

ALLGEMEINES

Zur genauen Messung von Ober-, Unter- oder Differenzdrücken werden Flüssigkeits-Manometer verwendet. Sie bestehen in ihrer einfachsten Form im wesentlichen aus einem U-förmig gebogenen, zum Teil mit einer Sperrflüssigkeit gefüllten Glasrohr sowie einem Massstab. Werden die beiden offenen Enden des Rohres mit den beiden Räumen, deren Druckdifferenz gemessen werden soll, verbunden, so stellen sich die Flüssigkeitsspiegel in den beiden Schenkeln auf einen Höhenunterschied derart ein, dass mit dem Differenzdruck Gleichgewicht besteht. Die senkrecht gemessene Spiegeldifferenz $n \cdot \sin \alpha$ [mm] ist ein Mass für die Druckdifferenz Δp .

$$\Delta p = (\rho_F - \rho) \sin \alpha \cdot g \text{ [Pa]}^*$$

wobei bedeuten:

$$n = \text{Länge der Flüssigkeitssäule in mm} = \frac{\text{Ablesung}}{7,845}$$

$$\rho_F = \text{Dichte der Sperrflüssigkeit in g/cm}^3$$

$$\rho = \text{Dichte des darüber befindlichen Mediums in g/cm}^3$$

$$\alpha = \text{Neigungswinkel des Messrohrs gegen die Horizontale}$$

$$g = \text{Fallbeschleunigung am Beobachtungsort in m/s}^2 \\ (\text{Normalwert der Fallbeschleunigung} \\ = 9,80665 \text{ m/s}^2)$$

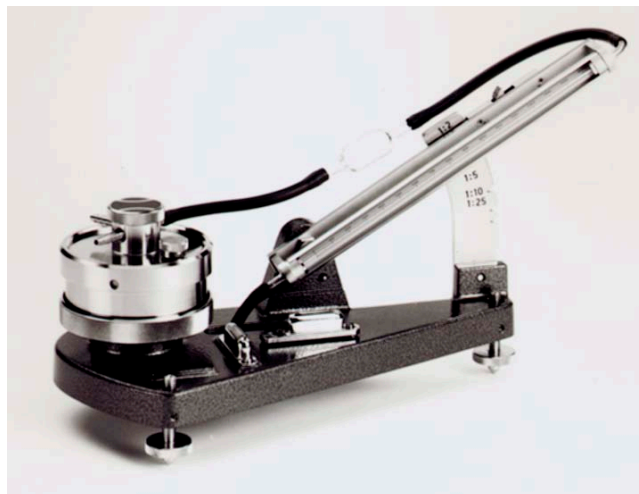
$$*) 1 \text{ Pa} = 0,01 \text{ mbar} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ N/m}^2 = \frac{1}{9,80665} \text{ kp/m}^2 \approx 0,102 \text{ mm WS}$$

Ist das Übertragungsmedium Luft oder ein anderes Gas unter niedrigem Druck, so ist ρ im Verhältnis zu ρ_F fast Null, und es kann vernachlässigt werden.

Wie aus der Formel ersichtlich, kann der Ausschlag der Flüssigkeitssäule bei gleichem Druck durch Schrägstellen des Messrohres vergrößert werden, wodurch eine höhere Messgenauigkeit erzielt wird. Nach diesem Prinzip arbeiten unsere Mikromanometer. Die Skale dieser Geräte ist von 0-1600 in 10/1 geteilt, so dass bei $\sin \alpha = 1 : 25$ und $\rho_F = 0,8 \text{ g/cm}^3$ der Abstand zweier Teilstriche - das ist der Skalenswert - einer Druckdifferenz von nur 0,4 Pa entspricht.

Da die Einstellung auf jeweils zwei Flüssigkeitsspiegel - wie beim einfachen U-Rohr erforderlich - zeitraubend ist, ist der Querschnitt des einen Schenkels sehr gross gegenüber demjenigen des anderen gehalten. Die restliche verbleibende Änderung des Flüssigkeitsniveaus im erweiterten Schenkel bei schwankendem Druck ist sehr klein. Sie wird im übrigen bei der Justierung durch Anpassen des Neigungswinkels berücksichtigt. Infolgedessen ist bei jeder Messung nur eine Ablesung auszuführen, so dass unsere Mikromanometer einfach in der Handhabung sind und weitgehend Schutz gegen Fehlablesungen bieten. Um einen grossen Messbereich erfassen zu können, ist das Messrohr schwenkbar angeordnet, und es können mit Hilfe des Messbereichwählers wahlweise fünf Messbereiche eingestellt werden.



