

Wie reinige ich Vakuummessgeräte richtig?



Hinweise, Richtlinien und Anleitung zur Reinigung

Inhalt

Grundlagen zur Druckmessung	3
Was ist bei der Reinigung von Messgeräten zu beachten? ..	5
Richtlinien für die Reinigung von Vakuummessgeräten	6
Reinigung von verschiedenen Messgerätetypen	7
1. Reinigung von Membran-Vakuummessgeräten	7
2. Reinigung kapazitiver Membran-Vakuummessgeräte	8
3. Reinigung von Pirani-Vakuummessgeräten	9
4. Reinigung von Heißkathoden-Vakuummessgeräten	11
5. Reinigung von Kaltkathoden-Vakuummessgeräten	12
Kalibrierung von Messgeräten	13
Checkliste	14



Grundlagen zur Druckmessung

Viele Vakuumanwendungen arbeiten nur in einem bestimmten Druckbereich. Um diesen zu bestimmen und zu regulieren, werden analoge und digitale Vakuummessgeräte eingesetzt.

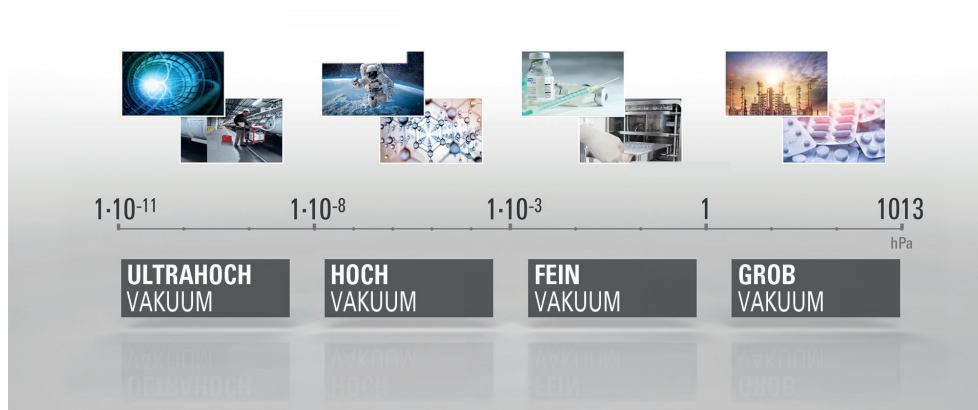
Bei diesen Geräten handelt es sich um Vakuummessröhren, die den Absolutdruck messen. Nach der Definition ist Druck die vom Gas pro Flächeneinheit ausgeübte Kraft, zum Beispiel in den Einheiten Newton pro Quadratcentimeter. Sie wird durch die Stöße der Gasmoleküle auf die Gefäßwand verursacht. Bei Atmosphärendruck, dem höchsten Druck der Vakuumtechnik, beträgt die Kraft $1 \text{ kp/cm}^2 = 9,81 \text{ N/cm}^2$. Beispiel: Um ein Gefühl für den Druck bei Atmosphäre zu entwickeln, balancieren Sie einen 1 Kilogramm schweren Hammer vorsichtig auf dem kleinen Finger.

Je geringer der Druck wird, umso kleiner werden auch die ausgeübten Kräfte. Dementsprechend mehr technischer Aufwand ist nötig, um diesen Druck noch messen zu können. Beim Evakuieren eines Vakuumbehälters sinkt der Druck schnell um mehrere Zehnerpotenzen ab und damit in gleichem Maße die Kraft pro Fläche. Ersetzt man in unserem Beispiel den Hammer mit einer Visitenkarte üblicher Größe, so wird diese Veränderung spürbar.

