

## **Das natürliche Kältemittel Ammoniak**

### **Ammoniak überzeugt durch Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit**

*Eine entwickelte Gesellschaft ist auf industriell erzeugte Kälte angewiesen. Ob im Haushalt, bei der Herstellung und Lagerung von Lebensmitteln wie Tiefkühlkost, Joghurt und Kaffee, in industriellen Produktionsprozessen der Automobil- oder chemisch-pharmazeutischen Industrie oder in Klimaanlageanlagen – überall ist Kälte ein zentraler Bestandteil. Industriell hergestellte Kälte ermöglicht erst das Funktionieren des modernen Lebens. Einen festen Platz nehmen dabei natürliche Kältemittel wie Ammoniak, Kohlendioxid oder Kohlenwasserstoffe ein.*

Natürliche Kältemittel werden bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts für die Kälteerzeugung – vorwiegend bei der Lebensmittelproduktion und -lagerung – eingesetzt. Besonders Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) hat sich in der industriellen Kälteerzeugung seit über 120 Jahren bewährt. Obwohl in den 50er und 60er Jahren des 20. Jahrhunderts die so genannten Sicherheitskältemittel – zum Beispiel die heute verbotenen FCKW – bei Neuanlagen zunehmend zum Einsatz kamen, hat Ammoniak seine Dominanz in der Industrie-Kältetechnik immer behaupten können. Gerade auf Grund der Umweltdiskussion um Ozonabbau und Treibhauseffekt gibt es heutzutage wieder einen steigenden Marktanteil bei Ammoniak-Kältetechnik und Unternehmen mit langer Tradition und Erfahrung, die bevorzugt mit Ammoniak arbeiten.

### **Überzeugende Eigenschaften**

Ammoniak ist ein farbloses, unter Druck verflüssigtes Gas mit stechendem Geruch. Als Kältemittel ist es unter der Bezeichnung R 717 bekannt. Ammoniak wird für die Nutzung im Kälteprozess synthetisch erzeugt, gilt aber als natürliches Kältemittel, da es in den Stoffkreisläufen der Erde vorkommt. Ammoniak hat kein Ozonabbaupotenzial ( $\text{ODP} = 0$ ) und keinen direkten Treibhauseffekt ( $\text{GWP} = 0$ ). Auf Grund der hohen Energieeffizienz ist auch der Beitrag zum indirekten Treibhauseffekt im Vergleich zu anderen Kältemitteln gering. Ammoniak ist bedingt brennbar. Die erforderliche Zündenergie ist jedoch 50-mal höher als die von Erdgas, und ohne Stützflamme brennt Ammoniak nicht weiter. In Verbindung mit der hohen Affinität von Ammoniak zur Luftfeuchtigkeit hat das zur Einstufung als schwer entzündlich geführt. Ammoniak ist giftig, besitzt aber einen charakteristischen Geruch mit hoher Warnwirkung und ist bereits ab einer Konzentration von  $3 \text{ mg/m}^3$  in der Luft

wahrnehmbar, was bedeutet, dass die Warnwirkung lange vor einer gesundheitsschädlichen Konzentration ( $> 1.750 \text{ mg/m}^3$ ) eintritt. Ammoniak ist leichter als Luft und steigt deshalb schnell auf.

Auch unter Klimaaspekten ist Ammoniak ein ideales Kältemittel, denn es trägt weder zum Abbau der Ozonschicht noch zum Treibhauseffekt bei. Von allen derzeit bekannten Kältemitteln weist Ammoniak auf Grund seiner ausgezeichneten thermodynamischen Eigenschaften in den „klassischen“ Anwendungsbereichen der Kälte- und Klimatechnik den geringsten Primärenergieaufwand zur Erzeugung einer bestimmten Kälteleistung auf und besitzt damit ein sehr geringes indirektes Treibhauspotenzial. Im Vergleich zu anderen Kältemitteln haben Anlagen mit Ammoniak deshalb eine günstigere TEWI-Bilanz (Total Equivalent Warming Impact). Bei dieser Methode werden der direkte Treibhauseffekt, resultierend aus Leckage- und Rückgewinnungsverlusten des Kältemittels, und der indirekte Treibhauseffekt, bezogen auf die in der Lebenszeit der Anlage verbrauchte Energie, addiert.

Ammoniak ist jedoch nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch nachhaltig. Im Gegensatz zu synthetischen Kältemitteln ist es ein überall verfügbarer, preisgünstiger Betriebsstoff. Die Preisunterschiede machen sich bei der Erstbefüllung einer Anlage, aber vor allem auch bei Leckageverlusten bemerkbar. [1] Neben den hohen Kosten für synthetische Kältemittel, die wesentlich teurer sind als Ammoniak, stellen Leckagen eine erhebliche Belastung für die Umwelt dar, die noch nicht in vollem Umfang absehbar sind.

### **Mit Ammoniak Energie sparen**

Bei den Betriebskosten liegen Anlagen mit Ammoniak ebenfalls vorn.[2] Als Gründe sind neben den geringeren Kosten durch Leckagen, der niedrigere Wartungsaufwand sowie der – insbesondere bei industriellen Anlagen – reduzierte Energieverbrauch zu nennen. So zählt Ammoniak zu den effizientesten Kältemitteln überhaupt, was zu niedrigen Energiekosten führt. Hinzu kommt die preisgünstige Entsorgung am Ende der Laufzeit einer Anlage.

