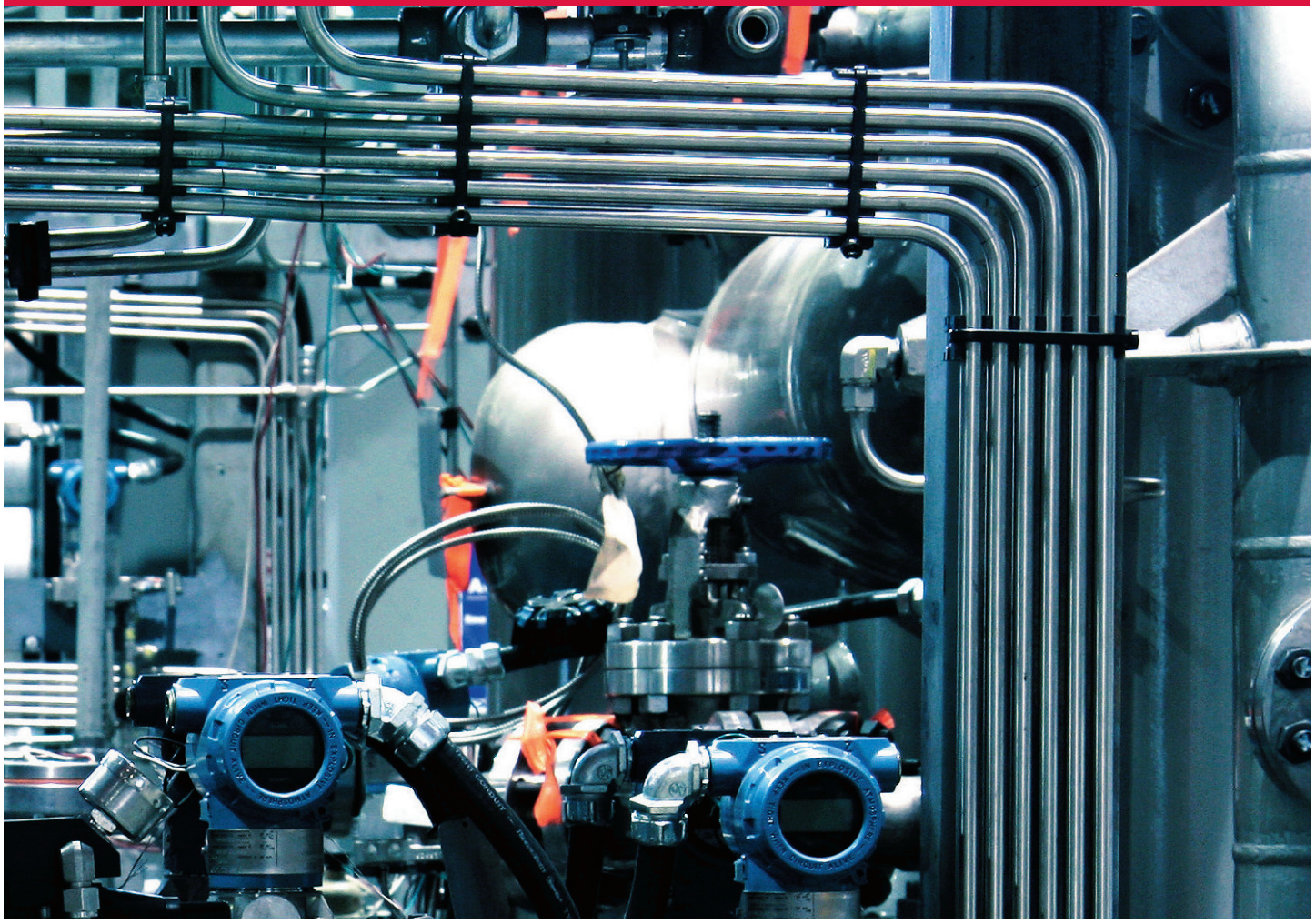
Wie kann man lange, dünne Rohrleitungen schneller mit Helium testen?



