

Druckmesstechnik

Eine komplexe Angelegenheit mit langer Geschichte

Über ein Viertel Jahrtausend liegen zwischen der Erfindung der Dampfmaschine und der neusten Generation hochgenauer und leistungsstarker Druckmesstechnik. Eine enorme Zeitspanne, in der wir den Prinzipien der Druckmessung treu blieben, sich das Angebot an Druckmesstechnik und die Anforderungen an die Instandhaltung aber grundlegend geändert haben.

» Christoph Aeschlimann

England, Ende des 18. Jahrhunderts: Eine Innovation, die sich aufmacht, die Arbeitswelt zu verändern und die Produktionsweise rund um den Globus zu revolutionieren. Die Erfindung und der Bau der ersten Dampfmaschine im Jahr 1765 läutet die Industrialisierung ein, die gut 60 Jahre später richtig Fahrt aufnimmt – mit der Eröffnung der ersten Eisenbahnstrecke der Welt im Nordosten des Vereinigten Königreichs. Druck, erzeugt aus Wasserdampf, war der Motor der industriellen Revolution, und hat bis heute nicht an Bedeutung eingebüsst.

Während die Dampfmaschine vor rund 200 Jahren Einzug in Webereien und Spinnereien sowie in der Kohle-, Eisen- und Stahlproduktion hält, spielt Druck heute in all seiner Vielfalt in zahlreichen Bereichen eine wichtige Rolle. In der Stromerzeugung, Biologie, Pharmazie, Meteorologie, Automobilherstellung und Atomkraft – um nur einige zu nennen – ist die physikalische Zustandsgrösse Druck allgegenwärtig und wird mit zunehmender Genauigkeit gemessen. Sei es bei der Druckmessung von Wasserdampf in einem Kessel, der Ermittlung des Flüssigkeitsstands in Tanks, Behältern oder Wasserläufen, bei Anwendungen in der verar-

beitenden Industrie, der Produktion oder der Chemie. Die zuverlässige Messung von Druck ist für die Wirtschaftlichkeit, Effizienz, Qualität und Sicherheit in Unternehmen entscheidend.

