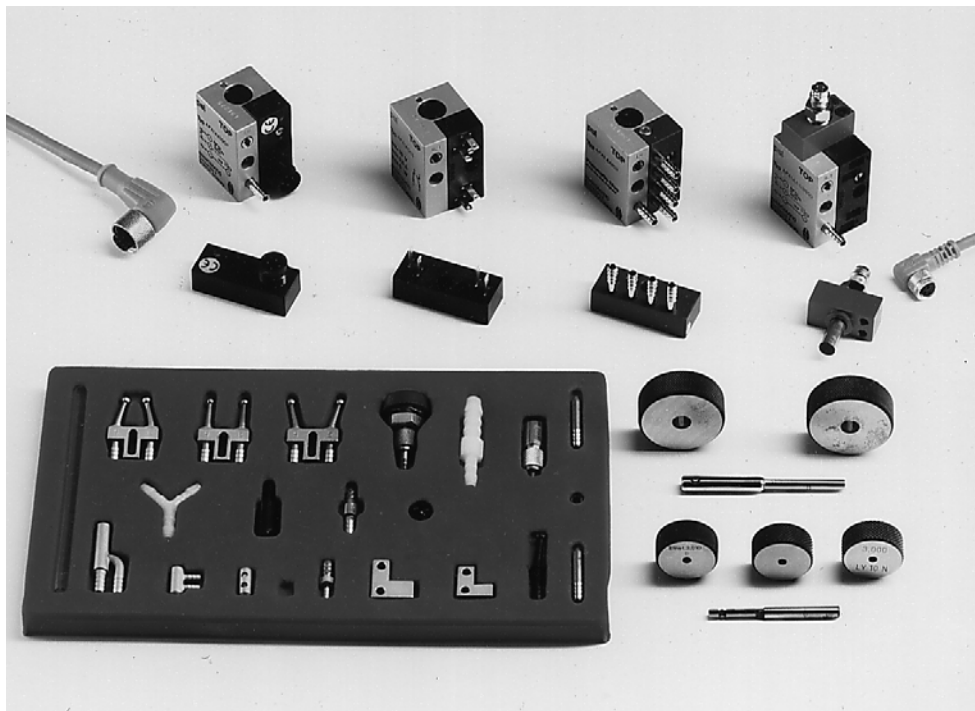




## Technische Unterlagen:

**Staudruckschalter, Messdüsen,  
Auswertungen,  
Zubehör**



poel®

## Luftmesstechnik und seine besonderen Vorteile:

Die Luftmesstechnik basiert auf dem Prinzip der Staudruckmessung. Wo immer ein Staudruck aufgebaut werden kann, ist dieses Messprinzip anwendbar.

Die besonderen Vorteile des PEL Systems sind:

### **Unabhängig vom Material:**

Grundsätzlich können alle Materialien abgetastet werden die einen Staudruck zulassen. Das PEL-System arbeitet unabhängig von Farbe, Durchsichtigkeit, Oberflächenbeschaffenheit, auf Metall, Kunststoffe, Gummi, Papier, Folien, Kork und Stoff. Das PEL-System ist ein berührungsloses Messsystem. Ein Luftstrahl wirkt mit geringer Kraft auf das Objekt das einen Staudruck erzeugt. ( -6 bis 10g ) Dieser Staudruck wird dann von den PEL Sensoren in ein analoges oder digitales Signal umgesetzt.

### **Unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen:**

Eine besondere Stärke ist die Unempfindlichkeit gegenüber der Umwelt. Das PEL-System arbeitet unter schwersten Umweltbedingungen wie Staub, Ölnebel, Kühlmittel, Vibrationen, hohen Temperaturen, EMV-Einflüssen, Nuklearbereich zuverlässig und ohne Störung. Die Messdüsen und die Messfläche werden durch die ausströmende Luft laufend gereinigt.

