

FACHINFORMATION, August 2020

Druckmessung – Auswahl und Verwendung von Manometern



Der Druck zählt neben der Temperatur zu den wichtigsten Messgrößen in der Gebäude-, Anlagen- oder Umwelttechnik wie auch bei Apparaten und Maschinen. Bei Einsatz kritischer Medien oder je höher der Druck, desto größer werden die Risiken. Deshalb sind bei Auswahl und Verwendung von Druckmessern auch wichtige Aspekte für Sicherheit und Gesundheitsschutz zu beachten.

Druck wird als auf eine Fläche wirkende Kraft ($p = F / A$) definiert. Die SI-Einheit für Druck ist Pascal ($N/m^2 - Pa$, kPa, MPa). Andere gebräuchliche Messeinheiten für Druck sind das Bar (bar, mbar), im Nordamerikanischen Raum gilt die Einheit pound-force per square inch ("Pfund pro Quadratzoll", psi). Es werden zwei Arten des Drucks nach dem Bezugspunkt unterschieden, der relative Atmosphärische Luftdruck hat den lokalen Luftdruck als Bezugspunkt (Höhe Meeresspiegel ca. 1 bar) und der Absolutdruck mit Bezugspunkt „Null“ des luftleeren Raums (im Vakuum).

Druckführende Geräte und Anlagen (z.B. Druckbehälter, Dampfkessel, Rohrleitungen, Hydraulik, Pneumatik) müssen so ausgelegt, hergestellt, überprüft und gegebenenfalls ausgerüstet und installiert sein, dass ihre Sicherheit gewährleistet ist. Hersteller sind dabei verpflichtet, eine Analyse der Gefahren und Eintrittswahrscheinlichkeit vorzunehmen, um die mit seinem druckführenden Gerät verbundenen druckbedingten Risiken zu ermitteln.

Zum Messen und zur Anzeige des Druckes bei den verschiedensten Applikationen werden am häufigsten Manometer mit mechanischem Messwerk eingesetzt. Manometer sind robust und einfach zu nutzen. Gemäß der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (DGRL) gelten Manometer, bei Druck ab 0,5 bar, als druckhaltende Ausrüstungsteile mit Betriebsfunktion „Messen“ (Auslegung und Herstellung gemäß guter Ingenieurpraxis, CE-Kennzeichnung ab 200 bar bzw. DN > 25).

Mechanische Druckmessgeräte (Manometer) sind Messgeräte zur Anzeige des physikalischen Druckes von gas- bzw. dampfförmigen oder flüssigen Medien. Die Einteilung der Manometer erfolgt je nach Bauart und Verwendung:

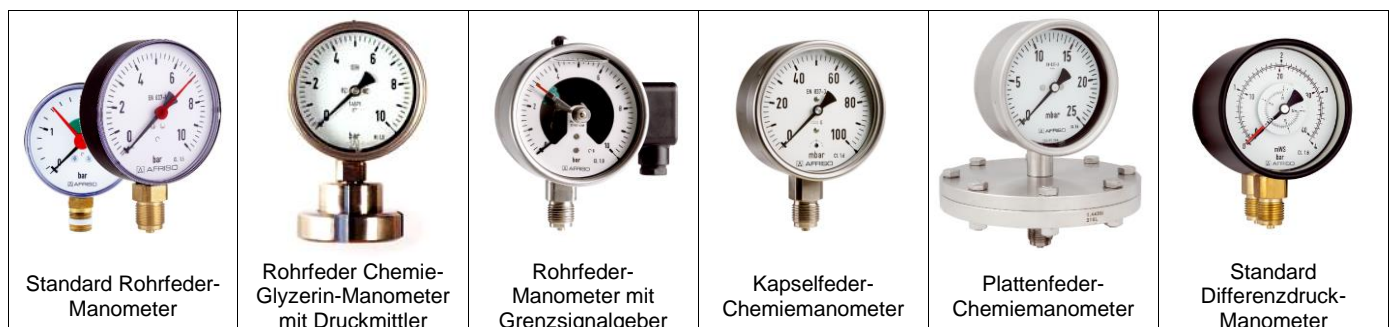
- nach Bauart in Rohrfeder-Manometer (EN 837-1), Kapselfeder-, Plattenfeder-Manometer (EN 837-3);
- nach Druckart für relativen, absoluten, statischen, dynamischen Druck, Vakuum, Differenzdruck;
- nach Verwendungsbereich z.B. in Industrie-, Chemie-, Glycerin- oder Standardmanometer;
- nach Genauigkeit in Betriebs- oder Feinmessmanometer.

