

WHITEPAPER

Der flowplus¹⁶ Drucksensor

Physikalische Grundlagen und Funktionsweise

Sensoren (vom lat. „Sensire“, zu Deutsch „fühlen“) sind Geräte, mit deren Hilfe es möglich ist, physikalische oder chemische Eigenschaften von Materialien zu erfassen. Menschen sind ohne technische Hilfe nicht in der Lage, all diese Eigenschaften (z.B. Druck) genau wahrzunehmen, sondern nur in etwa zu schätzen. Deshalb gibt es Messeinrichtungen in Form von Sensoren, die diese Eigenschaften in eine einfach ablesbare bzw. weiter verarbeitbare Größe transformieren.

Drucksensoren sind Messgeräte zur Erfassung der physikalischen Größe Druck. Sie sind in den verschiedensten Bereichen des Lebens anzutreffen, so z.B. in Mikrofonen, Höhenmessgeräten, Motoren oder auch als Auslöseschalter für Airbags. Der flowplus¹⁶ Drucksensor ist aufgrund seiner einzigartigen Geometrie speziell für die Detektion von Drücken im Bereich der Dosiertechnik konzipiert. Somit sind die flowplus¹⁶ Druckmessgeräte das erste Glied einer Messkette, die die physikalische Größe Druck (= Kraft pro Fläche) in eine elektrische Ausgangsgröße als Maß für den Druck umformt. Die SI-Einheit für Druck ist Pascal (Pa). Neben Pa ist nach DIN 1301 auch das Bar (bar) zugelassen.

Betrachtet man den Druck in Flüssigkeiten, stellt man fest, dass sich die Flüssigkeit durch mechanische Belastung (fast) nicht zusammenpressen bzw. komprimieren lässt. Übt man etwa mit einem Kolben eine Kraft auf eine Flüssigkeit aus, die sich in einem geschlossenen Behälter befindet, so bleibt das Volumen der Flüssigkeit unverändert. Allerdings baut sich im Inneren der Flüssigkeit ein „Gegendruck“ auf, der die von außen einwirkende Kraft ausgleicht. (siehe Abb. 1)

WHITEPAPER

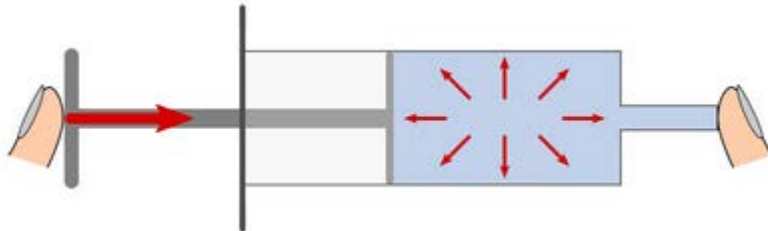


Abbildung 1: Druck in Flüssigkeiten am Beispiel des Kolbendrucks in einer Spritze (Quelle: <http://grundwissen.de/physik/mechanik/festkoerper-fluessigkeiten-gase/fluessigkeiten.html>)

In einer Flüssigkeit oder in einem Gas wirkt der Kolbendruck stets in alle Raumrichtungen gleich stark („Pascalsches Prinzip“). Wird beispielsweise von links Druck auf das Wasser ausgeübt, das sich in einem durchlöcherter Schlauch oder einem so genannten „Druckfortpflanzungs-Apparat“ befindet, tritt das Wasser wie in Abb. 2 dargestellt an allen Öffnungen senkrecht zur Oberfläche aus.

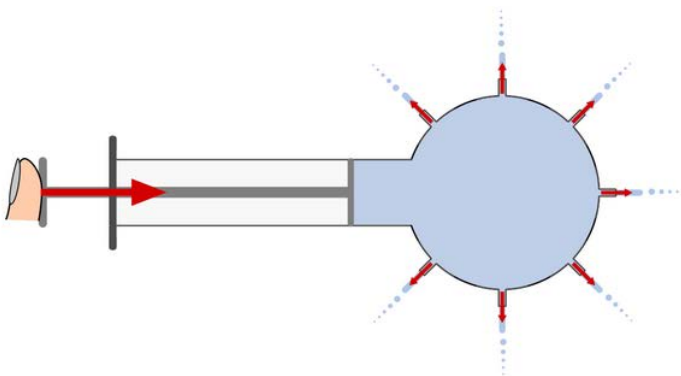


Abbildung 2: Druckausbreitung am Beispiel eines Druckfortpflanzungs-Apparates (Quelle: <http://grundwissen.de/physik/mechanik/festkoerper-fluessigkeiten-gase/fluessigkeiten.html>)

