

Ein ausgezeichnetes Kältemittel liegt so nahe

Mangelndes Wissen ist das größte Hindernis für eine verbreiterte Verwendung von Ammoniak

Anders Lindborg, Viken, Schweden

Wenn Kältetechniker über das Kältemittel Ammoniak diskutieren, dann meist deshalb, um dessen Leistungsfähigkeit und Wirkungsgrad mit anderen Kältemitteln zu vergleichen. Dabei ist Ammoniak in der Regel die beste Alternative, sofern die Rahmenbedingungen, das Kühlgut sowie die Raumtemperaturen die gleichen sind.

Wichtige Eigenschaften

Es existiert nun vielfach die Auffassung, daß Ammoniak im Vergleich zu seinen Wettbewerbs-Kältemitteln Fluorkarbone und Frigene für „gefährlich“ einzustufen ist. Ammoniak ist eines der wenigen Gase, das leichter ist als Luft (Tabelle 1). Ausströmende Flüssigkeit strömt deshalb auf die Erde und ein Teil bildet ein Aerosol, das mit der Luftfeuchtigkeit eine weiße Wolke bildet, also zu einem Schwergas wird. Bedingt durch die ausströmende

Menge pro Zeiteinheit sowie durch Wind und Temperatur werden die Tropfen verdampft und das schwere Gas geht in ein Leichtgas über. Dieser Übergang kann einige Meter entfernt von der Leckage stattfinden, den charakteristischen Geruch kann man jedoch in mehreren hundert Metern Entfernung noch wahrnehmen.

Das Gas wird verdünnt und strebt empor. Es ist nicht einfach, die Gaskonzentration in einer gewissen Entfernung zur Leckage zu berechnen, weil die ausströmende Flüssigkeit von Flüssigkeits-spray in Schwergas und von Schwergas in Leichtgas übergeht (Bild 1). Praktische Erfahrungen mit ausströmender Flüssigkeit (0,5 kg/s) haben gezeigt, daß die Geruchsempfindung in Windrichtung (100–200 m) schnell abnimmt und das die Stärke des Geruchs innerhalb von weni-

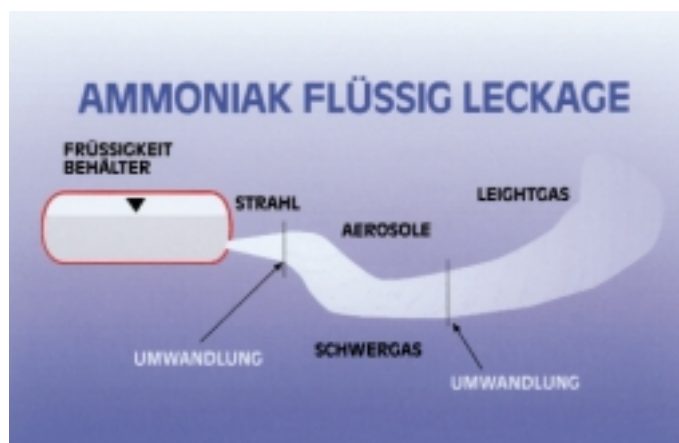
zum Autor

Anders Lindborg,
M. Sc. Mech.
Eng. Ammonia
Partnership AB,
Viken,
Schweden



gen Sekunden von praktisch nicht wahrnehmbar bis hin zu stark (100–300 ppm) wechselt. Wie die Strudel eines Wasserlaufs wird das in der Luft verdünnte Ammoniakgas in Windrichtung rechts und links geschleudert.

Bild 1



Im Falle einer Leckage ist es tatsächlich Gas – nicht Flüssigkeit oder Aerosol – das aus der Kälteanlage eines Gebäudes ausströmt. Die Konzentration auf die Umgebung kann mit genügender Genauigkeit berechnet werden. Demzufolge kann man durch verschiedene Maßnahmen Unannehmlichkeiten für unmittelbar betroffene Personen verhindern:

Tabelle 1

GASE LEICHTER ALS LUFT

Wasserstoff	H ₂	0,07
Helium	He	0,14
Methan	CH ₄	0,55
Ammoniak	NH ₃	0,59
Flussäure	HF	0,59
Neon	Ne	0,70
Blausäure	HCN	0,93
Kohlenmonoxid	CO	0,97
Stickstoff	N ₂	0,97

- Richtig ausgeführte Belüftung, Ausflußmenge, Aufstellungsort, Gasgeschwindigkeit, Verbreitung und Verdünnung.
- Das Gas mit Wasser abbürsten.
- Das Gas in Behälter mit Wasser lösen.
- Katalytische Verbrennung des Gases und besonders der Gase, die aus Sicherheitsventilen entweichen.

