



Dipl.-Ing. Christoph Jung, Prokurist und Bereichsleiter Industriekälte in der Firma YORK International GmbH, Mannheim.

Ammoniak ist dank seiner hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften sowie aufgrund seiner ökologischen Unbedenklichkeit ein sehr gut geeignetes Kältemittel.

Die Erfahrungen mit Ammoniak-Kälteanlagen reichen bis in die 50er Jahre des letzten Jahrhunderts zurück.

Nach dem Bekanntwerden der umweltschädigenden Einflüsse der sogenannten „Sicherheitskältemittel“ erfreut sich Ammoniak nunmehr seit einigen Jahren zunehmender Beliebtheit. Man sollte allerdings nicht außer Acht lassen, daß es Gründe gab, die „Sicherheitskältemittel“, z. B. R 11, R 12, R 22 zu erfinden, um damit in verschiedenen Anwendungsfällen die bis dahin verwendeten Kältemittel, wie SO₂ oder Ammoniak abzulösen. Zu diesen Gründen zählten die gesundheitsschädlichen Eigenschaften dieser Arbeitsstoffe. Ammoniak ist sowohl giftig als auch ätzend und bedarf daher, trotz der Unbedenklichkeit hinsichtlich eventueller Umwelteinwirkungen, besonderer Aufmerksamkeit in bezug auf die unbeabsichtigte Freisetzung dieses Arbeitsstoffes. Im folgenden sollen Ansätze zur Reduzierung der Risiken diskutiert werden.

Fortschrittliche sicherheitstechnische Lösungen für kleine und große Ammoniak-Kälteanlagen

Christoph Jung, Mannheim

Wie sieht eine typische Ammoniak-Kälteanlage aus und wo ergibt sich Verbesserungspotential bei dem Bau einer solchen Anlage, um eine maximale Sicherheit für Ihren Betrieb zu gewährleisten?

Abb. 1 zeigt dazu den schematischen Aufbau einer Kompressionskälteanlage anhand eines Prinzipfließbildes. Hauptkomponenten sind:

- Verdichter mit Antriebsmotor,
- Verflüssiger,
- Verdampfer,
- sowie in der Regel, z. B. bei Schraubenverdichtern, einen fast immer vorhandenen Ölkühler.

Damit man einmal eine Vorstellung bekommt, welche Größenordnungen an Anlagen angesprochen sind, sollen hier auch die typischen Leistungsbe- reiche und einige Kenndaten von Ammoniak-Kälteanlagen angegeben werden, wobei es sich allerdings um grobe Orientierungswerte handelt.

Was muß nun unternommen werden, um eine solche Ammoniak-Kälteanlage in bezug auf die Freisetzung des Kältemittels möglichst sicher zu gestalten? Grundsätzlich lassen sich dazu 4 Themenschwerpunkte einkreisen:

- Havarierisiko minimieren,
- Füllmenge minimieren,
- betriebliche Leckagen minimieren,
- Havarieauswirkungen minimieren.

Die Gliederung des nun folgenden Fachbeitrages ergibt sich anhand der vorgenannten Themenschwerpunkte.

Havarierisiko minimieren

Unter dieser Überschrift können alle Maßnahmen zusammengefaßt werden, die dazu beitragen, daß das Risiko eines plötzlichen Lecks, z. B. eines Leitungsbruchs, so klein wie möglich gehalten wird. Wesentliche Maßnahmen dazu sind:

Einhaltung bestehender Vorschriften
Eigentlich ist dieser Punkt eine Selbst-

Abb. 1 Prinzipfließbild einer Kompressionskälteanlage. Der Kälteleistungsbereich erstreckt sich von ca. 50 kW bis etwa 5000 kW, die entsprechende Antriebsleistung von 10 kW bis ca. 1000 kW. Die Temperaturspreizung liegt zwischen -60 °C und +100 °C. Die Kältemittelfüllmengen variieren von 5 kg bis ca. 3000 kg.

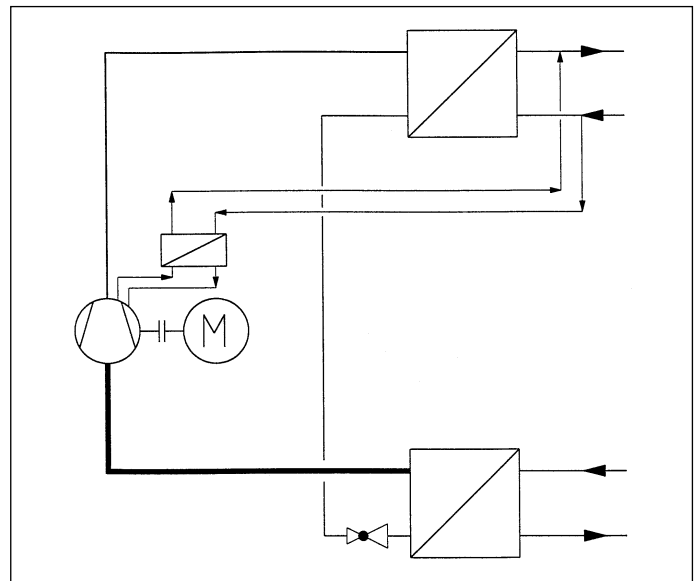




Abb. 2 Fehlerhafte Ausführung einer Schweißnaht. Die Mängelanalyse ergibt: Einbrandkerbe, Wurzelbindefehler, ungenügende Durchschweißung.

verständlichkeit. Das bestehende Regelwerk ist umfangreich, detailliert und in der Regel unmißverständlich. Geeignete Werkstoffe sind gelistet, Wandstärken sind genormt bzw. für Behälter und Wärmetauscher eindeutig sicher berechenbar.

In der Vergangenheit ist sicherlich der Korrosionsschutz von isolierten Leitungen ein kritisches Thema gewesen. Bei mangelhafter Ausführung konnte es dazu kommen, daß isolierte Leitungen durch Kondenswasser-Diffusion von außen korrodierten, Mindestwandstärken unterschritten wurden und so Leckagen aufgetreten sind. Bei Anwendung der heutigen gültigen Regelwerke für Isolierungen sind diese Risiken allerdings stark minimiert worden. Die ordnungsgemäße Bauausführung und deren Prüfung kann unter Umständen immer wieder ein Problem sein. Abb. 2 zeigt dies am Beispiel einer Rohrleitungsschweißnaht, die während einer Routine-Überprüfung an einer im Bau befindlichen Kälteanlage entdeckt wurde. Deutlich sind die Mängel, wie z. B. Einbrandkerben, Wurzelbindefehler, ungenügende Durchschweißung etc., zu erkennen. Die Naht ist absolut mangelhaft. Maßnahmen gegen einen solchen Pfusch können zum Beispiel sein:

- Einsatz von etablierten Firmen bei der Rohrleitungsmontage.
- Vorlegen von Schweißerzeugnissen und Probeschweißungen.
- Ausreichende Röntgenprüfung.
- Ständige sachkundige Überwachung der Schweißer durch einen Bauleiter des Auftraggebers.