**Beim Evakuieren eines
Vakuumbehälters sinkt der Druck
sowie die Kraft pro Fläche ab**

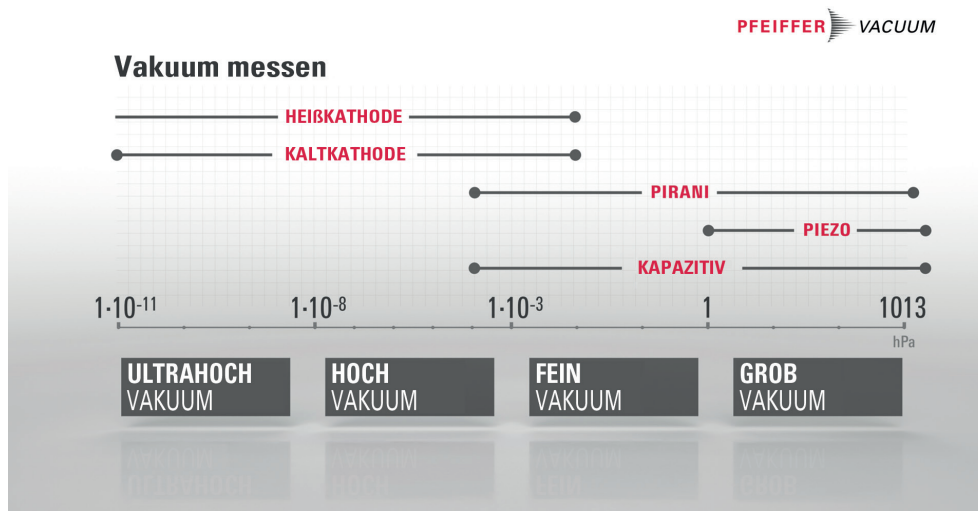
PFEIFFER VACUUM

Vakuum messen



Sinkt der Druck noch weiter, bedarf es filigraner Mechanik und eventuell elektrischer Verstärkung, um die winzigen Kräfte noch messen zu können. Um unser Beispiel weiterzuführen: Diese kleinsten Kräfte werden mittels der winzigen Härchen auf unserer Haut spürbar.

Abbildung 1:
Druckmess-
bereiche und
Messprinzipien



Spätestens im Hochvakuum versagt aber die direkte Druckmessung über die Kraft auf eine bekannte Fläche. Der Grund: Die Kräfte werden dort so winzig, dass sie nicht mehr nachweisbar sind. Stattdessen benutzt man druckabhängige Gaseigenschaften, um indirekt auf den Druck im Vakuumsystem zu schließen:

- Wärmeleitung in thermischen Vakuummessröhren, zum Beispiel beim Pirani-Vakuummeter
- Gasreibung, zum Beispiel im Kugelreibungs-Vakuummeter
- Ionisierung, zum Beispiel beim Kalt- und Heißkathoden-Vakuummeter

Diese indirekten Messverfahren benötigen filigrane Messsysteme, um die kleinen Effekte als Signale zu erfassen und nach einer elektrischen Verstärkung zur Anzeige zu bringen.

Im Hochvakuum benutzt man druckabhängige Gaseigenschaften, um indirekt auf den Druck im Vakuumsystem zu schließen

Was ist bei der Reinigung von Messgeräten zu beachten?

Bevor mit der Reinigung der Messgeräte begonnen werden kann, müssen die Zusammenhänge unbedingt verinnerlicht werden. Vakuummessröhren sind sensible Messgeräte, deren Aufgabe naturgemäß unvereinbar mit groben Reinigungsprozeduren ist. Vakuummessgeräte sind in der Regel sehr lange in Betrieb, ehe beim Betreiber der Wunsch nach einer Reinigung aufkommt. Die Zeiten bemessen sich nach Wochen, meist nach Monaten oder gar Jahren.

Die Herausforderungen bei der Reinigung von Vakuummessröhren lassen sich anhand eines Alltagsbeispiels ganz einfach verdeutlichen. Jeder Autofahrer kann sich sicher den Unterschied zwischen einer Fahrzeugwäsche nach:

- (a) einer 5 Kilometer langen Fahrt auf einem staubigen Feldweg und
- (b) einer sechswöchigen Urlaubsreise über 5.000 Kilometer durch Skandinavien vorstellen.



Gewachsene, fest haftende Ablagerungen müssen vorsichtig entfernt werden

Eine Vakuummessröhre zu reinigen ist fast immer wie Fall (b). Das heißt, es geht nicht um lockeren Staub, den man schnell abspült. Vielmehr handelt es sich um „gewachsene“ Ablagerungen, die sich über lange Zeiträume aufgebaut haben und entsprechend festsitzen.

Um beim Autobeispiel zu bleiben: Diese Ablagerungen sind vergleichbar mit Insekten, die Sie auf einer langen Fahrt mit der Frontpartie Ihres Autos eingesammelt haben.

