

Untersuchungen mit teillöslichem, nichthygroskopischem HFKW-Schmierstoff

Karsten Beermann, Neustadt, Rudolf Heide, Hans Lippold und Jürgen Schenk, Dresden

Der 1. Teil dieses Beitrags in der letzten KK-Ausgabe (siehe im Archiv unter www.diekaelte.de) behandelte Mischungsuntersuchungen zwischen dem Schmierstoff S46F und dem Kältemittel R404A. Teil 2 befasst sich nun mit der Alternative R410A und fasst die Ergebnisse zusammen.

Versuche mit R410A und S46F

Das Erscheinungsbild ist mit dem der Messungen an R404A identisch und nicht qualitativ zu unterscheiden. Während bei bis zu -20°C Verdampfungstemperaturen keine Ölrückführungsprobleme auftreten, muss man unter -30°C mit Stillstand des Ölfilms rechnen. Durch Pentanzusatz (gleiche Bedingungen wie bei R404A) wird das Stocken des Öls verringert, ohne dass man hier aus versuchstechnischen Grün-

den quantitative Aussagen machen kann. Die visuelle Beobachtung ergab keine Unterschiede zu den Versuchen mit R404A.

In Ergänzung der Messungen zum Öltransport wurden mit den Systemen R404A, R410A und S46F die Wärmestromdichten vergleichend zu R404A/POE-Öl Reniso Triton SEZ32 ermittelt.

Dabei wurde sowohl bei R404A als auch bei R410A zusätzlich unter Pentanzusatz gemessen. Beispielhaft seien die aus-