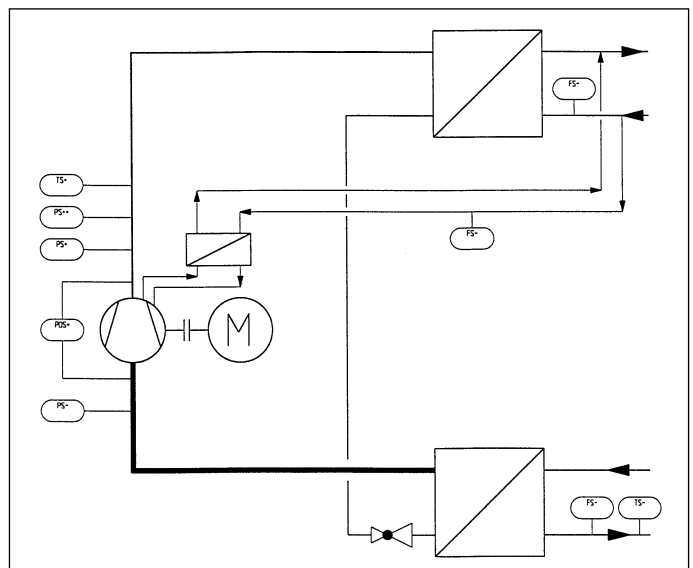
Des weiteren dürfte außer Zweifel stehen, daß natürlich das Risiko schlechter Schweißnahtqualität bei einer fabrikmontierten Kälteanlage, die mit bekanntem Personal unter optimalen Arbeitsbedingungen erstellt wird, wesentlich geringer ist als bei einer Vor-

Ort-Montage mit eventuell fremden oder wechselnden Schweißern.

Eine Selbstverständlichkeit ist natürlich, daß unzulässig hohe Drücke und Temperaturen im Kältekreislauf vermieden werden müssen. In Abb. 3 sind

die üblicherweise in einem Kältekreislauf vorhandenen Sicherheitsgeräte eingetragen. Sie sollen dafür sorgen, daß weder eventuell installierte Sicherheitsventile zum Ansprechen kommen, noch daß im Extremfall sogar der

Abb. 3 Sicherheitsgeräte im Kältemittelkreislauf verhindern unzulässig hohe Drücke und Temperaturen.



Berstdruck der Bauteile des Kältekreislaufes überschritten wird. Als sicherheitstechnisch vorteilhaft hat sich erwiesen, bei den heute üblichen elektronischen Steuerungen mindestens die Überdrucküberwachung des Kälteverdichters separat, unabhängig von der Mikroelektronik auszuführen, um in jedem Fall ein sicheres Abschalten zu gewähren.

Ein komfortables Merkmal moderner Schraubenverdichtersteuerungen ist eine sogenannte Lastabwurf-Regelung, die dafür sorgt, daß bei zu hoch anwachsenden Kondensationsdrücken – z. B. bei fehlender Wärmeabfuhr im Verflüssiger – die Leistung der Maschine kontinuierlich zurückgefahren wird, bevor die Anlage über eine Störabschaltung stillgesetzt wird oder gar Sicherheitsventile ansprechen.

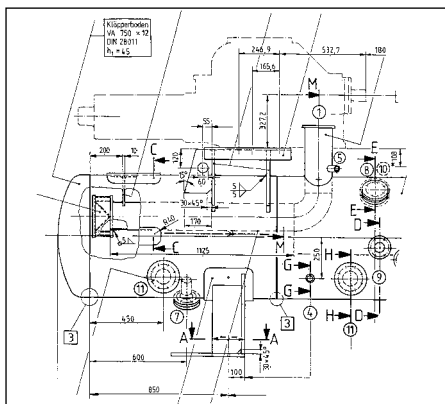
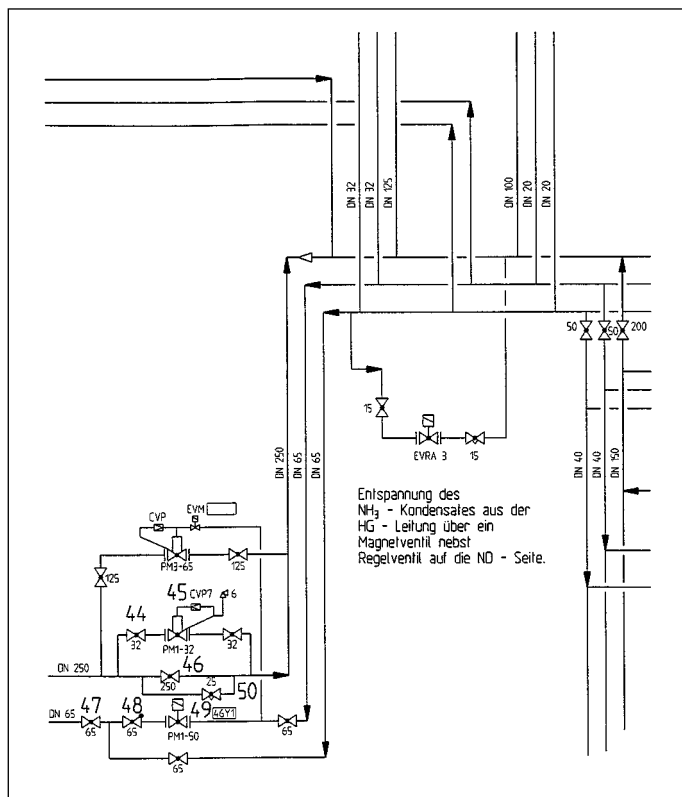


Abb. 5 Schwingungen vermeiden. Durch den Einbau eines Pulsationsdämpfers im Ölabscheider lassen sich am Beispiel eines Schraubenverdichters (Werkzeichnung YORK) sowohl die Schwingungsstärke als auch die Lärmentwicklung reduzieren.

Flüssigkeitsschläge können trotz ordnungsgemäßer Installation von Sicherheitsschaltgeräten dazu führen, daß un-

Abb. 4 Flüssigkeitsschläge vermeiden. Das Anlagenschema stellt dar, wie die Möglichkeit NH₃-Kondensatbildung während der Standzeit eliminiert werden kann.



ter Umständen kurzfristig sehr hohe Drücke in Leitungsteilen auftreten und diese zum Bersten bringen können. Insbesondere ergibt sich dieses Risiko bei Heißgasaleitungen in größeren Kälteanlagen, z. B. in der Lebensmittelproduktion, wenn sich in diesen Leitungen bei Nichtbetrieb derselben NH₃-Kondensat bildet. Abb. 4 zeigt eine der Möglichkeiten zu Eliminierung dieses Risikos. Auch Schwingungen können dazu führen, daß es in ungünstigen Fällen zu Leckagen bzw. Leitungsabbrissen mit plötzlicher Kältemittelfreisetzung kommt. Als besonders vorteilhaft zur Bekämpfung dieser Schwingungen hat

es sich erwiesen, diese möglichst nahe an ihrem Entstehungsort zu eliminieren oder zu reduzieren. Abb. 5 zeigt dieses am Beispiel eines Schraubenverdichtersatzes. Durch Einbau eines Pulsationsdämpfers im Ölabscheider konnte bei den YORK-Schraubenverdichtersätzen sowohl die Schwingungsstärke als auch die Lärmentwicklung extrem gesenkt werden.

Füllmenge minimieren

Einen ganz wesentlichen Ansatz zur Erhöhung der Sicherheit einer Kälteanlage stellt die Minimierung des Kältemittelfüllgewichtes dar. Zunächst

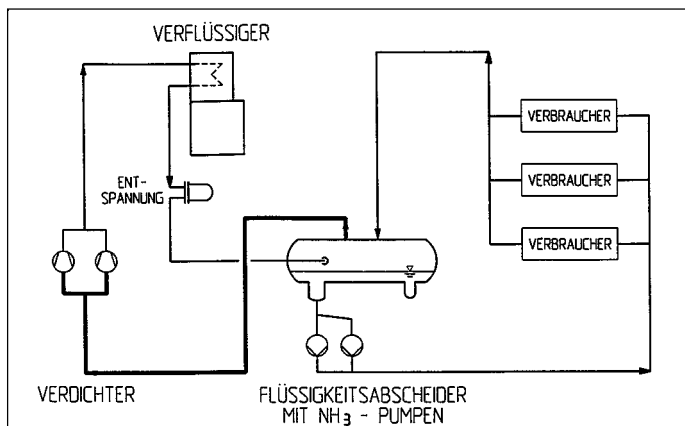


Abb. 6 Schematische Darstellung eines Fließbildes der direkten Kühlung.