Die teilweise hohen Temperaturen und die Bildung von reaktiven Teilchen in manchen Vakuummessröhren führen zu chemischen Reaktionen von Gasen und Dämpfen an den Oberflächen der Sensorelemente. Dabei entstehen zumeist thermisch und elektrisch isolierende Schichten, die fest anhaften und die Funktion der indirekten Messprinzipien beeinträchtigen. Die Reinigung eines Vakuummessgeräts bedeutet die Entfernung dieser Schichten.

Richtlinien für die Reinigung von Vakuummessgeräten

Bei der Reinigung der hochempfindlichen Messgeräte gilt grundsätzlich die strikte Regel, dass Oberflächen, die dem Vakuum ausgesetzt werden, nicht mit bloßen Händen berührt werden dürfen. Dies ist insbesondere für Hochvakuum- und Ultrahochvakuumanlagen wichtig.

Bei Vakuummessröhren besteht außerdem die Gefahr, dass sich Fingerabdrücke bei hohen Temperaturen und Ionenbeschuss in die Oberflächen einbrennen und die Funktion beeinträchtigen. Daher sollten bei allen Arbeiten an Vakuummessgeräten geeignete Handschuhe getragen werden, insbesondere beim Zusammenbau der gereinigten Teile.

Fingerabdrücke können sich in der Oberfläche einbrennen und die Funktion der Messgeräte beeinträchtigen

Wichtige Utensilien bei der Reinigung von Vakuummessröhren sind ferner fusselfreie Papiertücher, Wattestäbchen und Isopropylalkohol (auch Isopropanol oder 2-Propanol genannt). Weiterhin ist ein sauberer, aufgeräumter Arbeitsplatz mit guter Beleuchtung und leichtem Abzug der Lösemitteldämpfe zu empfehlen.



Reinigung von verschiedenen Messgerätetypen

1. Reinigung von Membran-Vakuummessgeräten

Vakuummessgeräte, die die Kraft auf eine bekannte Membranfläche messen, werden für den Grobvakuumbereich bis zu 1 hPa eingesetzt. Das aktive Mess-element ist in der Regel eine Membran, deren Auslenkung mit unterschiedlichen Methoden in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Die Geometrie, die dem Vakuum ausgesetzt ist, ist relativ einfach. Es ist keine filigrane Mechanik vorhanden, die besondere Vorsicht erfordert. Außerdem herrschen beim Betrieb keine extremen Bedingungen, wie etwa hohe Temperaturen, welche den Schmutz verbacken würden (Ausnahme: kapazitive Vakuummessgeräte, siehe Punkt 2). Entsprechend robust sind diese Messgeräte – ein Reinigungsversuch ist also erfolgversprechend.

Die Art der Verschmutzung bestimmt das Vorgehen bei der Reinigung. In industriellen Anwendungen besteht der Schmutz meist aus öligen Stäuben, die sich mit organischen Lösungsmitteln entfernen lassen. Bewährt hat sich zum Beispiel Isopropanol. Dieser Alkohol entfernt solche Verschmutzungen erfolgreich, ohne beispielsweise Elastomere in Mitleidenschaft zu ziehen. Man träufelt einige Tropfen Lösungsmittel in das Rohr, schüttelt das ganze Gerät leicht und gießt das Lösungsmittel aus. Dieses Prozedere wiederholt man so lange, bis das Reinigungsmittel keinen Schmutz mehr zu Tage fördert.

**Ein Reinigungsversuch ist erfolgversprechend,
da Membran-Vakuummessgeräte robust sind**

Nachdem der Schmutz entfernt wurde, wird das Membran-Messgerät durch Anschluss an eine Vakuumpumpe oder ein Vakuumsystem „vakuumgetrocknet“.

Durch bloßes Ausspülen mit Lösungsmittel kann die Verschmutzung in der Regel nicht vollständig entfernt werden. Eine mechanische Reinigung, die ein besseres Reinigungsergebnis versprechen würde, ist jedoch wegen der Empfindlichkeit der Membran gegenüber mechanischer Einwirkung nicht möglich. Es empfiehlt sich, vor Beginn eines Reinigungsversuchs Erkundigungen nach dem Preis einer neuen Messröhre einzuholen, da der Aufwand für die Reinigung unter Umständen den Wert der Messröhre übersteigt. Nach einer gewissen Zeit muss das Vakuummeter auf jeden Fall ersetzt werden.