BESCHREIBUNG DES GERÄTES

Das Mikromanometer weist eine Grundplatte auf, auf welcher der die Sperrflüssigkeit enthaltende Behälter (der erweiterte Schenkel) vertikal verstellbar angeordnet ist. Dieser ist mit dem schwenkbaren Messschenkel durch einen Gummischlauch elastisch verbunden. Die Neigung des Messschenkels ist mit Hilfe einer Rastvorrichtung am Bereichswähler einstellbar. Der Messbereich mit dem Neigungsfaktor 1:1 ergibt sich durch Senkrechtstellen des Messarmes. Hierbei sind geringfügige Abweichungen von der Lotrechten auf das Messergebnis ohne wesentlichen Einfluss. Für die Arretierung des Messschenkels in diesem Bereich ist deshalb ein Anschlag vorgesehen.

Die Grundplatte trägt ausserdem zwei Röhrenlibellen zur waagerechten Ausrichtung des Gerätes in Verbindung mit den verstellbaren Standschrauben. Zum Anschluss von Drucksonden ist auf dem Sperrflüssigkeitsgefäss ein Umschalthehnhahn mit zwei freien Schlauchtüllen vorgesehen. Eine dritte Tülle ist über einen Gummischlauch elastisch mit dem offenen Ende des Messrohres verbunden. In diese Schlauchverbindung ist eine Flüssigkeitsfalle eingeschaltet, die bei geringfügiger Überlastung des Gerätes das Übertreten der Sperrflüssigkeit in die Schlauchverbindung zur Drucksonde verhindert. Mit Hilfe des Umschalthehnhahnes lässt sich bei Druck- oder Sogmessungen und, wenn der auf den Minusanschluss wirkende Druck nur geringfügig vom atmosphärischen Luftdruck abweicht, auch bei Differenzdruckmessungen eine Nullpunktkontrolle ohne Abklemmen der Schlauchleitungen ausführen.

SPERRFLÜSSIGKEIT UND MESSBEREICH

Der jeweils gewünschte Messbereich ist gemäss der Formel abhängig einmal von der Dichte der Sperrflüssigkeit und zum anderen von der Neigung des Messrohres. In listenmässiger Ausführung wird das Mikromanometer mit gefärbtem Äthylalkohol als Sperrflüssigkeit geliefert, dessen Dichte $0,8 \text{ g/cm}^3$ beträgt. Andere Sperrflüssigkeiten (z.B. Wasser) können verwendet werden, soweit sie die Werkstoffe, aus denen die mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Einzelteile gefertigt sind (Messing, Zinn, Gummi, Glas), nicht angreifen.

Neigung $\sin \alpha$	Messbereiche	Skalenwerte
	bei Füllung mit Äthylalkohol Dichte $\rho_F = 0,8 \text{ g/cm}^3$	
	Pa	Pa
1 : 1	0...1600	10
1 : 2	0...800	5
1 : 5	0...320	2
1 : 10	0...160*	1
1 : 25	0...64*	0,4

*) In diesen Bereichen sind andere Sperrflüssigkeiten als Alkohol wegen ihrer ungünstigen Benetzungseigenschaften nicht geeignet.

Da Alkohol hygroskopisch, d. h. Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen imstande ist und da sich mit dem Wassergehalt die Dichte ändert, muss diese von Zeit zu Zeit mit einem Aräometer überprüft werden. Darüber hinaus empfiehlt es sich, die Vorratsgefässe stets sorgfältig geschlossen zu halten.

Die Abhängigkeit der Dichte des Alkohols von der Temperatur kann bei Präzisionsmessungen rechnerisch berücksichtigt werden. Da sich der dem Gerät beigegebene Prüfschein auf eine Sperrflüssigkeit der Dichte $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ bezieht, sind die daraus ermittelten Druckwerte lediglich mit den in nachfolgender Tabelle angegebenen Faktoren zu multiplizieren, um den tatsächlichen Druck zu erhalten.