### **Präzision nach Mass:**

Die Wiederholgenauigkeit der Sensoren liegt bei 0,2µm über einen Zeithorizont von mehreren Jahren. Die kleinste Düse im PEL Programm hat einen Aussendurchmesser von 1.2mm und ist somit an den engsten Stellen zu plazieren. Die Mess- und Tast-Schaltabstände liegen zwischen 0 + 3mm je nach Anwendung und Anforderung an die Genauigkeit. Üblicherweise wird mit diesem System bei einem Schaltabstand von 0.3mm auf den µm genau gemessen. Luftschranken sind bis zu 100mm realisierbar. Mit Luftschranken können zum Beispiel Bohrer ab 0.1mm Durchmesser auf Bruch kontrolliert werden.

### **Messen oder Schalten:**

Das PEL-System hat zwei Anwendungsrichtungen.

- 1.) Die PEL Staudruckschalter wandeln den Staudruck in ein digitales Ja/Nein Signal. Das Schaltelement ( PNP, NPN, Reed, ) kann an jede Steuerung direkt angeschlossen werden. Es sind keine weiteren Vorkehrungen zu treffen. Der Schaltpunkt wird auf dem Staudruckschalter justiert.
- 2.) Das PEL-System kann zum Beispiel in der Qualitätskontrolle eingesetzt werden. In dieser Anwendung wird der Staudruck in ein analoges Signal von ca. 1 - 10VDC umgesetzt. In dieser Messtechnik kommen Messdorne und Masterringe zum Einsatz. Toleranzen werden festgelegt und Qualitätsaufzeichnungen können gemacht werden.

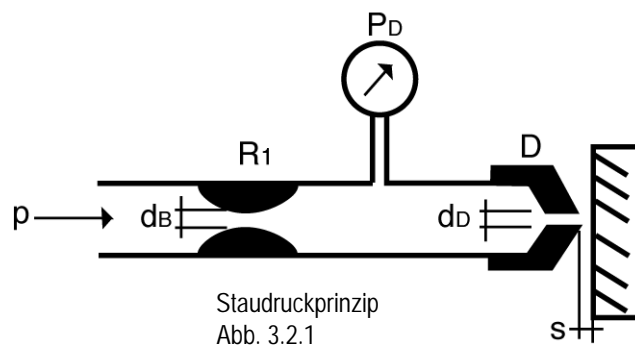
Beide Varianten sind für die Anwendung **im Prozess** geeignet!  
Die Aufwendungen sind indes ungleich grösser.

## Funktionsweise pneumatisches Messen:

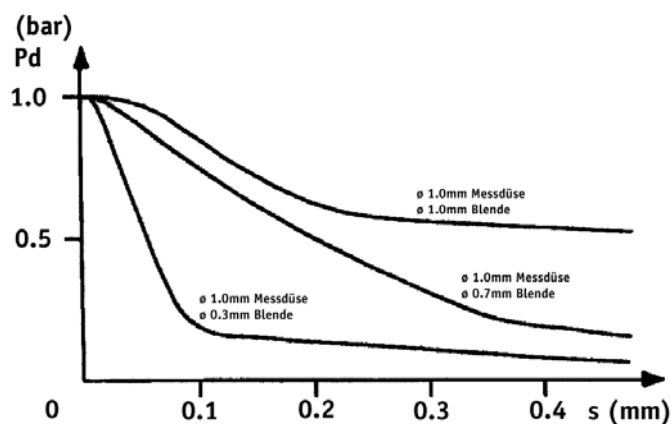
Das pneumatische Messen stellt ein berührungsloses Messverfahren dar. Werkstoffe können somit berührungslos vermessen werden. Das Messmedium ist die Pressluft welche in den meisten Betrieben vorhanden ist. Der typische Arbeitsdruck für das PEL-System liegt bei 1 - 1,4bar Überdruck. Während des Messvorganges werden die Messdüsen und das Messobjekt immer durch die ausströmende "Messluft" von Schmutz gereinigt resp. freigehalten soweit dies überhaupt möglich ist. Verunreinigungen soweit sie sich von der Pressluft ablösen lassen haben auf die Messgenauigkeit keinen Einfluss.

