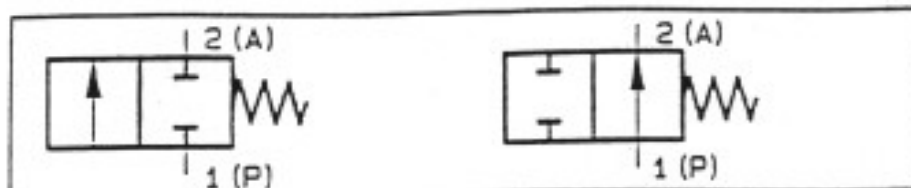


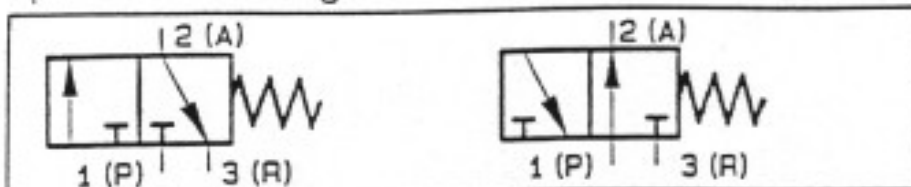
Ventile

Wegeventile



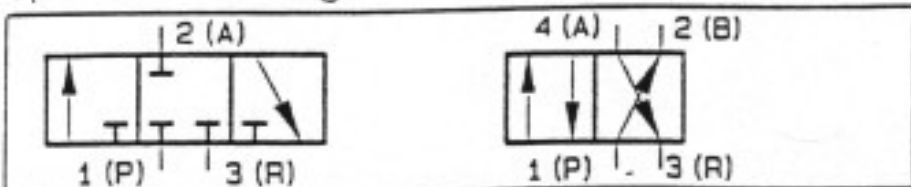
2/2 Wegeventil
Sperr-Ruhestellung

2/2 Wegeventil
Durchfluß-Ruhestellung



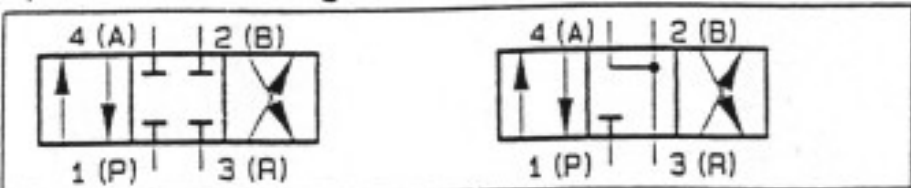
3/2 Wegeventil
Sperr-Ruhestellung

3/2 Wegeventil
Durchfluß-Ruhestellung



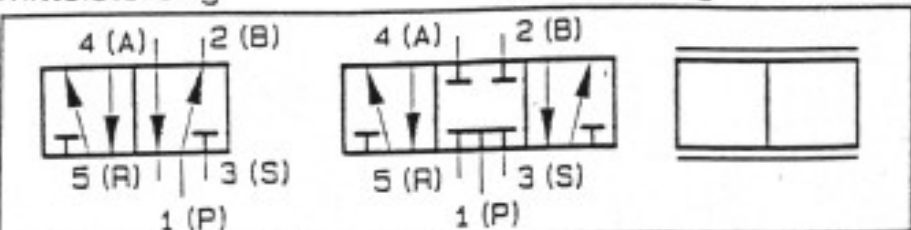
3/3 Wegeventil
Sperr-Mittelstellung

4/2 Wegeventil



4/3 Wegeventil
Sperr-Mittelstellung

4/3 Wegeventil
Mittelstellung
Arbeitsleitungen entlüftet



5/2 Wegeventil

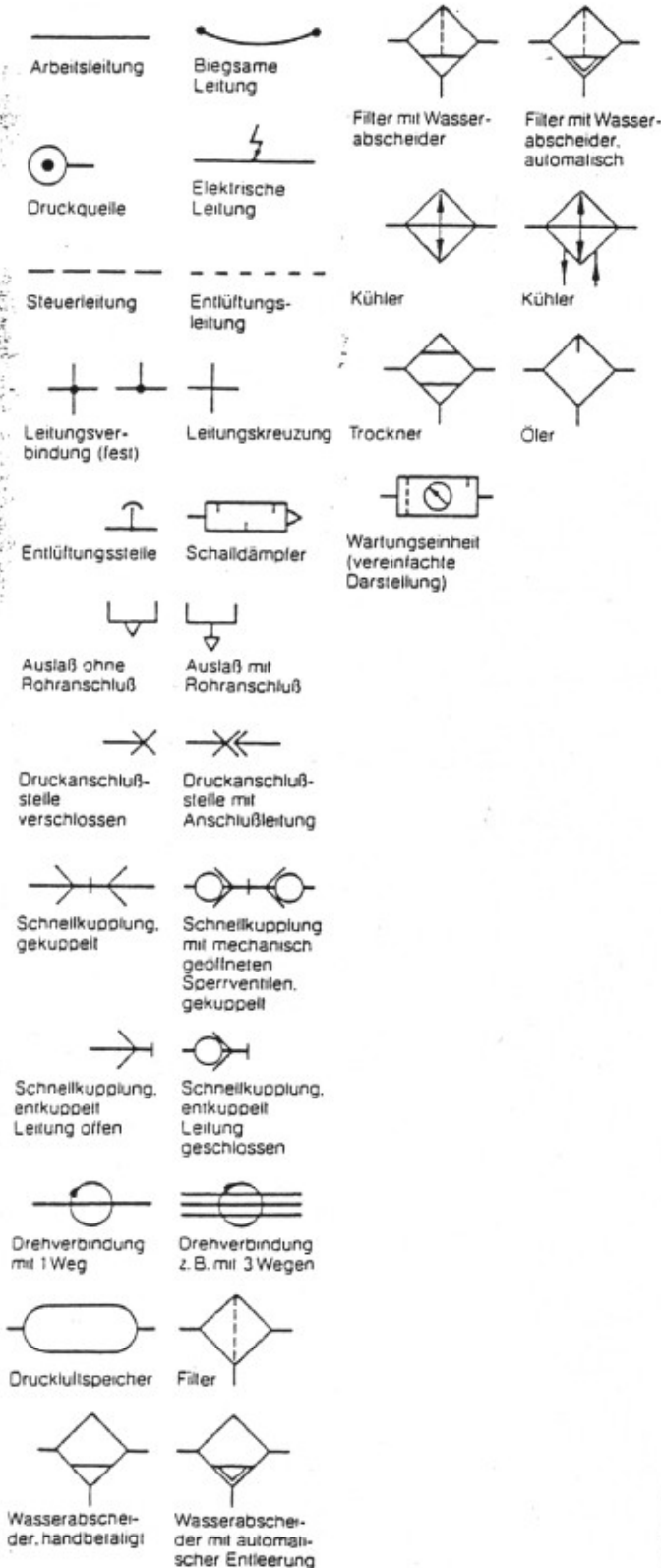
5/3 Wegeventil
Sperr-Mittelstellung

Wegeventil mit
Zwischenschalt-
stellungen und
2 Endstellungen

Pneumatik- und Logiksymbole

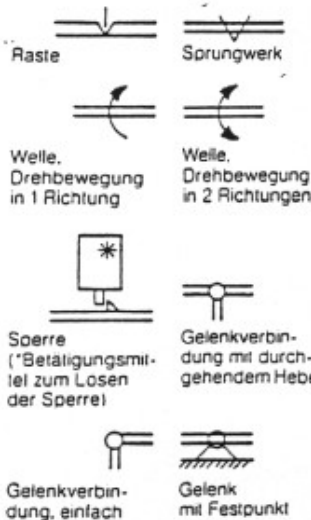
nach DIN/ISO 1219 und DIN 40700

Energieübertragung

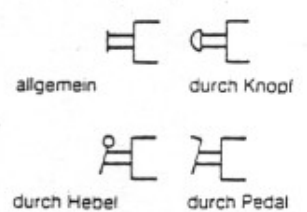


Betätigungen

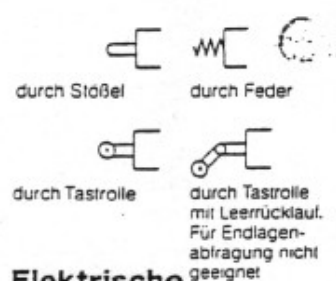
Mechanische Bestandteile



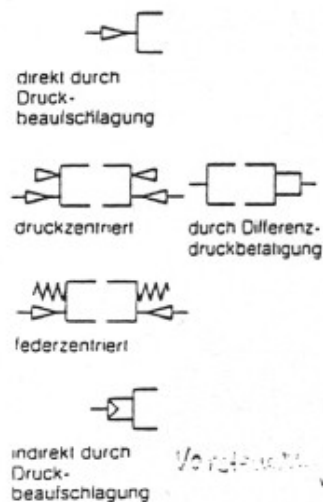
Muskelkraft betätigung



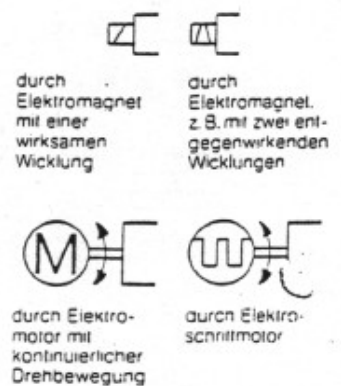
Mechanische Betätigung



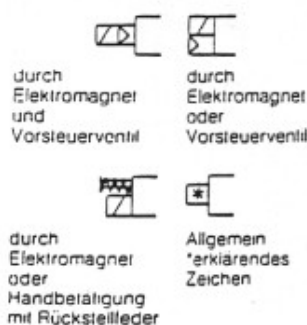
Druckbetätigung



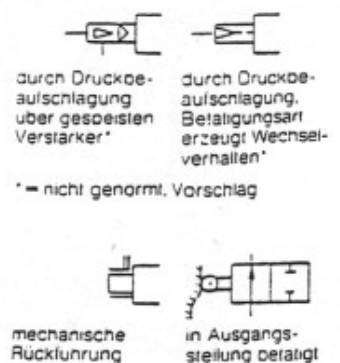
Elektrische Betätigung



Kombinierte Betätigung



Sonderbetätigung

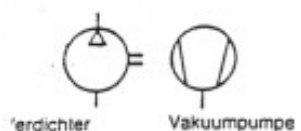


FESTO

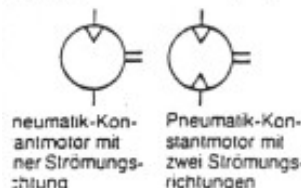
Pneumatik- und Logiksymbole

nach DIN/ISO 1219 und DIN 40700

Energieumformung



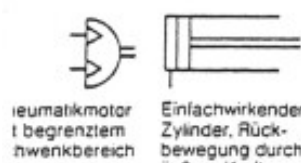
Verdichter Vakuumpumpe



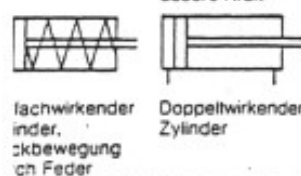
Pneumatik-Konstantmotor mit einer Strömungsrichtung Pneumatik-Konstantmotor mit zwei Strömungsrichtungen



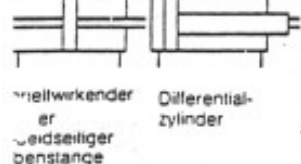
Pneumatikmotor verstellbar mit einer Strömungsrichtung Pneumatikmotor verstellbar mit zwei Strömungsrichtungen



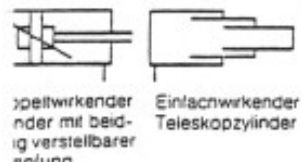