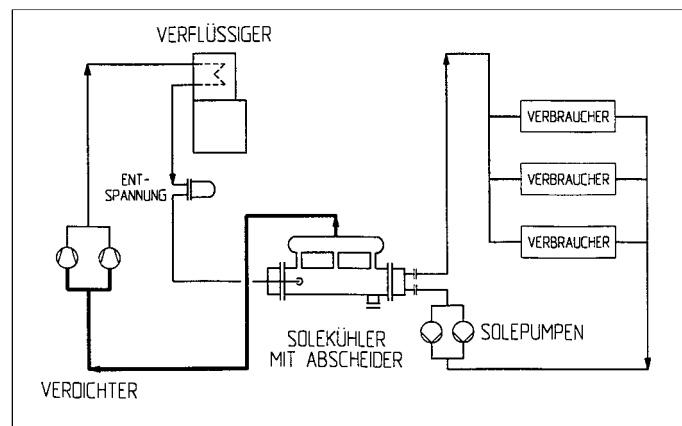


Abb. 7 Schematische Darstellung eines Fließbildes der indirekten Kühlung.

entscheidet sich dabei mit der Wahl zur Ausführung der Anlage als direktes oder indirektes System, ob die Anlage eher eine große oder kleine Füllmenge haben wird. Abb. 6 und 7 zeigen die schematischen Darstellungen einer direkten bzw. indirekten Kühlung. Bei der direkten Kühlung werden die Verbraucher direkt mit dem Kältemittel versorgt, während bei der indirekten Kühlung der Kältemittelumlauf auf einen relativ kleinen kompakten Kältekreislauf begrenzt bleibt und die Verbraucher durch Zwischenschaltung eines Wärmetauschers über einen Kälte­träger mit Kälte versorgt werden. Beide Ausführungsarten sind üblich, als Beispiel sei eine Kunst­eisbahn genannt. Es gibt Anlagen, bei denen die

Eisfläche direkt durch Kältemittel, welches durch die Pistenberohrung geleitet wird, gekühlt wird, als auch Anlagen, bei denen dies durch einen Kälte­träger, wie z. B. Ethylenglykolsole geschieht. Gründe gibt es für beide Ausführungsarten.

Für das direkte System sprechen die geringeren Erstellungskosten sowie vor allem ein wesentlich niedrigerer Energieverbrauch, für das indirekte System sprechen vor allem die wesentlich niedrigere Kältemittelfüllmenge als auch zum Beispiel eine einfachere Überwachung auf Leckagen des Kreislaufes. Die Mehrkosten von indirekten Systemen betragen, je nach Dimensionierung der Wärmeaustauscher, 10–20 %. Der Energiemehraufwand

des indirekten Systems beträgt, sehr stark abhängig von den gewählten Wärmetauscherdimensionen und Auslegungstemperaturen, ca. 20 %. Dieser Energiemehraufwand ergibt sich durch die zusätzlichen Temperaturdifferenzen, die bei einer Zwischenschaltung eines Wärmetauschers erforderlich werden sowie den höheren Aufwand, die Kälteenergie durch Kälte­trägerpumpen zu den Verbrauchern zu befördern. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist eindeutig das indirekte System die bevorzugte Variante, jedoch sollte nicht außer Acht gelassen werden, daß gerade hierbei ja aus ökologischer Sicht durch den Energiemehrverbrauch erhebliche Nachteile entstehen und ja gerade die Wahl des Kältemittels Ammoniak aus ökologischen Gründen getroffen wird. Neben der grundsätzlichen Entscheidung, das System als direktes oder in-

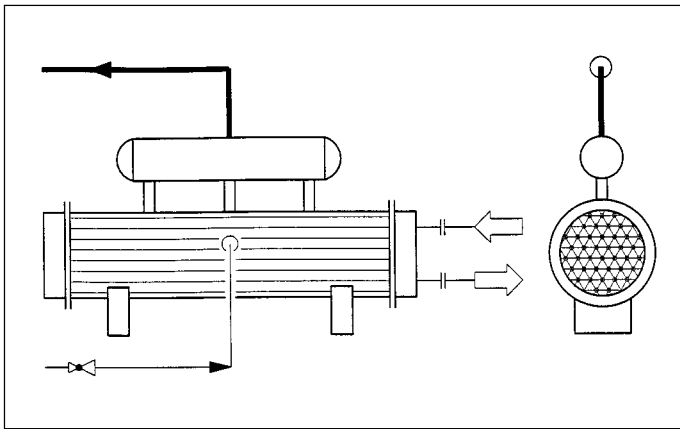


Abb. 8 Konventioneller Bündelrohrverdampfer. Kältemittel umspült die Kälte­träger führenden Rohre.
Vorteil: betriebssicher und praktisch bewährt. Hermetische Trennung bei gleichzeitiger mechanischer Zugänglichkeit.
Nachteil: Hohe Füllmenge, große Abmessungen.

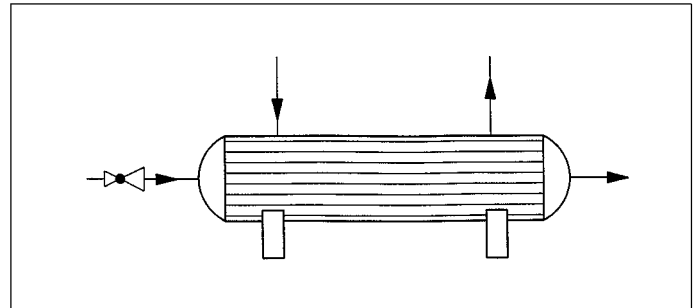


Abb. 9 Einspritzverdampfer. Kältemittel durch die Rohre, Kälte­träger umspült die Rohre.
Vorteil: kein Abscheider erforderlich, extrem hohe Kälteleistung je kg Kältemittel (bis zu 40 kW/kg bei Einsatz von Spezialwerkstoffen und NH₃-löslichem Öl.)
Nachteile: Leistungen begrenzt, keine mechanische Zugänglichkeit kälte­trägerseitig.

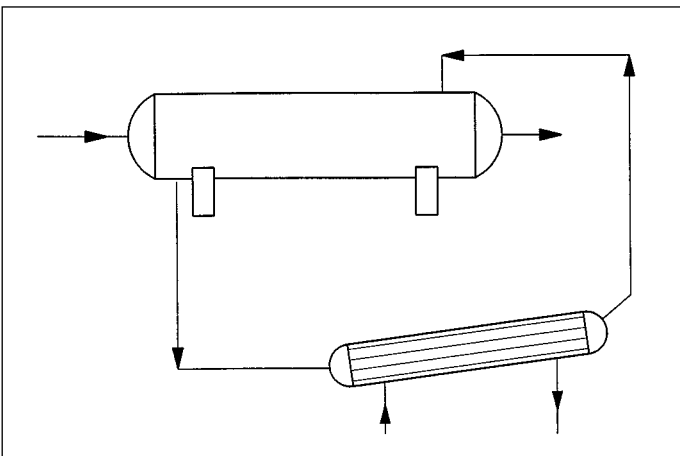


Abb. 10 Bündelrohrverdampfer im Thermosyphonbetrieb. Kältemittel in den Rohren, Kälte­träger um die Rohre. Anwendung jedoch meistens beschränkt auf Sonderfälle.