Gebräuchliche Arten elastischer Messglieder von Manometern

Rohrfeder-Manometer

Manometer mit Rohrfedern werden als Betriebs- oder Feinmessmanometer für Industrie-, Chemie-, Glycerin-, Standard- oder Heizungsmanometer zur Druckmessung bei gasförmigen und flüssigen, nicht hochviskosen und nicht kristallisierenden Medien von -1 / 0 ... 0,6 bar bis zu mehreren 1.000 bar verwendet.

Rohrfeder-Manometer sind Druckmessgeräte deren Messglied je nach zu messenden Druckbereich aus einer kreis-, schnecken- oder schraubenförmig geformten metallischen Rohrfeder besteht. Abhängig vom Druck erfolgt eine Verformung der Feder (Federweg 2 - 7 mm), die über ein Zeigerwerk in eine Kreisbewegung umgesetzt wird.





Kapselfeder-Manometer



Kapselfeder-Manometer eignen sich ausschließlich für Druckmessungen von trockenen und sauberen Gasen ab einem Messbereich von 6 mbar bis 1.000 mbar (-/+ bei Standard- Industrie-, Chemieanwendungen, z.B. Erdgasanlagen oder Biogasapplikationen.

Zwei konzentrisch geformte Membranen werden an ihren Außenkanten durch Schweißen oder Löten verbunden. Eine Membrane hat in ihrem Mittelpunkt eine Öffnung, in die das zu messende Gas einströmen kann. Durch den in der Kapselfeder entstehenden Druck wölbt sich diese nach außen (etwa 1,2 mm Federweg). Ein Umlenkhebel leitet die Linearbewegung auf das Zeigerwerk und setzt diese in eine Kreisbewegung um. Bereits in den 1920er-Jahren ließ sich AFRISO diese Technik in Form des „Feindruck-Manometers“ patentieren.

Plattenfeder-Manometer

Plattenfeder-Manometer dienen zur Druckmessung bei gasförmigen und flüssigen Medien in den Bereichen von 10 mbar bis 25 bar.

Bei Plattenfeder-Manometern besteht das Messglied aus einer Membranfeder, die meist zwischen zwei Flanschen eingespannt wird. Bei Druckbeaufschlagung erfolgt eine Verformung der Feder (Federweg ca. 2 mm), die über ein Zeigerwerk in eine Drehbewegung der Zeigerachse umgesetzt wird.



Differenzdruck- und Absolutdruck-Manometer

Für die Differenzdruckmessung werden üblich Messsysteme mit zwei Federn verwendet. Bei gleichem Druck in der positiven, wie in der negativen Druckkammer ergibt sich keine Differenz. Erst ein Druckunterschied in den Messfedern ruft unterschiedliche Federwege hervor und die Druckdifferenz (Δp) wird durch das Messwerk zur Anzeige gebracht.

Bei den üblichen Anwendungen wird der Relativdruck gemessen. Bei der sehr seltenen Absolutdruckmessung wird der auf der Messfeder lastende atmosphärische Luftdruck durch ein Vakuum ersetzt. Evakuiert man das Gehäuse eines Rohrfedermanometers, so erhält man ein Absolutdruckmessgerät. Bei einem Plattenfedermanometer wird die dem Messdruck abgewandte Seite der Plattenfeder evakuiert.

Druckmittler

Druckmittler sind Prozessanschlüsse mit einer Trennmembrane, die das Medium vom Druckmessgerät trennt. Diese Zusatzgeräte erweitern den Einsatzbereich von Manometern, Druckschaltern und elektronischen Druckmessumformern. Druckmittler werden eingesetzt, wenn zum Beispiel:

- das Medium nicht in das Messorgan gelangen soll, z. B. bei verunreinigten, dickflüssigen oder kristallisierenden bzw. aushärtenden Medien,
- die medienberührten Teile wegen der Korrosionsbeständigkeit aus Sonderwerkstoffen sein müssen, aus denen keine federelastischen Messglieder hergestellt werden können,
- die Umgebungstemperatur bzw. die Temperatur des Mediums extrem hoch ist,
- aus hygienischen Gründen keine Toträume sowie Hinterwanderungen zulässig sind.



Manometer, Druckbereiche	-/+6 / 10 mbar	-/+600 mbar	-/+1 bar	25 bar	1.000 bar	2.500 bar
Kapselfeder-Manometer						
Plattenfeder-Manometer						
Rohrfeder-Manometer						
Druckmittler						

Auswahl und bestimmungsgemäße Verwendung von Druckmessgeräten



Hersteller von Druckmessern (Manometer) haben je nach Verwendungsarten den Stand der Technik, die Spezifikationen und die Produktsicherheit zu erfüllen.

Die Leistungsfähigkeit der Druckmessgeräte alleine stellt jedoch noch nicht sicher, dass die Verwendung bestimmungsgemäß und ausreichend sicher ist.