Pneumatikmotor mit begrenztem Hubenbereich Einfachwirkender Zylinder, Rückbewegung durch äußere Kraft



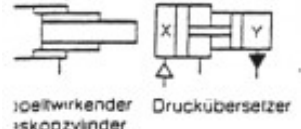
Einfachwirkender Zylinder, Rückbewegung durch Feder Doppeltwirkender Zylinder



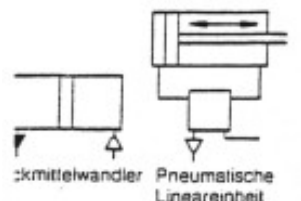
Differentialzylinder



Teleskopzylinder



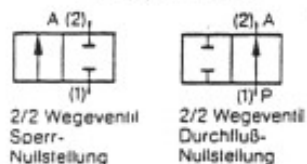
Druckübersetzer



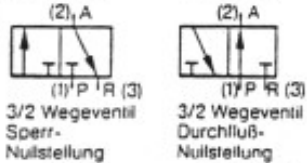
Pneumatische Lineareinheit

Ventile

Wegeventile



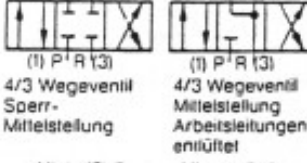
2/2 Wegeventil Sperr-Nullstellung



2/2 Wegeventil Durchfluß-Nullstellung



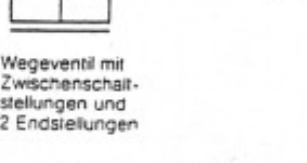
3/2 Wegeventil Sperr-Mittelstellung



3/2 Wegeventil Durchfluß-Mittelstellung



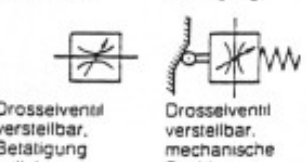
4/2 Wegeventil Mittelstellung



5/2 Wegeventil Mittelstellung



5/3 Wegeventil Mittelstellung

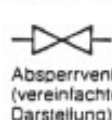


Drosselventil mit konstanter Verengung



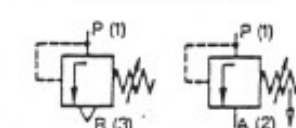
Drosselventil verstellbar

Absperrventil

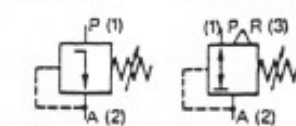


Absperrventil (vereinfachte Darstellung)

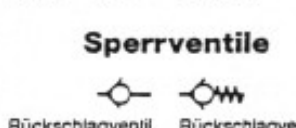
Druckventile



Druckbegrenzungsventil einstellbar

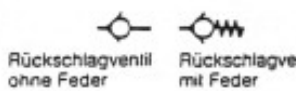


Druckregelventil ohne Abflußöffnung, einstellbar

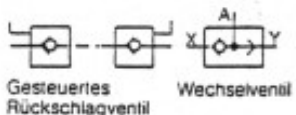


Druckregelventil mit Abflußöffnung, einstellbar

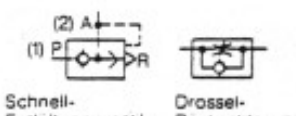
Sperrventile



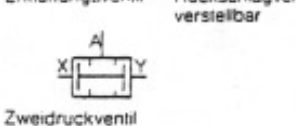
Rückschlagventil ohne Feder



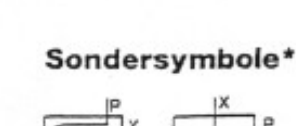
Rückschlagventil mit Feder



Gesteuertes Rückschlagventil



Schnell-Entlüftungsventil

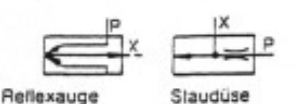


Drossel-Rückschlagventil verstellbar



Zweidruckventil

Sondersymbole*



Reflexauge



Saugdüse



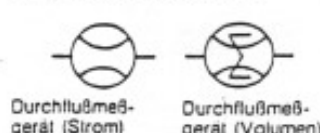
Düse allgemein, Senderdüse für Luftschränke



