

Dichtheitsprüfung von Kältekreisläufen: Wichtig für Mensch, Natur und Wirtschaftlichkeit

Die Regularien zur Dichtheit von Kühl- und Kältemitteln werden immer strikter. Kein Wunder, denn im Kontext der globalen Erderwärmung fällt der Blick immer häufiger auch auf das immense Treibhauspotenzial von Kältemitteln.





Um die Vorschriften zu erfüllen und die Kohlenstoffemissionen zu senken, wächst die Nachfrage an verbesserte, energieeffiziente HVAC-R-Systeme (heating, ventilation, air conditioning and refrigeration) sowie deren Qualitäts- und Produktivitätsstandards. Unterstützung finden diese Ansprüche in modernen Lecksuchsystemen, die die Dichtheit von Kühl- und Kältekreisläufen präzise gewährleisten.

Grundlegende Funktionsweise der Kälte- und Klimatechnik

Ein kaltes Bier aus dem Kühlschrank oder angenehme 20 Grad im Büro: Kälte- und Klimatechnik begegnet den Menschen täglich. Während der Kühlschrank einen kleinen, isolierten Raum kühlt, halten Klimaanlage das eigene Zuhause, Büroräumlichkeiten oder einen Supermarkt auf einer angenehmen Temperatur. Zu verdanken ist dies einem seit langem bekannten physikalischen Prinzip: dem Wechsel von gas- und flüssigförmigen Aggregatzuständen.

Flüssigkeiten, die sich in den gasförmigen Zustand ausdehnen, entziehen der umgebenden Substanz oder Fläche Wärme. Im industriellen Bereich wird dieser Prozess durch Kältemittel unterstützt. Diese verdampfen oder sieden



bei viel niedrigeren Temperaturen als Wasser und ermöglichen, Wärme schneller ihrer Umgebung zu entziehen. Zusammengefasst besteht der Kältekreislauf im Wesentlichen aus Kompressor, Verdampfer, Verflüssiger, Entspannungsventil und verschiedenen Verbindungspunkten. Dazu gehören beispielsweise Schweißnähte und Verschraubungen zwischen den einzelnen Bauteilen. Jede dieser Komponenten muss einer Dichtheitsprüfung unterzogen werden, damit das komplette System effizient und nachhaltig über den gesamten Lebenszyklus funktioniert. Das beträchtliche Treibhauspotenzial (engl.: Global Warming Potential (GWP)) von Kältemitteln ist Grundlage immer strikterer Regularien und Normen in der Kälte- und Klimatechnik.

Regularien und Normen in der Kälte- und Klimatechnik

Die Dichtheit von Kühl- und Kältesystemen wird mittels eines Massenverlusts, der über eine bestimmte Zeit erfolgt, beschrieben. In der Kälte- und Klimatechnik wird die Einheit Gramm pro Jahr (g/a) für den Verlust des Kältemittels in einem System verwendet. In Privathaushalten sowie kleineren Restaurants und Geschäften wird ein Kältemittelverlust von 2 bis 5 g/a geduldet. Wird der Kältemittelverlust in eine äquivalente Leckrate mit 100% Prüfgaskonzentration umgerechnet, entspricht dies einer Leckrate von $1\text{-}5 \cdot 10^{-5}$ mbar · l/s. Damit ist eine Grenzleckrate beim Dichtheitsprüfprozess in der Produktion definiert. In kommerziellen Einsatzgebieten, wie beispielsweise Hotels, Bürogebäuden und Krankenhäusern, unterscheiden sich die Systeme in ihrer Größe und Komplexität von privaten Anwendungen. Dadurch haben diese Systeme eine höhere Anfälligkeit für Undichtigkeiten. In der Summe ist hier ein maximaler Kältemittelverlust von 5 bis 15 g/a erlaubt. Im Industriebereich beträgt die Summe der potenziellen Leckagen einen Kältemittelverlust von 15 bis 30 g/a. Dies betrifft chemische Prozesse, die großangelegte Prozesskühlung, etwa bei der Herstellung von Lebensmitteln oder Pharmazeutika, einsetzen.

