

R723 – ein Azeotrop auf der Basis von Ammoniak

Neben dem Kältemittel ist das Kältemaschinenöl ein wichtiger Betriebsstoff einer Kälteanlage. Bei einem geschlossenen Kreislauf muss das Öl wieder zum Verdichter zurückgefördert werden. Bei tiefen Temperaturen werden die Öle zähflüssig, bzw. erreichen sie sogar ihren Stockpunkt und werden fest. In der Kältetechnik begegnet man dieser Schwierigkeit seit langem damit, dass man Kältemaschinenöle einsetzt, die eine gute Mischbarkeit mit dem Kältemittel aufweisen, damit wird die Viskosität des Öls um Größenordnungen herabgesetzt.

In den 90er Jahren wurden auch für Ammoniak lösliche Öle auf der Basis von Polyalkylenglykolen entwickelt und in vielen Anlagen auch erfolgreich eingesetzt. Allerdings gab es auch vermehrt Schwierigkeiten in bezug auf die innere Stabilität des Kältekreislaufs. Eine wesentliche Ursache ist dabei die hohe Wasseraufnahmefähigkeit des Öles, die bis zur völligen Mischbarkeit mit Wasser führen kann. In Zusammenhang mit hohen Temperaturen und hoher Feuchte kann es dann im Kältekreislauf – besonders auch mit bestimmten Aluminiumwerkstoffen – zu Instabilitäten kommen, die zum Ausfall der Kälteanlagen führen können.

Es wurden daher Versuche durchgeführt, dem Ammoniak einen gasförmigen Stoff als „Löslichkeitsvermittler“ beizumischen, um mit herkömmlichen Mineralölen eine gute Öllöslichkeit zu erreichen. Erste erfolgreiche Versuche wurden mit Ammoniak - Amin - Gemischen durchgeführt, die zwar das Ölverhalten wesentlich verbesserten, aber den Nachteil hatten, dass wegen des stark nichtazeotropen Verhaltens Nachteile im Kältekreislauf auftraten.

Als weiterer Zusatzstoff wurde Dimethylether, ein in der chemischen Industrie weit verbreitetes Lösungsmittel, untersucht. Er wird als Treibgas in vielen Sprays eingesetzt. Als Kältemittel ist es dem Isobutan ähnlich. Bei der Untersuchung des Mischungsverhaltens mit Ammoniak wurde überraschend festgestellt, dass beide Stoffe ein Azeotrop bilden. Die Ammoniak-Konzentration des Azeotrops beträgt 60 Masse %. Das bedeutet, dass im Bereich dieser Konzentration das Gemisch wie ein reiner Stoff behandelt werden kann. Dadurch tritt keine Konzentrationsverschiebung bei Kondensation und Verdampfung oder bei Leckagen auf. Weil die molare Masse des Gemisches 23 beträgt, wurde es als Kältemittel R723 bezeichnet, wie in Anlehnung an die Kältemittel-Nomenklatur für natürlich vorkommende Kältemittel nahe liegend ist. Die Bezeichnung R723 entspricht allerdings nicht

der offiziellen Nomenklatur nach ISO817, hat aber inzwischen bei vielen Kältefachleuten Eingang in den Sprachgebrauch gefunden.

Eine offizielle Listung dieses Gemisches in der DIN EN 378 steht noch aus, da dem zunächst eine aufwändige Registrierung und Erteilung einer R-Nummer vorausgehen muss.

Neben der ursprünglich als entscheidend angesehenen Verbesserung der Öllöslichkeit besitzt das R723 eine Reihe weiterer positiver Eigenschaften, die in mehreren Projekten untersucht wurden und in einer Reihe von Praxisversuchen auch bestätigt wurden.

Den Dampfdruck des Gemisches im Vergleich zu Ammoniak zeigt das Bild 1. Man erkennt, dass der Dampfdruck nahezu dem von Ammoniak entspricht und nur bei niedrigen Temperaturen etwas höher ist.

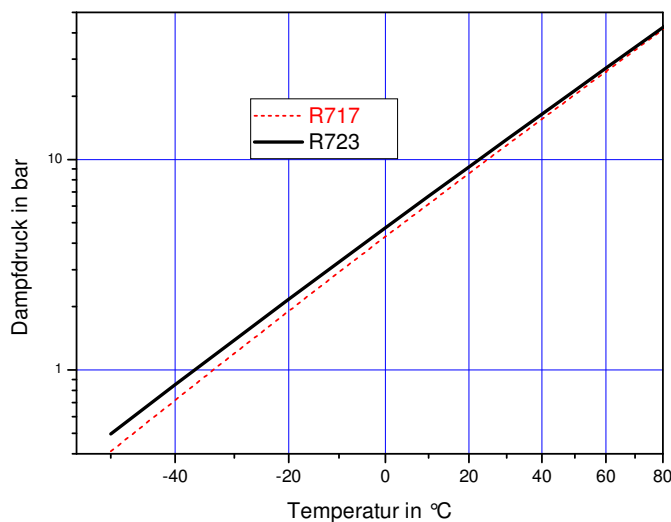


Bild 1: Dampfdruck von R717 und R723 in Abhängigkeit von der Temperatur

Das bedeutet, dass das Verdichtungsverhältnis bei gleichen Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen kleiner ist wie im Bild 2 zu sehen ist.