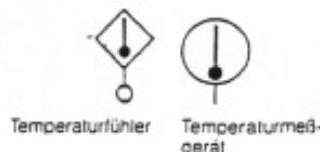
gespeiste Empfängerdüse für Luftschränke

Sonstige Zeichen

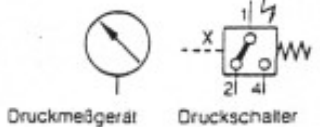
Sonstige Geräte



Durchflußmeßgerät (Strom) Durchflußmeßgerät (Volumen)



Temperaturfühler Temperaturmeßgerät



Druckmeßgerät Druckschalter

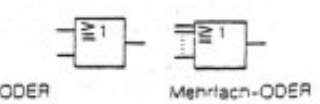
Kurzbezeichnungen von Anschlüssen

- A, B, C ... (2, 4, 6) Arbeitsleitungen
- P (1) Druckluftanschluss
- R, S, T ... (3, 5, 7) Abfluß, Entlüftungen
- Z, Y, X ... (12, 14, 16) Steuerleitungen

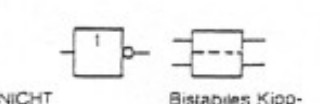
Logiksymbole



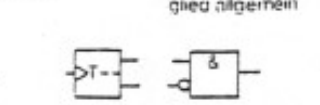
UND Mehrfach-UND



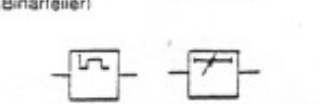
ODER Mehrfach-ODER



NICHT Bistabiles Kippglied allgemein



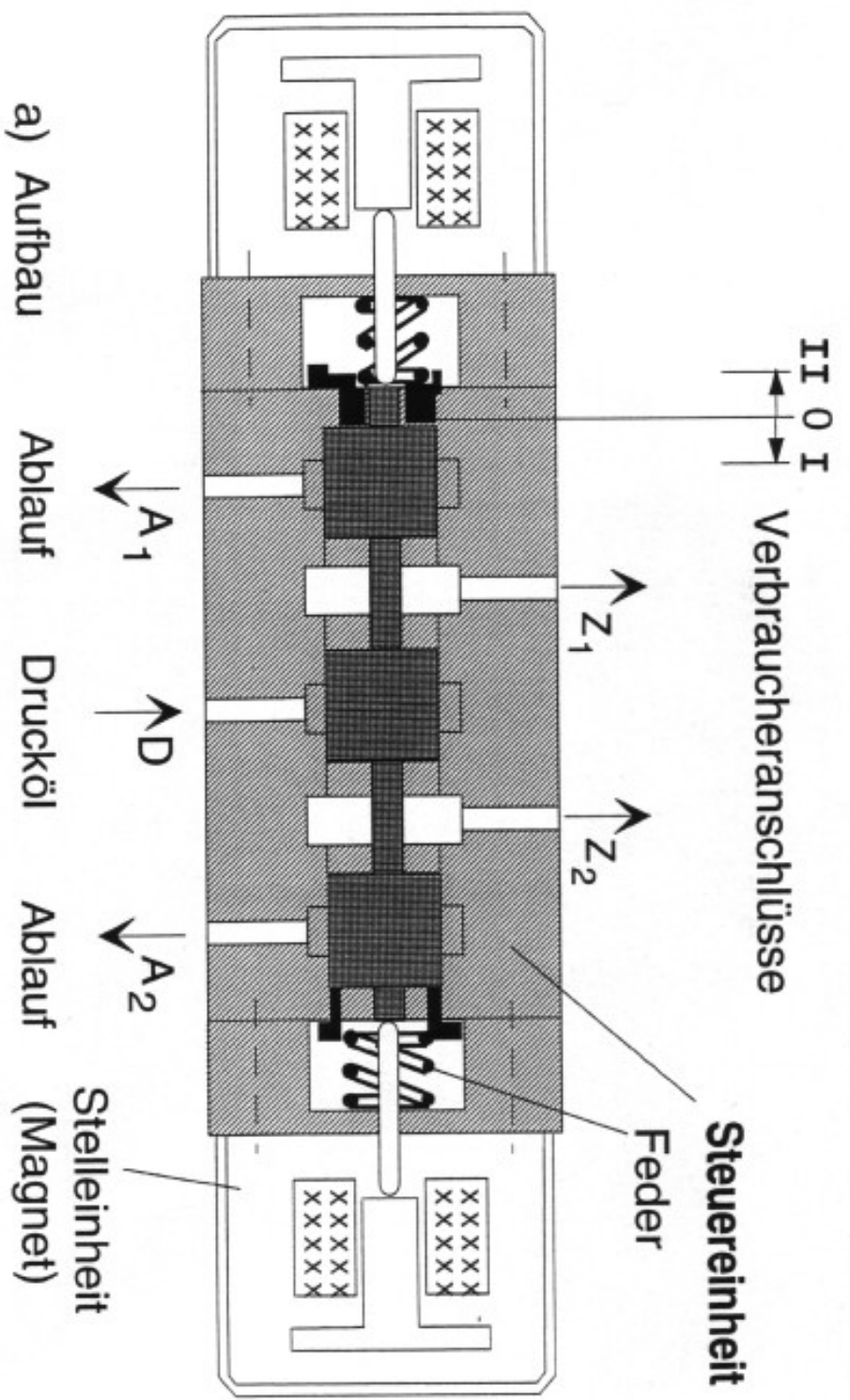
T-Kippglied (Binärisier) INHIBITION



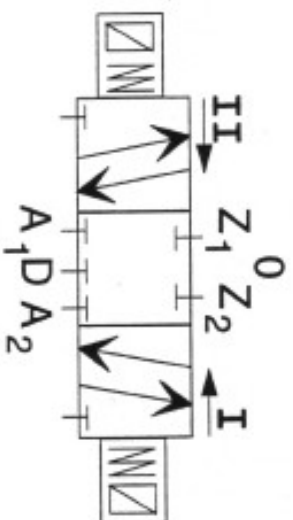
Monostabiles Kippglied Variables Verzögerungsglied