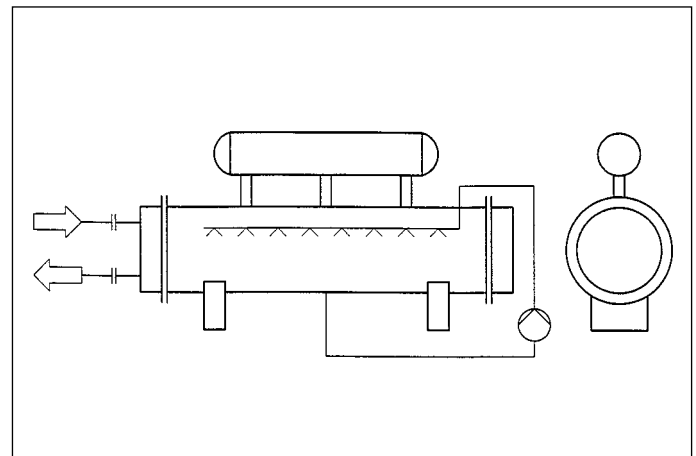


Abb. 11 Bündelrohrverdampfer als Rieselapparat. Kältemittel umspült die Kälte­träger führenden Rohre. Gegenüber dem konventionellen Bündelrohrverdampfer ein Vorteil, da geringere Kältemittelfüllmenge. Kein Siedeverzug. Jedoch relativ aufwendige Konstruktion, Anwendung in speziellen Sonderfällen.

direktes System auszuführen, gibt es noch eine Reihe weiterer Möglichkeiten, die Kältemittelfüllmenge gering zu halten. Betrachtet man die einzelnen Komponenten eines Kältekreislaufes, stellt man fest, daß es insbesondere die Verdampfer und Pumpenbehälter sowie Abscheider sind, in denen sich der Hauptanteil des in der Anlage notwendigen Kältemittels befindet.

Für die Verdampferauswahl ergeben sich eine Reihe von Forderungen:

- Maximale Kälteleistung je kg Kältemittelfüllung, d. h. hoher Wärmeübergang/geringe Kältemittelfüllung.
- Hermetische Trennung der Medien, d. h. zum Beispiel dichtungslos eingeschweißte Wärmetauscherrohre.
- Betriebssicherheit.
- Zugänglichkeit der Kälteträgerseite.
- Preis.
- Druckverlust kälteträgerseitig niedrig.
- Geringe Baugrößen.

Die heute üblichen Verdampferbauarten erfüllen die o. g. Forderungen in unterschiedlichem Maße. Sie seien im einzelnen kurz vorgestellt:

Abb. 8 zeigt den in größeren Anlagen sehr weit verbreiteten Bündelrohrverdampfer mit Kältemittel um die Rohre und Kälteträger durch die Rohre. Dieses Design hat sich als extrem betriebssicher praktisch bewährt. Besonders vorteilhaft ist es, daß die Medien gleichzeitig hermetisch getrennt als auch die Kälteträgerseite (Rohre) sogar mechanisch zugänglich sind. Nachteil in sicherheitstechnischer Sicht ist allerdings die recht hohe Kältemittelfüllmenge dieser Ausführungsart.

Abb. 9 zeigt einen Bündelrohrverdampfer, der für die sogenannte „trockene“ Verdampfung ausgeführt ist. Der Kälteträger befindet sich im Mantelraum, das Kältemittel in den Rohren. Hierdurch ist allein schon durch die Geometrie das Füllvolumen um ein Vielfaches kleiner als bei dem sogenannten „überfluteten“ Verdampfer im oben genannten Beispiel. Durch die Art des Betriebes mit Expansionsventil ist kein Abscheider erforderlich, und es ergibt sich je kg Kältemittelfüllung eine extrem hohe Kälteübertragungsleistung. Bei Einsatz von Spezialwerkstoffen und NH₃-löslichem Öl kann diese Leistung bis zu 40 kW je kg Kältemittelfüllmenge betragen. Auch bei diesem Design sind die Medien hermetisch dichtungslos getrennt, allerdings ist der Wärmeträgeraum praktisch nicht mechanisch, zum Bei-

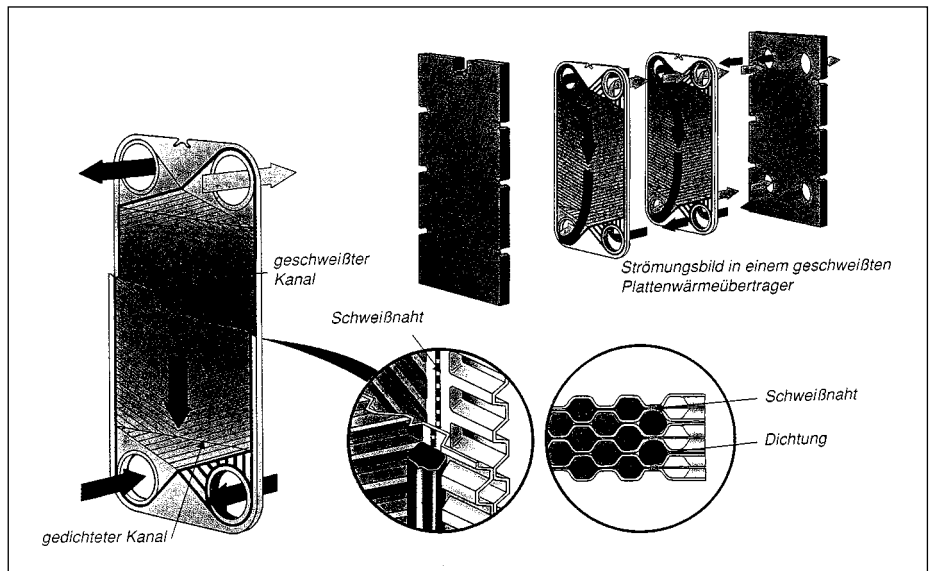


Abb. 12 Konstruktive Darstellung eines Plattenwärmeaustauschers.
 Vorteile: Kompakte Bauausführung, geringe Kältemittelfüllmenge.
 Nachteile: Abscheider (noch?) erforderlich, (noch) keine hermetische Trennung der Medien, Dichtungen vorhanden, keine Zugänglichkeit der Kälteträgerseite.

spiel zum Reinigen zugänglich. Die Übertragungsleistungen dieser Bauart sind begrenzt.

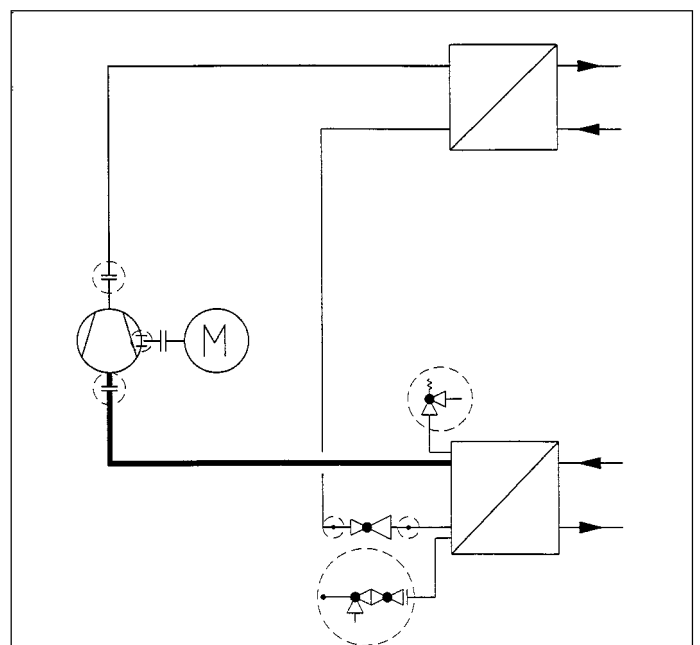
Abb. 10 zeigt eine Kombination der beiden zuvor gezeigten Beispiele: Den Bündelrohrverdampfer im Thermosiphonbetrieb. Das Kältemittel befindet sich auch hier in den Rohren der Verdampfer, wird allerdings auch „überflutet“ gefahren. Es ist kein Expansionsventil vorhanden, allerdings ist ein Abscheider mit entsprechendem Verrohrungsaufwand etc. notwendig.