Die Funktionsweise beruht auf dem Staudruckprinzip (Abb. 3.2.1). Wird der Abstand  $s$  zwischen Düse und Werkstückoberfläche vergrößert, nimmt der Staudruck ab, wird er verkleinert, nimmt der Staudruck zu.

Durch die Verwendung der Blende  $R_1$  wird die Möglichkeit geschaffen, diese Veränderung als Differenzdruck  $P_D$  zu messen.

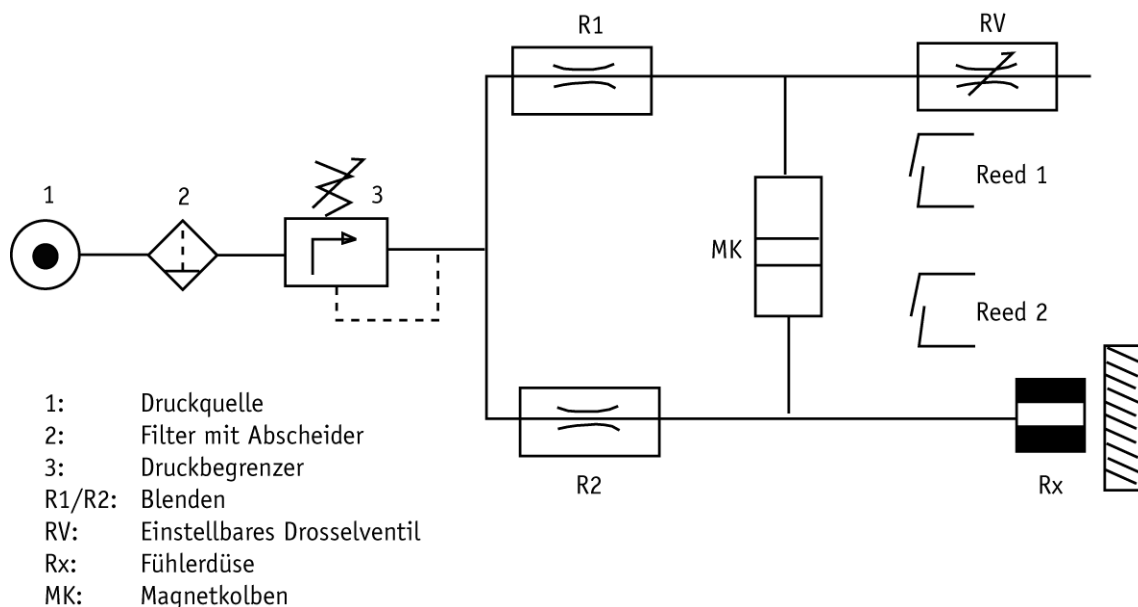


Die Abhängigkeit zwischen der Spaltenbreite bzw. dem Messbereich  $s$  und dem Differenzdruck  $P_D$  ist in der Abb. 3.2.2 skizziert. Mittels der Blende wird der Messbereich eingestellt. Wird der Blendendurchmesser  $d_D$  verkleinert, verkleinert sich gleichzeitig der Messbereich, d.h. der zur Verfügung stehende Spalt  $s$  wird schmaler. Durch diese Massnahme erhöht sich jedoch die Auflösung des Messsystem, die Messgenauigkeit nimmt zu. Wird ein Blendendurchmesser gewählt, der dem der Messdüse  $d_D$  entspricht, kann zwar der Messbereich des Systems vergrößert werden, die Genauigkeit nimmt aber ab. Technisch günstig erscheint ein Blendendurchmesser von  $d_B = 0.7\text{mm}$  bei einem Messdüsendurchmesser von  $d_D = 1\text{mm}$  (Abb. 3.2.2), da hier eine sehr hohe Messgenauigkeit bei einer technisch sinnvollen Messbreite gegeben ist.



