

# Fragen und Antworten ...

## ... rund um das Kältemittel „schick R723®“

**Dr. Dieter Krauß,**  
Schick GmbH + Co. KG,  
Vaihingen/Enz

„schick R723®“ ist ein Kältemittelgemisch aus den Komponenten Ammoniak und Dimethylether. In der KKA und anderen Fachzeitschriften wurde bereits mehrfach über „schick R723®“ berichtet. Dennoch bestehen bei vielen Planern und Handwerkern in der Branche noch Unsicherheiten, was die Einsatzmöglichkeiten und Handhabung betrifft. Um diese Skepsis auszuräumen, hat die Firma Schick auf der Messe Chillventa in Nürnberg die häufigsten Fragen in Bezug auf „schick R723®“ gesammelt und beantwortet sie in diesem Beitrag.



Messestand der Schick GmbH auf der Chillventa 2008

Die Schick GmbH + Co. KG produziert und vertreibt seit einigen Jahren das natürliche Kältemittel „schick R723®“, über das bereits mehrfach berichtet wurde /1/ bis /3/. Nach der Produkteinführung reagierte die Branche zunächst in zurückhaltender Manier. Nur wenige Firmen in Deutschland und Österreich erkannten das Anwendungspotential, das in diesem Gemisch steckt und realisierten damit neue Kälteanlagen mit Direktverdampfung, als Kaltwassersatz oder Kaskade /4/ und /5/. Im Oktober 2008 auf dem Chillventa-Messestand von Schick zeigten viele Besucher großes Interesse an diesem Kältemittelgemisch, hatten konkrete Fachfragen, interessierten sich

für Eigenschaften und Anwendungen sowie für Betriebserfahrungen aus Referenzanlagen. Diese Resonanz veranlasste uns, die häufigsten Fragen hier zu veröffentlichen. Unsere Antworten sind vor allem auch vor dem Hintergrund des R22-Ausstiegs schlüssig, und weil die Zukunft mancher Ersatzkältemittel wie der HFKW wegen der Sorge um die globale Erwärmung zweifelhaft ist. Nach dem aktuellen Willen von politischen Entscheidern wird schon in naher Zukunft ein Einsatz von fluorierten Kältemitteln in neuen Anlagen technologisch als nicht notwendig erachtet /6/. Nach Einschätzung des Bundesumweltamtes gehört die Reduzierung

der Emissionen fluoriertener Treibhausgase zu den fünf Eckpunkten mit der höchsten Emissionsminderungswirkung. Man erwartet, dass mit Hilfe des Klimaschutz-Effizienz-Fonds ein Anteil von 50 % an natürlichen Kühlmitteln bis 2020 erreichbar wird /7/!

„Die Zukunft der synthetischen Kältemittel allgemein ist ungewiss“, so Anton Leitenbacher, technischer Leiter der Südbayerischen Fleischwaren GmbH, anlässlich der Umstellung seiner Anlagen auf natürliche Kältemittel, u.a. auf „schick R723®“ und Kohlendioxid, in einer zweistufigen Kaskadenanlage /8/.

### Fragen und Argumente

#### 1. Ammoniak ist giftig!

RICHTIG, aber der menschliche Geruchssinn registriert bereits eine Konzentration von kleiner 4 ppm, das ist weniger als ein Fünftel des Arbeitsplatzgrenzwertes oder ein Hundertstel der Konzentration, bei der es zu Reizung der Atmungsorgane ohne Gesundheitsschäden kommt. Damit ist Ammoniak ein „ehrliches“ Gift mit Warnfunktion.

Mit dem heutigen Stand der Gaswarn- und Sicherheitstechnik sind Ammoniak enthaltende Anlagen risikolos zu betreiben. Für eine vertiefende Beschäftigung mit der Toxizität von Kältemitteln empfehlen wir unsere Informationsbroschüre „Sicherheit beim Umgang mit Kältemitteln“ heranzuziehen.

#### 2. Dimethylether (DME) ist brennbar!

RICHTIG, die untere Explosionsgrenze von reinem DME in Luft liegt mit 3,4 Vol-% allerdings noch etwas höher als für großtechnisch eingesetzte Gase wie Acetylen (2,3 Vol-%), n-Butan (1,4 Vol-%) oder Propan (1,7 Vol-%).

