

Leckageüberwachung an Ammoniak-Kälteanlagen

1. Der Begriff Dichtheit

- Die Dichtheit einer Kälteanlage ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal. Sie ist aus technischen, ökologischen und ökonomischen Gründen auch für das Kältemittel Ammoniak erforderlich.

2. Grundsätze zur Vermeidung von Undichtigkeiten

- Die Kältemittelfüllmenge ist so gering wie möglich zu halten – was nicht enthalten ist, kann auch nicht entweichen.
- Die Planung einer Kälteanlage und die damit verbundene Wahl des Kälteübertragungssystems, der Komponenten, der Ausrüstungsteile sowie insbesondere die Anordnung der Absperrarmaturen und die Rohrleitungsführung haben Einfluss auf mögliche Kältemittellemissionen bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten sowie bei Störungen.
- Bei der Konstruktion und Planung einer Kälteanlage sowie bei Auswahl der Komponenten und Ausrüstungsteile ist zu berücksichtigen, dass Komponenten mit einer sehr guten prinzipiellen Dichtfähigkeit zum Einsatz kommen und dass eine regelmäßige Dichtheitsprüfung möglich ist.
- Die Werkstoffauswahl der Komponenten und ihre Verbindung müssen nach dem Stand der Technik erfolgen. Bei nichtmetallischen Stoffen ist besonders auf deren Verhalten in Kombination mit Kältemitteln und Schmierstoffen zu achten. Elastomere zum Beispiel können ihr Volumen in Verbindung mit bestimmten Ölen und Ammoniak vergrößern (quellen) oder verringern (schrumpfen).

3. Dichtheitsprüfung und Lecksuche

- Der Geruchsschwellenwert von Ammoniak (Wahrnehmungsgrenze durch den Menschen 5 ppm = 3,5 mg/m³) signalisiert die Notwendigkeit des Behebens von Leckagen.
- Lecks an Kälteanlagen mit einem geruchlosen Kältemitteln (z.B. R134a) die unter Umständen begrenzte Zeit unerkant bleiben, sind bei Ammoniak-Anlagen undenkbar.
- Leckagen bei Kälteanlagen mit Ammoniak mit einer Leckrate von ca. 100 g NH₃/a sind geruchsmäßig nicht feststellbar, da an der Austrittsstelle eine Ammoniak-Konzentration von < 5 ppm nicht erreicht wird.

3.1 Dichtheitsprüfung vor Inbetriebnahme

- Grobdichtheitsprüfung und Feindichtheitsprüfung sollten in Anlehnung an das VDMA-Einheitsblatt 24243, Teil 2 und entsprechend der mandatierten Norm DIN EN 1779 erfolgen.
- Von besonderer Wichtigkeit ist die Feindichtheitsprüfung bei hohem Druck an Teilen der Anlage, die im späteren Betrieb nicht mehr zugänglich sind.

3.2 Dichtheitsprüfung bei bestehenden Anlagen

- Wenn sich Ammoniak-Geruch bemerkbar macht, ist eine Lokalisierung der Leckage erforderlich. Dabei sollte man sich ebenfalls am VDMA-Einheitsblatt 24243, Teil 2 orientieren.
- Die Montagelecksuchgeräte erreichen eine Nachweisempfindlichkeit von mindestens 15 g NH₃/a.
- Diese Empfindlichkeitsreserve wirkt sich günstig auf die Erkennbarkeit von Lecks an Ammoniak-Kälteanlagen aus. Nachteilig ist, dass zum Beispiel die Montagelecksuchgeräte keine Zahlenwertausgabe der Leckrate besitzen, sondern nur eine Abschätzung der Leckrate gestatten (klein, mittel, groß).
- Bei der Lecksuche mittels Phenolphthaleinpapier (Farbumschlag am Teststreifen) oder Lecksuchsprays sind die Nachweisempfindlichkeiten wesentlich schlechter.
- Ist die quantitative Bestimmung der Leckrate eines Ammoniak-Lecks erforderlich (zum Beispiel bei einer Reklamation), so können dafür Nachweisgeräte eingesetzt werden, die nach dem Prinzip der photoakustischen Infrarotabsorption arbeiten.