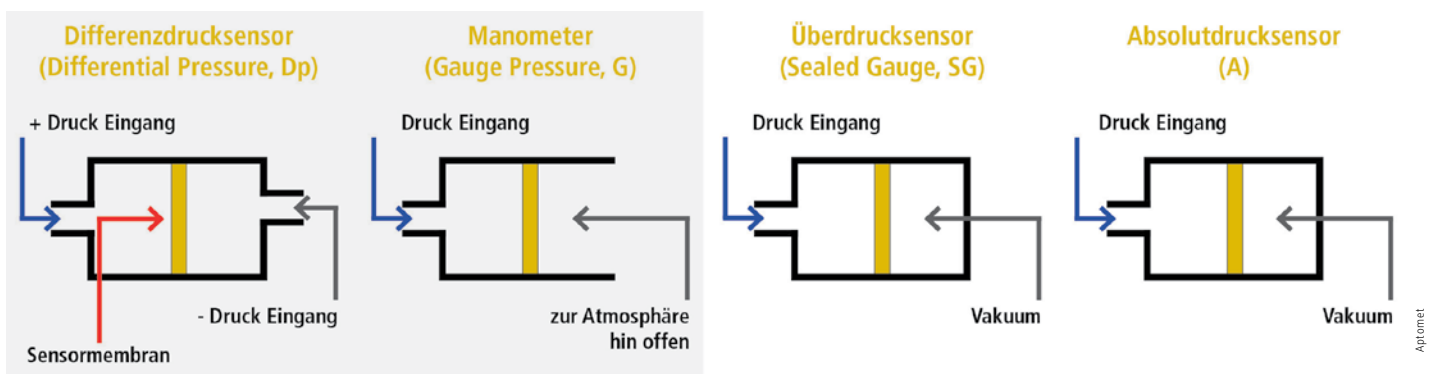
Die physikalische Grösse Druck

So präsent und vielseitig Druck im physikalischen Sinne in unserem Alltag ist, das Prinzip ist simpel und einfältig. Der Druck ist die Kraft, die auf eine Fläche einwirkt. Oder, wie der französische Mathematiker und Physiker Blaise Pascal (1623-1662) ausführte, gibt der Druck an, mit welcher Kraft ein Körper auf eine Fläche von einem Quadratmeter wirkt. Obwohl unterschiedliche Druckeinheiten genutzt werden, wird Blaise Pascals Beschreibung seit dem Jahr 1971 auch im internationalen Einheitensystem genutzt. Seither nennt sich die SI-Einheit für Druck Pascal (Pa) und ist von der SI-Einheit für Kraft (Newton) und der Länge (Meter) abgeleitet. Weitere Einheiten wie Bar, Mbar, Psi (Pfund pro Quadratzoll) oder mH₂O (Meter Wasser) werden in unterschiedlichen Disziplinen verwendet und sind je nach geografischem Standort oder historischen Messwerten mehr oder weniger verbreitet.

Die grundlegenden Messprinzipien

Bei der Messung der Grösse Druck wird zwischen zwei grundlegenden Prinzipien unterschieden, die vier verschiedenen Druckreferenzen umfassen. Die zwei wesentlichen Methoden der Druckmessung sind die Absolut- und Differenzdruckmessungen. Ein Absoluter Druck bezieht sich auf den Druck in einem Vakuum, der im luftleeren Raum des Universums herrscht. Dadurch, dass bei der Absolutdruckmessung die Differenz zum Vakuum (Druck = 0) gemessen wird, nimmt der Umgebungsdruck keinen Einfluss auf das Messergebnis. Beim Differenzdruck wird explizit die Differenz gegenüber dem Umgebungsdruck, also dem atmosphärischen Luftdruck, der durch das Wetter und die Höhe über dem Meeresspiegel bestimmt ist, oder dem Druck in einem angrenzenden Behälter gemessen.

Die vier Druckreferenzen sind der Absolutdrucksensor (A), der Überdrucksensor (Sealed Gauge, SG), der Differenzdrucksensor (Differential Pressure, Dp) und das Manometer (Gauge Pressure, G). Die beiden erstgenannten messen den Druck relativ zu einem Vakuum. Bei Überdrucksensoren ist allerdings so eingestellt, dass bei 1 bar absolut «Null» angezeigt



Zwei grundlegende Prinzipien mit vier verschiedenen Druckreferenzen.

wird. Die beiden letzteren Sensoren messen die Druckdifferenz zwischen zwei Punkten. Beim Differenzdrucksensor ist dies die Differenz zwischen zwei eingehenden Signalen über den jeweiligen Eingang. Bei Manometern erfolgt die Druckmessung relativ zum atmosphärischen Druck, da der negative Anschluss zur Atmosphäre hin geöffnet bleibt.

Zwei grundlegende Prinzipien mit vier verschiedenen Druckreferenzen

Das Angebot und Einsatzgebiet der Druckmesstechnik ist vielschichtig, erfüllt hochspezifische Anforderungen und vereint Druckmessung, Regeltechnik, Software, Mechanik und Elektrik. Auf alle Produkte einzugehen, würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, weswegen die unterschiedlichen Lösungen in die Sparten Sensoren, Testinstrumente, Kalibriergeräte, Druck-


controller und Anzeigen zusammengefasst und verdichtet beschrieben werden.