Temperatur in $^\circ\text{C}$	0	10	20	30
ρ in g/cm^3	0,82	0,81	0,80	0,79
Faktor	1,025	1,013	1,000	0,988

Beispiel: Wenn der aus dem Prüfschein ermittelte Druck 64 Pa beträgt und die Temperatur der Sperrflüssigkeit mit $0 \text{ }^\circ\text{C}$ angenommen wird, so ist demnach der tatsächliche Druck $64 \text{ Pa} \times 1,025 = 65,6 \text{ Pa}$.

INBETRIEBNAHME

Das Gerät wird an einem erschütterungsfreien Platz auf die drei beigegebenen Stützplatten so gestellt, dass die Spitzen der Standschrauben in den Senkungen der Stützplatten liegen. Dann wird der Flüssigkeitsbehälter durch Drehen des darunter befindlichen Rändelringes soweit gehoben bzw. gesenkt, bis zwischen Oberkante Rändelring und Unterkante Gefässdeckelring ein Abstand von ca. 17 mm vorhanden ist.

Nach Entfernen der vor dem Umschalthahn befindlichen Einfüllschraube wird Sperrflüssigkeit eingefüllt, bis diese etwa zum Nullpunkt der Skale am Messrohr emporsteigt. Der Behälter wird anschliessend wieder verschlossen. Zur Beseitigung von eventuell vorhandenen Luftbläschen im Messrohr oder in der Verbindungsleitung zum Flüssigkeitsbehälter saugt man (bei senkrecht stehendem Messrohr) über den blauen Anschluss (-) des Mikromanometers die Flüssigkeitssäule so hoch, dass sich nahezu die ganze Länge des Messrohres ausfüllt. Luftbläschen werden durch wechselweises Hochsaugen und Wiederfallenlassen der Flüssigkeitssäule entfernt.

Durch Drehen der Standschrauben ist das Gerät horizontal auszurichten. Die richtige Einstellung ist dann erreicht, wenn die beiden Röhrenlibellen genau einspielen, d.h. wenn sich deren Luftblasen auf Skalenmitte befinden. Zweckmässigerweise beginnt man mit dem Einstellen der Querlibelle und lässt die Längslibelle folgen. Durch Betätigen des Rändelringes wird nun der Flüssigkeitsmeniskus genau auf den Nullpunkt des Messrohres eingestellt. Anschliessend können die Verbindungsleitungen verlegt und an das Mikromanometer angeschlossen werden. Der Anschluss zum erweiterten Schenkel des Manometers (Druckanschluss) ist mit (+) gekennzeichnet und darüber hinaus rot markiert. Der Anschluss zum Messschenkel (Soganschluss) trägt dagegen ein Minus-Zeichen (-) und ist blau markiert.

Die wesentlichen Anschlussmöglichkeiten sind im folgenden aufgeführt:

1. Verwendung als Überdruckmesser:

Der Überdruckraum wird über die rot markierte Tülle angeschlossen. Die andere Tülle bleibt offen, so dass der Überdruck gegenüber dem atmosphärischen Druck gemessen wird.

2. Verwendung als Unterdruckmesser:

Der Unterdruckraum ist an die blau markierte Tülle anzuschliessen. Die rot markierte Tülle bleibt offen, so dass der Unterdruck gegenüber dem atmosphärischen Druck gemessen wird.

3. Verwendung als Differenzdruckmesser:

Der Raum, in dem der höhere Druck herrscht, wird mit der rot markierten Tülle, der Raum mit dem niedrigeren Druck mit der blau markierten Tülle verbunden. Gemessen wird der Differenzdruck, d. h., die Differenz der Drücke beider Räume.

4. Verwendung für Geschwindigkeits- und Mengemessungen bei Anschluss an ein Staurohr:

Der Gesamtdruck (+ des Staurohres) wird an die rot markierte Tülle, der statische Druck (- des Staurohres) an die blau markierte Tülle angeschlossen. Gemessen wird der Staudruck.

Bei Differenzdruckmessungen ist darauf zu achten, dass das Gerät einem statischen Oberdruck von max. 100 kPa (= 1 bar) ausgesetzt werden darf. Weicht bei Differenzdruckmessungen der über die Minustülle einwirkende Druck vom umgebenden Luftdruck ab, ist es erforderlich, in beide Zuführungsleitungen ein Absperrventil einzubauen. Die Ventile sind bei gleichzeitiger Beobachtung der Flüssigkeitssäule vorsichtig so zu öffnen, dass eine Überlastung des Gerätes durch ungleichmässige Druckbeaufschlagung vermieden wird.