Das älteste Kältemittel

Moderne nach der Druckbehälterverordnung ausgeführte Kältesysteme gehen nicht kaputt. Auch nicht infolge einer äußeren physischen Beschädigung, weil dies durch die Vorgaben der Verordnung vorausgesehen wird – abgesehen von

Erfahrung mit Gefahr

Das Maß der Gefahr hängt davon ab, wo sich eine Person beim austreten von Ammoniak befindet, was in Bild 3 deutlich gemacht wird. Innerhalb des inneren Kreises mit einem Abstand von rund 20 m sind Leute zu Schaden und auch umgekommen. Innerhalb des zweiten Kreises, zirka 200 m, wurden Leute dem Gas und dem charakteristischen Geruch des Ammoniaks ausgesetzt und haben sich sehr unbehaglich gefühlt, wurden vielleicht von Panik ergriffen, bleibende Schäden wurden jedoch nicht gemeldet. Der dritte Kreis von 1500 m hat den Abstand, der bei einer Evakuierung als notwendig erachtet wird, wenn in Verbindung mit einer Rettung und Unfallsanierung mit großen Behältern (über 10 Tonnen) umgegangen wird.

Folglich ist es also das Betriebs- und Servicepersonal, das am direktesten einer Gefahr, ausgehend vom Kältemittel Ammoniak, ausgesetzt ist. Deshalb schützt sich ein vernünftiger Servicemann auch durch die Verwendung eines Overalls, von Handschuhen und einer Maske mit Gasfilter bei Arbeiten am System.

Kälteanlagen sind keine großen Lagertanks, sondern Systeme, bestehend aus mit Rohren verbundenen Komponenten und in verschiedene Arbeitsbereiche unterteilt. Im „schlimmsten Leckagenszenario“ und unter Berücksichtigung der hohen Verdampfungswärme des Ammoniaks bedeutet das, daß die Kältemittelfüllung aus einem Kältesystem niemals komplett austreten kann, sondern im Höchstfall etwa 30 % der Füllung. Mit modernen Leckdetektoren und automatischen Absperrvorrichtungen wird die austretende Menge vermutlich viel geringer und eine Leckage dauert eher Minuten als Stunden.

Bild 2



Große Verdampfungswärme

Im Vergleich mit anderen Stoffen hat Ammoniak eine große Verdampfungswärme, die nur bei Wasser höher liegt (Bild 2). Dies macht es möglich, die ausgelaufene Ammoniakflüssigkeit in einem Becken zu sammeln, die dann zu frieren beginnt, weshalb sie auch nicht in den Erdboden eindringen kann. Die Flüssigkeit in dem Becken kann in ein Wasserbecken oder in ein Druckgefäß gepumpt werden. Somit kann das Ammoniak aufbewahrt und eine umfassende Verdampfung verhindert werden. Es ist nicht ratsam, Wasser auf Ammoniakflüssigkeit zu spritzen. Wenn dies dennoch geschieht, wird Energie zugeführt, was eine kräftige Verdampfung zur Folge hat.

Es muß unbedingt vermieden werden, daß flüssiges Ammoniak auf einem Maschinenraumboden unkontrolliert in einen Abfluß strömt. Dies könnte zu Schäden im Klärwerk führen oder im Wasser lebende Organismen bedrohen. Verhindert werden kann dies durch eine manuell zu öffnende Senkgrube.

Die hohe Verdampfungswärme des Ammoniaks macht es schwer, kleine kältetechnische Systeme von wenigen kW zu bauen. Die Strömung innerhalb des Systems wird zu schwach, außerdem müssen die Komponenten sehr klein dimensioniert werden. Dennoch ist eine Tendenz hin zu kleineren Systemen zu verzeichnen.

direkter Sabotage. Gleiches gilt auch für Röhren und Behälter.

Ein Defekt fängt in der Regel mit einem kleinen Loch und anschließendem Geruch an. Es kann Wochen oder Monate dauern, dieses Loch zu finden. Ein Szenario über explodierende Druckbehälter ist aber ein Hirngespinnst von Leuten, die keine Kenntnis von Ammoniakkältesystemen haben. Rohrbrüche oder explodierende Druckbehälter können dadurch vermieden werden, indem man die Vorschriften akzeptiert und befolgt. Dagegen können Bedienungs- und Serviceleute selbstverständlich Fehler machen, die zu einer Leckage führen, weshalb Ammoniak auch schon in mehrere Unfälle verwickelt wurde. Dennoch ist dieses Kältemittel seit 1876 in Gebrauch, seit 125 Jahren also, und gelegentliche Leckagefälle waren in diesem langen Zeitraum nicht auszuschießen.