Schnelle und effiziente Lecksuche an Gasleitungen ist essenziell wichtig für die Prozesssicherheit und zuverlässige Installation. Mithilfe von Helium-Lecksuchern ist es möglich, Lecks in Gasverteilungsleitungen, Tanks, Gasschränken und alle weiteren Geräten, die zu Gasspeicherung und –transport genutzt werden, zu lokalisieren. Die Helium-Dichtheitsprüfung ist eine zerstörungsfreie Prüfmethode mit hoher Empfindlichkeit und einem breiten dynamischen Bereich. Da die Helium-Lecksuche mit Prüfgas arbeitet, ist sie den Gesetzmäßigkeiten der Strömungsmechanik unterworfen. Hohe innere Strömungswiderstände von einzelnen Prüfobjekten können die Leistungsfähigkeit der Helium-Lecksuche stark beeinträchtigen. Dies gilt insbesondere für lange und dünne Gasleitungen, wie sie zum Beispiel beim Bau von Reinstmedien-Versorgungssystemen oder gewickelten Wärmetauschern eingesetzt werden.

Lecksuche durch Ansprühen mit Helium

Nach Anschluss und Evakuieren des Prüflings werden die äußeren Flächen über eine fein dosierbare Handpistole mit Helium besprüht. Helium dringt durch Leckagen in den Prüfling ein und kann zum Nachweisgerät transportiert werden. Die Ansprechzeit bei der Messung wird durch das Volumen des Prüflings und das effektive Saugvermögen des Testaufbaus für das Prüfgas Helium bestimmt.

Das effektive Saugvermögen für Helium setzt sich zusammen aus dem Helium-Saugvermögen des eingesetzten Lecksuchers sowie den Strömungswiderständen des Prüflings und der Leitungsbauteile zur Verbindung zwischen Lecksuchgerät und Prüfling.

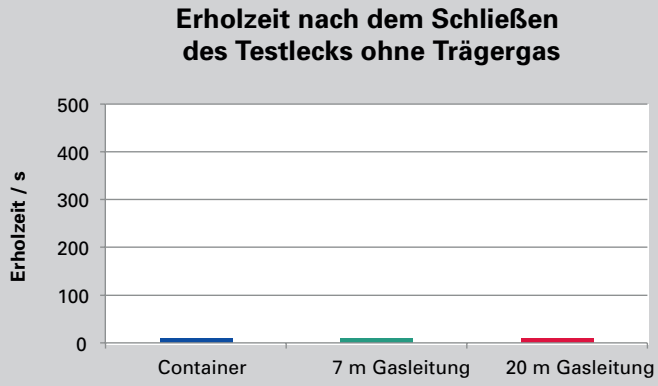


Abbildung 1: Erholzeit nach dem Schließen des Testlecks ohne Trägergas

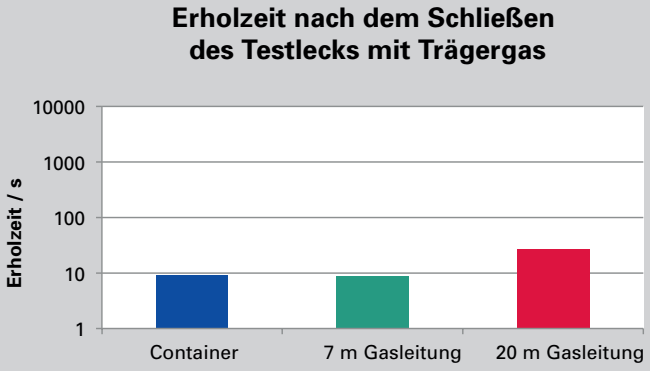


Abbildung 2: Erholzeit nach dem Schließen des Testlecks mit Trägergas

Marktübliche Helium-Lecksuchgeräte erreichen ihre maximale Empfindlichkeit im sogenannten „Feinleckmodus“ bei einem vergleichsweise niedrigen Prüfdruck.

Für ein Experiment wurde ein quaderförmiger Behälter mit einem Volumen von 1,5 Litern und Gasleitungen mit Längen von 7 und 20 Metern sowie einem Durchmesser von 4 mm verwendet.

Mit dem Quader wird innerhalb von rund einer Minute ein Untergrundsignal von 10^{-9} mbar · l/s erreicht. Aus der Gasleitung kann der restliche Heliumgehalt der Luft wegen des hohen Strömungswiderstands der Rohrleitung nur sehr langsam abgepumpt werden und das Untergrundsignal stabilisiert sich bei einem Wert von $5 \cdot 10^{-8}$ mbar · l/s. Das Untergrundsignal bei der Messung an der dünnen Gasleitung ist also um einen Faktor 50 höher als bei einer Messung an einem strömungsgünstigen Bauteil. Um ein identisches Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erzielen, wird demzufolge an der Gasleitung ein Testleck mit einem Wert von $5 \cdot 10^{-6}$ mbar · l/s eingesetzt.