Abb. 11 zeigt einen Bündelrohrver-

dampfer in ähnlicher Ausführung wie den überfluteten Apparat aus Abb. 8. Anstatt den Apparat jedoch „gefütet“ zu betreiben, wird über eine Kältemittelpumpe und Sprühdüsen ständig nur eine geringe Kältemittelmenge über die Wärmetauscherrohre verrieselt und so die Füllmenge extrem niedrig gehalten. Die Lösung ist relativ aufwendig, jedoch in bezug auf das Füllvolumen sehr günstig.

Plattenwärmetauscher werden für verschiedene Einsatzzwecke auch in der Kältetechnik, zum Beispiel als Ver-

Abb. 13 Prinzipfließbild einer typischen NH₃-Kälteanlage. Darin hervorgehoben typische Dichtungsstellen im Kältekreislauf. Z. B. Sicherheitsventile, Entölungseinrichtungen.



dampfer, eingesetzt. Abb. 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines geschweißten Kassetten-Plattenwärmeübertragers, bei dem jeweils paarweise die Wärmeaustauscherplatten miteinander verschweißt sind und sich so die Notwendigkeit von kältemittelseitigen Dichtungen auf die kreisförmigen Verbindungsstücke zwischen den einzelnen Kassetten beschränkt. Vorteil dieser Bauart ist eine extrem niedrige Kältemittelfüllmenge bei hohem spezifischem Wärmeübergang bzw. übertragbarer Kälteleistung. Außerdem weisen die Wärmeaustauscher eine sehr kompakte Bauart aus. Nachteil für Ammoniak-Kälteanlagen ist zum einen der bis heute in der Regel noch notwendige Kältemittelabscheider, d. h. die Wärmeaustauscher werden als „überfluteter“ Verdampfer im Thermosiphonbetrieb gefahren, als auch das weitere die Notwendigkeit von Dichtungen.

Es gibt Sonderbauarten, die voll verschweißt sind, oder aber auch bei denen – anders als bei dem hier gezeigten Fließbild – die Führung der

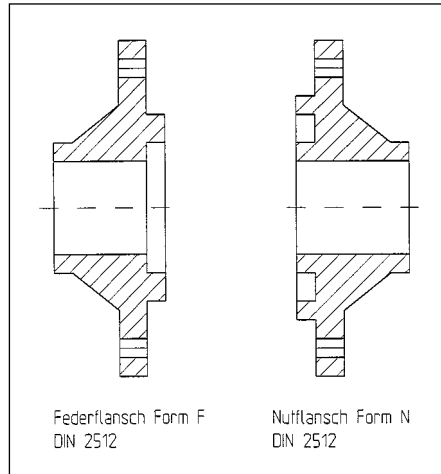


Abb. 14 DIN-Flansche mit Nut und Feder dienen einer Erhöhung der Anlagensicherheit.

Medien nicht in Querrichtung zu den einzelnen Platten, sondern parallel zu den einzelnen Platten erfolgt, so daß die beschriebenen Nachteile zum Teil eliminiert werden können. In der Regel sind Plattenwärmeaustau-

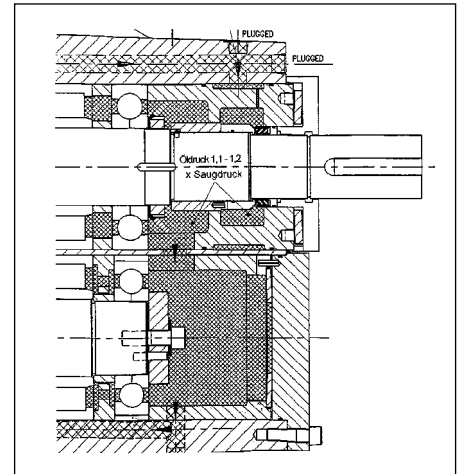


Abb. 15 Doppelte Gleitringdichtung, hier am Beispiel einer Propan-Kälteanlage mit mehreren tausend kW Kälteleistung dargestellt.

scher nicht wie Bündelrohrapparate mechanisch ohne Auseinandernehmen zwecks Reinigung zugänglich. Die beschriebenen Sonderbauarten ohne Dichtungen sind zudem relativ teuer.

Minimierung von betrieblichen Leckagen

Abb. 13 zeigt zunächst noch einmal das anfänglich dargestellte Prinzipfließbild einer typischen Kälteanlage. In diesem sind die üblicherweise vorhandenen Dichtungsstellen im Kältekreislauf beispielhaft dargestellt. Es handelt sich dabei u. a. um Flanschverbindungen zum Einbau verschiedener Komponenten, Sicherheitsventile, die Entlungeinrichtungen sowie die bei offenen Kältemittelverdichtern vorhandenen Gleitringdichtungen zur Abdichtung der Wellendurchführung aus dem Verdichtergehäuse.

Betriebliche Leckagen können nun durch verschiedene, an den genannten Stellen getroffenen Maßnahmen minimiert werden. Grundsätzlich sind die Dichtungen weitestgehend zu vermeiden, d. h. man strebt an, zum Beispiel sämtliche Absperrventile als Einschweißarmaturen einzusetzen und Wärmetauscherbauarten zu verwenden, die vollständig verschweißt sind. Grenzen für den Einsatz von Einschweißarmaturen ergeben sich allerdings, zum Beispiel insbesondere in explosionsgefährdeten Bereichen, wenn Armaturen oder andere Maschinenteile ohne Schweißarbeiten ausgebaut werden sollen.

Einen weiteren Schritt zur Erhöhung der Dichtheit und Anlagensicherheit stellt die Verwendung von genormten

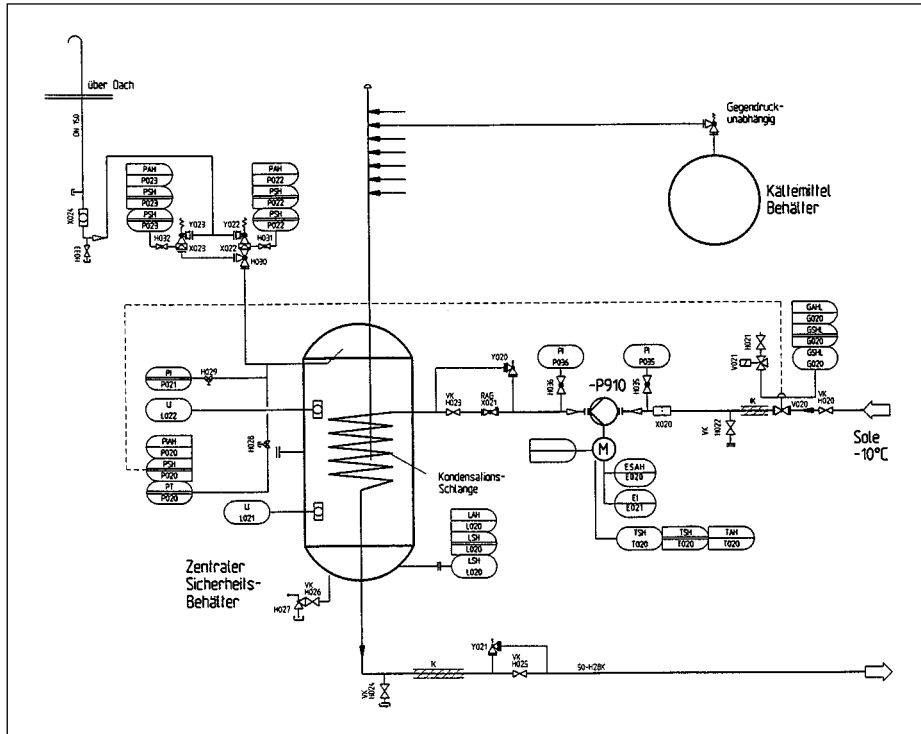


Abb. 16 Sondersicherheitskonzepte für eine größere Prozeßkälteanlage. Sämtliche Behälter und Wärmetauscher werden über ein gegendruckunabhängiges Sicherheitsventil auf einem zentralen Sicherheitsbehälter abgesichert.