FESTO

* = nicht genormt, Vorschlag

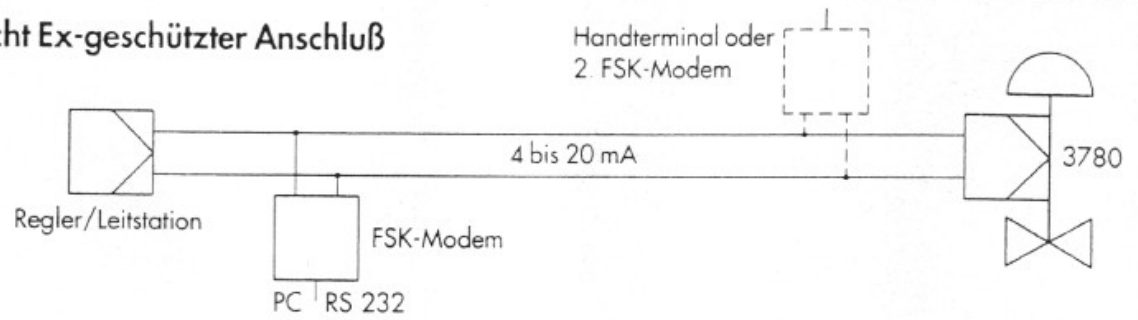


b) Symbol



5/31/2018

Nicht Ex-geschützter Anschluß



Ex-geschützter Anschluß

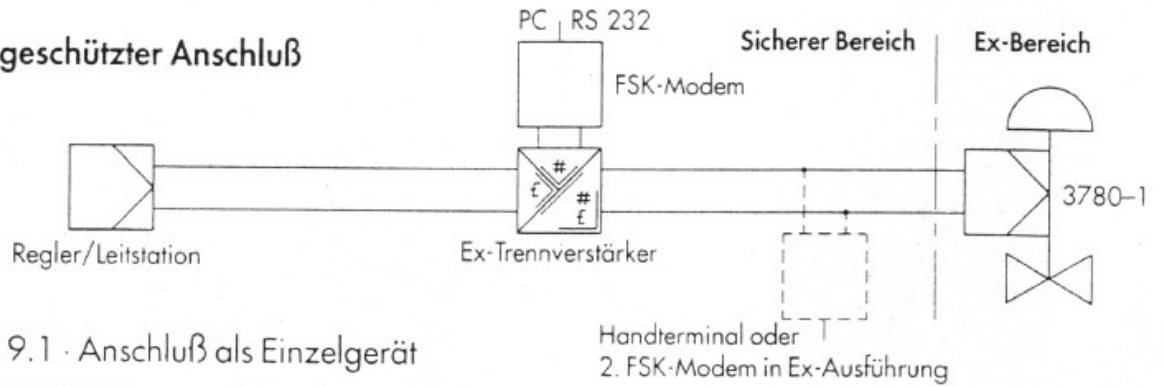
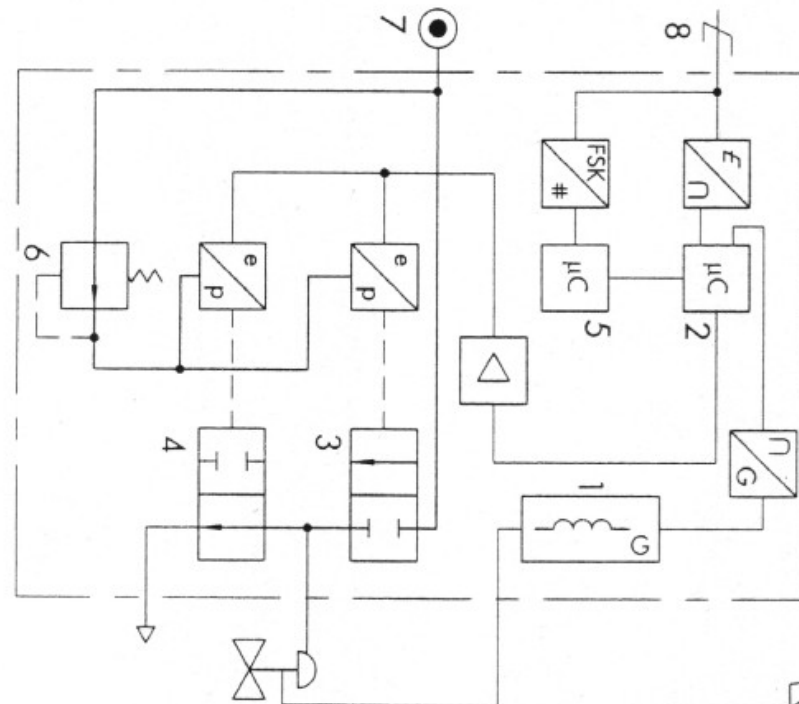
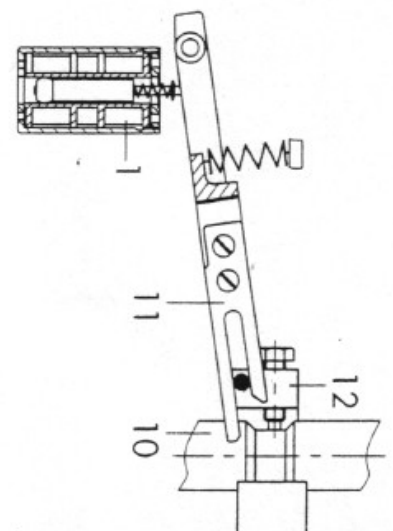