4. Automatische Leckageüberwachung

- Maschinen- beziehungsweise Aufstellungsräume mit Komponenten der Ammoniak-Kälteanlage werden mittels Detektoren überwacht. Diese ständige Leckageüberprüfung ist in der EN 378 für Anlagen mit einer Füllmenge von mehr als 50 kg bindend vorgeschrieben. Um kleinere Leckagen frühzeitig zu detektieren, werden in der Praxis häufig geringere Ansprechschwellwerte eingestellt als in EN378 (500 ppm) gefordert und in TRAS 110 (150 ppm) empfohlen. Ein üblicher Wert liegt zwischen 50 und 100 ppm.

4.1 Aufbau und Funktion

4.1.1 Messprinzip

- Überwiegend werden Sensoren eingesetzt, die mit dem elektrischen Halbleiterprinzip arbeiten. Das an den Sensor gelangende Ammoniak-Luftgemisch verursacht eine Leitfähigkeitsänderung, die von der Auswerteelektronik in ein Signal umgewandelt wird. Die

Leitfähigkeit ist abhängig von der Ammoniak-Konzentration in der Luft. Beim Überschreiten der eingestellten Alarmschwellen wird ein Alarm ausgelöst.

- Es kommen aber auch elektrochemische Sensoren zum Einsatz, die zwar allgemein teurer als Halbleitersensoren sind, aber eine geringere Querempfindlichkeit aufweisen und vor allem dort eingesetzt werden, wo die Beeinflussung durch andere Substanzen als Ammoniak Fehlalarme auslösen könnte.
- Weiterhin ist der Einsatz von Gas-Monitoren möglich, die nach dem Prinzip der photoakustischen Infrarotabsorption arbeiten. Diese Geräte besitzen eine Nachweisempfindlichkeit und Auflösung von 1 ppm. Der Messbereich beträgt 0 bis 1.000 ppm. Günstig ist die ebenfalls geringere Querempfindlichkeit.

4.1.2 Alarmschwellen und Schaltfunktion (gem. EN 378 und TRAS 110)

- **Voralarm ≤ 500 ppm:** Im Leitfaden der sicherheitstechnischen Anforderungen an Ammoniak-Kälteanlagen (TRAS 110) und in der Norm EN 378 werden der **Voralarm** mit Einschaltung der automatischen Lüftung der Maschinenräume allgemein bei einem Ansprechwert von 150 bis 500 ppm gefordert. Arbeitsräume benötigen Sensoren mit einem Ansprechwert von 200 ppm.
- **Hauptalarm 1.000 ppm (nur gemäß TRAS 110):** Die betroffenen Anlagenteile (Kältemittelpumpen, Verdichter, Absperrarmaturen) werden automatisch abgeschaltet. Die Art der Abschaltung ist mit dem Betrieb abzustimmen, damit es nicht zu negativen Folgen kommt, die unter Umständen teurer sind als die Leckage (zum Beispiel Produkterwärmung).
- **Obere Alarmschwelle max. 30.000 ppm :** Die technische Lüftungsanlage wird abgeschaltet, die Zuluftklappe geschlossen. Mittels Unterspannungsauslöser am Hauptschalter des Schaltschranks wird die Anlage elektrisch freigeschaltet. Die technische Lüftungsanlage muss jederzeit von außerhalb der Anlage beziehungsweise des Maschinenraums wieder in Betrieb genommen werden können.
- **In der Praxis sind die spezifischen Anforderungen der lokalen Behörden zu beachten, z.B.** liegt die obere Alarmschwelle in Großbritannien bei 10.000 ppm.