- Druckcontroller und Druckanzeigen werden unter anderem als Druckkalibrator im Laborbereich, als Überwachungsgerät oder Anzeigen in Fertigungsstrassen genutzt. Sie zeigen den gemessenen Druck an, messen Hydraulik- oder Gasdruck, konvertieren Druckmessungen in konventionelle Einheiten und regeln den Druckausgang, der innerhalb einer bestimmten Genauigkeit vom Anwender festgelegt wird. Mit Druckcontrollern werden sowohl Druckkalibrationen als auch Fertigungsprozesse automatisiert, wodurch eine Effizienzsteigerung erreicht werden kann.
- Tragbare Kalibratoren und Testinstrumente gewährleisten den korrekten und effizienten Betrieb von Geräten, die als Prozess-

steuerungsinstrumente zur Einhaltung von Qualitäts-, Produktivitäts- und Sicherheitsstandards eingesetzt werden. Sie sind für die Installation, Wartung und Kalibrierung, die Systemmessung und -überwachung oder die Einrichtung und Diagnose von Prozessschleifen konzipiert. Oft handlich, stabil, wetterfest und multifunktional sind die Geräte, die Druck generieren, Geräte mit Strom versorgen und elektrische Signale messen, ideal für Arbeiten ausserhalb der Labor- oder Werkstattumgebung. Multifunktionale Varianten bieten zudem Funktionen zur Messung und Simulation von Druck-, Temperatur- und elektrischen Parametern.

- Im Vergleich zu Kalibratoren sind Testinstrumente – der Begriff umfasst Prüfmanometer, Handprüfgeräte, Handdruckanzeiger

EINZIGARTIGE DISPLAYS NACH MASS



**DMB
TECHNICS**
The Customizing Class

■ Ihr Experte für kundenspezifische Displays

TFT LCD TOUCH LED OLED DISPLAYSYSTEME

www.dmbtechnics.com

ERFASSEN SIE JEDES DETAIL

HDO6000B



- 350 MHz – 1 GHz
- 10 GS/s, bis 250 MPkte/Kanal Speicher
- Großes 15,6" Display – dabei kleine Stellfläche
- 12-Bit Auflösung jederzeit und ohne Kompromisse



teledynelecroy.com/hdo6000



TELEDYNE LECROY
Everywhere you look™



Druckkalibrator DPI 610E der Firma Druck als Standard- und IS-Version mit externen Druck- und Temperatursensoren.

sowie pneumatische und hydraulische Handpumpen – für gewöhnlich weniger genau, stellen jedoch ähnliche Mess- und Simulationsfunktionen bereit.

- Drucksensoren und Druckmesswandler wandeln die physikalische Messgrösse Druck in ein Standard-Industriesignal um. Sie werden aus unterschiedlichen Materialien für spezifische Anwendungsbereiche gefertigt, bestehen grundsätzlich aber aus einem Druckanschluss, einem Druckmodul und dem elektrischen Anschluss. Der Einsatz in der Luft- und Raumfahrt oder der Industrie erfordert oft massgeschneiderte Lösungen, welche die Konfiguration der Sensoren nach Material, Durchmesser, Druckbereich, elektrische Verbindung und Leistung, Temperatur und Genauigkeit erfordern.

Die periodische Kalibrierung der Druckmesstechnik

Inwiefern das Verfahren, das James Watt um 1770 bei der Wartung der Dampfmaschinen in seinem Geburtsort Glasgow anwendete, mit den heutigen Kalibrierverfahren vergleichbar ist, sei dahingestellt. Letztlich dürfte der Prozess aber sinnverwandt sein – die Prüfung eines Messgerätes durch den Vergleich mit einem Referenzgerät mit bekannter Genauigkeit. Es ist heute noch ein Vorgang, der periodisch von dafür geschulten Personen vorgenommen wird und für die ordnungsgemässen Funktionen der Prozesssteuerung in Anlagen sorgt und zur Sicherheit beiträgt. Weitere Argumente für die Kalibrierung sind die Produktqualität, die durch regelmässige Kalibrierungen erhöht wird, und die Prozesseffizienz, da die Kalibrierung zuverlässige Messungen gewährleistet. Weil Geräte im Laufe der Zeit zu Abweichungen (Drifts) neigen, reduziert die vorbeugende Wartung die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen erheblich. Insofern im Unternehmen Geräte hergestellt werden, stellt

die Kalibrierung zudem sicher, dass diese den angegebenen Spezifikationen entsprechen.