Bild 3





Bild 4

können. Die Kälteindustrie verwendet vielleicht 300 000 Tonnen jährlich in Zehntausenden von Ammoniakkälteanlagen, von denen wiederum nur sehr wenige Probleme oder Gefahren verursachen.

Schauergeschichten

Dies alles weist darauf hin, daß es mehr Vor- als Nachteile für die Verwendung von Ammoniak als Kältemittel gibt. Leider gibt es eine Menge von unvermeidlichen Schauergeschichten, die vorzugsweise auf den scharfen Geruch fokussieren. Ammoniak ist aber das einzige und auch ehrlichste Kältemittel, das durch seine Anwesenheit warnt, dies viel früher, ehe eine gefährliche Gaskonzentration erreicht wird (Tabelle 2). Im Gegenteil haben sich bei anderen Kältemitteln in den letzten Jahren, beispielsweise in den nordischen Ländern, mehrere Todesfälle verursacht durch Sauerstoffmangel ereignet, so beim Einsatz von R 22 in Schiffen. Negative Ansichten werden in der Kältebranche von denjenigen angeführt, die Ammoniak als eine Bedrohung erleben und diese Ansichten beruhen auf Unwissenheit. Nur „explosiv“ und „giftig“ zu sagen ist einfach, aber sichere Kältesysteme zu machen erfordert Kenntnis. Gewöhnlich wird her-

Feuergefährlichkeit

Ammoniak ist nicht als ein „feuergefährlicher“ Stoff eingestuft (Bild 4) und kann ohne Zündquelle im Freien nicht brennen. ASHRAE¹ stuft Ammoniak in die Gruppe B2 „niedrige Brennbarkeit“ ein. In geschlossenen Räumen kann Ammoniak brennen, vorausgesetzt die Konzentration beträgt ca. 20 Volumenprozent. Allerdings ist es schwer, Ammoniak anzuzünden. Ein Brand in Räumen mit einer hohen Konzentration von 15 bis 28 Volumenprozent dauert nur Sekunden, weil die Sauerstoffmenge schnell verbraucht wird. Man kann einen Brand aber verhindern, indem man die Vorschriften durch Einsatz der richtigen Belüftung befolgt, um das Zustandekommen einer brennbaren Konzentration zu verhindern. Zündquellen sind bekannt und können eliminiert werden. So hat eine standardverkapselte Elektroausrüstung Ammoniak in einem Maschinenraum bislang noch nicht entflammt. Außerdem kann sich kein Mensch in einem Raum mit einigen Volumenprozent Ammoniak ungeschützt aufhalten, und selbst im Falle eines Ammoniakbrandes wird sich ein gelernter Feuerwehrmann zu schützen wissen.

Produktion von Ammoniak

Ammoniak ist wie Wasser ein natürlicher Stoff und unser Leben ist wahrhaftig von Ammoniak abhängig. Beispielsweise recycelt die Erde während eines Jahres als Ergebnis von Gewitter, Vermoderung, Bakterien und Harn von Menschen sowie Säugetieren zwischen 1 und 3 Mrd. Tonnen Ammoniak völlig natürlich (Bild 5). Gut 100 bis 120 Mio. Tonnen werden jährlich für Dung und Dünger direkt oder indirekt in der Landwirtschaft produziert. Ohne Ammoniak würde unsere Erde eine wachsende Bevölkerung nicht ernähren

AMMONIAK GAS PHYSIOLOGIE	
4 — 20 ppm	GERUCHSSCHWELLE, UNGEFÄHRlich
30 — 50 ppm	CHARAKTERISTISCH, UNGEFÄHRlich
300 — 400 ppm	UNANGENEHM, UNGEFÄHRlich
700 — 1000 ppm	ERTRÄGLICHKEITSGRENZE, VERLETZUNGEN NACH 30 MIN
BEI HÖHERER KONZENTRATION	UNMITTELBARE VERLETZUNGEN