MESSEN

Vor der Messung wird jeweils der richtige Messbereich eingestellt. Ist der zu erwartende Messwert unbekannt, so empfiehlt es sich, zunächst den grössten Messbereich einzustellen und dann auf den Bereich überzugehen, in welchem der Messwert am genauesten ermittelt werden kann.

Bei jeder Änderung des Messbereiches muss eine Nullpunktkontrolle vorgenommen werden, da wegen der parabolischen Ausbildung des Flüssigkeitsspiegels Schwerpunkt und Ablesepunkt nicht für alle Messbereiche gleich liegen. Verzichtet man auf eine genaue Nullpunkteinstellung, so muss vor der Messung die Anfangslage des Meniskus abgelesen und dieser Wert dann vom Messergebnis abgezogen werden. Wurden entsprechend den Ausführungen im Abschnitt "Inbetriebnahme" Absperrventile in die Verbindungsleitungen eingebaut, so sind diese vor der Nullpunktkontrolle unter gleichzeitiger Beobachtung der Flüssigkeitssäule vorsichtig zu schliessen. Der Umschalhahn auf dem Vorratsgefäss ist nach rechts bis zum Anschlag zu drehen. In dieser Stellung des Umschalhahnes wird das Mikromanometer belüftet, und der Nullpunkt kann kontrolliert werden. Nach der Nullpunktkontrolle wird der Umschalhahn durch Linksdrehen bis zum Anschlag wieder auf "Messen" gestellt. Auch bei der Belüftung ist stets auf gleichmässige Druckbeaufschlagung zu achten.

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgt mit Hilfe des jedem Gerät beigefügten Prüfscheines, der den jeweiligen Druck in Pa unmittelbar abzulesen gestattet. Das Ergebnis kann auch, mit meist ausreichender Genauigkeit, nach den Formeln

$$\frac{\text{Ablesung}}{\text{Neigungsskala}} = \text{Druck in Pa}$$

$$\text{Neigungszahl z.B. für } \sin \alpha 1 : 5 \triangleq 5$$

errechnet werden, wobei allerdings die durch Rohrkrümmungen bedingte, besonders bei der Neigung 1 : 25 bemerkbare Instrumentenkorrektur vernachlässigt wird.

Bei Verwendung von Sperrflüssigkeiten mit einer anderen Dichte als 0,8 g/cm³ (wegen ungünstigeren Benetzungseigenschaften nicht bei Neigungen 1 : 10 und 1 : 25 möglich) sind die ermittelten Druckwerte mit einem Faktor zu multiplizieren, der sich wie folgt ermitteln lässt:

$$\frac{\text{Dichte der Sperrflüssigkeit}}{0,8} = \text{Faktor}$$

$$\text{z.B. für Wasser: } \frac{1}{0,8} = 1,25$$

WARTUNG

Der als Sperrflüssigkeit beigegebene Alkohol ist mit Eosin schwach gefärbt. Zu starke Färbung muss vermieden werden, da sich der Farbstoff sonst absetzt und das Messrohr verschmutzt. Einwandfreie Messungen sind dann wegen der Adhäsion vor allem bei starker Neigung des Messrohres nicht mehr möglich.

Es muss darauf geachtet werden, dass in die Verbindungsleitungen keine Sperrflüssigkeit gelangt, da anderenfalls das Messergebnis erheblich verfälscht werden kann. In der Flüssigkeitsfalle aufgefangene Manometerflüssigkeit wird zweckmässigerweise nach Lösen eines Schlauchanschlusses entfernt. Die Flüssigkeitsfalle kann ihre Funktion einwandfrei nur dann erfüllen, wenn das eingeschmolzene, gebogene Glasröhrchen mit seiner freien Öffnung nach oben und in Richtung zum rechten Messschenkelende weist.

Die Röhrchenlibellen sind auf der Grundplatte genau einjustiert. Eine Verstellung muss unbedingt vermieden werden, da sonst die Eichung des Instrumentes hinfällig wird.



Quality System certified by DQS according to
DIN EN ISO 9001 Reg. No. 3748

Änderungen vorbehalten

06550_b-d.pmd 38.00

MessCom GmbH
Augustinusstrasse 11c
50226 Frechen
Germany

Tel	+49-(0)2234-9641-0
Fax	+49-(0)2234-9641-10
E-Mail	info@messcom.de
Internet	www.messcom.de