Maschinen- und Anlagenbauer müssen dafür sorgen, dass die Betriebsmittel den letzten technischen Stand erfüllen. Von Arbeitgebern wird gefordert, dass Arbeitsmittel gemäß den ArbeitnehmerInnen-Schutzbestimmungen (ASchG) beschaffen sind, montiert, benutzt und erhalten werden!

Eine Fülle von Anwendungen mit Manometern sind erprobt und bei vertretbarem Risiko unproblematisch (z.B. Heizung, Sanitär), bei anderen Messaufgaben sind adäquate Maßnahmen zur Risikoreduktion sicherzustellen (Gase, Maschinen, Dampfkessel, Chemie, Kälteanlagen, Hochdruck, Hygiene, Nahrungsmittel, Gefahrstoffe, Sicherheit, Umweltschutz, etc.).

Als direkt anzeigende Instrumente ergänzen Manometer auch elektronische Druckmesser in zahlreichen Applikationen in der Mess- und Regeltechnik, z.B. als ständige Reserve wenn bei Energieausfall eine Druckanzeige erforderlich ist.

Das erreichte Niveau beim Einsatz von Druckmessern hängt stark von der korrekten Auswahl und dem Einsatz der Instrumente ab. Bei der Verwendung von Druckmessgeräten sind von Fachkräften grundsätzliche Kriterien zu beachten:

- die Auswahl von Messgeräten und Ausrüstungsteilen nach den Verwendungsbedingungen
 - Grundsätzliche gesetzliche Bestimmungen für Sicherheit und Gesundheitsschutz
 - Verbraucher, z.B. Produktsicherheitsgesetz (PSG)
 - ArbeitnehmerInnen-Schutzgesetz (ASchG, AStV)
 - Hohes Schutzniveau für die Gesundheit (z.B. Gefährdung, Lebensmittel, Pharma, Aseptik)
 - Richtlinien, nationale Gesetze (z.B. Druckgeräterichtlinie, Maschinenrichtlinie, GewO)
 - Stand der Technik (bei Manometer z.B. EN 837-1, -2, -3, ISO 5171, DIN 16085, Messgerätespezifikationen)
- die Berücksichtigung einer Anzahl von Regeln und Vorsichtsmaßnahmen hinsichtlich:
 - Lagerung, Einbauart, Sicherheit im Hinblick auf die Verwendung und Wartung
- bei sicherheitsrelevanten Anwendungen oder Gesundheitsschutz
 - Risikoanalyse, Risikobewertung, Risikoreduktion und Dokumentation aller Maßnahmen

Qualifikation des Personals, Sicherheitsmanagement und Unfallprävention

Druckmessungen sollen entsprechend den Betriebsbedingungen, dem Stand der Technik, den gesetzlichen Bestimmungen und Kundenwünschen technisch, wirtschaftlich und sicher gelöst werden. Planung, Montage, Inbetriebnahme, Betrieb, Instandhaltung sowie Außerbetriebnahme von Druckmessgeräten sind von fachspezifisch geschultem Personal mit geeigneter Ausrüstung durchzuführen.

Ein Schaden oder gar Unfall, verursacht durch mangelhafte Eignung, falsche Anzeige bzw. Defekt eines Druckmessgerätes, kann fatale Folgen haben. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, dass die Anzeige der Messwerte zuverlässig ist. Druckmesser, speziell im Einsatz bei gefährlichen Drücken bzw. Medien, sollten in bestimmten Abständen einer Sicht- und Funktionskontrolle (Nullpunkt, Anzeige) unterzogen werden.




Mögliche Gefährdungen für Beschäftigte und Dritte bei Druckanlagen können beispielsweise sein:

- Druckwellen
- wegfliegende Teile
- schlagende Leitungen aufgrund des Zerknalls oder Berstens einer Druckanlage
- heiße oder tiefkalte Oberflächen
- Leckage, Undichtigkeiten
- Fehlanwendung

Ein verantwortungsvolles Sicherheitsmanagement bei der Verwendung konformer Druckmesser und Unfallprävention bringen weit mehr als es kostet. Wenn Maßnahmen von qualifizierten Fachleuten umgesetzt und dokumentiert werden, ergibt sich für Verantwortliche neben hoher Produkt-, Betriebs- bzw. Arbeitsplatzsicherheit auch rechtliche Absicherung in puncto Haftung.