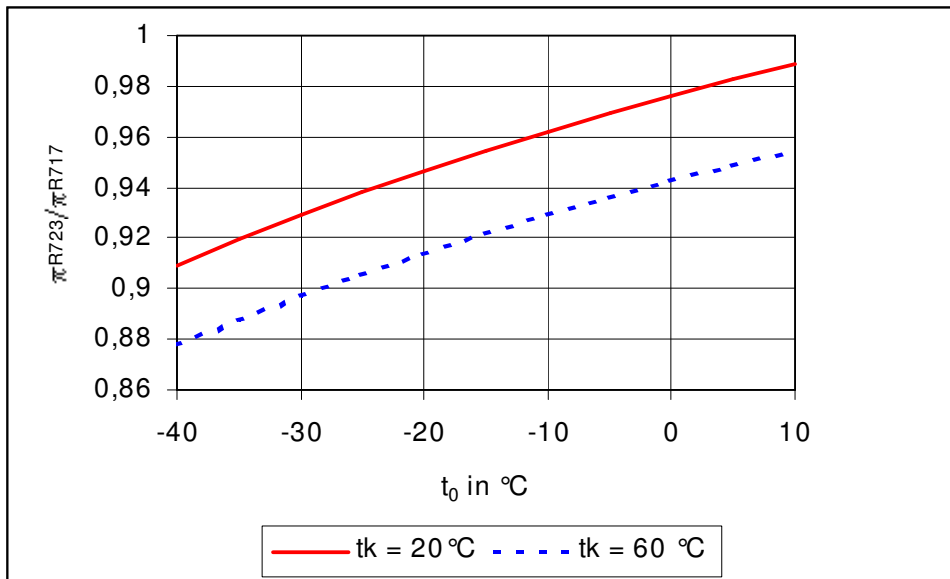


Bild 2: Relatives Druckverhältnis

Da wegen der höheren molaren Masse der Adiabatenexponent des Gemisches kleiner ist, muss auch eine geringere Verdichtungsendtemperatur erwartet werden (Bild 3).

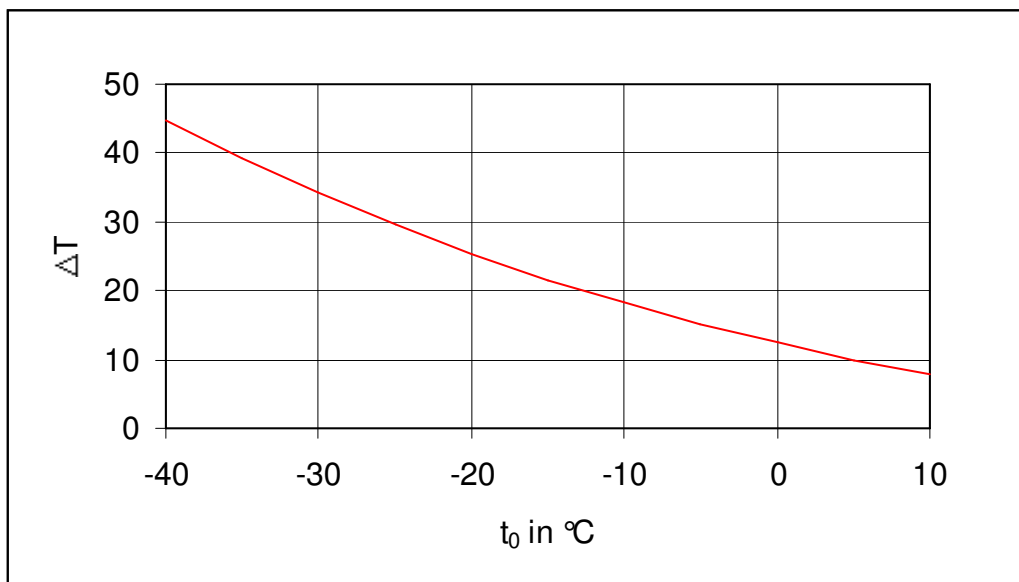


Bild 3: Differenz der Verdichtungsendtemperatur zwischen Ammoniak und R723 bei einer Kondensationstemperatur von 40 °C

Beachtenswert sind die größere volumetrische Kälteleistung und die vergleichsweise zu Ammoniak auch größeren COP-Werte. Für TEWI-Betrachtungen von Kälteanlagen verdient dieser Unterschied zum reinen Ammoniak besondere Aufmerksamkeit. An Kälteanlagen, die

zunächst mit Ammoniak und danach mit R723 betrieben wurden, sind Verbesserungen des COP - Wertes von 7% erzielt worden.