Bild 9.1 · Anschluß als Einzelgerät

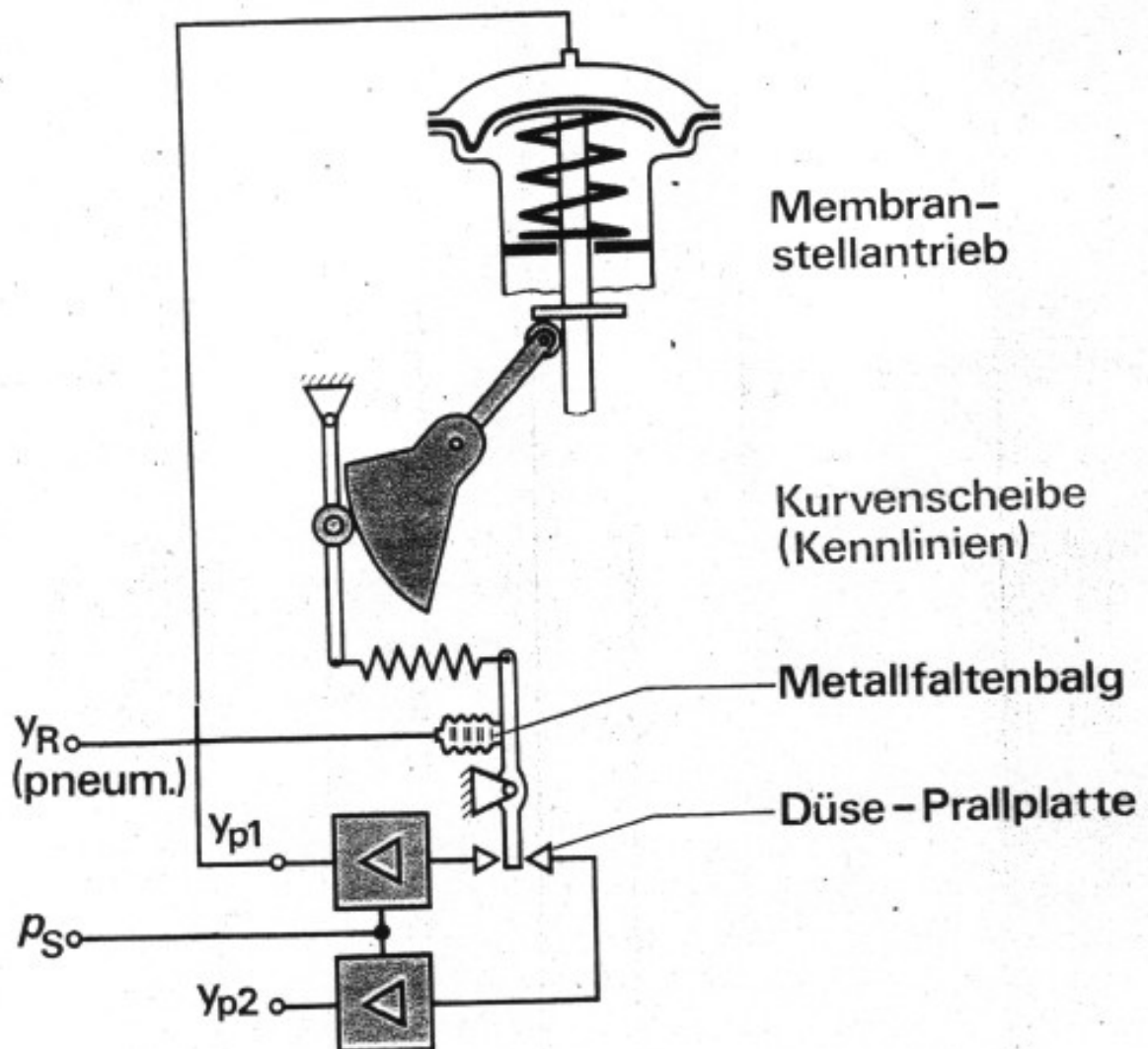
Bild 2 · Wirkbild



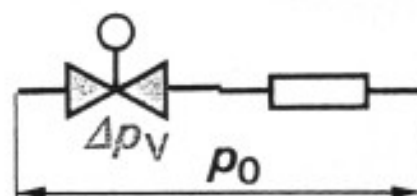
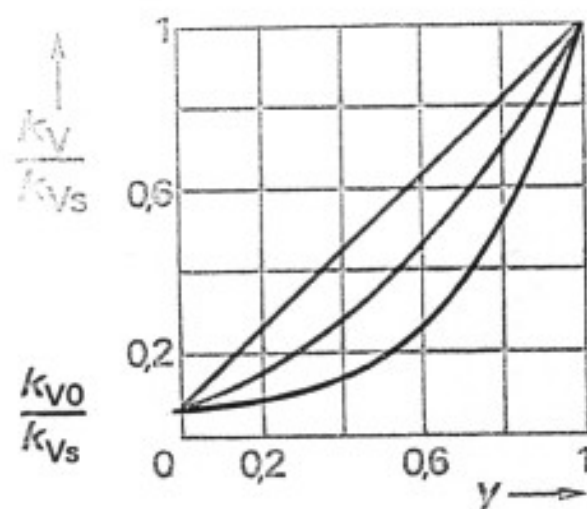
- 1 Induktiver Wegaufnehmer
- 2 Mikrocontroller
- 3 Schalventil Zuluft
- 4 Schalventil Abluft
- 5 Mikrocontroller
- 6 Druckregler
- 7 Hilfsenergie 1,4 bis 6 bar
- 8 Führungsgröße 4 bis 20 mA mit überlagertem FSK-Signal
- 10 Antriebsstange
- 11 Hebel
- 12 Klemmbügel



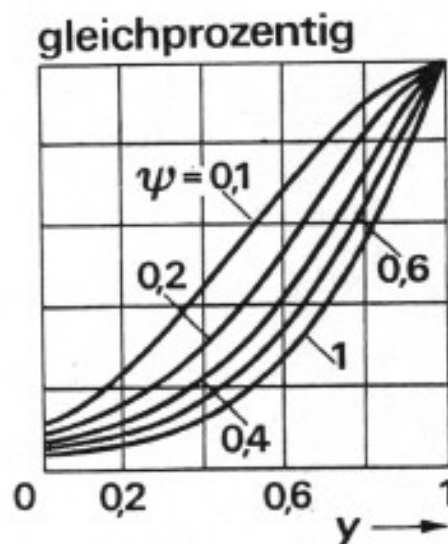
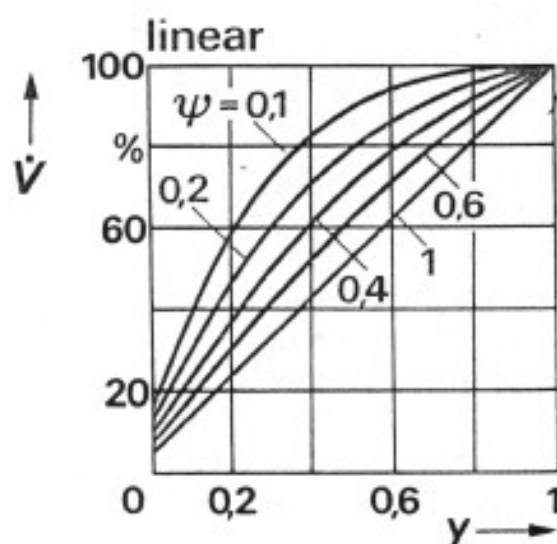
Pneumatischer Stellantrieb mit Positioner

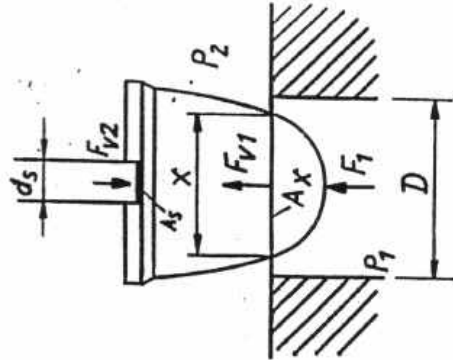
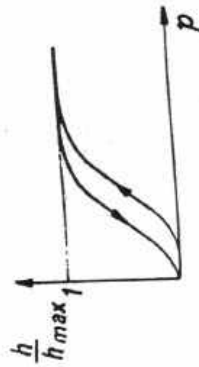
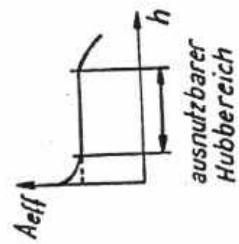


Durchfluß- und Betriebskennlinien



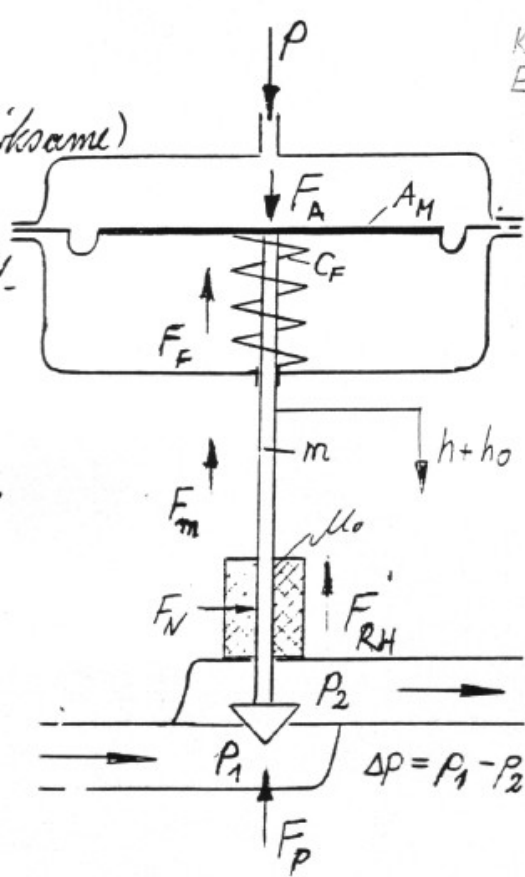
$$\psi = \frac{\Delta p_{V100}}{p_0}$$





Berechnung der Ventilkraft
(Bsp. Einsitzventil)

- ρ Stilleddruck
- A_M Membranfläche (wirksame)
- C_F Federkonstante
- m Masse des Spindel-systems
- h_0 Federverspannung
- h ausgeführter Hubs
- p_1 Vorldruck
- p_2 Nachldruck
- μ_0 Haftreibungskoeffizient
- F_N Normalkraft