In industriellen Anwendungen bestehen die Verschmutzungen in Messröhren meist aus öligen Stäuben.

2. Reinigung kapazitiver Membran-Vakuummessgeräte

Kapazitive Membran-Vakuummeter messen, genau wie Membran-Vakuummeter, nach der Druckdefinition die Kraft, die das Gas auf eine bekannte Fläche – die Membran – ausübt. Es wäre also vorstellbar, die Membran zur Reinigung, wie vorstehend beschrieben, einfach abzuspülen. Dabei müssen jedoch wesentliche Unterschiede zum zuvor beschriebenen Membran-Vakuummeter beachtet werden:

- Kapazitive Messröhren sind Präzisionsinstrumente hoher Genauigkeit, die entsprechend feinfühlig behandelt werden müssen.
- Diese Messgeräte werden von Atmosphärendruck bis in den nahen Hochvakuumbereich angeboten. Je niedriger die zu messenden Drücke, desto delikater ist die Membran und desto besser ist sie eventuell gegen ein Reinigungsbedürfnis des Anwenders abgeschirmt.
- Die Kräfte bis hinab in den μN -Bereich werden elektrisch erfasst und verstärkt. Die Reinigung darf daher die zumeist integrierte Elektronik nicht beeinträchtigen.
- Die kapazitiven Messgeräte werden oft an Prozessen eingesetzt, die unlösliche Ablagerungen verursachen. Sie werden bei erhöhten Temperaturen betrieben, welche die Abscheidung einiger Substanzen verhindern, andere jedoch besonders fest an die Oberflächen binden.
- Diese Messgeräte haben meist Einbauten zum Schutz der Membran, die eine Reinigung behindern. Die Verschmutzung eines kapazitiven Membran-Vakuummeters kann sich durch fehlerhafte Druckmessung oder durch Drift des Nullpunktes bemerkbar machen. In der Praxis wird Ersteres meist nicht erkannt, da es eines Vergleichs mit einer Referenzmessröhre bedarf, um eine Abweichung überhaupt zu erkennen.

Instabiles Nullpunktverhalten ist leichter zu erkennen, kann jedoch verschiedene Ursachen haben. Zunächst ist eine korrekte Nullpunkteinstellung nach der in der Betriebsanleitung angegebenen Prozedur Pflicht. Hat man anschließend noch immer den Eindruck, dass eine Verschmutzung zur Nullpunktdrift führt, so ist als Nächstes die Messröhre optisch zu inspizieren. Dazu wird sie vom Vakuumsystem abgenommen und der Anschlussflansch sowie die Innenseite des Rohres und das gegebenenfalls eingebaute Filterelement in Augenschein genommen. Stellt man eine Schmutzbelegung der Oberflächen fest, so kann mit einem in Isopropanol getränkten Wattestäbchen geprüft werden, ob ein Reinigungsversuch sinnvoll ist. Nur wenn der Belag bei leichtem Wischen bereitwillig von der Rohrwand auf das Wattestäbchen übergeht, verspricht eine Reinigung Erfolg. Das Vorgehen ist ähnlich wie in Punkt 1 beschrieben: Lösemittel einfüllen, einwirken lassen, leicht schwenken, austropfen lassen. Dieser Vorgang ist mehrfach zu wiederholen, bis kein Schmutz mehr ausgeschwemmt wird. Anschließend mindestens über Nacht an einem Vakuumsystem trocknen; danach ist die Nullpunkteinstellung nach Vorschrift vorzunehmen. Anschließend zeigt eine Langzeitbeobachtung, ob sich die Nullpunktstabilität verbessert hat. Ist das nicht der Fall, muss das Messgerät ersetzt werden.