Differenzdruck  $p_D$  über Spaltenbreite bzw. Messbereich  $s$  bei normaler Messdüse. Abb. 3.2.2

Zur Vermeidung von Messungenauigkeiten, die z.B. durch Schwankungen im Drucknetz verursacht werden können, bietet sich eine Verbindung mehrerer Düsen nach dem Prinzip einer Wheatstone'schen Brückenschaltung in der Elektrotechnik an (Abb. 3.2.3). Die Blenden R1, R2, die Einstelldüse Rv sowie die Fühlerdüse Rx bilden hierbei die Strömungswiderstände. Die Rolle des Galvanometers in der elektrischen Ausführung übernimmt ein Zylinder mit einem magnetischen Kolben. Auch hier wird wieder das Prinzip des Staudruckes verwendet. Je nach Abstand der Messdüse Rx von der zu vermessenden Oberfläche ändert sich der Druck in diesem Zweig des Messsystems. Mit Hilfe der Einstelldüse Rv kann der Gegendruck im anderen Zweig auf einen bestimmten Wert so eingestellt werden, dass sich der Kolben in einer eindeutigen Endlage befindet. Verändert man nun die Entfernung der Messdüse vom Werkstück, bewegt sich der Kolben in eine andere Position. Über zwei Reedkontakte kann diese Position bestimmt werden. Schaltet einer dieser Kontakte, wird ein elektrisches Signal geschaltet, welches einer der Aussagen "zu klein", "i.O.", oder "zu gross" zugeordnet werden kann. Diese Aussage wird auf das sogenannte Masterteil bezogen, welches zu Beginn der Messung zwecks Abgleich der Brücke in die Messeinrichtung eingelegt werden muss. Für den Fall, dass man eine qualitative Aussage über die tatsächliche Masse der Werkstücke erhalten möchte, kann die Aufgabe des Magnetkolbens durch einen Piezokristall übernommen werden. Die Druckeinwirkung auf einen solchen Kristall führt zum Auftreten von elektrischer Ladung an der Oberfläche, die der Stärke der einwirkenden Kraft und damit des Druckes proportional ist. Mit Hilfe eines Messverstärkers kann dieses elektrische Signal in eine Massabweichung umgerechnet werden. Auch bei dieser Anordnung ist ein Abgleich mittels eines Masters notwendig.



**Abb. 3.2.3**  
**Aufbau einer pneumatischen Messeinheit mittels Brückenschaltung**

Als Druckmedium können alle nicht korrosive Gase wie Sauerstoff, Stickstoff oder Argon verwendet werden. Alle Angaben in diesen Unterlagen beziehen sich auf das Basismedium Sauerstoff.

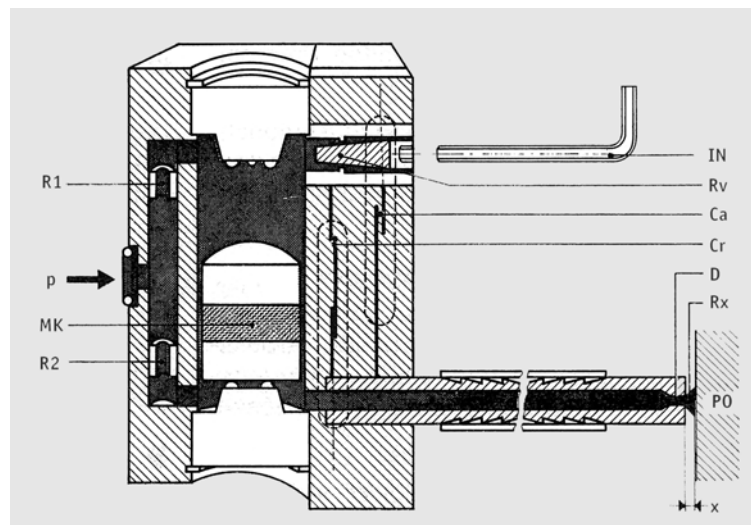
Die PEL-Schalter und die PEL-Analogwandler funktionieren immer wenn die physikalischen Gesetze eingehalten werden. Jedes Fremdsystem kann an das PEL-System angeschlossen werden. Gibt es ein funktionsfähiges Luftmesssystem, dann sind die vorhandenen Geräte mit PEL-Komponenten weiter verwendbar respektiv erweiterbar.