4.1.3 Gasausbreitung und Positionierung der Sensoren

Bei Ammoniak-Anlagen werden die Sensoren wie folgt angeordnet:

- Ein Sensor in der Abblaseleitung des Sicherheitsventils (falls vorhanden und keine Berstscheiben mit Druckraumüberwachung existieren) zur Überwachung des Ventils auf Dichtheit beziehungsweise Ansprechen

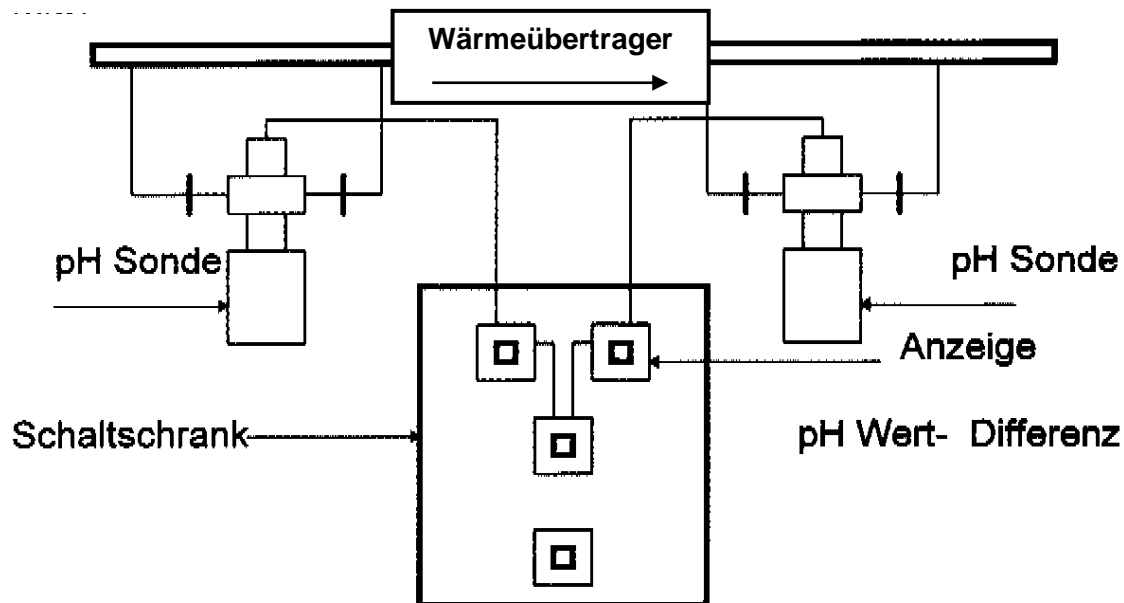
- Ein Sensor an der Decke des Maschinenraums zur Überwachung bei gasförmigen Leckagen (leichter als Luft)
- Bei Ammoniak-Pumpenanlagen ein Sensor im Pumpensumpf zur Überwachung von Leckagen in der Flüssigphase. In diesem Bereich der Kälteanlage können durchaus Schwergaseffekte auftreten, deshalb sollte eine Überwachung der Ammoniak-Konzentration im Bodenbereich des Maschinenhauses beziehungsweise der Auffangwanne erfolgen.

5. Überwachung von Wasserkreisläufen auf Ammoniak-Leckagen

- EN 378: Bei Kälteanlagen mit einer Füllmenge von über 500 kg sind Maßnahmen zu treffen, um das Vorhandensein von Kältemitteln in allen angeschlossenen Wasser- oder Flüssigkeitskreisläufen festzustellen.
- WHG/Muster-VV-VAwS Anforderungen: Unter 5.4.8 der VV-VAwS sind Kühl- und Heizeinrichtungen benannt. Kühl- und Heizeinrichtungen (zum Beispiel Verdunstungskühler, Wärmetauscher oder Kühlschlangen), die mit im System befindlichen wassergefährdenden Stoffen beaufschlagt werden, sind so zu sichern, dass im Schadensfall ein Übergang wassergefährdender Stoffe in das Kühlwasser beziehungsweise Abwassernetz ausgeschlossen ist.