Da die untere Explosionsgrenze von „schick R723®“ in Luft 6,0 Vol-% beträgt, ist es nach

diesem Parameter sicherheitstechnisch wie Ammoniak zu behandeln. Außerdem ist Dimethylether keine „Exot“ in der chemischen Industrie, sondern wird in großen Mengen (Weltjahresproduktion mehr als 100 000 t) als Treibgas für Deodorants u.ä. verwendet.

### 3. Hilfe, Dimethylether ist narkotisierend!

FALSCH, er ist physiologisch unbedenklich, man darf den im Gemisch „schick R723“ verwendeten Di-methylether  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$  nicht mit Di-ethylether  $\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$  verwechseln, nur letzterer war früher in der Medizin das Betäubungsgas mit der Bezeichnung „Äther“!

### 4. Warum eigentlich die Bezeichnung „schick R723“?

Die Bezeichnung R723®, die inzwischen bei vielen Kältefachleuten Eingang in den Sprachgebrauch gefunden hat, entspricht nicht der offiziellen Nomenklatur nach ISO 817.

R723 wurde bereits bei der Entwicklung des Produktes, zunächst lediglich als „Arbeitstitel“ aus der mittleren Molmasse des Gemisches 23 g/mol und der Zugehörigkeit der Hauptkomponente Ammoniak zu den natürlichen Kältemitteln (700er-Reihe) gewählt und hat sich inzwischen verselbständigt. Auch um der eingeführten Bezeichnung Rechnung zu tragen, wurde das Produkt vom Hersteller als registriertes Warenzeichen „schick R723“ angemeldet.

Eine offizielle Listung von „schick R723“ in der DIN EN378 ist noch nicht erfolgt, da dem zunächst eine kosten- und arbeitsaufwändige Registrierung und Erteilung einer R-Nummer nach ISO- oder ASHRAE-Standards vorausgehen muss. Dazu wurden auf der diesjährigen Chillventa mit dem Präsidenten von ASHRAE konkrete Gespräche geführt und erste Unterlagen übergeben.

### 5. „schick R723“ erfordert einen höheren sicherheitstechnischen Aufwand als R717!

NEIN – für die Einordnung eines Kältemittels in Sicherheitsgruppen nach DIN EN378 sind die beiden Parameter

- untere Explosionsgrenze (Vol-%, neu: mg/m<sup>3</sup>) und
- spezifische Verbrennungswärme (kJ/kg) entscheidend.

„schick R723“ wäre danach auf Basis seiner unteren Explosionsgrenze von 6,0 Vol-% der

Gruppe L2 nach DIN EN378 zuzuordnen. Der Grenzwert beträgt hier 3,5 Vol-%. Damit würde es zur gleichen Gruppe wie Ammoniak (toxisch und brennbar) gehören und ist sicherheitstechnisch analog zu behandeln. Der zweite sicherheitstechnische Parameter spezifische Verbrennungswärme (also die bei einem Brand frei werdende Energie) beträgt 22 800 kJ/kg und liegt über dem für die Gruppe L2 willkürlich festgelegten Grenzwert von 19 000 kJ/kg. Damit wäre es wie R290 (Propan) in Gruppe L3 einzuordnen und an die Anlagenausführung sind sicherheitstechnisch höhere Anforderungen zu stellen, was auch die Kosten erhöht.

### 6. Bei Leckagen ändert sich die Gemischzusammensetzung in der Kälteanlage!

FALSCH, das Gemisch aus 60 Masse-% Ammoniak und 40 Masse-% Dimethylether ist ein azeotropes Gemisch (wie auch die Kältemittelgemische der R500er-Gruppe). Die Flüssig- und die Dampfphase haben bei gleicher Temperatur praktisch die gleiche Zusammensetzung. „schick R723“ kann somit wie ein Einstoffkältemittel behandelt werden.

### 7. Bei Leckagen reichert sich Dimethylether in der Raumluft an!

STIMMT NUR TEILWEISE, bei Leckagen in der Dampfphase tritt dampfförmiges Gemisch in der gleichen Zusammensetzung wie die des flüssigen Produktes aus und verteilt sich in der Luft. Aufgrund der unterschiedlichen relativen Dichten gegenüber Luft (Ammoniak ist leichter als Luft, Dimethylether ist schwerer als Luft) ist eine Gemischtrennung nicht auszuschließen. Wissenschaftliche Untersuchungen dazu sind noch nicht abgeschlossen.