Die Verschmutzung eines kapazitiven Membran-Vakuummeters kann sich durch fehlerhafte Druckmessung oder durch Drift des Nullpunktes bemerkbar machen

3. Reinigung von Pirani-Vakuummessgeräten

Thermische Vakuummessgeräte nach dem Pirani-Prinzip werden als preiswerte Messröhren häufig im Grob- und Feinvakuumbereich eingesetzt. Hier kommt ein indirektes Messverfahren zum Einsatz, das über die Wärme, die das Gas von einem dünnen Metallfaden ableitet, auf den Druck im Vakuumsystem schließt. Ist der Heizfaden verschmutzt, beeinträchtigt dies die Wärmeabfuhr und verfälscht damit die Druckmessung.

Aufwand-Nutzen-Bewertung des Reinigungsprozesses abschätzen, da Pirani-Vakuummessgeräte vergleichsweise preiswert sind

Der Heizfaden eines Pirani-Vakuummessgeräts besteht in der Regel aus einem gewendelten Wolframdraht mit einem Durchmesser um 1 µm. Die Betriebstemperatur des Drahtes liegt typischerweise etwa 100 °C über Raumtemperatur. Das führt dazu, dass sich ölhaltiger Schmutz festbackt.

Die geringe Drahtstärke verbietet es, bei der Reinigung den Schmutz abzuschrubben. Daher bleibt – wie bei Kapazitiven Membran-Vakuummessgeräten – nur das vorsichtige Ausspülen mit Alkohol.

Der sensible Heizfaden verlangt dabei besondere Rücksichtnahme. Das Lösemittel darf nur vorsichtig über die Rohrwand in den Röhreninnenraum laufen. Schütteln ist absolut zu vermeiden und das Ausgießen muss wie das Einfüllen extrem sorgfältig ablaufen.

Zum Abschluss der Reinigungsprozedur muss eine Trocknung am Vakuumsystem mit anschließender Atmosphärendruck- und Nullpunkteinstellung nach Betriebsanleitung durchgeführt werden. Dann zeigt sich, ob die Reinigungsbemühungen erfolgreich waren. Erfahrungsgemäß liegt die Erfolgsquote bei etwa 50%. Angesichts des moderaten Preises eines Ersatzsensors sollte man deshalb bereits vorab eine Aufwand-Nutzen-Bewertung des Reinigungsprozesses vornehmen.



4. Reinigung von Heißkathoden-Vakuummessgeräten

Heißkathoden-Vakuummessgeräte sind Hochvakuum-Messröhren, deren Einsatzbereich vom Feinvakuumbereich bis zum Ultrahochvakuum reicht. Sie nutzen die Ionisation der Gase für die Druckmessung, indem sie die Gase ionisieren und den Ionenstrom als Maß für den Druck nehmen.

Dieses Messprinzip erfordert einen Sensor aus filigranen Drahtelementen (Glühkathode, Gitter, Anode), der nicht gereinigt werden kann.

Verschmutzungen treten bei diesem Messprinzip meist durch chemische Umsetzung von geringen Mengen an Spurengasen im Sensor selbst auf. Schuld daran sind die hier herrschende hohe Temperatur und der Beschuss der Gasmoleküle mit Elektronen und Ionen. Dabei können sich auf den Oberflächen isolierende Schichten bilden, welche die Funktion der Messröhre beeinträchtigen oder gänzlich unterbinden.

Isolierende Schichten an Oberflächen beeinträchtigen oder unterbinden die Funktion der Messröhre.

Heißkathoden-Vakuummessgeräte verfügen meist über eine Ausgasungsfunktion, bei der die Elektroden durch einen erhöhten Emissionsstrom aufgeheizt werden. So werden anhaftende Gase desorbiert. Diese Funktion vermag jedoch keine sichtbaren Ablagerungen zu entfernen, die durch chemische Umsetzung von organischen (Kohlenstoffchemie) oder siliciumhaltigen Verbindungen entstehen.

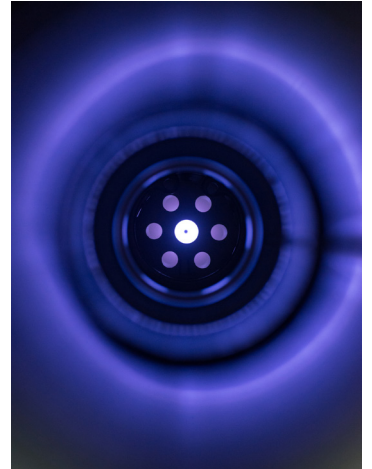
Niedermolekulare Dämpfe aus O-Ringen, Pumpenölen oder Vakuumfett werden im Messsystem zu vernetzten Duroplasten, Siloxanen oder Siliciumdioxid umgesetzt. Diese können mit üblichen Lösungsmitteln nicht entfernt werden. Da eine mechanische Reinigung des Sensors aufgrund seiner filigranen Struktur nicht möglich ist, muss der Messkopf bei Verschmutzung gegebenenfalls ersetzt werden.