Dieses physikalische Prinzip ermöglicht es dem flowplus¹⁶, den Dosierdruck zu messen. In der Dosiertechnik ist der Dosierdruck die entscheidende physikalische Messgröße, um Informationen aus dem Prozess zu erhalten. So lassen sich durch Druckänderungen diverse Zustände im Prozess ermitteln. Die genaue Messung des Drucks ist deshalb essentiell. Im Kontext der Dosiertechnik bedeutet dies, dass der gesamte Dosierprozess durch Störgrößen negativ beeinflusst wird. Fehlerhafte Dosierungen beeinträchtigen die Qualität und den Verbrauch des

WHITEPAPER

Mediums. Ein Verengen oder Verstopfen der Dosiernadel, ein falscher Abstand zum Substrat oder Lufteinschlüsse in Form von Mikroblasen sind beispielsweise solche Fehler. Speziell im Bereich der Mikrodosierung muss die Applizierung des Materials akkurat und in hohem Grad reproduzierbar erfolgen.

Sensortyp - Relativdrucksensor

Der flowplus¹⁶ ist als Relativdrucksensor konzipiert. Bei diesem Messverfahren dient der relative Druck bezogen auf die Atmosphäre - der sog. atmosphärische Luftdruck - als Referenzdruck. Im Durchschnitt beträgt der Atmosphärendruck auf Meereshöhe ca. 1013,25 mbar. Luftdruckschwankungen, verursacht durch Veränderungen der Wetter- oder Höhenlage, übertragen sich bei dieser Sensorart somit direkt auf den aktuellen Druckmesswert. Ist der am Relativdrucksensor anstehende Druck größer als der Umgebungsdruck, spricht man von Überdruck und der gemessene Druckwert hat ein positives Vorzeichen. Relativdrucksensoren haben nur einen Druckanschluss. Der Umgebungsdruck wird durch ein Belüftungsloch oder ein Belüftungsröhrchen zur Rückseite der Sensormembran geführt und so kompensiert.

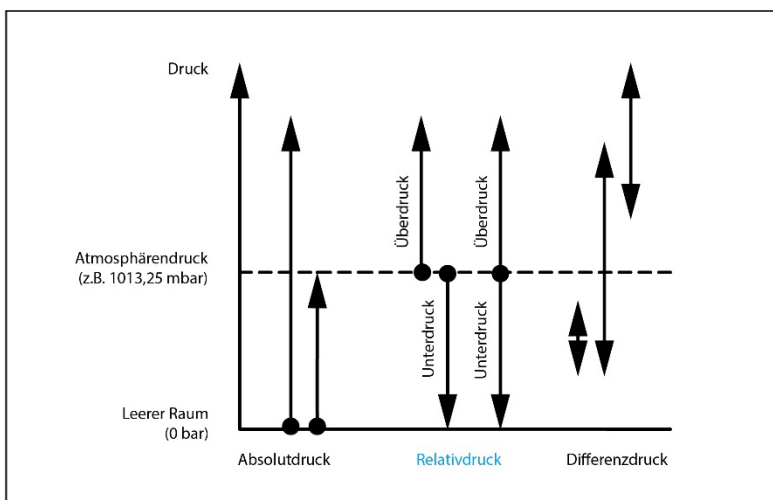


Abbildung 3: Differenz zwischen Absolut-, Relativ- und Differenzdruck

WHITEPAPER

Piezoresistiver Drucksensor - Physikalischer Messeffekt

Der flowplus¹⁶ Drucksensor gehört zur Familie der piezoresistiven Sensoren. Diese messen den Druck unter Ausnutzung des piezoresistiven Effekts. Unter diesem Effekt versteht man die Widerstandsänderung eines Materials unter Einwirkung von mechanischer Spannung.