Typische Kriterien bei der Verwendung von Manometern

<p>Gesetzliche Bestimmungen Produkt- bzw. Arbeitssicherheit, Druckgeräte-Richtlinie, ggf. Maschinenrichtlinie, Hygiene, Sicherheit, Risikoanalyse</p>	<p>Mess-Medium Gas- bzw. dampfförmig, flüssig, verschmutzt, dickflüssig, kristallisierend, abrasiv, korrosiv, giftig, explosiv ...</p>	<p>Druckart Relativdruck, Absolutdruck (selten), Überdruck, Vakuum, Differenzdruck, statisch, dynamisch (Dämpfung!)</p>
<p>Einsatzbedingungen Innen/Außen, Temperatur, Schutzart, Feuchte, Luftdruck, Korrosion, Vibration, Erschütterungen, Wärmestrahlung, UV-Strahlung, Elektromagnetische Strahlung</p>	<p>Verwendung Standardanwendung, Industrierausführung, Chemieausführung, Sicherheitsausführung</p>	<p>Auswahl des elastischen Messgliedes Kapselfeder, Rohrfeder, Plattenfeder</p>
<p>Anzeigebereich, Einheit 0 bis 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1.000; 1.600; -1 bis 0; 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24; bar (mbar, hPa, MPa, psi)</p>	<p>Beispiel: Kapselfeder-Manometer für Gase (z.B. Erdgas), Industrie- ausführung, NG 100, G1/2", mit Druckknopfhahn (CE) als sichere Absperrinrichtung.</p>	<p>Nenngröße Je nach Verwendung und Ableseentfernung: NG 40, 50, 63, NG 80, 100, NG 160, 250</p>
<p>Werkstoffe Mediumberührtes Messglied: Messing, CuBe, Edelstahl, beschichtet, Sonderwerkstoff Gehäuse: Kunststoff, Stahlblech, Edelstahl</p>		<p>Typische Prozessanschlüsse, Anschlusszapfen NG 40 = G1/8", NG 50/63 = G1/4", NG 80/100/160/250 = G1/2", ggf. NPT, Druckmittler, ...</p>
<p>Einbauart radial, axial, 3-Lochfrontflansch, Bügelbefestigung, Befestigungsrand hinten, direkt oder mit Fernleitung</p>		<p>Messgenauigkeit Betriebsmanometer: Klasse 2,5; 1,6 Industriemanometer: Klasse 1,0 Feinmessmanometer: Klasse 0,6; 0,25</p>
<p>Dämpfungsflüssigkeit Bei Druckstößen, Schwingungen, Pulsation, Vibrationen: Glycerin, Silikonöl, Halocarbon (O₂), etc.</p>	<p>Im Normalzustand ist der Druckknopfhahn geschlossen. Zur Druckanzeige wird der Druckknopf betätigt.</p>	<p>Grenzsignalgeber Magnetspringkontakt, Induktivkontakt, Elektronikkontakt, 1-, 2-, 3-polig, Kontaktart, Schaltgeräte</p>
<p>Spezialausführungen Feinmessmanometer, Hochdruckmanometer, Manometer für Kältetechnik, Manometer für Schweiß-, Gastechnik, usw.</p>	<p>Druckmittler Einschraubgewinde, Clamp, Flansch, DIN 11851, DIN 11864 Rohrdruckmittler, etc.</p>	<p>Sicherheit Sicherheitsausführung (z.B. Gase oder Dampf > 25 bar, Sauerstoff, Acetylen), ggf. Absperrinrichtung, Überdruckschutzvorrichtung, erwartete Lebensdauer und Redundanz beachten</p>
<p>Weitere Kriterien Z.B. Markenzeiger, Schleppzeiger, Individuelle Skala, Ex-Schutz, Hygiene, SIP/CIP, Oberflächenrauheit, Dämpfung, Werksbescheinigungen, Materialzeugnisse</p>	<p>Zubehör Dichtung, Wassersackrohr, Kühlstrecke, Absperrventil (mit Prüfzapfen zur Funktionskontrolle), Druckknopfhahn, Drosselvorrichtung, Überdruckschutzvorrichtung, usw.</p>	<p>Verwendung und Wartung Spezifikationen, Stand der Technik, Konformitätsbewertung (CE), Risikomanagement, Dokumentation, Sicht- und Funktionskontrollen, ggf. Austauschintervalle</p>

Der Anzeigebereich von Manometern sollte etwa so gewählt werden, dass die maximale Druckbelastung 75 % des Skalenendwertes bei ruhender Belastung oder 65 % des Skalenendwertes bei dynamischer Belastung nicht übersteigt.

Bei dynamischer Belastung, Druckstößen, Vibrationen ist die Anwendung eines Druckmessgerätes mit Flüssigkeitsfüllung (z.B. Glycerinfüllung) empfohlen.

Um die Messgenauigkeit und Lebensdauer zu gewährleisten, dürfen die Anzeigebereiche nicht überschritten werden.