## Die Wirkungsweise des PEL - Systems:

### a) Elektrischer / elektronischer Ausgang:

Das PEL -System arbeitet auf überraschend einfache Weise. Es handelt sich um ein pneumatisch betriebenes Schaltsystem. Bei Druckluftbetrieb strömt an der Fühlerdüse Luft aus und bewirkt je nach Abstand zu dem überprüfenden Objekt einen Staudruck im PEL Schalter. Dessen pneumatischer Teil ist prinzipiell wie eine elektrische Brückenschaltung aufgebaut (Wheatstone). Darin bilden die Blenden R1 und R2 sowie die Einstelldüse Rv und die Fühlerdüse D die Strömungswiderstände. Der leicht bewegliche Magnetkolben MK reagiert auf kleinste Veränderungen des Ausströmwiderstandes Rx vor der Fühlerdüse D. Wird eine Prallfläche PO (Werkstück) in Richtung auf die Düsenöffnung bewegt, so verändert sich der Strömungswiderstand Rx und damit der Druck in diesem Zweig. Durch die Einstelldüse Rv ist die Brücke auf einen bestimmten Schwellwert eingestellt. Wird der entsprechende Abstand der Fühlerdüse zum Objekt unterschritten, so genügen wenige Millimeter Wassersäule Druckunterschied, um den leicht beweglichen Magnetkolben anzuheben. Der Magnet kommt oder verlässt den Aktionsbereich der Sensoren, die Schaltung wird ausgelöst. Als Schaltelemente stehen Reed-Kontakte und Hall-Sensoren zur Verfügung.

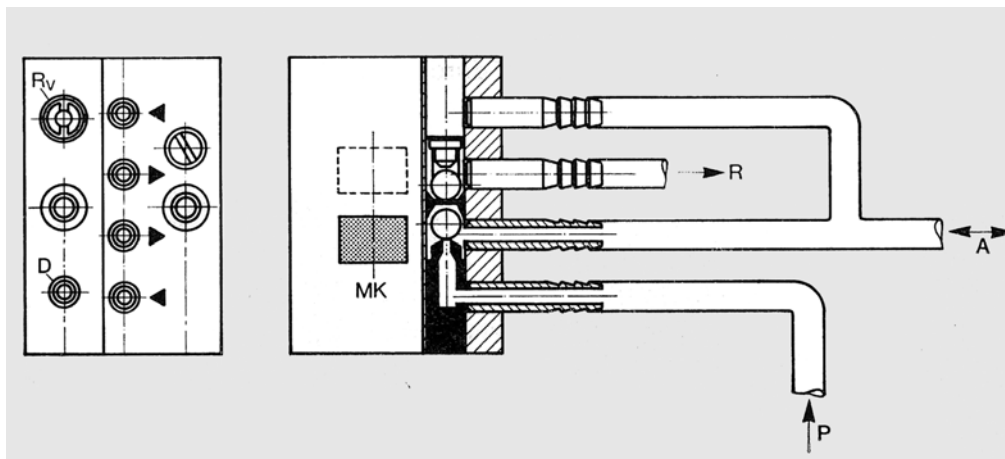
Für schnelle Anwendungen werden PEL-Schalter mit Induktiv-Sensoren als Schaltelemente angeboten. Bei diesen PEL Schaltern wird das Magnet entfernt, damit der Induktiv-Sensor nur auf den metallischen Kolben anspricht. Diese Sensoren sind im Vergleich zu den Reed-/Hall-Sensoren, von oben resp. von unten in den Schalter eingebaut. Der kleine Steigweg des Kolben ermöglicht dann die kurzen Ansprechzeiten der Sensoren. Das grundsätzliche Funktionsprinzip der Schalter bleibt aber bestehen.