Auf Grund der guten Eigenschaften des Kältemittels erschließen sich Anlagen mit Ammoniak neue Einsatzgebiete. Hinzu kommt der Kohlendioxid-Emissionshandel, der die Betreiber dazu zwingt, Energie einzusparen. Viele Anwender setzen deshalb auf Ammoniak-Kälteanlagen. Ammoniak wird heute in so unterschiedlichen Bereichen wie Prozesskälte, Klimatisierung von Flughäfen, Bürogebäuden und Produktionshallen sowie Sport- und Freizeitanlagen verwendet. Beim Anlagendesign haben sich indirekte Kälteanlagen und Kaskaden beispielsweise mit Kohlendioxid als Tieftemperaturkältemittel durchgesetzt. Der

Vorteil: Die Ammoniak-Füllmengen sind gering, die Verteilung der „Kälte“ zu den Verbrauchern erfolgt mittels Kälteträgern wie Kohlendioxid oder Glykolwasser.

### Eigenschaften von Ammoniak

ODP	0
GWP	0
Aussehen	farblos
Geruch	charakteristisch stechend
Löslichkeit in Wasser (20 °C, 1 bar)	0,517 kg oder 650 l(g)/l Wasser
Lösungswärme	36 kJ/mol
Molmasse	17,03 kg/kmol
Siedepunkt (1,013 bar)	-33,3 °C
Dichte des gesättigten Dampfes (20 °C)	6,7025 kg/ m <sup>3</sup>
Thermische Zersetzung	> 450 °C
Explosionsgrenzen	15 Vol.-% bis 34 Vol.-% 108.000 mg/m <sup>3</sup> bis 240.000 mg/m <sup>3</sup>
Zündtemperatur	650 °C
Zündenergie (20 °C, 101 kPa)	14 mJ
Wassergehalt im Kreislauf	wenig Bedeutung
Wahrnehmungsgrenze	5 ppm 3,5 mg/m <sup>3</sup>
MAK-Wert	20 ppm 35 mg/m <sup>3</sup>
Belästigungsschwelle	250 ppm 175 mg/m <sup>3</sup>
Erträglichkeitsgrenze	500-1.000 ppm 350 -700 mg/m <sup>3</sup>
Vergiftungserscheinungen	2.500 ppm 1.750 mg/m <sup>3</sup>
Tödliche Konzentration	> 5.000 ppm 3.500 mg/m <sup>3</sup>
Langzeitwirkung	nicht kanzerogen, nicht mutagen
Gehalt im menschlichen Blut	0,8-1,7 ppm
Tägliche Produktion im menschlichen Körper	17 g ~ 1 mol
Wassergefährdungsklasse	2, Kenn-Nr. 211
Verdampfungsenthalpie bei 0 °C	1.262 kJ/kg
Dampfdruck bei 0 °C	4,29 bar
Druckverhältnis bei 0 / 35 °C	3,15
Volumetrische Kälteleistung bei 0 / 35 °C	3.798,2 kJ/ m <sup>3</sup>
Isentrope Kälteleistungszahl	6,75

0 / 35 °C	
Isentrope Verdichtungsendtemperatur 0 / 35 °C	82,6 °C
Wärmeleitfähigkeit der Flüssigkeit bei 0 °C	$518,5 \cdot 10^{-3} \text{ W/mK}$
Kinematische Viskosität der Flüssigkeit bei 0 °C	$2,66 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Wärmeübergang (Verdampfung, Verflüssigung)	sehr hoch

### Ozonerstörungs- und Treibhauspotenzial von Kältemitteln

	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	0	0
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	0	1
Kohlenwasserstoffe (Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0	3
Wasser (H <sub>2</sub> O)	0	0
Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW)	1	4600–14000 [3]
Teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (H-FCKW)	0,02–0,06	120–2400 [3]
Per-Fluor-Kohlenwasserstoffe (PFKW)	0	5700–11900 [3]
Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe (H-FKW)	0	124–14800 [4]
Ungesättigte Fluor-Kohlenwasserstoffe (HFO)	0	< 10 – jedoch Auswirkungen auf die Umwelt nicht vollständig bekannt

#### Ozone Depletion Potential (ODP)

Die Schädigung der Ozonschicht wird vor allem durch den Chlor-, Fluor- oder Bromanteil in Verbindungen verursacht, die in der Lage sind, Ozonmoleküle (O<sub>3</sub>) zu spalten und damit die Ozonschicht zerstören. Das Ozonerstörungspotenzial (ODP) einer Verbindung wird als Chlor-Äquivalent angegeben (ODP eines Chlormoleküls = 1).

#### Global Warming Potential (GWP)

Der Treibhauseffekt entsteht durch die Fähigkeit von Stoffen in der Atmosphäre, die von der Erde abgestrahlte Wärme zurück auf die Erde zu werfen. Das direkte Treibhauspotenzial (GWP) einer Verbindung wird als CO<sub>2</sub>-Äquivalent gemessen (GWP eines CO<sub>2</sub>-Moleküls = 1).

## **Literatur**

- [1] Palandre, L., Clodic, D., Kuijpers, L.: HCFCs and HFCs emissions from the refrigerating systems for the period 2004–2015, The Earth Technology Forum, Washington DC, April 14 2004.
- [2] König, H., Roth, R.: Wirtschaftlichkeitsanalyse für Industrie-Kälteanlagen mit CO<sub>2</sub> als Tieftemperaturkältemittel, KI Luft- und Kältetechnik, C. F. Müller-Verlag, Karlsruhe, S. 333–336, Heft 7, 2002.
- [3] IPCC III Zustandsbericht – 2001
- [4] IPCC IV Zustandsbericht – 2005 (Basis für F-Gase Verordnung 517/2014)

---

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