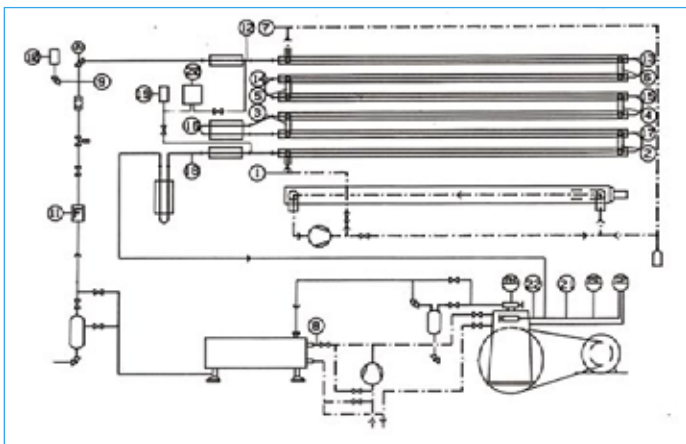


Bild 10
Fließschema
der Versuchsanlage

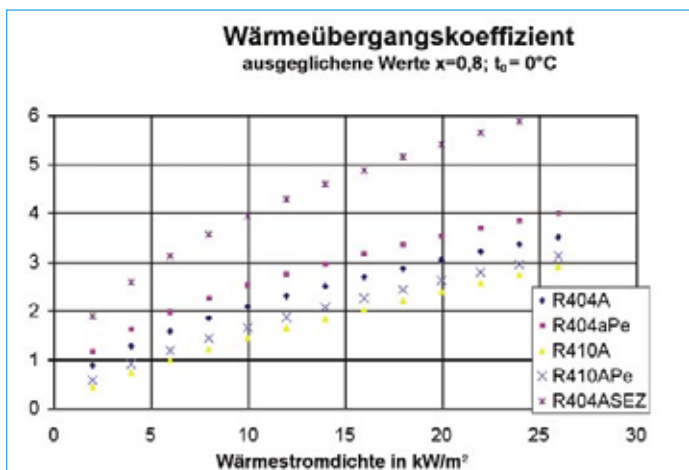


Bild 11

zu den Autoren

**Dipl.-Ing.
Karsten Beermann**
ehemaliger
Schulleiter der
Norddeutschen
Kälte-Fachschule,
Springe



**Dr. rer. nat.
Hans Lippold,**
ehemaliger
Mitarbeiter
ILK Dresden



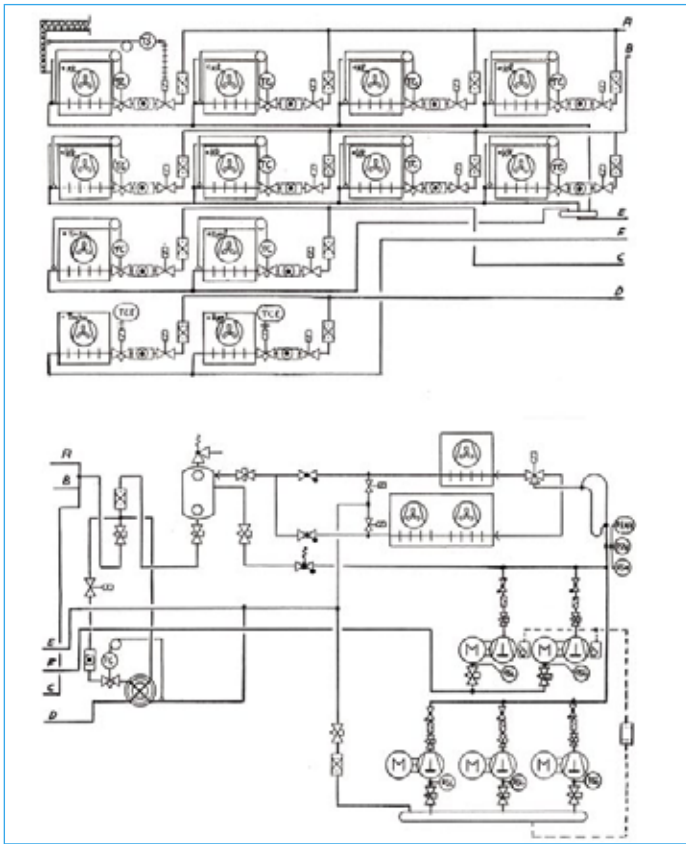
**Dr. rer. nat.
Rudolf Heide,**
ehemaliger
Mitarbeiter
ILK Dresden



**Dr. rer. nat.
Jürgen Schenk,**
Hauptbereichsleiter
ILK Dresden



Bild 13 Schema der NKF-Verbund-Kälteanlage



geglichenen Werte für Messdaten mit hohem Dampfanteil für 0 °C Verdampfungstemperatur (Bild 11) und für -20 °C (Bild 12) dargestellt.

Während beim R 410A durch den Pentanzusatz die Verbesserung der Wärmeübergangskoeffizienten bei 0 °C und bei -20 °C signifikant ist, lässt sich beim R404A nur für die Messungen bei 0 °C Verdampfungstemperatur feststellen.

Im Rahmen des genannten Forschungsvorhabens wurden zur Untermauerung der gewonnenen Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen Anlagenuntersuchungen an einer Verbundkälteanlage zur Ölrückführung und zum Wärmeübergang durchgeführt. Die Verbundkälteanlage steht in der Norddeutschen Kälte-Fachschule (NKF) in Springe.

Die Untersuchungen sollten an dieser Verbundanlage mit relativ verzweigter Rohrleitungsführung und mehreren „Verbrauchern“ den Nachweis einer stabilen Ölrückführung zum Verdichter bei Anwendung des teillöslichen Öls Triton S46F erbringen. Dabei sollten die für die R 22 (vorzugsweise R 502)-Substitution in Frage kommenden Kältemittel R404A und R507 eingesetzt werden. Zur Gewinnung der Ausgangsdaten waren zunächst Versuche mit dem System R22/Shell 22-12 durchzuführen.

Die folgende Darstellung stellt das Schema der Versuchsanlage dar. Folgende Verbraucher wurden durch die Kälteanlage versorgt:

- Kühlregal Tiefkühlung
 - Kühlinself Tiefkühlung
 - Kühlinself Normalkühlung
 - Kühlzelle Normalkühlung
- Es wurde eine Vielzahl von Messreihen gefahren, wobei die Kältemittel/Öl-Systeme
- R 22/Shell Clavus 22-12
 - R 404A/Triton S46F
 - R 507/Triton S46F
- Anwendung fanden.

Bild 12

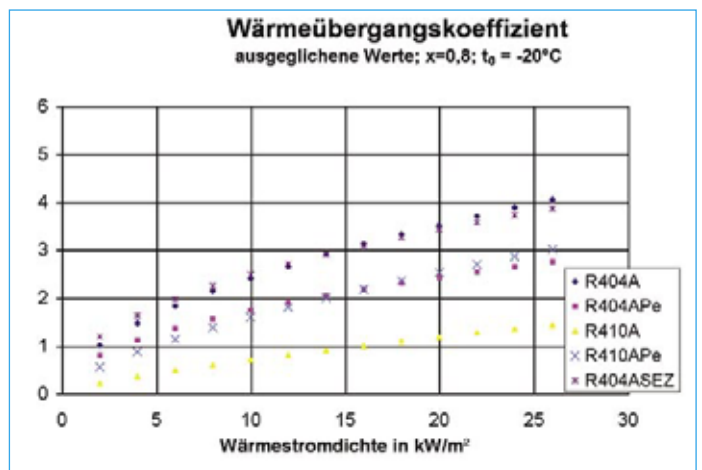
Zum einen ging es um den stabilen Anlagenbetrieb, insbesondere um die sichere Ölrückführung zu den Verdichtern und allen Betriebsbedingungen. Zum anderen sollte durch Messung der Abkühlendynamik der einzelnen Verbraucher ermittelt werden, ob bei Umstellung einer typischen R22-Anlage auf die genannten HFKW und das teillösliche Öl nutzerseitige Verschlechterungen entstehen.