Kraft auf Grund des Eing. drucks

Federkraft

Reibkraft

Kraft am Drosselkörper

Massenkraft

Kräftegleichgewicht:
$$F_A - F_F - F_m - F_{RH} - F_p = 0$$

$$F_A = A_M \cdot \rho$$

$$F_F = C_F \cdot (h + h_0)$$

$$F_m = m \cdot \ddot{h}$$

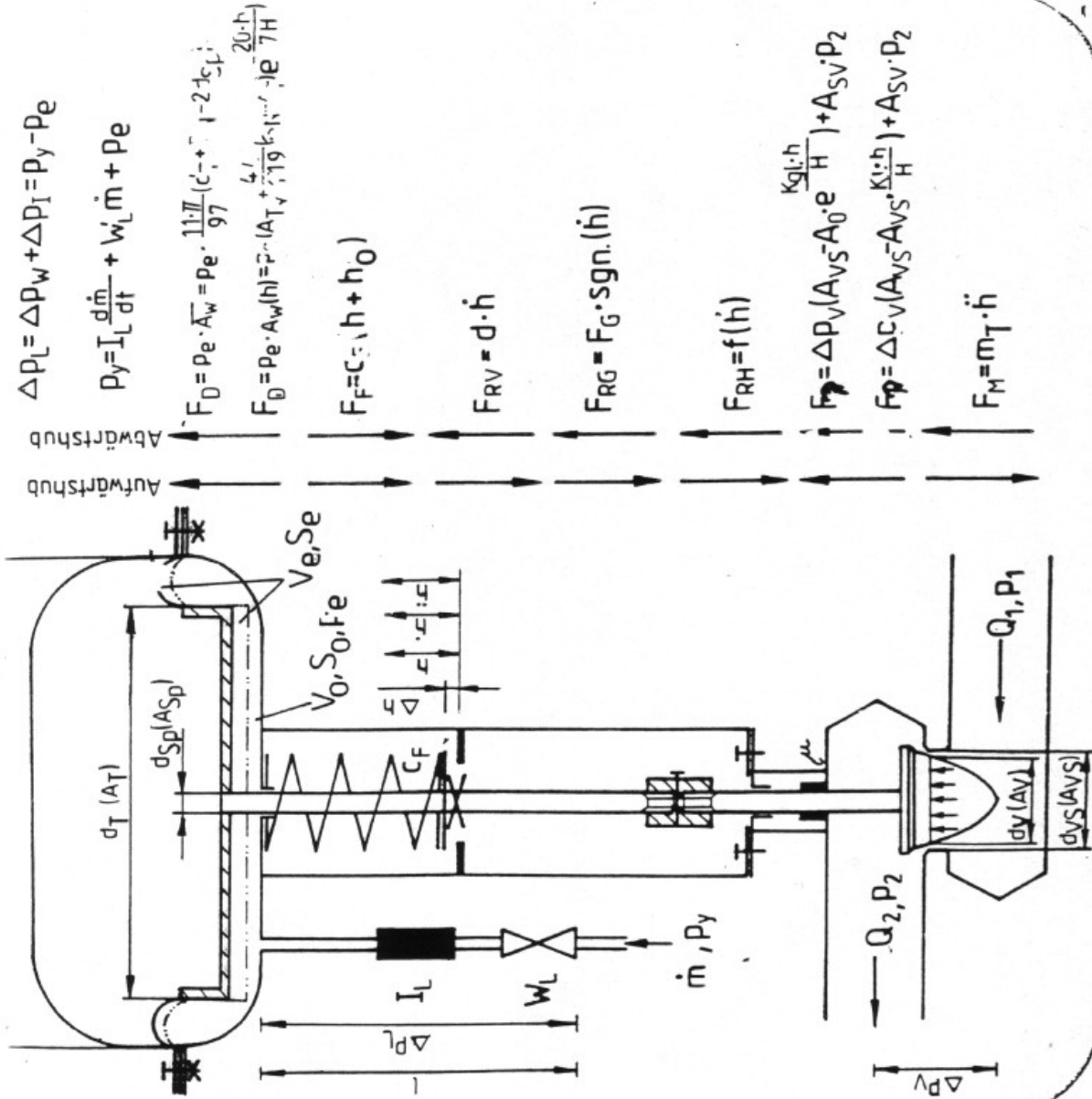
$$F_{RH} = \mu_0 \cdot F_N = A_M \cdot \Delta p_{RH} \approx (1 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta p) \cdot 10^3 \text{ ds Faustformel}$$

$$F_p = A_x \cdot p_1 - (A_x - A_s) \cdot p_2 \quad \text{Faustformel}$$

$$F_{RV} = S \cdot \dot{h} \quad , \quad S \quad \text{Reibungskoeffizient}$$

$$F_{RG} = |F_{RG}| \cdot \text{sgn } \dot{h}$$

$$F_{AG} < F_{RH} \quad ; \quad \text{bei großer Betrachung: } F_{RH} \approx F_{RG}$$



$$\Delta P_L = \Delta P_W + \Delta P_I = P_y - P_e$$

$$P_y = I_L \frac{d\dot{m}}{dt} + W_L \dot{m} + P_e$$

$$F_D = P_e \cdot A_w = P_e \cdot \frac{11 \cdot \pi}{97} (c_1^2 + 1 - 2 \cdot c_1^2)$$

$$F_D = P_e \cdot A_w(h) = P_e \cdot (A_T + \frac{4}{19} k_1 \cdot h) \cdot e^{\frac{20 \cdot h}{7H}}$$

$$F_F = C_F \cdot (h + h_0)$$

$$F_{RV} = d \cdot \dot{h}$$

$$F_{RG} = F_G \cdot \text{sgn}(\dot{h})$$

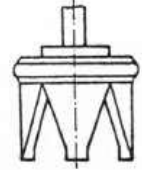
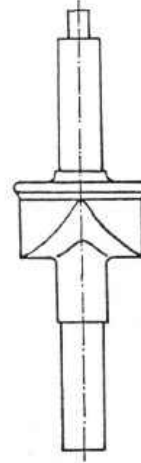
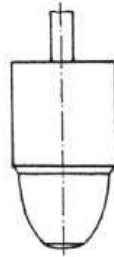
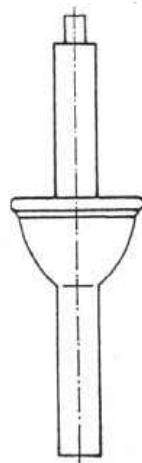
$$F_{RH} = f(\dot{h})$$

$$F_P = \Delta P_V (A_{VS} - A_0 \cdot e^{\frac{K_{gl} \cdot h}{H}}) + A_{SV} \cdot P_2$$

$$F_P = \Delta P_V (A_{VS} - A_{VS} \cdot e^{\frac{K_{gl} \cdot h}{H}}) + A_{SV} \cdot P_2$$

$$F_M = m_T \cdot \ddot{h}$$

Bild Schematischer Aufbau und Funktionsweise der pneumatischen Stöleinrichtung mit Druckluftzuführung ANSATZ 1



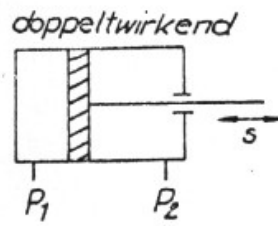
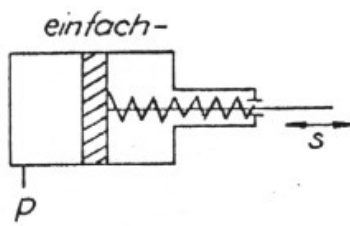
Konturkegel mit
Ober- u. Unterführung

Konturkegel m.
Oberführung

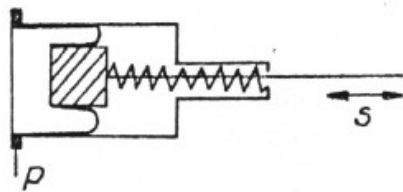
massiver V-för-
miger Mantelkegel

Laternen-
kegel

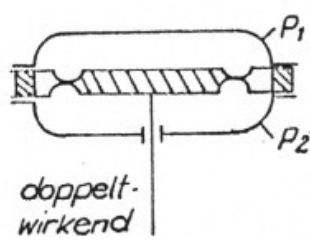
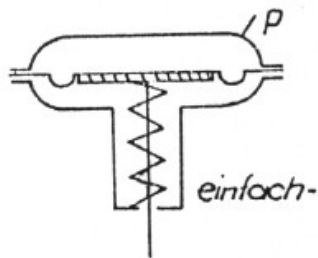
Beispiele für Drosselkörper in Stellventilen