Tabelle 2

¹ American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers

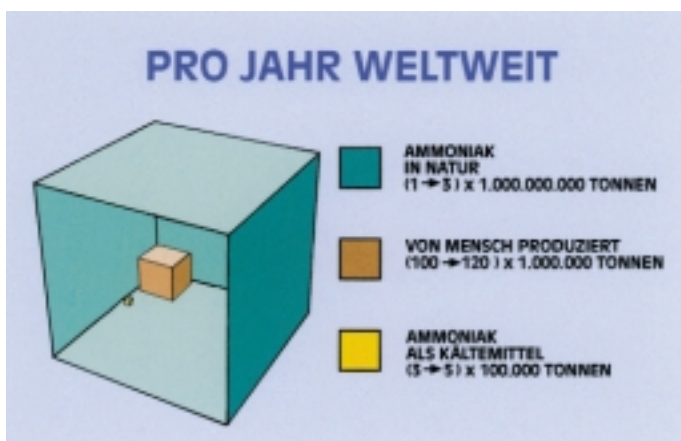


Bild 5

vorgehoben, daß Kupfer nicht verwendet werden kann und somit geschweißt werden muß. Abgesehen von einer möglichen Korrosion haben Stahlrohre im Vergleich mit Kupfer aber ebenso gute Eigenschaften für kompakte Systeme. Und auch die Korrosion ist für Ammoniakkältesysteme kein Problem, die mit rostfreiem Stahl ausgeführt werden.

Nachlässigkeit und Unkenntnis

Kältesysteme werden nach strengen Regelwerken, Normen, Gesetzen, Verordnungen und anderen technischen Regeln

konstruiert. Außerdem handeln die meisten Montage- und Servicefachleute sowie das Bedienpersonal fachkundig und verantwortungsvoll. Bei selten vorkommenden Leckagen mit Ammoniak beruhen diese auf der Nachlässigkeit und Unkenntnis des Bedienungs- und Servicemannes bei der Arbeit direkt an dem System. Dem kann durch eine gezielte Ausbildung vorgebeugt werden, und es ist wünschenswert, daß jeder, der entweder in der Projektierung oder direkt mit Ammoniak arbeitet, seine Kompetenz dokumentiert nachweisen kann.

Die Zukunft

Die Kälteindustrie ist weltweit stark engagiert, voll- und teilhalogenierte Kohlenwasserstoffe FCKW/H-FCKW² durch die neuen HFKW-Kältemittel³ zu ersetzen. HFKWs spielen in der

² FCKW sind „harte Frigene“, H-FCKW „weiche Frigene“, beide mit Einfluß auf die Ozonschicht und den Treibhauseffekt.

³ HFKW sind Kohlenwasserstoffe ohne Chlor und ohne Einfluß auf die Ozonschicht aber mit Einfluß auf den Treibhauseffekt.

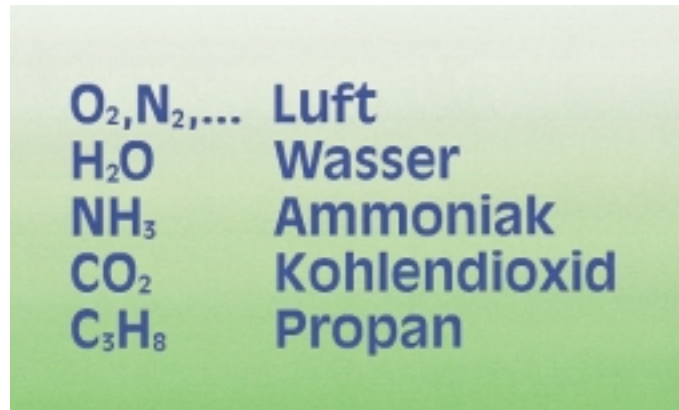


Bild 6

Übergangszeit eine wichtige Rolle, haben aber als Mischungen klare Begrenzungen. Ein Ersatz für HFKWs zu finden ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten, weshalb die Kälteindustrie sich nach anderen Lösungen umsehen muß. Natürliche Kältemittel wie Luft, Wasser, Ammoniak, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffe bieten diese Alternativen. Außerdem sind all diese Kältemittel als einfache Moleküle aufgebaut (Bild 6).

Die alternative Technik mit indirekten Systemen bringt es mit sich, daß Ammoniaksysteme mit kleinen Füllmengen ausgeführt werden können. Es gibt aber keine „Mindestfüllung“, nur die „richtige Füllung“. Große industrielle Betriebe in der Lebensmittelindustrie, Tiefkühlhäuser usw. werden immer dann am effektivsten arbeiten, wenn große Ammoniaksysteme mit überfluteten Verdampfern im Pumpen- oder Schwerkraftbetrieb eingesetzt werden. □