6. Messeinrichtung zur Überwachung

- Die gängigste Messeinrichtung ist derzeit noch die pH-Wertüberwachung. Bei Ammoniak-Leckagen in einem Wasserkreislauf steigt der pH-Wert an. Es empfiehlt sich, eine pH-Wert-Differenzmessung zwischen Ein- und Austritt des Wärmeübertragers mit automatischer Temperaturkompensation zu installieren. Bei pH-Alarm ist ein automatisches Absperrn des Wärmeübertragers wasser- und ammoniakseitig mittels Motorventilen beziehungsweise von Hand erforderlich. Neu und auch wesentlich genauer sind ionenselektive Messeinrichtungen. Diese sind gegenüber ionenselektiven Sensoren zu bevorzugen.



- Neben getrennten Sonden gibt es auch Kombi-Sonden (also nur noch ein Einbauplatz) sowie Systeme, die auf Basis der Leitfähigkeitsänderung arbeiten.
- Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz einer ammoniaksensitiven Elektrode. In diesem Fall kann auf eine Differenzmessung verzichtet werden.
- Bei luftgekühlten Verflüssigern sollte im Abluftstrom oder im Luftraum unter den Lüftern ein Ammoniak-Sensor montiert werden.

7. Zusammenfassung (gem. EN 378)

- Leckagen und andere Störungen müssen unverzüglich von einer sachkundigen, unterwiesenen Person behoben werden. Kältemittel darf niemals nachgefüllt werden, solange nicht alle undichten Stellen gefunden und ordnungsgemäß instand gesetzt worden sind. Nach einer Störung darf die Anlage nur dann wieder in Betrieb genommen werden, wenn die Dichtheit und Sicherheit der Kälteanlage wiederhergestellt worden ist.

Anhang

Ammoniak-Erkennungssysteme – Sensoren

Auf dem Markt werden verschiedene Überwachungs- und Meldesysteme angeboten. Bei der Auswahl sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Zu messende Konzentration (ppm) und Auflösung (Messgenauigkeit)
- Reaktionszeit

- Umgebung: -40/+60 C und relative Luftfeuchtigkeit
- Installationsort des Sensors
- Neukalibrierungs- und Wartungsbedarf

Im Zusammenhang mit Ammoniak werden üblicherweise folgende Detektortypen eingesetzt:

- EC-Sensoren (elektromechanische Detektoren)
- Infrarot-Sensoren (IR)
- CI-Sensoren – Feststoffsensoren nach dem Trägerinjektionsprinzip (Carrier Injection)
- Halbleiter-Gassensoren (MOS), Chemosorption
- Sonstige: Katalytische Sensoren oder UV-Licht-Sensoren

Abhängig von den lokalen Bestimmungen und vom Hersteller ist ggf. eine regelmäßige Funktionsprüfung/Kalibrierung erforderlich (üblicherweise ein oder zwei Mal jährlich)

Elektrochemische Sensoren (EC)

Liefern ein proportionales elektromechanisches Ausgangssignal abhängig von der NH_3 -Konzentration in der Umgebung.

Der Detektor enthält eine elektrolytgefüllte Kammer mit einer Anode und einer Kathode, in der beim Vorliegen von NH_3 eine elektromechanische Reaktion abläuft.

Die gemessenen NH_3 -Werte werden von einem Mikroprozessor-Messumformer gemessen und in ein Ausgangssignal von 0(4)...20 mA oder 0(2)–10 V umgewandelt. Normalerweise verfügt der Sensor über Relaisausgänge zur Betätigung von Schließventilen, Kühlaggregaten und zum Anhalten der Anlage bei Bedarf.

Der Messbereich liegt zwischen 0 und 1000 ppm bei einer Reaktionszeit von 15 s.

Da es sich um eine chemische Reaktion handelt, ist abhängig von der Ansprechschwelle auf jeden Fall auf eine mögliche Neukalibrierung und Wartung sowie eine ausreichend lange und stabile Lebensdauer (6–12 Monate) zu achten.

Infrarotsensoren (IR)

IR-Sensoren arbeiten nach dem Prinzip der Infrarotabsorption durch Gasmoleküle bei bestimmten Wellenlängen im Infrarotbereich.