Den Anforderungen von Regularien und Normen folgend, müssen Kältekreisläufe so dicht wie möglich gehalten werden. Denn bereits kleinste Lecks von 10 µm (zum Vergleich: Ein menschliches Haar hat einen Querschnitt von 40 µm) können immense Schäden verursachen. Dazu zählen unter anderem:

- Reduzierte Systemleistung
- Erhöhter Energiebedarf
- Überhitzung
- Beschädigung und Versagen des Kompressors



Diese Schäden erhöhen Ausfallzeiten sowie Betriebskosten für Kältemittel, Service, Strom – um nur einige zu nennen. Hinzu kommen negative Auswirkungen auf den Umsatz, das Unternehmensimage und allem voran: die Beschleunigung des Klimawandels.

Gleichzeitig stellen die zunehmend strikteren Regularien und Normen die Industrie vor eine immer größere Herausforderung. Auf internationaler Ebene wird die Vereinbarung von Kingali angewendet. In Europa gilt die europäische F-Gas Verordnung - EU Nr. 517/2014. Diese bildet den Ursprung der verschiedenen Regularien und beinhaltet die Einschränkung von verschiedenen Kältemitteln, welche einen hohen GWP aufweisen. Bis zum Jahr 2030 werden verschiedene Kältemittel durch eine Schritt-für-Schritt-Reduktion verboten, was einen hohen Aufwand für Zulieferer und Hersteller mit sich bringt: Das gesamte System muss überarbeitet werden, um eine effiziente und gleichzeitig kostengünstige Arbeitsweise des Gesamtsystems zu gewährleisten.

Höhere Qualitäts- und Produktivitätsstandards gefragt

Um die Vorschriften zu erfüllen sind verbesserte, energieeffizientere HVAC-R-Systeme gefragt. Daneben wächst der Anspruch an Qualitäts- und Produktivitätsstandards, sodass bereits im Produktionsprozess die Leckagekontrolle eine wichtige Rolle spielt. Vor der tatsächlichen Dichtheitsprüfung sind daher zwei wesentliche Herstellungsschritte erforderlich: Trocknung und Dichtheitsprüfung der Systeme. Diese wirken sich direkt auf die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit des Geräts aus.

Um die geforderte Grenzleckagerate einzuhalten wird nach einem Groblecktest eine Dichtheitsprüfung im Vakuum oder einer Akkumulationskammer durchgeführt.

Damit Leckagen frühzeitig erkannt und ausgebessert werden können, werden alle Komponenten, die mit Kältemittel in Verbindung kommen, individuell geprüft. Die Anforderungen an den Dichtheitsprüfprozess sind nicht nur von der Grenzleckagerate abhängig, sondern auch von dem verwendeten Prüfgas und dessen Konzentration, der Prüfzeit, dem Grad der Automatisierung und ob es sich um eine lokalisierende oder integrale Prüfmethode handelt. Um die geforderte Grenzleckagerate einzuhalten wird nach einem Groblecktest, mit beispielsweise luftbasierten Prüfmethoden, eine Dichtheitsprüfung im Vakuum bzw.

in einer Akkumulationskammer durchgeführt. Für eine Lokalisierung der Leckage kann darüber hinaus eine Schnüffelprüfung angewendet werden.