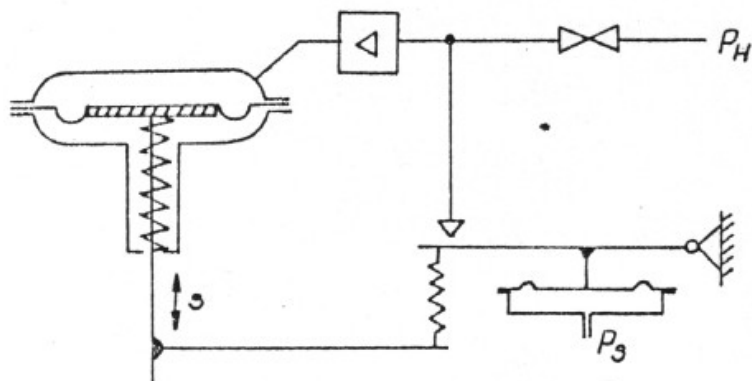
Kolbenstellantrieb



Rollmembranantrieb

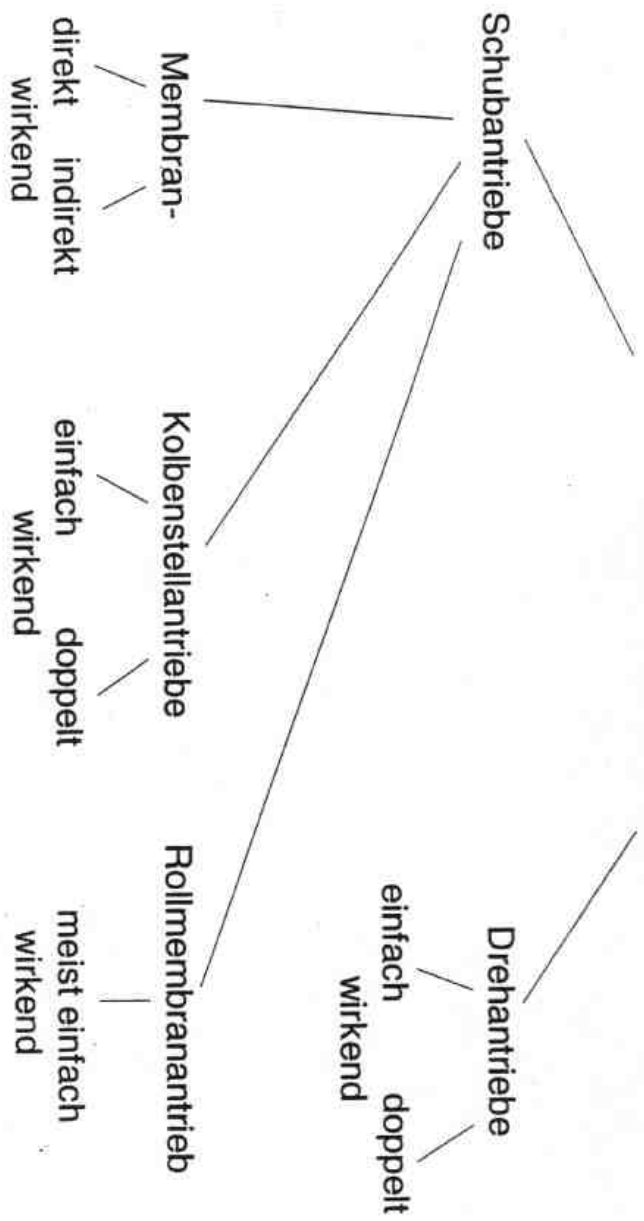


Membranstellantrieb



positionierter
Stellantrieb

Pneumatische Stellantriebe

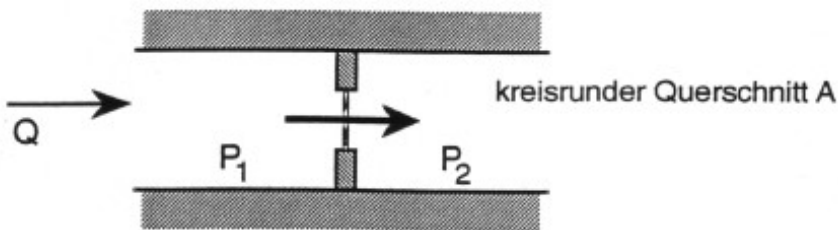


Funktion	Ausführung der Baugruppen	Kennlinien	Bemerkungen
Weg-Druck-Wandlung Eingang: Weg Ausgang: Druck auf der Basis von Widerständen			typisch für Analoggeräte typisch für Verstärkerelemente
auf der Basis Strahl und Fangdüse			zur berührungslosen Abtastung zur Ansteuerung ohne bewegte Teile
Druck-Weg-Wandlung Eingang: Druck Ausgang: Weg			Richtkräfte meist durch zusätzliche Feder erzeugt, sonst Kennlinie $s = f(p_E)$ nur bei kleinsten Wegen linear
Druck-Kraft-Wandlung Eingang: Druck Ausgang: Kraft			mit möglichst geringer Federkonstante des elastischen Elementes
Druck-Drehmoment-Wandlung Eingang: Druck Ausgang: Drehmoment			Möglichkeit zusätzlicher Verstärkung, Erzielung hoher Genauigkeiten möglich
Zeitverzögerung (RC-Glieder) Eingang: Druck Ausgang: Druck, verzögert			zur Dämpfung, als Rückführung oder störende RC-Kombination
Druck-Druck-Wandlung Nutzung von Strömungsumschlag Strahlableitung Eingang: Druck Ausgang: Druck			Bei Strömungsumschlag wird Schaltverhalten, bei Strahlableitung Analogverhalten genutzt
Druck-Druck-Wandlung Druck-Durchfl.-Wandlung Durchfl.-Durchfl.-Wandlung Wandhaftereffekt Wirbelkammerprinzip Eingang: Druck (Durchfl.) Ausgang: Druck (Durchfl.)			durch Coanda-Effekt wird Speicherverhalten (Flip-Flop) erreicht durch Vortexelement (Wirbelkammer) Analogverhalten

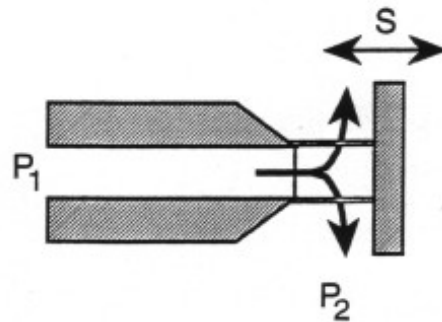
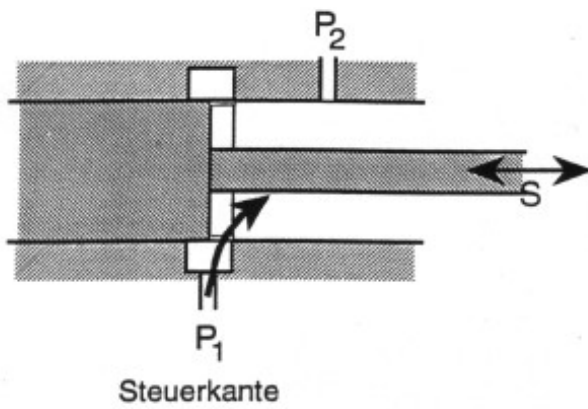
Bild 8.3. Arbeitsprinzipien zur Signalwandlung mit pneumatischen Grundelementen