Bei Leckagen ist für gute Entlüftung auch im Bodenbereich von geschlossenen Räumen zu sorgen (üblicherweise werden Maschinenräume mit  $\text{NH}_3$ -Anlagen nur an der Decke zwangsentlüftet). Geschlossene Maschinenräume sind wie bei Ammoniakanlagen durch einen Gassensor zu überwachen. Ein zusätzlicher Sicherheitsgewinn lässt sich durch niedrige Alarmwerte der Gassensoren erreichen.

Wird allerdings beim Entleeren von Kälteanlagen „schick R723“ wie bei Ammoniakanlagen üblich abgelassen und zur Absorption des Ammoniaks in Wasser eingeleitet, kann es aufgrund der großen Löslichkeitsunterschiede (Ammoniak 500 g/l, DME 70 g/l bei 15 °C) zur Anreicherung von DME über der Wasseroberfläche kommen und bei unzureichender Luftbewegung kann die untere Explosionsgrenze von 3,4 Vol-% überschritten werden.



Flüssigkeitskühlsatz der KWN Engineering-Gesellschaft (indirekte Anlage, Kältemittel „schick R723“, Kälteleistung 230 kW, Hauptkomponenten zwei Hubkolbenverdichter mit luftgekühltem Verflüssiger)

### 8. Hat „schick R723“ gegenüber R717 überhaupt Vorteile?

JA – „schick R723“ hat im Vergleich mit Ammoniak zwei wesentliche Vorteile

- die Löslichkeit für Mineralöle und die Verwendung synthetischer Öle bis zu tiefen Temperaturen und
- die um 15 – 20 Grad verringerte Verdichtungsendtemperatur nach dem Kompressor einschließlich der sich daraus ergebenden weiteren Vorteile für Verflüssigung und thermische Materialbeanspruchung.

### 9. Hat „schick R723“ im Vergleich mit Ammoniak Leistungsvorteile?

JA, unter realen Betriebsbedingungen wurde eine Verbesserung des COP-Wertes um bis zu 7 % bei 3 % höherer elektrischer Leistungsaufnahme nachgewiesen.

### 10. Kann man auch mit halogenierten Kältemitteln bestückte Kälteanlagen auf „schick R723“ umrüsten?

Nein – es dürfen in der Kälteanlage nur Komponenten eingesetzt werden, die vom Hersteller dafür zugelassen sind.

### 11. Welche Unterschiede bestehen im Vergleich mit einer Ammoniakanlage?

- 1.) Im Vergleich mit Ammoniak beträgt der umlaufende Volumenstrom der Dampfphase etwa 150 %, damit kommt man bei Kälteleistungen um 100 kW zu akzeptablen Leitungsquerschnitten und man verschiebt den praktikablen Anwendungsbereich von Ammoniak hin zu kleineren Anlagen, geeignet für Gewerbekälte und Wärmepumpen.
- 2.) „schick R723“ kann trocken verdampft werden, womit die Wärmeübergangskoeff-

fizienten im Verdampfer gesteigert werden können.

- 3.) „schick R723<sup>®</sup>“ hat eine größere Molmasse, damit einen kleineren Adiabatenexponenten (siehe Vorteil Verdichtungsendtemperatur!) und eine höhere volumetrische Kälteleistung (+9 % bei  $T_c = -40\text{ °C}$ ). Dafür wird eine elektrische Leistungsreserve des Verdichters von maximal 6 % benötigt.
- 4.) Ein zulässiger Verflüssigungsdruck von 26 bar (abs.) entspricht einer Verflüssigungstemperatur von 58,2 °C (für Ammoniak 59,7 °C).
- 5.) Ein um etwa 0,2 bar höherer Dampfdruck lässt Unterdruck in der Anlage und damit die Gefahr des Lufteinbruchs erst bei tieferen Temperaturen („schick R723<sup>®</sup>“ = -37 °C, R717 = -34 °C) entstehen.
- 6.) Der Quotient der Verdichtungsdruckverhältnisse  $\pi$  ist bei allen Verdampfungstemperaturen mit 0,88 - 0,94 kleiner als bei Ammoniak ( $\pi = 0,91 - 0,99$ ). Damit sind günstigere Bedingungen für Wirkungsgrad und Liefergrad zumindest für Hubkolbenverdichter (Bitzer) gegeben.
- 7.) Obwohl der Wärmeübergangskoeffizient von „schick R723<sup>®</sup>“ kleiner ist als der von Ammoniak, wird der Effekt besonders bei tiefen Temperaturen und hohen Wärmestromdichten durch die gegebene Öllöslichkeit kompensiert. Das hat Vorteile speziell für Hochleistungswärmetauscher und legt den Einsatz von Plattenwärmetauschern nahe.