Lecksucher ASM 306 S mit Schnüffelsonde

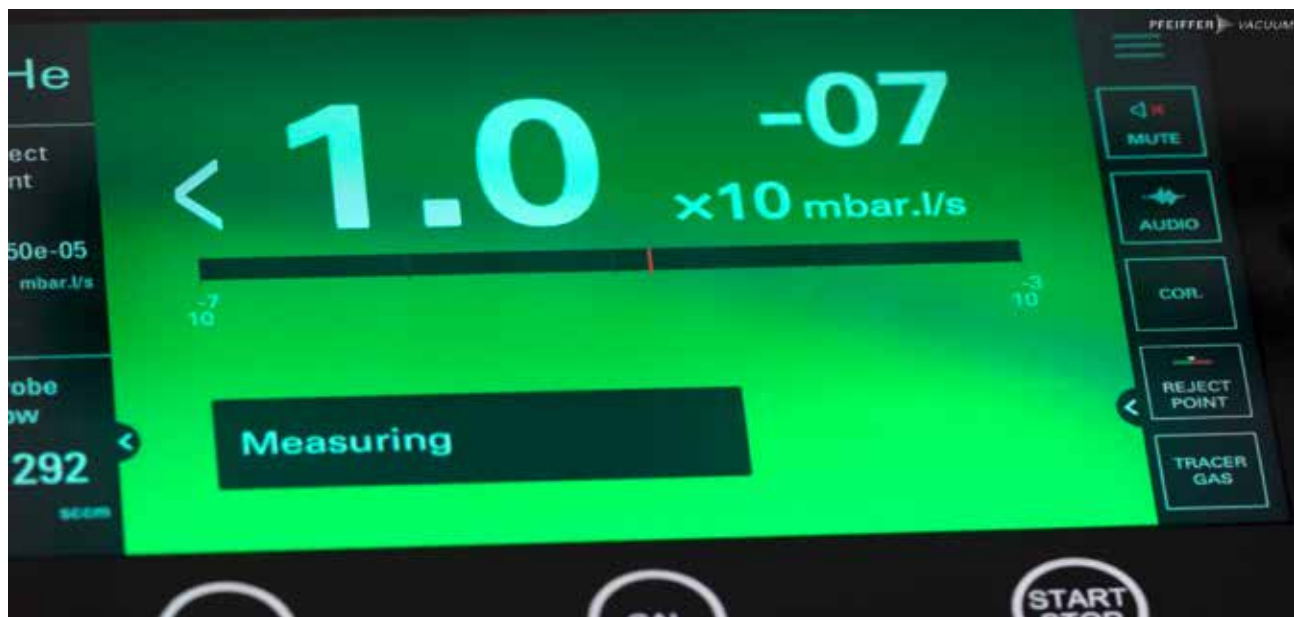
Ist die Prüfung der einzelnen Komponenten erfolgreich abgeschlossen, werden im nächsten Produktionsschritt die einzelnen Komponenten zu einem System zusammengebaut und verschweißt. Nach einem optionalen Groblecktest mit Luft wird der Kältekreislauf evakuiert und gleichzeitig vakuumgetrocknet.

Evakuieren und Vakuumtrocknen sorgen für mehr Langlebigkeit

Das Evakuieren und die gleichzeitige Trocknung des Systems haben einen essentiellen Einfluss auf die spätere Effizienz und Zuverlässigkeit des Systems. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Trocknung der Restfeuchtigkeit: Die Herausforderung besteht darin, die dünne Feuchtigkeitsschicht zu entfernen, die an den Innenflächen von Kompressor, Verflüssiger, Verdampfer, Ventilen und Leitungen haftet. Wird das System nicht aktiv getrocknet, verbleibt Restfeuchtigkeit, die im Betrieb einfrieren und Ausfälle im Expansionsventil oder im Verschlussrohr verursachen kann. Darüber hinaus reagiert Wasser mit dem Kältemittel und bildet Säuren, welche korrodieren und/oder Ablagerungen bilden können, sodass ein Ausfall des Gesamtsystems droht.

Die Vakuumtrocknung ist daher entscheidend für den erfolgreichen Langzeitbetrieb des Systems. Sie reduziert die Restfeuchtigkeit an den inneren Oberflächen der Komponenten und verbessert sowohl den anschließenden Dichtheitsprüfprozess als auch das Einfüllen des Kältemittels. Üblicherweise werden dafür ölgedichtete Drehschieberpumpen mit einem Saugvermögen von 10 bis 30 m³/h eingesetzt. Durch das geringe Saugvermögen wird das Gefrieren der Restfeuchtigkeit im System verhindert und ölgedichtete Drehschieberpumpen erreichen ein stabiles Endvakuum.





Intuitives Menü für einfache Bedienung

Sobald der Kältekreislauf evakuiert und vakuumgetrocknet ist, wird ein Prüfgas, beispielsweise Helium oder Wasserstoff, eingeleitet. Der Prüfdruck sollte dem späteren Arbeitsdruck des Systems entsprechen, um eine Leckageprüfung unter realen Bedingungen abbilden zu können. Um Prüfgaskosten zu sparen wird oftmals nicht mit 100% Prüfgaskonzentrationen gearbeitet. Damit sich das Prüfgas dennoch effektiv im System verteilen kann, muss das System optimale Konditionen aufweisen. Das heißt: Ein luftleerer Raum, ohne Feuchtigkeit und sonstigen Gasen. Für Systeme mit einem großen Kältekreislaufvolumen bieten sich Prüfgasrückgewinnungsanlagen an.