Übt man auf ein Element Druck aus, so ändert sich dessen Querschnitt und Länge. Durch die Veränderung dieser Parameter ändert sich auch der Widerstand des Elements. Die Verformung des Elements beschreibt allerdings noch nicht den eigentlichen Piezoeffekt. Unter diesem versteht man, dass die Kristallstruktur so stark beeinflusst wird, dass sich der spezifische Widerstand des Elements verändert. Dieser Effekt tritt bei allen Elementen auf, ist jedoch nur bei einigen Halbleitern (Si, Ge) so ausgeprägt, dass der Effekt ausreichend stark für eine Messung ist. Daher bestehen Drucksensoren bzw. die Druckmessmembran, wie sie ebenfalls im flowplus¹⁶ Verwendung findet, aus Silizium. Um den Druck zu messen, werden vier Widerstände auf eine dünne Siliziummembran aufgebracht und zu einer Wheatstone Brücke verschaltet. Diese Membran befindet sich innerhalb einer massiven Basis, in der ein fester Vergleichsdruck herrscht. Ändert sich der Druck außerhalb, verformt sich die Membran und es werden je zwei Widerstände gestaucht und zwei gedehnt (siehe Abb.4).

Die durch den piezoresistiven Effekt auftretende Widerstandsänderung verhält sich proportional zum Messdruck. Die Verwendung der Wheatstone Brücke ist entscheidend, da die eingesetzten Materialien stark temperaturabhängig sind. Unter Verwendung nur eines Widerstandes hätte dies zur Folge, dass das Messergebnis verfälscht wird. Die Wheatstone Brücke bewirkt nun, dass lediglich die Differenzspannung gemessen wird, die unabhängig von der Temperatur gleich bleibt, da der Temperatureinfluss auf alle Widerstände gleich ist. Es werden jeweils zwei Widerstände am Rand der Membran und zwei in der Mitte platziert.

WHITEPAPER

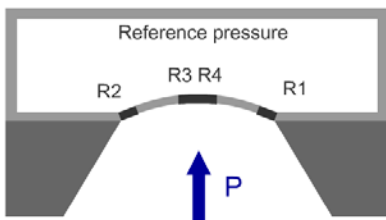


Abbildung 4: Piezoresistiver Drucksensor

Damit lassen sich auftretende Kräfte, wie etwa ein Fluiddruck oder aber auch ein Gasdruck, messen. Solche Druckaufnehmer sind sowohl für statische als auch für dynamische Anwendungen geeignet.

Elektronische Messeinheit mit Verstärker

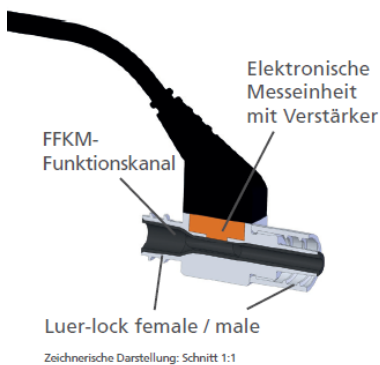


Abbildung 5: Schnittmodell des Relativdrucksensors flowplus¹⁶

Mittels integrierter Schaltung lässt sich eine geringe Sensorgröße realisieren, die auf dem Chip neben den vier Brückenwiderständen auch die Konstant-Stromquelle und den Messverstärker enthält. Die Abmessungen des Druckaufnehmers sind weitgehend dadurch bestimmt, dass die Messzelle für viele Anwendungen vor dem zu messenden Medium geschützt, d.h. in ein Gehäuse eingebaut werden muss. Der flowplus¹⁶ stellt mit seiner individuellen Geometrie des durchströmten Funktionskanals samt integrierter Druckauswerteelektronik ein eigenständig zu integrierendes Bauteil mit minimalsten Abmaßen dar (siehe Abb. 5 und 6).