Im Rahmen der Versuche an der NKF-Verbund-Kälteanlage war zu beobachten, dass sowohl im TK-Bereich als auch im NK-Bereich der Öltransport gewährleistet war. Zieht man die Ergebnisse der Versuche an der ILK-Laboranlage (s. o.) hinzu, so kann eine Verdampfungstemperatur von $t_0 = -25\text{ °C}$ zunächst als untere Anwendungsgrenze beim Einsatz von HFKW-Kältemitteln (R404A und R507) in Verbindung mit dem teillöslichen Kältemaschinenöl „Triton S46F“ angesehen werden, bei dem das Öl-Kältemittel-Gemisch noch so niederviskos ist, dass keine Ölrückführungsprobleme auftreten.

Entscheidend für einen ordnungsgemäßen Öltransport ist auch die Gasgeschwindigkeit in der Rohrleitung. Bei den vorliegenden Versuchen lag die Rohrgeschwindigkeit speziell im TK-Bereich höher als 6 m/s. Dabei war der Öltransport auch bei $t_0 = -33\text{ °C}$ gewährleistet.

Für den TK-Bereich ist es daher sinnvoll, für den vorliegenden Einsatzfall die Rohrgeschwindigkeiten etwas höher auszulegen, als für den NK-Bereich. Im NK-Bereich sollten 3 ... 4 m/s in der Saugleitung nicht unterschritten werden. Für den TK-Bereich sind 5 ... 6 m/s in der Saugleitung zu empfehlen.

Können diese vorgenannten Rohrgeschwindigkeiten in den jeweiligen Saugleitungen immer eingehalten werden, so ließe sich auch der TK-Bereich bei $t_0 = -33\text{ °C}$ hinsichtlich eines sicheren Ölrücktransports betreiben.



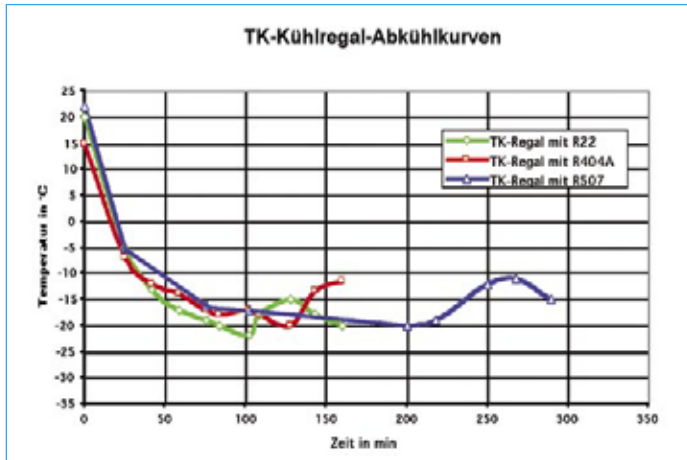


Bild 14

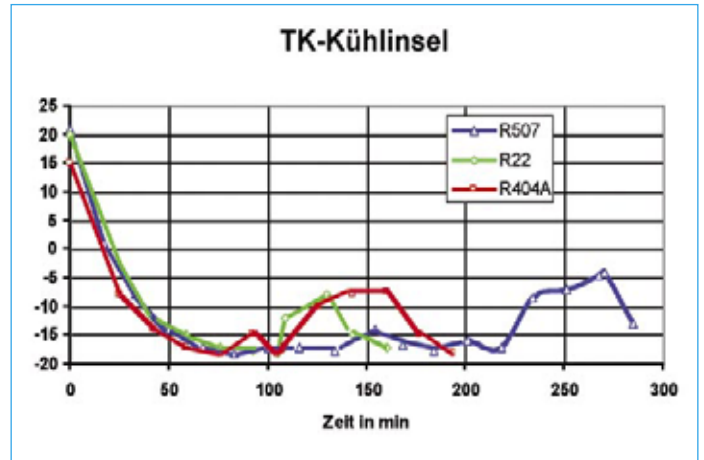


Bild 15

Insgesamt ist es ratsam, keine konstruktiv bedingten „Ölfällen“ in die Kälteanlage einzubauen. Die erforderliche Rohrgeschwindigkeit sollte durchgängig im gesamten Rohrleitungssystem und in den Wärmeübertragern eingehalten werden.