Mit dem Quader wird das Prüfgas augenblicklich angezeigt. Der Anstieg mit der Gasleitung ist annähernd so schnell. Wird die Gasleitung auf 20 Meter verlängert, verlängert sich die Zeit bis zum ersten Beobachten eines Heliumsignals auf 80 Sekunden. Auch nach mehr als acht Minuten wird keine Stabilisierung auf den nominellen Leckagewert beobachtet. Dabei bleibt der gemessene Wert um mehr als einen Faktor 50 unter dem des eingesetzten Testlecks.

Abbildung 1 zeigt die Erholzeit nach dem Schließen des Testlecks in einem Container im Vergleich zu einer 7 Meter- und einer 20 Meter-Gasleitung mit einem Durchmesser von 4 mm. Dabei ist der logarithmische Maßstab zu beachten.

Die Erholzeit nach dem Schließen des Ventils zum Testleck beträgt neun Sekunden mit dem Quader und gut viereinhalb Minuten mit der 7 Meter-Gasleitung. Mit der 20 m-Gasleitung wurde das Experiment nach 25 Minuten ohne Ergebnis abgebrochen.

Abbildung 2 zeigt dieselben Prüflinge mit Trägergasmessung im selben Maßstab. Bei allen folgenden Messungen wird ein Prüfleck mit einem Wert von $1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mbar · l/s eingesetzt.

Der Trägergasstrom wird so eingestellt, dass das eingesetzte Lecksuchgerät vom Typ ASM 340 gerade die Druckschwelle für den NORMAL-Testmodus von 0,5 hPa erreicht. Der Leitwert der 20 m-Leitung liegt bei 0,5 hPa etwa um einen Faktor 5 höher als bei 0,01 hPa. Dies bedeutet beim Einsatz von Trägergas auch wesentlich kürzere Messzeiten.

Anstiegs- und Erholzeiten sind kurz und erlauben eine eindeutige Identifikation von Leckagen. Der Einsatz des Prüflecks bedeutet nicht nur eine in-situ Kalibrierung der Leckagerate, sondern auch die Bestimmung des maximalen Zeitbedarfs für die Messung. Der Vergleich zwischen den Ansprechzeiten bei der Kalibrierung und der eigentlichen Messung über die Länge des Prüflings erlaubt die Lokalisation der Leckage.

Die erreichbare Nachweisgrenze hängt in erster Linie vom Helium-Restgehalt des eingesetzten Trägergases und dem geforderten Signal-zu-Rausch-Verhältnis ab. Der Helium-Restgehalt in Stickstoff mit einer Standard-Reinheit von 99,8 % (Stickstoff 2.8) erzeugt ein Untergrundsignal von $3{,}8 \cdot 10^{-6}$ mbar · l/s. Auch mit Untergrundunterdrückung ist damit der Nachweis einer Leckage im Bereich von $5 \cdot 10^{-8}$ mbar · l/s nicht möglich. Der Helium-Restgehalt von Stickstoff 5.0 erzeugt ein Untergrundsignal von circa $1 \cdot 10^{-9}$ mbar·l/s.

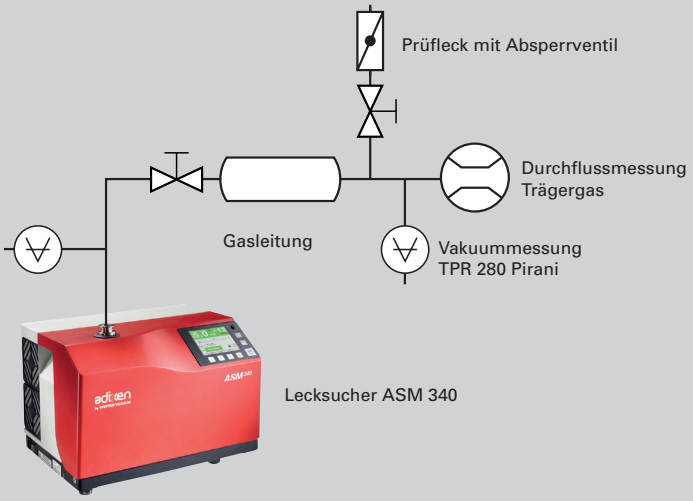


Abbildung 3: Helium-Sprühtest mit Trägergas. Ein exemplarischer Versuchsaufbau besteht aus einem Lecksuchgerät ASM 340 mit Software ASMView. Als Druckmessgeräte werden an beiden Enden des jeweiligen Prüflings Pirani-Röhren des Typs TPR 280 mit DualGauge Messgerät TPG 262 eingesetzt.