Es ist weiterhin darauf hinzuweisen, dass sich beim Einsatz von Mineralölen mit dem Gemisch beachtliche Steigerungen der Wärmeübergangskoeffizienten bei trockener Verdampfung durch den Einsatz des Gemisches erzielen lassen.

Die Stoffdaten des R723 sind in den Stoffdaten-Programmen für ASERCOM bereits enthalten.

Allein nach seiner unteren Explosionsgrenze von 6,0 Vol-% würde das Gemisch wie Ammoniak zur Gruppe L2 nach DIN EN 378 (toxisch und brennbar) gehören und wäre folglich sicherheitstechnisch wie Ammoniak zu behandeln. Der zweite für eine Einstufung relevante Parameter, die spezifische Verbrennungswärme (also die nur bei einem Brand frei werdende Energie), beträgt 22800 kJ/kg und liegt über dem für die Gruppe L2 willkürlich festgelegten Grenzwert von 19000 kJ/kg. Damit wäre es wie R290 (Propan) in Gruppe L3 einzuordnen. Nach Lage der Dinge ist bei einer Einstufung nach ASHRAE-Standard 34 letzteres wahrscheinlich.

Aus sicherheitstechnischen Gründen werden bei Ammoniak oft Füllmengenbegrenzungen wirksam. Bezogen auf die gleiche Ammoniak-Füllmenge lassen sich mit dem R723 wesentlich größere Kälteleistungen realisieren.

Die für Ammoniak geeigneten Werkstoffe sind auch für das Gemisch einsetzbar. Nur bei Verwendung elastischer Polymerwerkstoffe als Dichtungsmaterial ist fallweise zu prüfen, ob sie gegenüber Dimethylether beständig sind, falls sie im direkten Kontakt mit dem Produkt stehen. Alle bedeutenden Komponentenhersteller haben das Produkt frühzeitig getestet und können seit längerem die gesamte Palette der für eine Kälteanlage mit R723 als Arbeitsfluid erforderlichen Komponenten anbieten.

Mit R723 lassen sich vor allem Neuanlagen auch mit kleineren Kälteleistungen weit unterhalb 100 kW realisieren, denn im Vergleich mit Ammoniak beträgt der umlaufende Volumenstrom der Dampfphase etwa 150 %, womit man auch bei kleinen Kälteleistungen zu akzeptablen Rohrleitungsquerschnitten und Strömungsgeschwindigkeiten kommt.

Das Kältemittel ist seit mehreren Jahren kommerziell verfügbar und in Deutschland über ausgewählte Kältemittelhändler zu beziehen.

Weiterführende Veröffentlichungen:

Steiner, A., Lippold, H.

Umstellung einer Ammoniak-Kälteanlage auf das Gemisch NH₃/Dimethylether
Seminar: Stand und Anwendung natürlicher Kältemittel; Mainz 2002

Lippold, H., Heide, R.

Dimethylether als Kältemittelkomponente
KI- Luft- und Kältetechnik 33 (1997) 5, S. 202-205

Lippold, H.

Wärmeübergangskoeffizienten bei der Verdampfung von NH₃ und NH₃-Dimethylether-
Gemisch
KI Luft- und Kältetechnik 37 (2001) 2, S. 78-82

Lippold, H., Vollmer, D.

Stoffdatenprogramm für Kältemittel
KI Luft- und Kältetechnik 34 (1998) 3, S. 141

Krauß, D.

Fragen und Antworten rund um das Kältemittel „schickR723®“
Kälte Klima Aktuell 1/2009, S. 26 – 31

Krauss, D., Schenk, J.

Use of Ammonia/Dimethyl ether (schick R723®) Blend in Medium Refrigeration Plants
Proc. Int. Conf. “Ammonia Refrigerating Technology for Today and Tomorrow”
Ohrid, Macedonia April 19 – 21, 2007, ISBN 987-2-913149-57-1,
www.mf.ukim.edu.mk

Germanus, J., Römer, S., Krauss, D.

APPLICATIONS OF schickR723® BLEND IN COMMERCIAL REFRIGERATION SYSTEMS
Proc. Int. Conf. “Ammonia Refrigerating Technology for Today and Tomorrow”
Ohrid, Macedonia May 06 – 09, 2009, www.mf.ukim.edu.mk

Informationsbroschüre Fa. KälteConcept GmbH, www.kaelteconcept.de

Künftigen Auflagen einen Schritt voraus

KI Luft- und Kältetechnik 09/2008, 33 – 34

Herausgegeben von *eurammon*
Postfach 71 08 64 ♦ D-60498 Frankfurt
Telefon +49 69 6603 1277 ♦ Fax +49 69 6603 2276
e-mail: karin.jahn@vdma.org
<http://www.eurammon.com>