## 12. Es kann nicht sein, dass „schick R723<sup>®</sup>“ nur Vorteile hat!

RICHTIG, aber gegenüber den Vorteilen sind die Nachteile für den Betrieb von Kälteanlagen ziemlich unwesentlich, z.B.

- die maximal zulässige Kondensationstemperatur ist um 1,5K kleiner,
- veränderte Stoffdaten wie spezifische Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Oberflächenspannung beeinflussen den Kältekreislauf nicht negativ.

## 13. Was ist beim Umrüsten bereits bestehender Ammoniakanlagen zu beachten?

Für im Umgang mit Ammoniak erfahrene Monteure bedeutet eine Umrüstung keinerlei Probleme. Es sind vorrangig die gleichen Werkstoffe einzusetzen, fallweise ist eine Prüfung der verwendeten Dichtungsmaterialien zu empfehlen (Quellung von Polymeren durch die Etherkomponente). Geeignet sind PTFE, Buna N, Aramidfaser AF400 und HN-



„Sico<sup>®</sup>-Test A“-Lecksuchmittel für NH<sub>3</sub>-führende Leitungen

Kältemittelfüllset zum problemlosen und vorschriftsmäßigen Befüllen von Kälteanlagen (Pos. 1 – Eckventil, Pos. 2 – Ringwellenschlauch, Länge: 2000 mm, Pos. 3 – Durchgangsventil, Pos. 4 – Stahlflasche 12,5l, Pos. 5 – Doppelmuffe 2 x W 21,8 x 1/14“ Innen, Pos. 6 – Übergangsstück Eingang: W 21,8 x 1/14“, Ausgang: G1/2“, Pos. 7 – Übergangsstück Eingang: W 21,8 x 1/14“, Ausgang: 7/16“ UNF

BR, bedingt geeignet sind Neoprene, Hypalon, Butylkautschuk und fluorierter Silikonkautschuk.

Durch den etwas höheren Dampfdruck öffnen thermostatische E-Ventile weiter und sind anzupassen (Nachstellen der Überhitzung, kleinere Düse). Bewährt hat sich die „TUA“-Reihe von Danfoss, eine stabile Überhitzungsregelung ist sicherzustellen.

Als Öle sind generell Mineralöle, Poly-alphaolefine und PAG-Öle unterschiedlicher Anbieter gegebenenfalls nach Konsultation mit dem Verdichterhersteller einzusetzen. PAG-Öle sind besonders gut mischbar aber chemisch und thermisch weniger stabil. Vor Inbetriebnahme mit dem neuen Kältemittel wird das Reinigen der Anlage empfohlen, da erfahrungsgemäß alte Ölrückstände und Abbauprodukte bei Kontakt mit „schick R723<sup>®</sup>“ gelöst und transportiert werden und damit mechanische Störungen an exponierten Stellen im Kältekreislauf programmiert sind.

## 14. Wie erfolgt der Nachweis bei Leckagen in der Anlage?

Die Lecksuche bei mit „schick R723<sup>®</sup>“ arbeitenden Anlagen beruht auf den empfindlichen Reaktionen des gasförmigen Ammoniaks. Wie im Falle von Ammoniak-

kälteanlagen können Undichtheiten im Kältekreislauf mit Lecksuchspray „Sico<sup>®</sup>-Test A“ lokalisiert werden.

„Sico<sup>®</sup>-Test A“ steht in umweltfreundlichen 0,5 l-Mehrwegflaschen zur Verfügung, bietet eine einfache Anwendung für alle Ammoniak führenden Systeme. In wässriger Lösung ist „schick R723<sup>®</sup>“ durch Färbung von Phenolphthalein- (rot) oder Lackmuspapier (blau) nachweisbar.

