEWI = Gesamte äquivalente Treibhausbelastung

Diese Empfehlungen richten sich an Fachleute, Hersteller und Installateure von industriellen, gewerblichen und Haushaltskälteanlagen. Dieser Entwurf stützt sich auf die aktuellen wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse, die nach Meinung des ASERCOM zum Zeitpunkt des Entwurfs galten, jedoch übernehmen weder der ASERCOM noch seine Mitgliedsunternehmen die Verantwortung dafür und insbesondere keine Haftung für alle Maßnahmen – Handlungen oder Unterlassungen –, die auf der Grundlage dieser Empfehlungen ergriffen werden.
