



## TIPPS UND TRICKS VOM EXPERTEN

### Verkürzen der Messzeit eines Lecksuchers

Die Dichtheit von Maschinen und Anlagen ist in zahlreichen Produktionsprozessen eine unverzichtbare Voraussetzung für die Qualität der erzeugten Produkte. Auch viele technische Endprodukte wie zum Beispiel der Kühlkreislauf von Kühlschränken, Klimaanlage in Autos, Benzin- und Heizöltanks oder Autoräder funktionieren nicht oder nicht ausreichend, wenn sie Lecks aufweisen.

Zum Detektieren und Lokalisieren von Leckagen unter Vakuum hat sich die Helium-Lecksuche als optimale Methode etabliert. Im Vergleich zu traditionellen Techniken wie zum Beispiel dem Blasentest oder dem Druckabfall liefert sie deutlich genauere und umfassendere Daten. Mit diesen Informationen können Lecks zuverlässig geortet und zudem die Produktionsprozesse verbessert werden. Die Helium-Lecksuche ist sehr genau, quantitativ und wiederholbar.

Liegt der Verdacht einer Leckage vor, erwartet der Anwender vor allem Schnelligkeit: Das Leck soll möglichst sofort lokalisiert und behoben werden, um Verzögerungen und Produktionsausfälle zu vermeiden.

#### **Mit zusätzlichen Pumpen die Messzeit verkürzen**

Allerdings erhöht sich bei gegebenem Saugvermögen der eingesetzten Pumpen die Ansprechzeit des Lecksuchers, je größer die zu testende Vakuumkammer ist. Um die Messzeit zu verkürzen und schneller ein Ergebnis zu bekommen, sind verschiedene Maßnahmen möglich:

Durch den Einsatz einer zusätzlichen Turbopumpe als „Booster“ kann die Zeitkonstante des Vakuumsystems und damit auch die Ansprechzeit bei der Lecksuche verkürzt werden. Die Turbopumpe wird dazu direkt an die zu prüfende Kammer

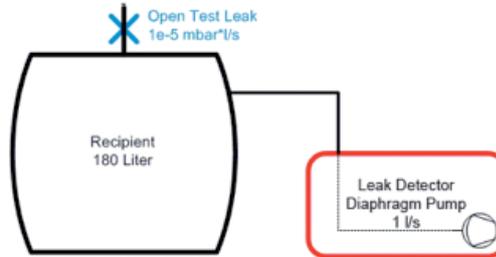
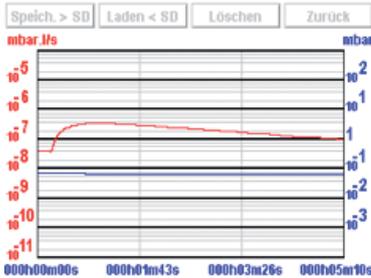


Abbildung 1: Langsamer Signalanstieg mit zeitlicher Verzögerung aufgrund von geringem Saugvermögen

angeflanscht. Der Lecksucher wird in Serie als Vorpumpe für die Turbopumpe eingesetzt. Mit diesem Aufbau wird die Ansprechzeit kürzer, eine zeitliche Verschiebung des Signals wird vermieden und der Signalabbau nach Detektion eines Signals deutlich schneller.

Bei Kammergrößen von mehreren hundert Litern ist eine Zusatzpumpe hilfreich – bei mehreren Kubikmetern sogar unerlässlich – um Lecks in einer akzeptablen Zeit zu finden. Dringt Helium durch ein Leck in ein Vakuumsystem, so wird der eingehende Helium-Gasfluss durch die Kammer transportiert und vom Pumpensystem ohne Verluste wieder aus der Anlage herausbefördert. Der Gasdurchsatz kann direkt mit einem Helium-Lecksuchgerät gemessen werden. Die Füllung des Behälters bis zu einem dynamischen Gleichgewichtswert der Heliumkonzentration passiert mit einem zeitlichen Anlaufverhalten, das als Zeitkonstante des Vakuumsystems bezeichnet wird. Weitere Details dazu finden Sie in der Infobox oder im Lecksuchkompendium von Pfeiffer Vacuum.