## 15. Durch die Verwendung von Stahl und das notwendige Schweißen wird die Installation einer Neuanlage teurer als Projekte unter Verwendung von fluorierten Kältemitteln!

RICHTIG, das ist der momentane „Stand der Technik“, der auch von gestandenen Kälteanlagenbauern vehement vertreten wird.

Im konkreten Fall einer Praxisanlage mit kurzen Kreisläufen wurden die Mehrkosten auf etwa 10 % geschätzt, für die Umrüstung eines Supermarktes von R22 auf „schick R723<sup>®</sup>“ anstelle R404A wurden Mehrkosten von 8 % errechnet. Durch die geringeren Betriebskosten tritt eine Amortisation innerhalb von 1 - 2 Jahren ein, für umweltbewusste Betreiber ist der ökologische Nutzen ein gewichtiges Argument, R404A hat beispiels-

weise ein Treibhauspotential von 3260 CO<sub>2</sub>-Äquivalenten!

#### 16. Sind alle Komponenten verfügbar?

JA, die meisten Hersteller von Komponenten für Ammoniakanlagen haben das Produkt frühzeitig getestet und können die gesamte Palette der für eine Kälteanlage mit „schick R723®“ als Arbeitsfluid erforderlichen Komponenten anbieten. Für die Arbeitssicherheit und den Arbeitsschutz sind stationäre und mobile Gaswarnanlagen, Masken, Filter, Schutzhandschuhe, Brillen, Dichtungen, Schilder, Rohrleitungskennzeichen und Lecksuchmittel bei Schick zu beziehen.

#### 17. Welche Kompressoren sind für „schick R723®“ geeignet?

Wie für R717 sind offene Hubkolbenverdichter einzusetzen, die Verdichterhersteller sollten vorab über den geplanten Einsatz informiert werden und beraten bei der Typauswahl. Zu den bevorzugt eingesetzten Kompressoren gehören Produkte der Anbieter Bitzer (Auswahl nach Rücksprache), Bock („F“-Serie „F3 NH<sub>3</sub>“ bis „F16 NH<sub>3</sub>“, „AM“-Serie nach Rücksprache), Frigopol (Trennhaubenverdichter „7-DLC-1,5“ bis „46L-DLD-13“) und Goeldner (Auswahl nach Rücksprache).

#### 18. Gab es politische und Umweltschutzgründe für die vollzogene Markteinführung von „schick R723®“?

JA, die Verwendung von Ammoniak und seinen Gemischen ist jetzt noch attraktiver als in der Vergangenheit, denn

- „schick R723®“ hat kein Ozonerstörungspotential und einen vernachlässigbaren direkten Treibhauseffekt.
- Ammoniak ist ein natürliches Produkt und wird innerhalb weniger Tage in der Natur im Stickstoffzyklus abgebaut, Dimethylether wird an der Luft oxydativ zu Kohlendioxid und Wasser zersetzt.
- immer mehr gesetzliche Regelungen schränken die Verwendung halogener Kältemittel ein, z.B. EU2037/2000 – Verwendungsverbot für R22 ab 2010; EU 842/2006 – F-Gase-Verordnung, Reduzierung von Emissionen aus stationären Kälteanlagen und Wärmepumpen; RL 40/2006 – Reduzierung von Emissionen aus Klimaanlagen von Kfz; Chemikalien-Ozonschichtverordnung 2006; Klimaschutzverordnung 2008, u.a. Limitierung von spezifischen jährlichen Kältemittelverlusten in Abhängigkeit von

Füllmenge und Baujahr.

- die für R22 angebotenen Alternativen wie R417A, R422D oder R427A haben zwar kein Ozonerstörungspotential, wirken aber aufgrund ihres höheren Treibhauspotentials bezogen auf die Klimaerwärmung nicht weniger sondern mehr umweltschädlich als das zu ersetzende R22. Mehrere europäische Länder (u.a. A, DK, CH) planen oder realisieren bereits gesetzliche Restriktionen für chlorfreie FKW und HFKW. So ist in Dänemark seit dem 1. Januar 2007 der Einsatz von HFKWs in Kälteanlagen mit einer Füllmenge über 10 kg verboten. Hinzu kommt die Besteuerung importierter HFKW abhängig von deren Treibhauspotential, die sich zum Beispiel auf 17,50 €/kg für R134a und 50,50 €/kg für R404A beläuft /11/.
- es gibt Überlegungen, die europäischen Verordnungen für fluorierte Gase nach einer Beobachtungsphase bis 2011 nochmals strenger zu fassen, um angestrebte Klimaziele nach 2012 sicherer erreichen zu können.
- Kohlendioxid (R744) erlebt gegenwärtig eine Renaissance in der Tiefkühlung, für die Hochtemperaturstufen von Kaskadenanlagen sind „schick R723®“ oder R717 die ideale Ergänzung /12/.