WHITEPAPER

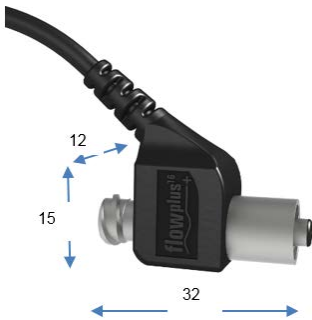


Abbildung 6: Abmessungen flowplus¹⁶

Analoges Ausgangssignal

Der aktive Sensor flowplus¹⁶ liefert seine Information als Ladung. Nur in wenigen Fällen kann ein solches Signal ohne Aufbereitung eine größere Entfernung störicher überbrücken. Der Sensor wird daher mit einer elektronischen Schaltung kombiniert, die standardisierte Signale liefert. Weiterhin findet eine zusätzliche Linearisierung des Signals statt.

Linearisierung bedeutet in der elektrischen Messtechnik, einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Messwerten in einem wählbaren Intervall in eine lineare Beziehung zu verwandeln. Durch eine Schaltungsanordnung lassen sich die nichtlinearen Eigenschaften von resistiven Sensoren linearisieren, um die gewonnenen Messsignale leichter weiterverarbeiten zu können. Der gesamte Messbereich des flowplus¹⁶ Sensors (0 bis 16 bar) wird auf den Spannungsbereich von 0,1 V bis 10 V abgebildet. Der lineare Zusammenhang von Druck und Spannung ist in Abbildung 7 grafisch dargestellt.

WHITEPAPER

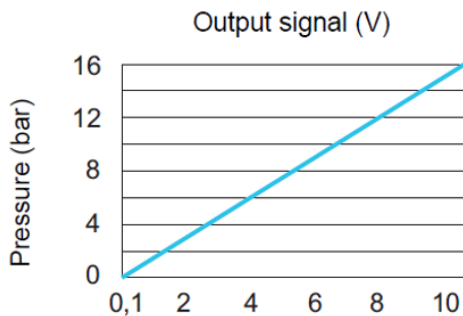


Abbildung 7: lineares Ausgangssignal

Spannungen lassen sich leicht stabilisieren, sodass sie von der Belastung weitgehend unabhängig sind. Der Nachteil eines Spannungsabfalls auf den Leitungen bei der Signalübertragung wird mittels integriertem Signalverstärker kompensiert. So können die erfassten Messwerte, welche mit einer Abtastrate von 3kHz erfasst werden, problemlos bis zu 25 Meter ohne Qualitätseinbuße übertragen werden. Diese elektronische Aufbereitung der Signale nennt man Signal-Konditionierung.

Mechanische Integration – Luer-System

Zur einfachen Integration in bestehende Prozesse und zur schnellen Implementierung in vorhandene Anlagen ist der flowplus¹⁶ Drucksensor mit einem Luer-Lock-Anschluss versehen. Beim Luer-System handelt es sich ursprünglich um ein genormtes Verbindungssystem für die kombinierte Anwendung von Spritzen und Infusionsapparaturen aus dem medizinischen Bereich. Es gibt bei diesem Verbindungssystem praktisch nur eine Größe. Die Dichtung wird durch eine kegelförmige Konstruktion der Verbindungsteile erreicht, dem sogenannten Luer-Konus, welcher aus einem 6 % (Luer) Kegel besteht. Dabei wird der Innenkegel der einen Verbindungsseite auch als „weiblich“ bezeichnet, der Außenkegel der Gegenseite als „männlich“. Wenn, wie bei dem flowplus¹⁶ Drucksensor, der männliche Kegel mit einem Innengewinde zur Verriegelung der Verbindung

WHITEPAPER

versehen ist, kann die Verbindung gegen ein versehentliches Lösen gesichert werden. Diese schließt und öffnet mit einer halben Drehung. Nicht nur in der Medizinaltechnik hat sich das Luer-System als Standard etabliert, auch in der Dosiertechnik von Klein- und Kleinstmengen hat sich das Luer-System durchgesetzt. Zahlreiche Dosiernadeln in unterschiedlichster Ausprägung können so einfach und schnell am Dosiersystem und / oder dem Drucksensor angebracht und bei Bedarf ebenso schnell wieder entfernt werden.