Im Kontext der Kalibrierung muss zudem der Begriff der Rückführbarkeit kurz erläutert werden. Immerhin wird von Unternehmen, die nach einem Qualitätsstandard arbeiten oder den Nachweis seiner Kundenschaft erbringen müssen, eben diese rückgeführte Kalibrierung gefordert. Rückgeführt bedeutet, dass die bei einer Kalibrierung verwendeten Referenzgeräte durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen an nationale oder internationale Normale angeschlossen sein müssen. Die Rückführbarkeit wird über eine Kalibrier-Hierarchie garantiert, in welcher nationale Metrologie Institute ganz oben, gefolgt von akkreditierten Laboren, stehen. Nicht akkreditierte Labore, zu welchen meist auch In-house-Labore zählen, bilden das Fundament.

Der Akt der Kalibrierung

Als Kalibrierstandard (Referenzgerät) werden zwei Arten verwendet. Der Primärstandard oder der Sekundär-/Transferstandard. Ein Beispiel für einen Primärstandard ist die Druckwaage. Sie erzeugt Druck, indem Kraft (die Gewichte) auf eine bekannte Fläche (den Kolben) ausgeübt wird. Als Sekundärstandard kann ein Druckregler eingesetzt werden. Um die Drucksensoren der Geräte entgegen ihrer Natur zu linearisieren, sollten mindestens fünf Messpunkte kalibriert und wo nötig justiert werden. Um den natürlichen Hystereseverhalten entgegenzuwirken, werden die Messpunkte von unten nach oben und retour gemessen. Dabei werden die Druckpunkte angefahren, das Referenzgerät erzeugt also Druck, die Punkte stabilisiert, damit thermische Effekte keinen Einfluss auf Messwerte haben, und der gemessene Wert aufgezeichnet – mehrmals, automatisiert oder manuell.

Die Kalibrierung wird als bestanden (passed) betitelt, wenn die gemessenen Punkte die Spezifikationen des Gerätes erfüllen. Bei

Druckmessgeräten ist insbesondere die Genauigkeit des Prozentsatzes des Skalenwerts zu beachten, der die Messgenauigkeit spezifiziert. Per Definition ist der Skalenendwert (Full Scale, FS) der maximale Wert, den das Gerät messen kann. Der Messwert (Reading, Rdg) ist ein beliebiger Wert, der im Bereich des Skalenendwertes des Gerätes gemessen wird. Beispielsweise misst ein 100 bar Messgerät mit einer Abweichung von 1 Prozent FS mit einer Genauigkeit von bis zu 1 bar im gesamten Messbereich des Gerätes. Das bedeutet, dass die Abweichung im unteren Messbereich des Gerätes im Verhältnis zum gemessenen Druck hoch ist (bei 10 bar beträgt die Abweichung +/-1bar). Ein 100 bar Messgerät mit einer Messgenauigkeit von 1 Prozent Rdg weist beim Messen von 100 bar im Vergleich eine Abweichung von 1 bar und bei der Messung von 10 bar eine von lediglich 0.1 bar auf. Solche Geräte können jedoch den Prozentsatz des Messwerts nur in einem begrenzten Bereich genau messen (zum Beispiel von 20 Prozent bis 100 Prozent des Skalenendwertes). Für alle Messwerte unter 20 Prozent des Skalenendwertbereichs wird die Abweichung in Prozent FS ausgedrückt.

Der Unterschied zu früher

Die Druckmesstechnik ist – da besteht kein Zweifel – eine komplexe Angelegenheit. Jeder, der mit der Messgrösse Druck arbeitet, sollte die Grundsätze der Physik und deren diffizilen Zusammenhänge verstehen. Im Gegensatz zu Blaise Pascal oder James Watt können wir heute jedoch auf leistungsstarke, hochgenaue und stabile Messgeräte und kompetente Anbieter vertrauen. <<

Infoservice

Aptomet AG
Worbstrasse 201, 3073 Gümligen
Tel. 031 934 06 00
info@aptomet.ch, www.aptomet.ch