5. Reinigung von Kaltkathoden-Vakuummessgeräten

Kaltkathoden-Messröhren in verschiedenen Ausführungen (Penning, Inverted Magnetron) sind als Einzel- oder Kombinationsmessröhren verfügbar. Meist sind sie mit einem Pirani-Sensor kombiniert.

Ihr Einsatzbereich erstreckt sich wie bei den Heißkathoden-Messröhren vom Fein- bis in den Ultrahochvakuumbereich; das Haupteinsatzgebiet liegt dabei im Hochvakuum. Die Genauigkeit dieser Vakuummessgeräte ist deutlich geringer als die der Heißkathoden. Das Messsystem kommt ohne filigrane Elemente aus. Daher ist es für eine Reinigung zugänglich und zu diesem Zweck auch meist mit O-Ringen gedichtet, sodass es leicht zerlegt werden kann. Demontage, Reinigung und Zusammenbau sind meist in den Betriebsanleitungen beschrieben.



Vor der Zerlegung sollte auf jeden Fall das Schutzgitter oder der Einlassfilter entfernt werden, um den Verschmutzungsgrad beurteilen zu können. Meist stellt man bei der Inspektion regenbogenfarbige bis braunschwarze Ablagerungen auf der Rohrwandung fest. Nachdem das Messgerät gegebenenfalls von seiner Elektronik befreit und in seine Einzelteile zerlegt wurde, müssen diese fest haftenden Ablagerungen entfernt werden. Am besten ist dazu feinkörniger Putzvlies geeignet (zum Beispiel Scotch-Brite™ Körnung 400 oder 1000), mit dem die Oberflächen abgeschliffen werden. Wichtig ist dabei, dass Dichtflächen für O-Ringe nur in konzentrischen Kreisen bearbeitet werden, sodass keine Riefen quer zur Dichtlinie entstehen.

Man schützt dadurch nicht nur sich selbst vor dem entstehenden Schleifstaub unbekannter Zusammensetzung, sondern auch die Oberflächen vor Fett- und Säurespuren der Haut. Schlecht zu reinigende Kleinteile, wie zum Beispiel Zündhilfen, sind zu ersetzen, ebenso deformierte oder brüchige Elastomere. Nachdem die Ablagerungen restlos entfernt sind, werden die Oberflächen mit Isopropanol gründlich vom Schleifstaub befreit. Der Zusammenbau der trockenen Einzelteile erfolgt nach Betriebsanleitung, gegebenenfalls unter Einsatz eines Wartungssatzes. Nach erfolgtem Zusammenbau des Sensors wird die Messröhre (ohne Elektronik) zunächst mit einem Helium-Lecktestgerät auf Dichtheit geprüft. Dabei sollte kein Anstieg des Untergrundsignals feststellbar sein, wenn Helium auf Dichtstellen und elektrische Durchführungen gesprüht wird (Leckrate $< 10^{-10}$ Pa m³/s). Ehe die Messröhre erneut gestartet wird, sollte sie mindestens ein bis zwei Stunden an einem Vakuumsystem ausgasen.

Wichtig:
Diese Arbeit nur mit
Schutzhandschuhen
ausführen!