Der Sensor besteht aus einer Infrarot-Lichtquelle und zwei Detektoren (aktiv und Referenz). Der aktive Detektor ist hinter einem optischen Filter angeordnet, das für Infrarotstrahlung einer bestimmten Wellenlänge durchlässig ist, die bekanntermaßen vom Zielgas absorbiert wird. Das Referenzelement ist hinter einem Filter angeordnet, das für Wellenlängen außerhalb der Absorptionsbande durchlässig ist. Diese Anordnung sorgt für eine Kompensation der normalen Veränderungen der Leuchtstärke der Lampe im Laufe der Zeit.

Die IR-Absorption verläuft nicht linear zur NH_3 -Konzentration in ppm. Vielmehr liefern Sensor und Mikroprozessor bei entsprechender Interpolation ein kontrollierbares Ausgangssignal.

Der Messbereich liegt zwischen 0 und 3000 ppm bei einer Reaktionszeit von 1–5 ms. Sehr einfache Neukalibrierung und Wartung, Lebensdauer bis 10 Jahre.

CI-Sensoren (Messprinzip Charge Carrier Injection)

Das Nachweisprinzip dieser Sensoren basiert auf der Absorption des Ammoniaks durch einen so genannten „Ladungsträger“ in einem Festkörpersubstrat. Durch die Absorption des Ammoniaks werden die Ladungsträger in das Sensorelement eingebracht („injiziert“), was eine Änderung des Widerstands proportional zur Ammoniakkonzentration in der Umgebung zur Folge hat.

Die technische Lebensdauer der Sensoren wird nicht länger durch die Ammoniak-Exposition begrenzt, was die bei elektrochemischen Sensoren anfallenden Austauschkosten reduziert.

Die Charge Carrier Injection Technologie eliminiert darüber hinaus die bei Metalloxid-Sensoren (MOS-Sensoren) häufig auftretenden Falschalarme. Dies, in Verbindung mit weiteren Funktionen, sorgt für zuverlässige, kosteneffektive Sicherheit über einen längeren Zeitraum.

Der Messbereich liegt zwischen 20 und 3000 ppm, bei einer guten Reaktionszeit von 10–15 s.

Neukalibrierung und Wartung: bis 3 Jahre.

MOS-Sensoren (Chemosorption)

Die Feststoff-Sensortechnologie mit Metalloxidhalbleitern (MOS) basiert auf der Messung der Leitfähigkeit des Sensors abhängig von der Kältemittelkonzentration in Verbindung mit der Leitfähigkeit der Luft oder des Luft- NH_3 -Gemischs in der Umgebung.

Ein Mikroprozessor interpoliert die Leitfähigkeitsunterschiede auf ein Signal von 4–20 mA oder 0–10 V, welches zum zu messenden Ammoniakgehalt proportional ist.

Abweichungen bei Temperatur und insbesondere Luftfeuchtigkeit können die Leitfähigkeit verändern, wodurch die Genauigkeit beeinträchtigt werden kann.

Der Messbereich liegt zwischen 0 und 300 ppm.

Neukalibrierung und Sensorwechsel alle 3–5 Jahre.

Sonstige:

Auf dem Markt sind noch weitere Detektoren erhältlich, die zwar weniger bei Ammoniak eingesetzt werden, doch als alternative Option betrachtet werden können. Dies sind beispielsweise:

Katalytische Messfühler: Sie basieren auf einem heißen Glühdraht, der das Gas verbrennt bzw. oxidiert. Das Referenzelement ist hingegen nicht reaktiv und sorgt für einen Ausgleich

der Umgebungsbedingungen Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die beiden Elemente sind in einer Wheatstone-Brücke angeordnet, so dass das Vorhandensein von brennbarem Gas die Brücke in ein Ungleichgewicht bringt und eine elektrische Leistung erzeugt, die direkt mit der Gaskonzentration zusammenhängt.

Photoionisationsdetektoren (PIDs): Die Empfindlichkeit ist von der Energie der UV-Lichtquelle und der Ionisierungsenergie des Zielgases abhängig.
Beide haben unterschiedliche Messbereiche, eine lange Lebensdauer und arbeiten stabil. Jedoch sind Preis und Wartungskosten zu berücksichtigen.

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

<http://www.eurammon.com>