DIN-Flanschen mit Nut und Feder dar, wie sie in Abb. 14 dargestellt sind. Bei ordnungsgemäßem Einbau dieser Flansche – in der Regel inzwischen mit abstreifen Dichtungen – ist eine Leckage an solchen Normflanschen

extrem unwahrscheinlich und in der Praxis nicht relevant. Die Verbindungen können als sicher angesehen werden. Nachholbedarf bezüglich dieses Themas dürfte sich allerdings bei diversen Standard-Bauteilen ergeben,

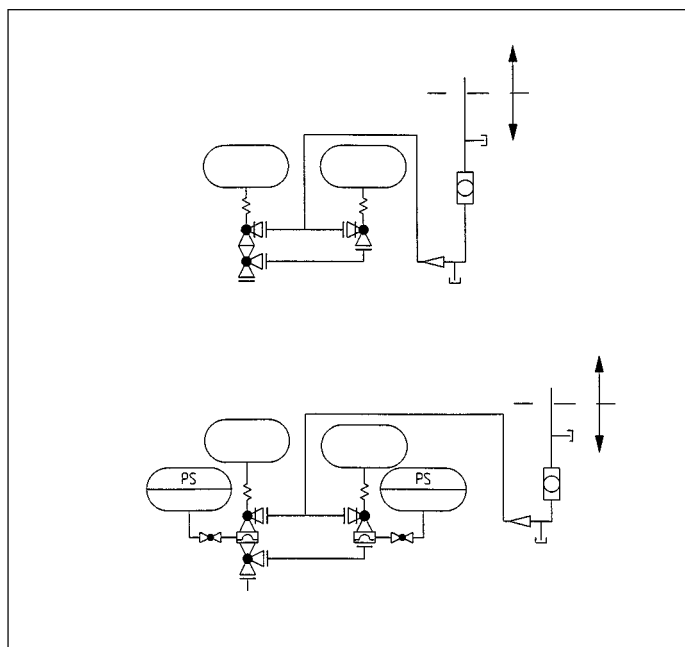


Abb. 17 Der zusätzliche Einbau von Berstscheiben vor den Sicherheitsventilen stellt eine erhöhte Sicherheitsmaßnahme dar.

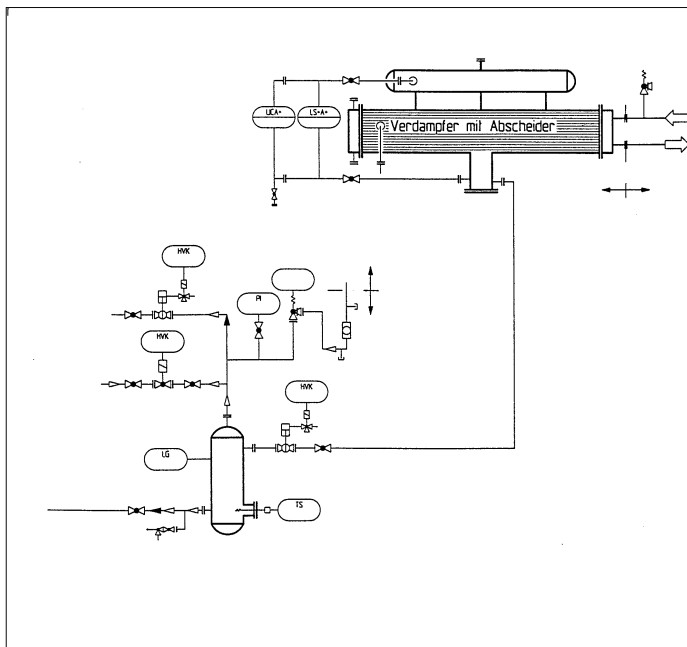


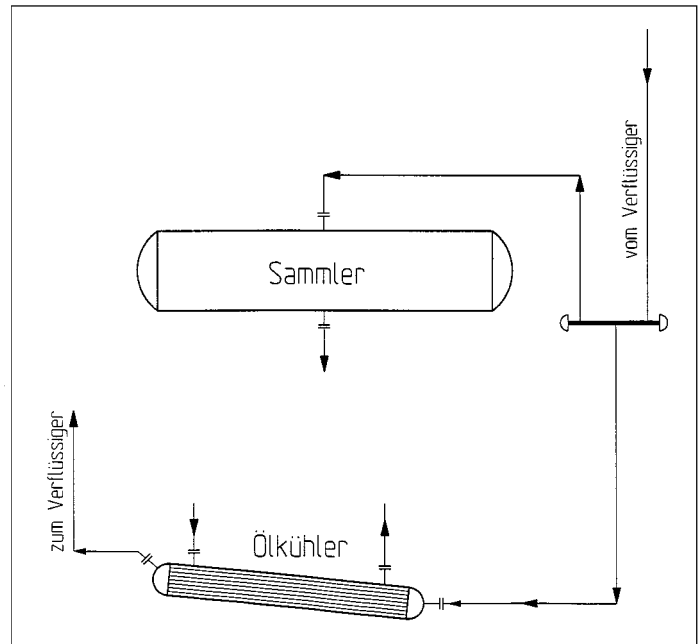
Abb. 18 Automatische kreislaufinterne Ölrückführung. Das sich während des Betriebs im Verdampfer vom Kältemittel trennende Öl kann so problemlos zum Verdichter zurückgeführt werden.

die mit zum Beispiel Ovalflanschen ausgeführt heute immer noch geliefert werden.

Gleitringdichtungen an Kältemittelverdichtern stellen aus meiner Sicht an modernen Maschinen keinerlei Sicherheitsrisiko dar. Die Abdichtung erfolgt zwischen Öl, welches unter einem in etwa 1,1–1,2fachen Saugdruck im Inneren der Maschine steht, und der Umgebung. Bei einer Fehlfunktion der Gleitringdichtung macht sich diese rechtzeitig nach und nach durch erhöhte Leckagemenge von Öl, welches aufgefangen wird, bemerkbar. Im Öl enthaltene Kältemittelspuren können durch die Gassensoren im Maschinenraum detektiert werden. Ein plötzliches Austreten von größeren Kältemittelmengen ist unwahrscheinlich und in der Praxis selten. Die Entwicklung von hermetischen Ammoniak-Verdichtern zumindestens außerhalb des Kleinkältebereiches stellt aus unserer Sicht keine wünschenswerte bzw. vorteilhafte Perspektive dar.

Für extreme Anforderungen kann eine doppelte Gleitringdichtung eine Alter-

Abb. 19 Kältemittelgekühlter Ölkühler.



native zur herkömmlich eingesetzten Gleitringdichtung sein. Abb. 15 zeigt eine solche Dichtung am Beispiel einer

Propan-Kälteanlage mit einer Kälteleistung von mehreren tausend kW und entsprechender Antriebsleistung. Die

„kW“-Unsicherheit beseitigen!

In KK 3/97, Seite 212, plädierte Dipl.-Ing. Ottó Saigi, Sachverständiger für Kälte- und Klimaanlage in Budapest, dafür die „kW“-Kennzeichnung zu reformieren. Damit z. B. bei der „kW“-Kennzeichnung die Motorleistung nicht mit der Kälteleistung verwechselt werden kann. Saigi schlägt differenzierende Leistungskennzeichnungen vor:

- für die Kälteleistung: **kWR** (R = Refrigerant),
- für die Heizleistung: **kWh** (H = Heat),
- für die Elektroleistung: **kW** (also keine Änderung).