Kalibrierung von Messgeräten

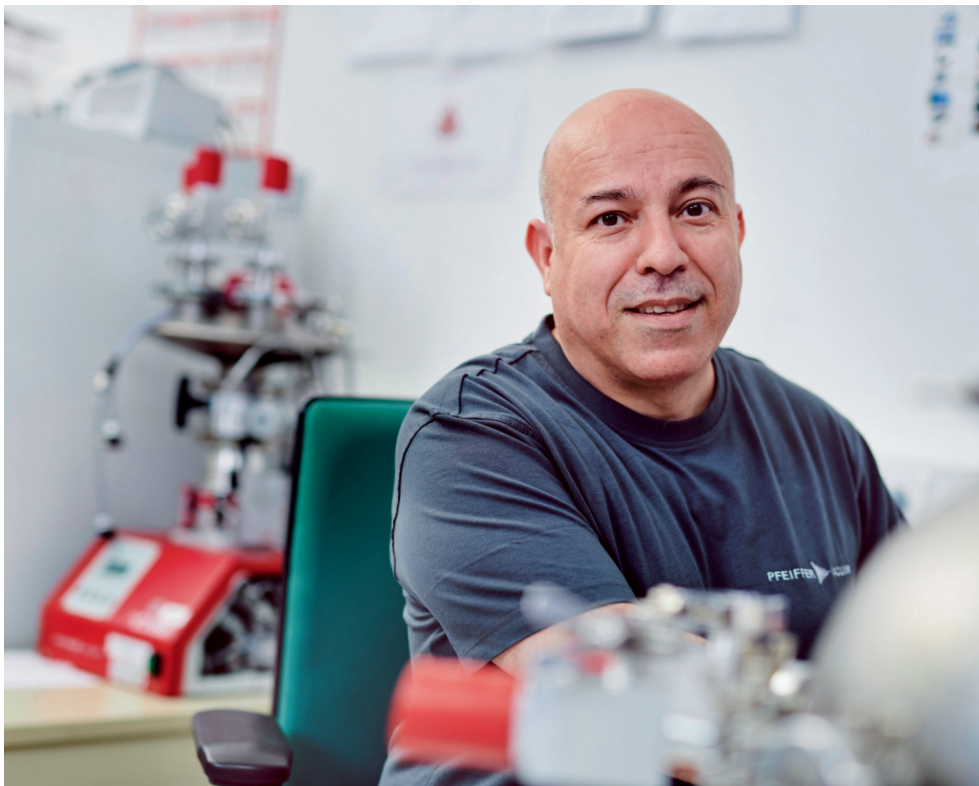
Ihr Qualitätsmanagement erfordert die regelmäßige Kalibrierung Ihrer Vakuummessgeräte? Dann haben wir für Sie genau die richtige Lösung: Unser Kalibrierlabor am Standort Asslar bietet Ihnen sowohl die Werkskalibrierung gemäß DIN ISO 3567 als auch die höherwertige DAkkS-Kalibrierung an.

Senden Sie uns einfach Ihre Vakuummessmittel und wir prüfen zunächst die einwandfreie Funktion Ihres Produkts und führen anschließend die Kalibrierung unter Beachtung der DIN ISO 3567 durch. Sie erhalten dann einen Kalibrierschein, in dem die Prüfbedingungen und die festgestellten Abweichungen dokumentiert sind.

Gerne unterstützen wir Sie bei der anwendungsspezifischen Optimierung Ihrer Vakuumlösung – sprechen Sie uns an!



Beachten Sie bitte, dass eine vollständig ausgefüllte „Erklärung zur Kontamination“ über ihre Messmittel unbedingt mit eingereicht werden muss.



Checkliste

- Saubere Handschuhe tragen
- Wichtige Utensilien bereitstellen: fusselfreie Papiertücher, Wattestäbchen und Isopropanol
- Sauberer, aufgeräumter Arbeitsplatz mit guter Beleuchtung und leichtem Abzug der Lösemitteldämpfe
- Ggf. Beschaffung und Bereitlegen von Austausch- oder Ersatzteilen
- Optische Untersuchung, ob Verschmutzungen vorliegen
- Vorsichtige Reinigung mit Lösungsmitteln
- Ggf. Tausch verschmutzter Teile
- Trocknung für mehrere Stunden an einem Vakuumsystem
- Nullpunkteinstellung nach Betriebsanleitung
- Falls notwendig: Werks- oder DAkKS-Kalibrierung im Kalibrierlabor



Your Success. Our Passion.

Wir geben jeden Tag unser Bestes für Sie –
weltweit!

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

Pfeiffer Vacuum GmbH
Germany
T +49 6441 802-0



Irrtümer und/oder Änderungen vorbehalten. (März 2023/0)

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



www.pfeiffer-vacuum.com

PFEIFFER  **VACUUM**