<b>R1</b>	Blende 1
<b>p</b>	Speisedruck
<b>MK</b>	Magnet-Kolben
<b>R2</b>	Blende 2
<b>IN</b>	Inbusschlüssel
<b>Rv</b>	Strömungswiderstand an der Einstelldüse
<b>Ca</b>	Kontakt unbetätigt
<b>Cr</b>	Kontakt betätigt
<b>Rx</b>	Strömungswiderstand an der Fühlerdüse
<b>D</b>	Fühlerdüse
<b>x</b>	Abstand Objekt - Fühlerdüse
<b>PO</b>	Werkstück

## b) Pneumatischer Ausgang:

Grundsätzlich gelten die gleichen Ausführungen wie unter a) beschrieben. Anstelle der elektrischen Schaltelemente auf dem PEL Staudruckschalter wird jedoch das magnetische 2-fach-Ventil eingesetzt. Dieses besteht im Prinzip aus 2 getrennten 2/2-Wege-Ventilen, welche je nach Anwendung die Funktion eines 3/2-Wege-Ventiles erfüllen. Die Öffnung bez. Sperrung des Durchflusses wird durch eine Stahlkugel bewirkt, welche ihrerseits wiederum durch den Magnetfluss des Permanentmagneten im PEL-Staudruckschalter von ihren Ventilsitz abgehoben bez. angedrückt wird. Wo grosse Durchflüsse erforderlich sind, kann das Ausgangssignal des 2-fach-Ventiles mit einem pneumatischen Verstärker gekoppelt werden.

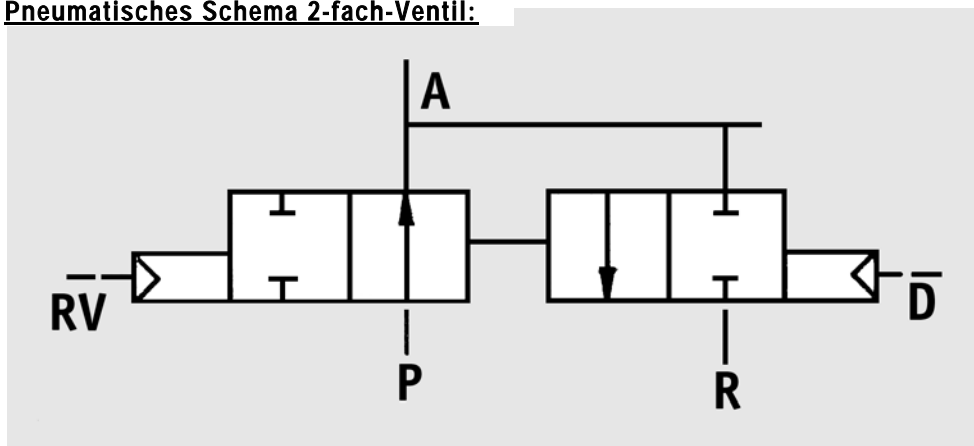


### Schnitt-Darstellung des magnetischen 2-fach-Ventiles!

(Schaltung für Betätigung und Entlüftung eines Zylinders)

<b>MK</b>	Magnetkolben	<b>P</b>	Steuerdruck
<b>Rv</b>	Einstelldüse	<b>A</b>	Pneum. Schaltverst. oder Zylinder
<b>D</b>	Anschluss Fühlerdüse	<b>R</b>	Entlüftung

### Pneumatisches Schema 2-fach-Ventil:



**Steuerdruck:** bei vertikaler Lage des PEL-Schalters:  
 - oberes Ventil: 0 bis 2bar  
 - unteres Ventil: 0.3 bis 2bar

**Durchfluss:** 0.2Nm<sup>3</sup>/h bei 1.4bar Steuerdruck (NW 0.5mm)

**Lebensdauer:** < 10<sup>7</sup> Schaltungen, (geeignet für Luftschranken)