Soll ein Leck nicht quantitativ gemessen, sondern geortet werden, genügt ein kurzes Besprühen der verdächtigen Stellen mit geringsten Mengen an Helium. Der Signalaufbau folgt derselben Gesetzmäßigkeit wie oben beschrieben. Nachdem es aber nicht zur Einstellung einer Gleichgewichtskonzentration des Prüfgases Helium in der Kammer kommt, wird kurz nach dem Anstieg auch wieder ein Signalabfall beobachtet. Dies verdeutlicht folgendes Beispiel: Eine Kammer soll mit einem Lecksucher ohne weitere Hilfspumpen geprüft werden. Eine Undichtigkeit haben wir mittels eines Prüflecks mit einer Leckagerate von  $1 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) simuliert. Bei einem

Kammervolumen von 180 Litern und einer effektiven Saugleistung des Lecksuchers von 1 l/s beträgt die Zeitkonstante 180 Sekunden. Der Prüfer müsste also drei Minuten warten, bis das Signal auch nur 63 % seiner tatsächlichen Intensität erreicht hat und auch genauso lange Helium auf die Leckstelle sprühen.

Tatsächlich wird nur deutlich kürzer gesprüht (in unserem Beispiel eine Sekunde), was sich in einer reduzierten Signalintensität auswirkt. Um zügig wieder einen niedrigen Untergrund zu erreichen, wurde das Leck nach 20 Sekunden mit heliumfreien Stickstoff gespült.

Das geringe Saugvermögen führt zu dem in Abbildung 1 gezeigten langsamen Signalanstieg mit zeitlicher Verzögerung des Signals. Die angezeigte Signalintensität ist 50-fach kleiner als der Wert des Prüflecks. Auch der langsame Abfall bis zum Erreichen des Helium-Untergrundsignals ist für die Praxis wenig tauglich. Nach jedem Sprühen muss man fünf bis zehn Minuten warten, um den nächsten Test durchführen zu können.

Abbildung 2 zeigt die Wirkung eines parallel geschalteten Pumpstands mit hohem Saugvermögen auf das zeitliche Ansprechverhalten. Der Signalanstieg ist deutlich steiler, insbesondere ist auch das Signal-Abklingverhalten bis auf Untergrund-Niveau wesentlich beschleunigt. Die Signalintensität ändert sich allerdings kaum. Der Pumpstand wirkt durch die Parallelschaltung zum Lecksucher als konkurrierender Pumpstand, der den größten Teil des Prüfgases absaugt. Damit kann dieser Anteil des Heliums nicht mehr mit dem Lecksucher nachgewiesen werden.

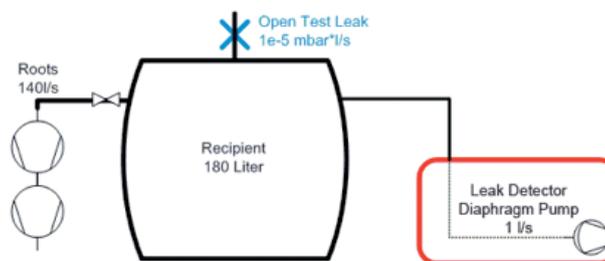
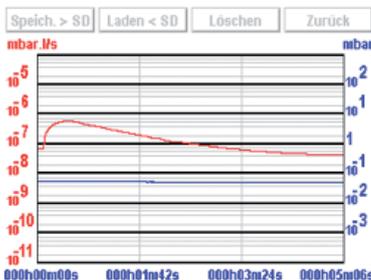


Abbildung 2: Steiler Signalanstieg durch parallel geschalteten Pumpstand mit hohem Saugvermögen

### Infobox

Die Zeitkonstante ist vom Volumen des Vakuumsystems und dem effektiven Saugvermögen des Pumpsystems bestimmt.

$$\tau_{63\%} = \frac{V}{S_{eff}}$$

$\tau_{63\%}$  Zeitkonstante  
 $S_{eff}$  effektives Saugvermögen  
 $V$  Volumen des Prüfbjektivs

Formel 1

Der in Abbildung 3 gezeigte zeitliche Verlauf des Anstiegs kann mit Formel 2 modelliert werden.