Funktionskanal aus VisChem

Eine Besonderheit des flowplus¹⁶ Drucksensors stellt der Funktionskanal dar. So ist der tottraumfreie Fluidkanal mitsamt der integrierten Druckmittlermembran aus einem voll fluorierten Elastomer hergestellt. Dieses unter dem Namen VisChem bekannte Material wird vor allem dort eingesetzt, wo eine sehr gute chemische Beständigkeit gefordert ist. Durch den Einsatz spezieller, vollständig wasserstofffreier Monomere und entsprechender Compoundier- und Verarbeitungstechniken lassen sich Werkstoffe mit gummielastischen Eigenschaften erzeugen, die in ihrer Medien- und thermischen Beständigkeit dem PTFE sehr nahekommen. Wegen seinem vergleichsweise hohen Rohstoffpreis ist der Einsatz im Alltag auf Anwendungen beschränkt, bei denen es im Kontakt mit sehr aggressiven Medien steht. Die Anwendung findet besonders auch in Gebieten statt, in denen hohe Sicherheits- oder Reinheitsanforderungen bestehen oder mögliche hohe Störfallkosten den Einsatz rechtfertigen. Dies kann beispielsweise in der chemischen Industrie, der Halbleiter-, der Lebensmittelindustrie oder in der Luft- und Raumfahrt der Fall sein. In diesen Bereichen sind bestimmte Verfahren nur durch den Einsatz dieses hochwertigen Elastomers realisierbar.

WHITEPAPER

So eignet sich der flowplus¹⁶ Drucksensor zum Beispiel speziell zur Verarbeitung anaerober Klebstoffe, die beim Kontakt mit Metall-Ionen aushärten und so zeitlich unerwünscht vollständig erstarren.

Allgemein gehört VisChem zu den beständigsten Elastomeren gegenüber aggressiven Medien, was in entsprechenden Beständigkeitslisten vermerkt wird. Eine solche Liste enthält für verschiedene Elastomer-Qualitäten eine Wertung der chemischen Resistenz gegenüber verschiedenen Betriebsmedien. Diese Angaben beruhen auf Versuchen und Angaben von Zulieferern und Anwendern. Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzbedingungen und der Zusammensetzung der Medien sind diese Angaben nur als Richtwerte anzusehen. Sie sind unverbindlich und müssen von Fall zu Fall überprüft werden.

Dieser Sensor nimmt dem Qualitätscontroller den Druck!

flowplus® ist eine Marke der ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH.

Die Marke flowplus® garantiert die optimale Sicherheit Ihrer Prozesse – zusammen mit dem Auswertungsgerät flowscreen®. Die vielfältigen Anwendungsbereiche umfassen unter anderem die Branchen Automotive, Elektro- und Elektronikindustrie, Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt, erneuerbare Energien, Elektro- und Hybridtechnik und Mess- und Sensortechnik. flowplus® Systeme lassen sich dank standardisierter Schnittstellen einfach integrieren.

ViscoTec beschäftigt sich vorwiegend mit Anlagen, die zur Förderung, Dosierung, Auftragung, Abfüllung und der Entnahme von mittelviskosen bis hochviskosen Medien benötigt werden. Der Hauptsitz des technologischen Marktführers ist in Töging (Oberbayern, Kreis Altötting). Darüber hinaus verfügt ViscoTec über Niederlassungen in den USA, in China und in Singapur und Indien und beschäftigt weltweit rund 165 Mitarbeiter.

WHITEPAPER

Autorenkontakt:

Tobias Maier, Produktmanagement flowplus, flowscreen
ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH
Tel.: +49 8631 9274-485 | tobias.maier@viscotec.de
www.viscotec.de

Press contact:

Thomas Diringer, Manager Business Unit Components & Devices

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH
Amperstraße 13, D-84513 Töging a. Inn
Telefon +49 8631 9274-441
E-Mail: thomas.diringer@viscotec.de · www.preeflow.com

Elisabeth Lenz, Marketing Manager

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH
Amperstraße 13, D-84513 Töging a. Inn
Telefon +49 8631 9274-447
E-Mail: elisabeth.lenz@viscotec.de · www.viscotec.de