Sichere Dichtheitsprüfung mit dem Lecksucher ASM 306 S

Anschließend werden mit einem Schnüffellecksucher die einzelnen Schweiß- und Lötverbindungen, Ventile und Anschlüsse geprüft. Dichtheitsprüfungen mit Helium- bzw. Wasserstoff-Schnüfflern sind herkömmlichen Lecksuchverfahren, wie der Wasserbadmethode oder der

Mit dem Lecksucher ASM 306 S bietet Pfeiffer Vacuum ein modernes Produkt, das diese Anwendung unterstützt.

Druckanstiegsprüfung, in Bezug auf Ansprechzeit, Genauigkeit und Empfindlichkeit weit überlegen. Mit dem Lecksucher ASM 306 S bietet Pfeiffer Vacuum ein modernes Produkt, das diese Anwendung unterstützt. Denn der Helium- und Wasserstoff-Schnüffellecksucher ist auch in rauen Umgebungen für den 24-Stunden-Einsatz ausgelegt. Durch seine hohe Empfindlichkeit von 0,2 g/a ermöglicht er präzise und fehlerfreie Messungen, die den hohen Anforderungen in der Klima- und Kältetechnik gerecht werden. Für die Durchführung



Der ASM 306 S hat eine eingebaute Kalibriereinrichtung für die Schnüffelsonde

Schnüffelsonde des ASM 306 S mit 5 m Kabel

schneller und wiederholbarer Messungen entwickelt, bietet das Gerät, selbst bei großen Lecks, kurze Wiederherstellungszeiten und sichert so eine maximale Betriebsverfügbarkeit bei niedrigem Wartungsaufwand und geringeren Servicekosten. Nutzer profitieren so von größeren Wartungsintervallen und einem einfacherem Austausch von Verschleißteilen.

Tipp:

Schnüffelsonde

Um eine größere Reichweite in Ihrem Arbeitsbereich für die Lecksuche zu haben, ist die Schnüffelsonde des ASM 306 S mit einem Kabel von 3, 5 oder 10 m-Länge erhältlich.

Doch nicht nur in Bezug auf die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit überzeugt der Schnüffellecksucher. Die Anwenderfreundlichkeit und intuitive Bedienung ermöglichen ein effizientes Arbeiten: Dank der leichten und ergonomisch geformten Schnüffelsonde sichert der ASM 306 S auch aus größerer Arbeitsentfernung einfache und präzise Ergebnisse und gewährleistet ein ermüdungsfreies Arbeiten in allen Arbeitsschichten. Darüber hinaus sorgt die intuitive Bedienung des hochauflösenden 7-Zoll-Touchscreens für eine einfache Bedienung, die durch farbige LEDs unterstützt wird. Je nach Signalstärke leuchten diese an der Schnüffelsonde auf und sorgen für fehlerfreie Ablesbarkeit in Echtzeit.

Der ASM 306 S ist mit unterschiedlichen Schlauchlängen erhältlich. Je nach Anwendung ist ein flexibler Austausch jederzeit möglich. Das kompakte Design und der geringe Platzbedarf ermöglicht zudem eine einfache Integration in die Produktionslinie.

Der Prüfgas-Lecksucher deckt alle industriellen Schnüffelanwendungen ab und hat sich besonders in der Dichtheitsprüfung von Kälte- und Klimageräten bewährt. Die robuste Auslegung des ASM 306 S sichert niedrige Wartungs- und Betriebskosten bei zuverlässigem Einsatz rund um die Uhr.



Irrtümer und/oder Änderungen vorbehalten. PI 0629 PDE (Juli 2021/0)

**Sie suchen eine optimale
Vakuumlösung?
Sprechen Sie uns an:**

Pfeiffer Vacuum GmbH
Germany
T +49 6441 802-0

**Folgen Sie uns auf Social Media
#pfeiffervacuum**



www.pfeiffer-vacuum.com

PFEIFFER  **VACUUM**