Die für den Anwender wichtige Abkühl-dynamik wurde für alle Verbraucher ermittelt. Beim Umölen von Shell Clavus 22-12 auf Reniso wurde durch mehrfachen Ölwechsel trotz der verzweigten Kreisläufe sichergestellt, dass der Restölgehalt <5 M% lag (analytische Kontrolle!).

Die nachfolgenden Bilder 14 bis 17 zeigen die Abkühlkurven in den jeweiligen Nutzräumen der Verbraucher.

In den Bildern 14 bis 17 wurden Auswertungen der Messwerte hinsichtlich der erzielten Temperaturen dargestellt. Hierbei ist die Vergleichbarkeit der Daten ein wesentlicher Aspekt, um allgemeingültige Aussagen treffen zu können. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die Messungen unter möglichst gleichen Bedingungen abliefen. Wichtige Kriterien waren die Außentemperatur und die Raumtemperaturen. Hier war auf Grund der jahreszeitlich bedingten Schwankungen mit größeren Unterschieden zu rechnen. Es ergab sich hinsichtlich der Außentemperatur eine Differenz vom kalten November 2002 (erste Referenzmessung) zum relativ warmen März 2003 (letzte Referenzmessung) von etwa 12 K.

Beim Start der Versuche lagen die Raumtemperaturen bei allen Referenzmessungen bei ca. 20°C.

Um möglichst gleiche Verflüssigungstemperaturen am Außenverflüssiger zu erzielen, wurde nach der Umstellung von R22 auf R404A und R507 die Verflüssigungsdruckregelung angepasst, so dass sich bei allen Tests die Verflüssigungstemperatur zwischen 30°C und 35°C einstellte.

Bei der Bewertung der Abkühlkurven ist zu beachten, dass in den Verbrauchern nach Erreichen des unteren Temperaturniveaus eine zusätzliche Heizlast von 750 W (Kühlmöbel) bzw. 2000 W (Zelle) eingekoppelt wurde.

Die eingesetzten Heizlasten wurden von Versuch zu Versuch nicht verändert. Genauso wurde immer die gleiche Anzahl Kühlmöbel betrieben.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass bei allen Referenzmessungen die eingestellten Sollwerte innerhalb von ca. 1,5 Stunden nach Einschalten erreicht wurden. Auch das thermische Verhalten nach Aufgabe der Heizlasten war vergleichbar.

Es waren also keine größeren Unterschiede im Leistungsverhalten der drei untersuchten Kältemittel R22, R404A und R507 festzustellen.

Aus den durchgeführten Laboruntersuchungen und Anlagenmessungen lassen sich Schlussfolgerungen für Anlagenumstellungen von R22 auf HFCKW-Alternativ-Kältemittel ziehen.

Insbesondere sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Veränderung des Leistungsverhaltens
- Einfluss von Restanteilen des Altöls
- Verhalten des neuen Kältemittels und Öls auf vorhandene Werkstoffe
- Einfluss von weiteren Verschmutzungseffekten

Grundsätzlich ist vor einer möglichen Umrüstung einer HFCKW-Kälteanlage auf ein HFCKW-Kältemittel eine sorgfältige Beurteilung des vorhandenen Anlagenzustandes zu empfehlen. Unter Kosten-Nutzen-Aspekten sollte dann ggf. eine praktikable Umstellungsprozedur gewählt werden.

Veränderung des Leistungsverhaltens

Die Antwort zum veränderten Leistungsverhalten ist oben bereits dargestellt. Unter diesem Gesichtspunkt ist also eine Umstellung durchaus zu empfehlen. Insbesondere stellen sich beim Einsatz von R404A und R507 niedrigere Verdichtungs- endtemperaturen gegenüber dem Einsatz von R22 ein.