Damit können wesentlich kleinere Leckagen nachgewiesen werden. Der Einsatz eines inerten Trägergases erlaubt auch die Lecksuche an Gasleitungen für toxische, reaktive, explosible oder brennbare Medien während der Erstinstallation oder nach Wartungsarbeiten.

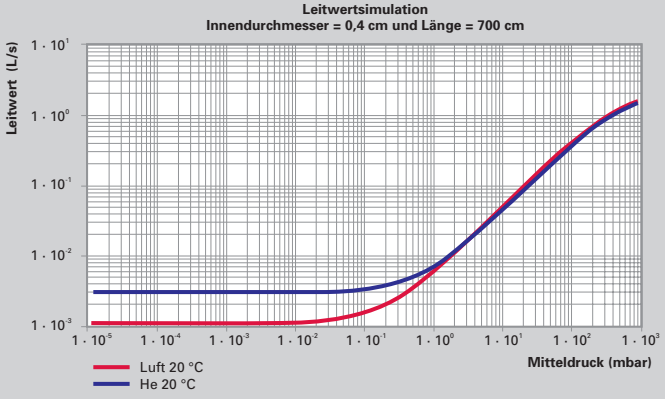
Für die Standardanwendung der beschriebenen Lecksuchmethode bietet Pfeiffer Vacuum die Modelle ASM 340 oder ASM 340D an. Die Vorteile dieser Lecksucher sind:

- Leistungsfähige integrierte Vorpumpen erlauben einen hohen Trägergasstrom und damit kurze Ansprechzeiten bei der Messung
- Eine hohe Schaltschwelle zwischen Grobleck- und Normalmodus bietet maximale Flexibilität bei der Auswahl von Prüfdruck und Empfindlichkeit
- Für anspruchsvolle Anwendungen, in denen ölfreie Lecksuchsysteme vorgeschrieben sind, können die Modelle ASM 340 D mit Bypass-Option und ASM 380 eingesetzt werden.

Das leistungsfähige Softwarepaket ASM View kann zur Messwertdokumentation eingesetzt werden. Dieses Softwarepaket steuert alle aktuellen Lecksucher von Pfeiffer Vacuum und kann im Downloadbereich unserer Website kostenlos heruntergeladen werden
http://www.pfeiffer-vacuum.com/downloads/

Infobox: Leitwertmodellierung eines Rohres

In der Grafik ist der Leitwert eines Rohres mit einer Länge von 7 Metern und einem Innendurchmesser von 4 mm modelliert.



Die Leitung hat bei Atmosphärendruck einen Leitwert von gut einem Liter pro Sekunde. Die identische Leitung hat bei 0,01 mbar, der Feinleckschwelle vieler kommerzieller Lecksuchgeräte, für Luft nur noch einen Leitwert von 10^{-3} l/s.
Leitwert = 1/Strömungswiderstand

PFEIFFER VACUUM

Vakuumlösungen aus einer Hand

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuumlösungen, für technologische Perfektion, kompetente Beratung und zuverlässigen Service.

Komplettes Produktsortiment

Vom einzelnen Bauteil bis hin zum komplexen System: Wir verfügen als einziger Anbieter von Vakuumtechnik über ein komplettes Produktsortiment.

Kompetenz in Theorie und Praxis

Nutzen Sie unser Know-how und unsere Schulungsangebote! Wir unterstützen Sie bei der Anlagenplanung und bieten erstklassigen Vor-Ort-Service weltweit.

Sie suchen eine perfekte Vakuumlösung? Sprechen Sie uns an:

Pfeiffer Vacuum GmbH
Headquarters · Germany
T +49 6441 802-0
info@pfeiffer-vacuum.de

www.pfeiffer-vacuum.de

Irrtümer und/oder Änderungen vorbehalten. PI 0378 PDE (August 2014/0)