$$q_{He}(t) = q_{He,end} \cdot \left[1 - e\left(-\frac{S_{eff} \cdot t_S}{V}\right)\right]$$

$q_{He,end}$  Endwert: He-Leckagerate  
 $t_S$  Signalanstiegszeit [s]  
 $S_{eff}$  effektives Saugvermögen [l/s]  
 $V$  Volumen des Prüfbjektivs [l]

Formel 2

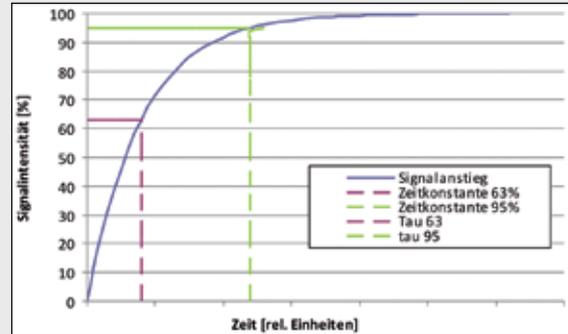


Abbildung 3

Es kommt also zu einer exponentiellen Annäherung an den nominellen Wert des eingesetzten Prüflecks. Nach der dreifachen Zeit der Zeitkonstante sind bereits 95 % des theoretischen Endwerts erreicht. Dieses zeitliche Ansprechverhalten kann beobachtet werden, wenn Helium permanent zugeführt wird. Beispiele sind Prüflecks mit Reservoir oder auch die Integralprüfung eines unter Überdruck stehenden Bauteils in einer Vakuumkammer.

Abbildung 4 zeigt Ansprech- und Abklingverhalten einer Reihenschaltung von Hochvakuumpumpe und Lecksucher. Das hohe Saugvermögen der Turbopumpe führt zu einem Signalanstieg auf den nominellen Wert des Prüflecks innerhalb kürzester Zeit. Auch das Abklingverhalten ist deutlich beschleunigt. Im Vergleich zu Abbildung 1 haben sich aber nicht nur Anstiegs- und Abklingverhalten beschleunigt, auch die Signalintensität wird jetzt korrekt wiedergegeben und erhebt sich um vier Dekaden aus dem Untergrund – bei der Messung mit dem Lecksucher allein war es gerade einmal Faktor 10.

### Fazit:

Eine Turbopumpe als Booster hat bei der Lecksuche die folgenden Wirkungen:

- Schnelle Signalanstiegszeit
- Schnelle Signalabklingzeit
- Vermeidung einer zeitlichen Verschmierung des Signals

Neben dem gesunkenen Zeitbedarf für die eigentliche Lecksuche sind auch Ersparnisse, zum Beispiel durch Vermeiden von Anlagenstillstand und Produktionsausfall, zu erwähnen. Ein an der zu prüfenden Kammer angeschlossenes externes Prüflinien ist zur Messung des Zeitbedarfs und der Signalverläufe dringend zu empfehlen.

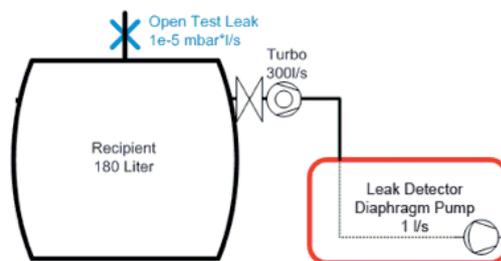
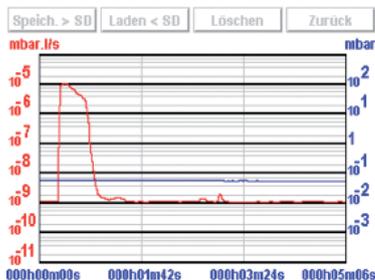


Abbildung 4: Ansprech- und Abklingverhalten einer Reihenschaltung von Hochvakuumpumpe und Lecksucher

## VAKUÜMLÖSUNGEN AUS EINER HAND

Pfeiffer Vacuum steht weltweit für innovative und individuelle Vakuümlösungen, 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  
Vakuümlösung?  
Sprechen Sie uns an:

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

[www.pfeiffer-vacuum.com](http://www.pfeiffer-vacuum.com)