Formen von Drosselstellen:

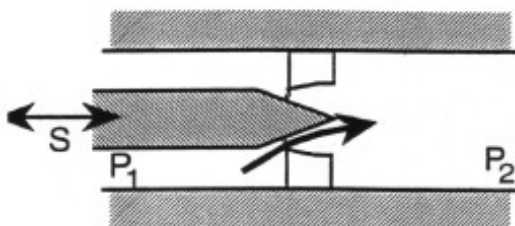
- durchströmte Fläche
- Strömungspfad



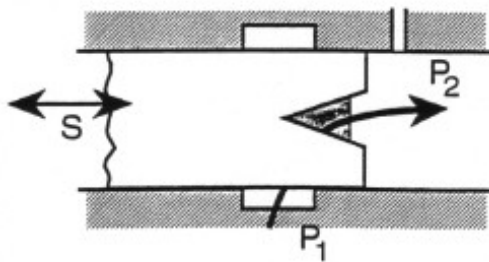
**Kreisfläche
fester
Querschnitt**



**Zylinderflächen
veränderlicher
Querschnitt**



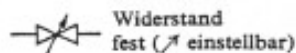
**Kegelmantel
veränderlicher
Querschnitt**



**Dreiecksfläche
veränderlicher
Querschnitt**

Grundelement/Baugruppe	Aufgaben	Ausführungsformen	Typ. Anwendungen
Strömungswiderstände Kapillaren Blenden Kegeldrosseln (Kegel/Kegel) (Kegel/Blende) Düse/Kugel Düse/Prallplatte	als feste oder steuerbare Widerstände zur <ul style="list-style-type: none"> Beeinflussung von Strömungen Erzeugung von Druckabfällen Steuerung von Drücken durch Widerstandsschaltungen Verwendung in Widerstands-Speicher-Systemen 	<i>fest</i> <i>veränderlich</i> 	
Elastische Elemente Membranen (Metall, Elaste) Wellrohre Rohrfedern (Bourdonrohr) Kapselfedern	<ul style="list-style-type: none"> Umformung der Drücke (Kräfte) in Wege bzw. Winkel Erzeugung und Vergleich von Kräften Ansteuerung von Widerstandsschaltungen 	 	
Volumenelemente mit festen Volumina (starr), veränderlichen Volumina (elastisch)	<ul style="list-style-type: none"> Speicherung pot. Energie Aufbau von Verzögerungsgliedern bei Kopplung mit Widerständen 		
Leitungen Kombination von Widerstand, Speicher und Induktivität Werkstoff: Metall (selten) Plast (üblich)	<ul style="list-style-type: none"> Übertragung analoger/diskreter Signale Realisierung von Widerstand, Speicher, Induktivität 		rund bei verlegten Leitungen (Metall oder Plast) rechteckig bei integrierten Schaltungen
Strahlelemente Nutzung des Verhaltens von freier bzw. Wandströmung, d.h. aerodynamischer Effekte Strahldüse (SD) Fangdüse (FD) Kombinationen mit Steuerfahne (SF) und Steuerdüsen (StD)	Durch Beeinflussung von Luftstrahlen <ul style="list-style-type: none"> Steuerung von Drücken und Mengen Realisierung von analogem oder diskretem Verhalten 		als: Analelemente Schaltelemente Abtastelemente (Sensoren) Stellglieder

verwendete Symbole:



→ Düse

○ Speiseluft-anschluß

— Verbindung zur Atmosphäre

Bild 8.2. Grundelemente und Baugruppen der pneumatischen Technik (Gliederung)

SD Strahldüse; FD Fangdüse; StD Steuerdüse; SF Steuerfahne

 P_S Speisedruck, P_E Eingangsdruck; P_A Ausgangsdruck; P_{St} Steuerdruck; P_F Fangdruck

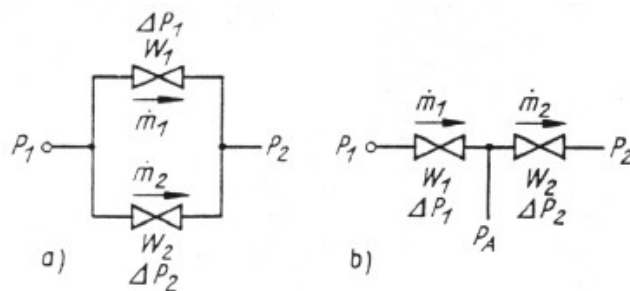


Bild 8.6
Strömungswiderstände
a) Parallelschaltung; b) Reihenschaltung

8.2.4.2. Widerstände in Schaltungen

Für die hier zu betrachtenden Schaltungen gilt nach **Bild 8.6** bei linearisierten Widerständen

Parallelschaltung

$$\Delta P_{\text{ges}} = P_1 - P_2 = \Delta P_1 = \Delta P_2; \quad \dot{m}_{\text{ges}} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2$$

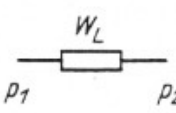
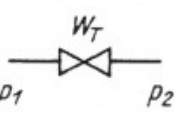
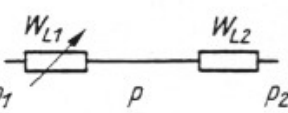
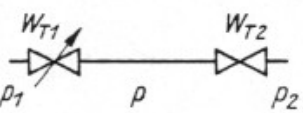
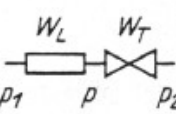
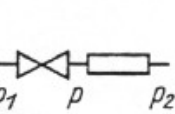
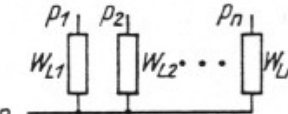
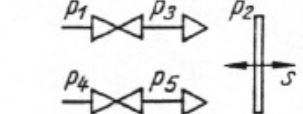
$$\frac{\Delta P_{\text{ges}}}{\dot{m}_{\text{ges}}} = \frac{\Delta P_{\text{ges}}}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} \quad \text{oder} \quad \frac{1}{W_{\text{ges}}} = \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} \quad (8.5)$$

Reihenschaltung

$$\Delta P_{\text{ges}} = (P_1 - P_A) + (P_A - P_2) = P_1 - P_2 = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

$$\dot{m}_{\text{ges}} = \dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\frac{\Delta P_{\text{ges}}}{\dot{m}_{\text{ges}}} = \frac{\Delta P_1}{\dot{m}_1} + \frac{\Delta P_2}{\dot{m}_2} \quad \text{oder} \quad W_{\text{ges}} = W_1 + W_2. \quad (8.6)$$

Widerstand / Schaltung				
Gleichung	$\dot{m} = \frac{1}{W_L} (p_1 - p_2)$	$\dot{m} = \frac{1}{W_T} \sqrt{p_1 - p_2}$	$(p_1 - p) = \frac{W_{L1}}{W_{L2}} (p - p_2)$	$(p_1 - p) = (W_{T1}/W_{T2})^2 (p - p_2)$
Widerstand / Schaltung				
Gleichung	$(p_1 - p) = \frac{W_L}{W_T} \sqrt{p - p_2}$	$(p_1 - p) = \left(\frac{W_T}{W_L}\right)^2 (p - p_2)^2$	$p = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n p_k$	Bei völliger Symmetrie gilt: $p_3/p_5 = p_1/p_4$

 Laminarwiderstand

 Turbulenzwiderstand

Atmosphärendruck $p_2 = 0$

Bild 8.43. Funktionseinheiten nach dem Ausschlagprinzip (Betrieb bei niedrigen Drücken, Fehler kleiner als 1 % möglich)