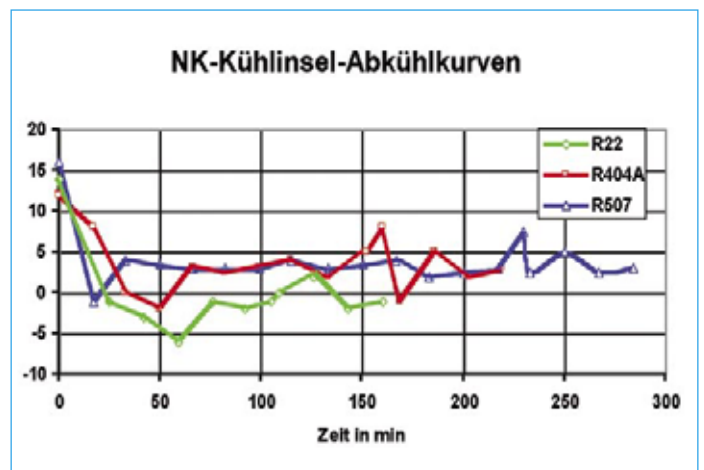


Bild 16

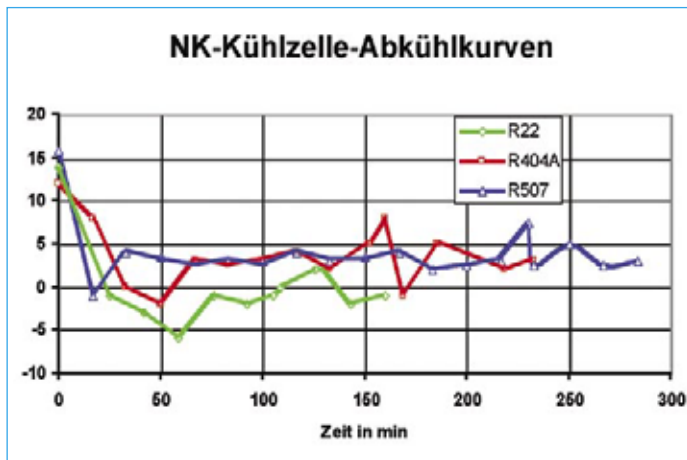


Bild 17

Beim Betrieb im TK-Bereich ist der Einsatz von Kopflüftern grundsätzlich ratsam, um die Verdichtungsendtemperatur nicht zu hoch werden zu lassen. Ob im Falle einer Substitution von R22 durch R404A bzw. R507 dies entfallen kann, ist mit dem Verdichterhersteller zu klären.

Einfluss von Restanteilen des Altöls

Bei der Umstellung einer HFCKW-Kälteanlage sollten die verbleibenden Restanteile des Altöls (Mineralöl oder Alkylbenzol) möglichst nicht mehr als 5% betragen. Dadurch wird der Einfluss im Hinblick auf die Mischbarkeit zwischen R404A und dem Öl S46F gering.

Höhere Altölanteile könnten zu weiteren Verschmutzungseffekten und zu Leistungseinbußen führen. Das Altöl kann in Flüssigkeitssammlern aufschwimmen und somit aus dem Ölkreislauf separiert werden.

Generell ist beim Einsatz von teillöslichen Ölen ein Ölabscheider zu empfehlen, um den Eintrag von Öl in die Kälteanlage einzugrenzen.

Verhalten des neuen Kältemittels und Öls auf vorhandene Werkstoffe

Der Einsatz von HFCKW-Kältemitteln und dem Öl Triton S46F in HFCKW-Altanlagen führt zu veränderten Bedingungen im Zusammenspiel mit den in der Altanlage verwendeten Materialien. Insbesondere sind die Dichtungen gefährdet.

Dieser Aspekt ist bei jeder Umstellung zu berücksichtigen. Gegebenenfalls müssen die vorhandenen Dichtungen durch HFCKW-kompatible ersetzt werden.

Zusammengefasst kann ausgesagt werden, dass sowohl im Bereich der Normalkühlung als auch im Bereich der Tiefkühlung R404A/Triton S46F-Öl- bzw. R507/Triton S46F-Öl-Systeme einsetzbar sind, ohne dass an den Anlagen wesentliche Änderungen vorgenommen werden müssen und ohne dass merkliche Leistungseinbußen eintreten. Insofern kann unter dem Gesichtspunkt der Kältemittelsubstitution in bestehenden R22-Anlagen der Einsatz des teillöslichen Öls Triton S46F befürwortet werden, weil die Umstellungstechnologie gegenüber der Umstellung auf Polyolesteröl deutlich vereinfacht ist. Bei einer solchen Umstellung sind auch Restölgehalte des ursprünglichen R22-Öls von <5M% tolerierbar. ■