Wer nimmt den Ball auf, hatte KK gefragt und die Aufnahme einer Diskussion angeregt. Dipl.-Ing./Wirt.-Ing. Heinz-Ulrich Sundermann (Iserlohn) hat die Anregungen von Herrn Saigi aufgegriffen und meldet sich auch mit einem zusätzlichen Diskussionsbeitrag und den folgenden Zeilen zu Wort:

„Den Vorschlag von Herrn Dipl.-Ing. Ottó Saigi zur Reformierung der „kW“-Kennzeichnung möchte ich un-

terstützen und für eine entsprechende Änderung votieren. Ergänzend hierzu möchte ich auf eine gleichartige Problematik bei der Angabe des Druckes in **bar** aufmerksam machen. Auch bei der Angabe des Druckes muß immer wieder nachgefragt werden, ob es sich um den absoluten Druck oder den Überdruck handelt. Diese Nachfrage ist immer notwendig bei der Diskussion des Verdampfungs- bzw. des Kondensationsdruckes im Zusammenhang mit Serviceeinsätzen, Inbetriebnahmen und dergleichen. Diese Unsicherheit bei derartigen Diskussionen, z. B. mit den Monteuren, schleicht sich immer wieder ein, weil auf den Anlagen-Manometern der Druck oft als Überdruck und in Kältemitteltabellen als Absolutdruck angegeben ist.

Um dieser Unsicherheit zu begegnen, verwende ich bei meinen Darstellungen und Diskussionen seit einiger Zeit folgende Terminologie:

bara = Druckangabe auf Absolutdruckbasis;

barü = Druckangabe auf Überdruckbasis.

Anmerkung der KK: Herr Sundermann hat die von ihm angewandte Vorgehensweise zur „Begriffsklarheit“ bereits in Fach- und Kollegenkreisen diskutiert und überwiegend positive Reaktionen erfahren. KK meint, man sollte die von den Kältefachleuten Saigi (Budapest) und Sundermann (Iserlohn) zur Diskussion gestellten Anregungen nicht einfach nach dem Lesen „ad acta“ tun. Sicherlich haben diejenigen (vorerst) auch recht, die einwenden werden, daß derart vorgeschlagene Änderungen im Moment keinerlei Aussicht haben, in internationalen Normungsgremien Eingang zu finden. Ist das so? Warum eigentlich nicht „jetzt erst recht“? Was ist schon endgültig? Der Stand der Technik jedenfalls nicht! KK hofft jedenfalls, daß die Diskussion über die Saigi/Sundermann-Vorschläge jetzt erst richtig einsetzt. Nach Möglichkeit auch in der KK. Der nötige Raum hierzu wird zur Verfügung gestellt.

P. W.

doppelte Gleitringdichtung ermöglicht es, durch Überwachung des Zwischenraumes zwischen den beiden Gleitringdichtungsteilen rechtzeitig ein Leck zu erkennen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Das Bild entstammt einem Anlagenkonzept für eine Anwendung in der Petrochemie. Die Anwendung eines solchen Systems für normale Ammoniak-Kälteanlagen erscheint aus heutiger Sicht als nicht erforderlich und unakzeptabel aufwendig.

Sicherheitsventile können durch falschen Einstellwert, Korrosion oder andere Fehlfunktionen zu einem unerwünschten Kältemittelaustritt führen. Als eine der Maßnahmen dagegen kann es angesehen werden, die Sicherheitsventile grundsätzlich nicht vorzusehen, das einschlägige Regelwerk sieht nur für ganz bestimmte Voraussetzungen den zwingenden Einbau von Sicherheitsventilen vor.

Ein weiterer Sicherheitsgewinn entsteht durch den Einbau der Ventile als Wechselventil-Kombination. Hierbei ist in der Regel über ein Wechselventil nur ein Ventil freigeschaltet. Im Störfall kann problemlos von dem defekten Ventil auf das Reserveventil ein entweichen von Kältemittel gestoppt werden.

Eine wesentliche Erhöhung der Anlagensicherheit entsteht durch die Verwendung von gegendruckunabhängigen Sicherheitsventilen, die im Gegensatz zu den standardmäßigen Sicherheitsventilen nicht nach außen in die freie Atmosphäre abblasen, sondern in einen Behälter niedrigerer Druckstufe, z. B. vom Verflüssiger oder Sammler in den Mitteldruckbehälter oder Verdampfer einer Kälteanlage. Abb. 16 stellt ein Sondersicherheitskonzept für eine große Prozeßkälteanlage dar, in welcher sämtliche Behälter und Wärmetauscher der Kälteanlage über ein gegendruckunabhängiges Sicherheitsventil auf einen zentralen Sicherheitsbehälter abgesichert werden. Im Ansprechfall eines der Überströmventile wird sofort ein im Sicherheitsbehälter befindlicher Wärmetauscher mit Kaltsole beaufschlagt, um die eintretenden Kältemittelgase zu kondensieren und in dem Behälter aufzufangen. Nur im extremen Störfall des Versagens aller Sicherheitseinrichtungen kann über das an dem Sicherheitsbehälter angebaute Sicherheitsventil Ammoniak in die Atmosphäre entweichen.

Abb. 20 Flüssigkeitskühler Typ SC, Fabrikat YORK, ausgerüstet mit Mikroprozessorsteuerung und Bündelrohrverdampfer für Kältemittel-Direktexpansion.



Abb. 17 stellt noch eine weitere Variante zur Erhöhung der Sicherheit dar: Durch Einbau von Berstscheiben vor den Sicherheitsventilen wird zum einen eine bessere Abdichtung dieser Schnittstelle zur Umgebung bewerkstelligt, zum anderen wird sofort bei Ansprechen der Berstscheibe bzw. des Sicherheitsventils über einen Druckschalter eine Alarmierung mit entsprechender weiterer Abfolge von Sicherheitsmaßnahmen eingeleitet. Natürlich können auch vor den Sicherheitsventilen Druckschalter mit niedrigerem Ansprechdruck installiert werden, die bei Ansteigen der Betriebsdrücke rechtzeitig entsprechende Maßnahmen und Alarmierungen veranlassen.

Entölungsstellen von z. B. Verdampfern stellen bei unsachgemäßer Handhabung ein gewisses Sicherheitsrisiko von Ammoniak-Kälteanlagen dar. Zwar sind standardmäßige Entölungsventile so ausgerüstet, daß sie nur durch ständige Anwesenheit des Bedienpersonals offengehalten werden können, jedoch ist dies durch relativ einfache Maßnahmen (Fleischerhaken, Schweißdraht etc.) auch zu umgehen, und es kann passieren, daß bei zu langem Offenhalten der Entölungsventile nicht nur Öl, sondern auch Kältemittel in erheblicher Menge aus einer Anlage entweichen kann.

Eleganteste Lösung zur Vermeidung dieses Problems ist es, Handentölungen an Kälteanlagen grundsätzlich zu vermeiden. Dies kann über grundsätzlich zwei Wege geschehen: Bei Anlagen mit trockener Verdampfung, z. B. mit Einsatz von ammoniaklöslichem

Kältemittelöl, ist keinerlei Entölung erforderlich. Das Öl wird automatisch zum Verdichter zurückgeführt und muß nicht aus der Anlage entnommen werden.

Die andere Alternative – in der Regel für größere Anlagen – ist eine automatische kreislaufinterne Rückführung, wie sie z. B. in Abb. 18 dargestellt ist. Mit einer solchen beispielhaft hier gezeigten Einrichtung kann während der Anlagenlaufzeit das sich z. B. im Verdampfer vom Kältemittel trennende Öl problemlos zum Kälteverdichter zurückgeführt werden, ohne daß es ein Risiko bezüglich der Freisetzung von Öl oder Kältemittel an die Umgebung gibt.

Minimierung von Havarieauswirkungen

Zum Schluß soll noch auf weitere Maßnahmen hingewiesen werden, die dafür sorgen, daß im Falle des eventuell doch auftretenden Leckagefalles die Auswirkungen des Freisetzens von Ammoniak so gering wie möglich gehalten werden können.