#### 19. Woher bekommt man Stoffdaten für „schick R723®“?

Thermodynamische und thermophysikalische Eigenschaften, log p-H-Diagramm, weiterführende Literatur, Sicherheitsdatenblatt, Betriebsanweisungen, Unfallmerkblatt für Straßentransport stehen in schriftlicher und elektronischer Form der Hersteller zur Verfügung ([www.schickgruppe.de](http://www.schickgruppe.de)). Vom Produktentwickler ILK GmbH Dresden sind zusätzlich Forschungsberichte und Stoffdaten-Berechnungsprogramme erhältlich ([www.ilkdresden.de](http://www.ilkdresden.de)). Auch im Kreislaufberechnungsprogramm des FKW Forschungszentrums für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH Hannover stehen die Stoffdaten von „schick R723®“ für die Auslegung verschiedener Kältekreisläufe bereit ([www.fkw-hannover.de](http://www.fkw-hannover.de)).

#### 20. Wie kann ich das Kältemittel erhalten?

Ursprünglich im ILK Dresden entwickelt und dort patentiert /13/, begann die Fa. Schick GmbH + Co. KG in Stuttgart im Sommer 2004 als Lizenznehmer mit der Herstellung und der Vermarktung im kommerziellen Maßstab. Eine Verletzung der patent- und

lizenzrechtlichen Regelungen würde neben einem erhöhten Sicherheitsrisiko auch rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

„schick R723®“ steht in ausreichender Menge zur Verfügung, das Kältemittel wird in Leih-Stahlflasche mit 6 kg oder 42 kg Inhalt angeboten, weitere Gebindegrößen und ein Füllset sind auf Anfrage möglich. Alle Gebinde und die Ventile besitzen eine Bauartzulassung, alle Ventile haben als Anschluss Außengewinde W 21,8 x 1/14“ LH nach DIN 477.

#### 21. Gibt es Referenzen für „schick R723®“?

JA – es gibt inzwischen Dutzende von Referenzanlagen, gerade für Kältesysteme mit geringen Füllmengen belegen neueste Verfahrensentwicklungen eine in der Vergangenheit mit Ammoniak als Kältemittel nicht erreichte energieeffiziente Fahrweise. Einen besonders erfolgreichen Weg beschreitet beispielsweise seit Jahren hier das österreichische Planungsbüro KWN Engineering GmbH aus Seekirchen ([www.kwn.at](http://www.kwn.at)), dessen erste großtechnische Anlage aus dem Jahr 2004 zeigt die Abbildung. Kompetente Ansprechpartner und umfangreiches Know-how findet der Interessierte auch unter /12, 14/.

**Ausblick** | Aufgrund der in letzter Zeit zunehmenden Anzahl von Veröffentlichungen und Fachvorträgen hat „schick R723®“ inzwischen bei allen Kältefachleuten, die offen und unvoreingenommen an Neuem in ihrer Branche interessiert sind, einen hohen Bekanntheitsgrad erlangt.

Die meisten seiner Eigenschaften sind im kältetechnischen Sinne besser als die des reinen Ammoniaks, mit „schick R723®“ lassen sich Neuanlagen auch mit kleineren Kälteleistungen unterhalb 100 kW realisieren. Besonders in diesem Leistungsbereich, der so genannten Gewerbekälte, in dem Ammoniak allein wegen seines geringen umlaufenden Volumenstromes und der daraus resultierenden ungünstigen Rohrleitungsquerschnitte nicht effektiv einsetzbar ist, wird „schick R723®“ verstärkt angewendet werden und auch massiv in die Phalanx der halogenierten Kältemittel eindringen können.

Die umfangreichen Literaturangaben findet der interessierte Leser im Internet unter [www.kka-online.info](http://www.kka-online.info).