



## TIPPS UND TRICKS VOM EXPERTEN

### Grenzen der Dichtheitsprüfung mit Druckänderungsverfahren

Vor dem Hintergrund steigender Umweltauflagen müssen Bauteile immer strenger werdende Dichtheitsanforderungen erfüllen. Dazu setzen viele Anwender in ihren Prozessen Druckänderungsverfahren zur Dichtheitsprüfung ein. Doch diese Verfahren haben Grenzen. Um diese festzustellen und im Produktionsprozess entsprechend zu berücksichtigen, sind verschiedene Faktoren wichtig: Die Grenzleckagerate, das Volumen und die Elastizität des Prüfobjekts, die Auflösung des eingesetzten Messgeräts, die erlaubte Prüfzeit und die Temperaturkonstanz bei der Messung.

#### Einflüsse der einzelnen physikalischen Größen auf die Dichtheit

Umgangssprachliche Ausdrücke wie „technisch dicht“, „gasdicht“, „virendicht“, „bakteriendicht“, „wasserdicht“ und

„flüssigkeitsdicht“ sind nicht ausreichend, um eine Dichtheitsanforderung zu beschreiben.

Die Grenzen von Druckänderungsverfahren lassen sich leicht an einem Beispiel des Schlagworts „flüssigkeitsdicht“ bei einer Leckagerate im Bereich von  $10^{-6}$  mbar l/s veranschaulichen. Ein derartiges Leck verursacht in einem Behälter mit einem Volumen von 5 Litern einen Druckverlust von  $2,0 \cdot 10^{-7}$  mbar pro Sekunde. In einer Minute wären das  $1,2 \cdot 10^{-5}$  mbar, in einer Stunde  $7,2 \cdot 10^{-4}$  mbar, in einem Tag  $1,7 \cdot 10^{-2}$  mbar und in einem Jahr 6,3 mbar. Die eingesetzten Messgeräte müssen also in der Lage sein, diese Druckänderungen anzuzeigen.

$$Q_L = \frac{\Delta p \cdot V}{\Delta t}$$

$\Delta p$  = Druckänderung [Pa] oder [mbar]  
 $V$  = Volumen [m<sup>3</sup>] oder [l]

$$\Delta p = \frac{\Delta t \cdot Q}{V}$$

$\Delta t$  = Messzeit [s]  
 $Q$  = Leckagerate [Pa·m<sup>3</sup>/s]  
 oder [mbar l/s]

### Grenzen der Auflösung von Messgeräten

Die tatsächliche Prüfung mit Luft als Prüfmedium wird oft bei Absolutdrücken im Bereich zwischen 2 und 5 bar durchgeführt. Wird eine Prüfzeit von einer Stunde erlaubt, so muss eine Druckänderung von  $7,2 \cdot 10^{-4}$  mbar auf einer Skala von 5 bar angezeigt werden. Messgeräte mit einer derart hohen Auflösung sind jedoch nicht verfügbar.

### Einfluss des Volumens auf den Druck

Die Druckänderung ist umso größer, je kleiner der Behälter ist. Dies gilt umgekehrt genauso. Bei sehr kleinen Bauteilen mag der Einsatz kommerziell erhältlicher Messgeräte bei der oben genannten Grenzleckagerate noch möglich sein. Je größer aber der Behälter ist, umso eher wird eine Dichtheitsprüfung auf der Basis von Druckänderungsverfahren versagen.

### Einfluss der Dimensionsstabilität

Problematisch kann auch die Prüfung von elastischen Behältern sein. Die Volumenänderung eines Kunststoffbehälters kann einen Druckverlust ausgleichen und die Prüfung unmöglich machen.

### Einfluss der Taktzeit

In einer produktionsbegleitenden Prüfung steht in den seltensten Fällen eine Taktzeit von einer Stunde zur Verfügung. Die Forderung nach kurzen Taktzeiten bei Prüfobjekten ab einer bestimmten Größe macht also den Einsatz von Druckänderungsverfahren unmöglich.

### Einfluss der Temperatur

Eine eingeschlossene Gasmenge in einem Behälter ist dem idealen Gasgesetz unterworfen:

$p$  = Druck [Pa]  
 $V$  = Volumen [m<sup>3</sup>]  
 $m$  = Masse [kg]  
 $M$  = Molare Masse [kg kmol<sup>-1</sup>]  
 $R$  = Allgemeine Gaskonstante  
 [kJ kmol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]  
 $T$  = absolute Temperatur [K]

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

Der Druck im Behälter ist somit von der absoluten Temperatur abhängig, deren Skala bei  $-273,15$  °C beginnt. Die Skalenerweiterung entspricht der Celsiusskala. Damit wird klar, dass eine Temperaturänderung um nur 1°C einer Druckänderung von rund 1/273 entspricht. Erwärmen wir in unserem obigen Beispiel den unter einem Druck von 5 bar stehenden Behälter um nur 0,1 °C, so erzeugen wir einen Druckanstieg um 1,8 mbar. Das ist mehr als das Hundertfache des durch das Leck pro Tag erzeugten Druckabfalls.

Dies macht deutlich, dass bei grenzwertiger Auslegung einer Druckabfall-Prüfanlage sogar die Berührung des Prüfobjekts mit der Hand einen Einfluss auf das Prüfergebnis haben kann. Thermisch isolierende Materialien an Niederhaltern und Abdichtungswerkzeugen sowie mathematische Temperaturkompensationen können zwar die Grenzen von Druckänderungsverfahren erweitern, sind aber nicht unbegrenzt wirksam. Messungen von Bauteilen wie Schweißen, Löten, Waschen oder Trocknen, die direkt aus Wärmebehandlungstationen kommen, sind erst nach Abkühlvorgängen mit Druckänderungsverfahren prüffähig. Diese Prozesse gehen mit längeren Wartungsintervallen einher.

### Lecksuche und Dichtheitsprüfung mit Prüfgasen

Einen Ausweg aus den oben genannten Beschränkungen bieten Prüfgasverfahren, in denen der Gasfluss eines Prüfgases durch ein Leck mit einem selektiven Nachweisgerät geführt wird. Solche Prüfgasverfahren sind:

- um mehrere Größenordnungen empfindlicher als Druckänderungs- und Blasenprüfverfahren
- weitestgehend unempfindlich gegen Temperaturänderungen
- unempfindlich gegen Volumenänderungen bei elastischen Bauteilen
- nicht eingeschränkt beim Volumen des Prüfobjekts
- schnelle Messverfahren, die kurze Taktzeiten erlauben

Zusätzlich erlauben Prüfgasverfahren einen hohen Automatisierungsgrad sowie ein objektives und unabhängiges Prüfergebnis nach normenkonformen Testverfahren.

Gerne stehen Ihnen unsere Anwendungsspezialisten für eine Analyse Ihrer Messaufgabe zur Verfügung.

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