Zunächst sei hier noch einmal auf die Füllmengen-Minimierung verwiesen, d. h. geringe Füllmenge bedeutet auch eine relativ geringe Auswirkung bei Freisetzen der Kältemittelfüllung.

Eingangs wurde schon erwähnt, daß in der Regel Schraubenverdichteranlagen mit Ölkühlern ausgestattet sind. Grundsätzlich lassen sich Leckagen an Wärmetauschern nie ganz für die Lebensdauer einer Anlage ausschließen. Die Erhöhung der Sicherheit kann an einem Ölkühler dadurch erreicht wer-

den, daß dieser nicht kühlwasserbeaufschlagt, sondern kältemittelgekühlt ausgeführt wird, wie das auf Abb. 19 dargestellt ist. Bei der Thermosiphonölkühlung wird die Energie nicht direkt an das Kühlwasser abgegeben, sondern über verdampfendes Kältemittel auf Kondensationsdruckniveau an den Verflüssiger und von dort zusammen mit der übrigen Verflüssigungswärme der Kälteanlage an die Umgebung.

Auffangwannen stellen vor allem bei Kompaktkälteaggregaten, oder aber auch z. B. unter Anlagenkomponenten mit größeren Füllmengen, z. B. einem Abscheider, eine sinnvolle Sicherheitsmaßnahme dar. Obwohl das Ammoniak bei Umgebungstemperatur eigentlich verdampfen würde, ist bei größeren Flüssigkeitsansammlungen wegen der extrem großen Verdampfungsenthalpie nicht mit einem vollständigen Verdampfen des Kältemittels zu rechnen, d. h. es kann in der Tat, und das haben Versuche, z. B. bei der BASF, eindrucksvoll bewiesen, flüssiges Kältemittel mit sehr einfachen Mitteln in Wannen aufgefangen und durch Abdeckung, z. B. mit einer Plastikplane oder Löschschaum, unschädlich gemacht werden.

NH₃-Sensoren sind heute bei größeren Anlagen fast zur Normalität geworden. Durch Einbau von Sensoren im Kälte-träger- und Kühlwasserkreislauf, in den Abblaseleitungen der Sicherheitsventile und in der Maschinenraumventilation können diverse mögliche Leckagen rechtzeitig entdeckt und entsprechen-

de Maßnahmen eingeleitet werden. Fernbetätigbare Absperrarmaturen sind ein Hauptdiskussionspunkt mit Aufsichtsbehörden und TÜV-Sachverständigen in diversen BlmSch-Zulassungsverfahren. Grundsätzlich können die Armaturen dazu beitragen, bei Leckagen im Kältekreislauf das Kältemittel in unbeschädigten Anlagenteilen zurückzuhalten. Nachteilig ist jedoch der relativ hohe Kostenaufwand, und insbesondere bei der Montage solcher Armaturen in der Saugleitung von Kältemittelpumpen der physikalische Nachteil in bezug auf das störungsfreie Ansaugen von flüssigem Kältemittel dieser Pumpen. Des weiteren sei hier darauf hingewiesen, daß es im Schadensfall natürlich extrem darauf ankommt, die richtigen Armaturen zu schließen und nicht durch die Falschsteuerung solcher Armaturen eventuell das Havarierisiko oder das Schadensmaß noch zu erhöhen.

Last not least soll natürlich erwähnt werden, daß ein geschultes Betriebspersonal, das Vorhandensein von Notfallausrüstung, ausreichender klarer und richtiger Dokumentation sowie Gefahrenpläne etc. ein ganz wesentlicher Bestandteil der Vorsorgemaßnahmen für eventuelle Unfälle mit dem Kältemittel Ammoniak darstellen.

Zusammenfassung

Verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit von Ammoniak-Kälteanlagen wurden in diesem Fachbeitrag vorgestellt. Läßt man einmal alle weiteren Aspekte neben der Sicher-

heit außer Acht, wie z. B. Kosten, Energieverbrauch, etc., ließe sich eine sicherheitstechnisch optimal gestaltete Kälteanlage wie folgt darstellen:

Die Anlage ist als Kompaktunit ausgeführt, sie ist mit einem Hochleistungsverdampfer, der mit trockener Verdampfung arbeitet, ausgestattet und weist einen quasi dichtungslosen Kältekreislauf ohne Sicherheitsventile auf. Sie ist mit einer intelligenten, z. B. Mikroprozessorsteuerung ausgerüstet und wird in einer Fabrik mit dokumentierten Qualitätssicherungsverfahren produziert. Abb. 21 zeigt als Beispiel einen YORK-Schraubenverdichter-Flüssigkeitskühler, der die wesentlich genannten Merkmale aufweist. Neben diesem Ausführungsbeispiel sind auch weitere Möglichkeiten denkbar:

- Kolbenkaltwassersatz mit trockener Verdampfung,
- luftgekühlte Schrauben-Kaltwassersätze mit trockener Verdampfung,
- Schrauben-Kaltwassersätze mit Plattenwärmeaustauschern und trockener Verdampfung,
- Schrauben-Kaltwassersätze mit überfluteten Verdampfern,
- diverse Sonderbauarten nach Kundenspezifikation.

Ammoniak ist ein aus ökologischer und technischer Sicht hervorragend geeignetes Kältemittel. Seit über 100 Jahren werden sichere Ammoniak-Kälteanlagen gebaut. Auch erhöhte, an den heutigen Stand der Sicherheitstechnik angepaßte Anforderungen stellen für die Hersteller und Betreiber kein unüberwindbares Hindernis dar.

„Das Klima für Welterfolge“

Frischen Wind in die Bauwirtschaft bringt die INTERCLIMA vom 3. bis 8. November in Frankreich. Auf dem neuen Messegelände in Paris-Nord Villepinte warten rund 1200 Aussteller aus aller Welt mit neuen Produkten und interessanten Dienstleistungen auf. Die internationale Fachmesse für Heizungs-, Klima- und Kältetechnik kann neben einem Feuerwerk der Innovationen auch noch auf die Zugkraft der weltgrößten Baufachmesse BATIMAT pochen, die zu gleicher Zeit auf dem Expo-Gelände an der Porte de Versailles stattfindet.

1997 verzeichnet die INTERCLIMA einen erneuten Zuwachs ihrer Netto-Standfläche um satte 15 Prozent. Die internationalen Anbieter kommen

vorwiegend aus dem benachbarten Italien, aus Deutschland, England, Belgien und Spanien. Mittlerweile wachsen aber auch die Standflächen weiter entfernter Länder. Den 1997 doppelt stark vertretenen Ausstellern aus den USA, aus Israel und Fernost haben wohl auch die großangelegten Werbemaßnahmen zusätzlich eingeheizt.

Im Herzen der 84 000 Quadratmeter großen INTERCLIMA gibt es aber nicht nur technisch innovative Produkte zu sehen, sondern auch gestalterische Neuheiten, die mit einem der „Trophées du Design“ ausgezeichnet wurden. Der interessierte Besucher kann sich bei rechtzeitiger Voranmeldung einen rund 80 Seiten starken, kosten-

losen Messeführer schicken lassen, der über die Wettbewerbe, über die Aussteller und über die Belegung der Hallen informiert.

Die INTERCLIMA in Paris-Nord Villepinte ist immerhin auf fünf Hallen verteilt. Allein die umfangreiche Klima- und Lüftungstechnik füllt schon über zwei Hallen (1 bis 3) aus. Aus Platzmangel hatte man vor sechs Jahren die INTERCLIMA umquartiert.

Die INTERCLIMA gilt als internationales Barometer dieser Entwicklungen, und für manchen Aussteller ist sie das beste Sprungbrett auf den Weltmarkt. Infos: I. M. F. in Düsseldorf (Ilona Wohra), Cecilienallee 76, 40474 Düsseldorf, Tel. (02 11) 45 08 83, Fax (02 11) 4 38 07 68.