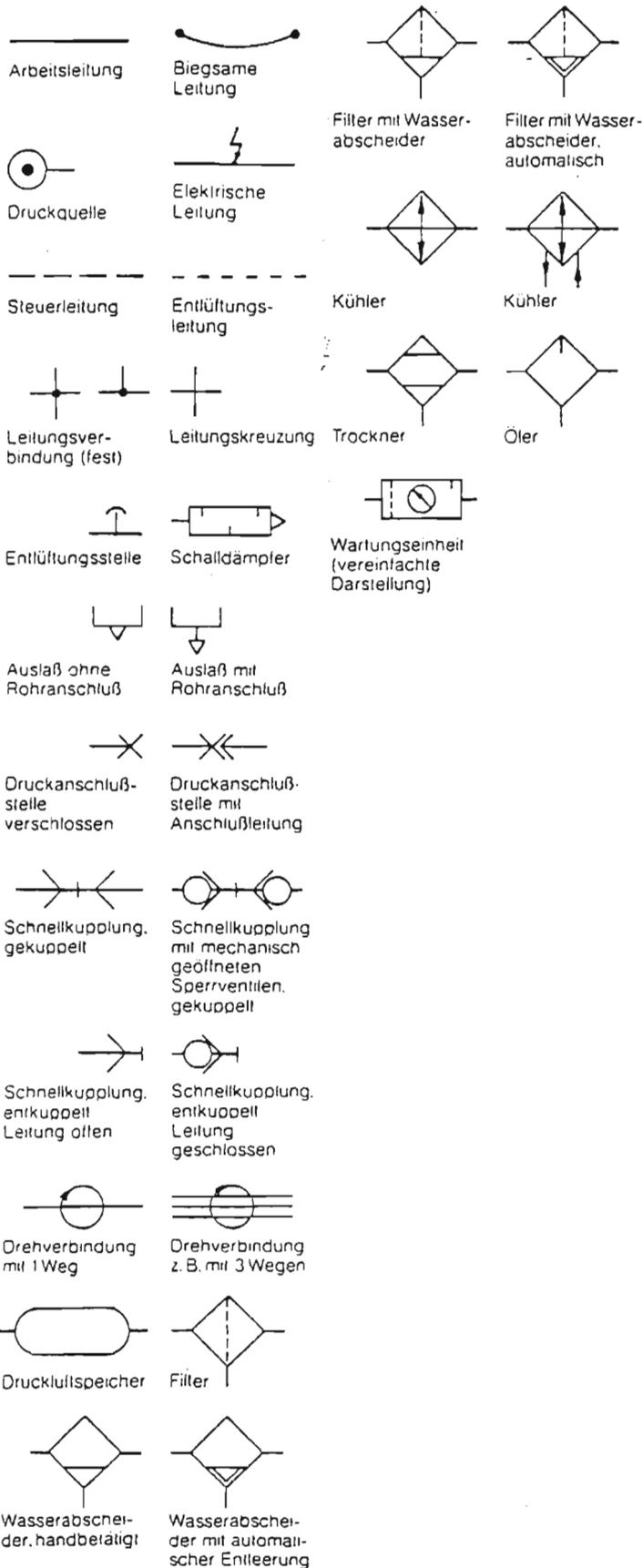


# Pneumatik- und Logiksymbole

nach DIN/ISO 1219 und DIN 40700

## Energieübertragung

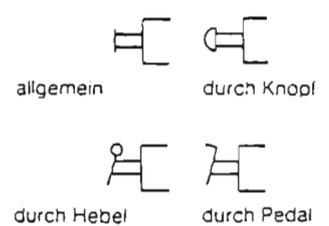


## Betätigungen

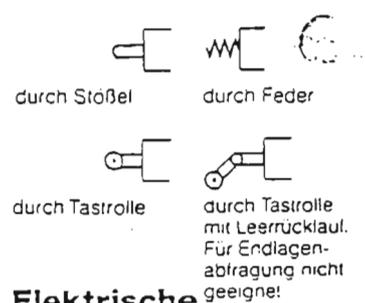
### Mechanische Bestandteile



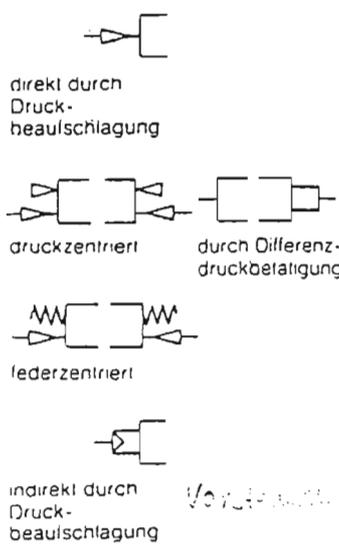
### Muskelkraft betätigung



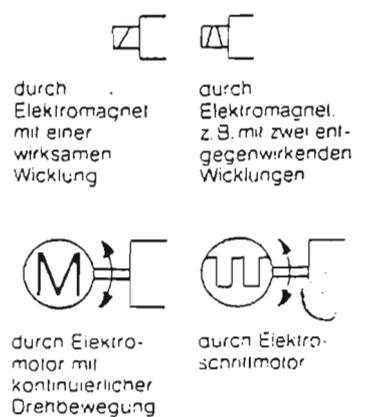
### Mechanische Betätigung



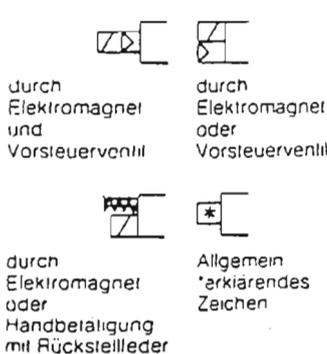
### Druckbetätigung



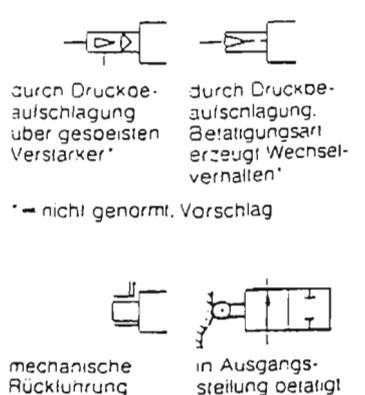
### Elektrische Betätigung



### Kombinierte Betätigung



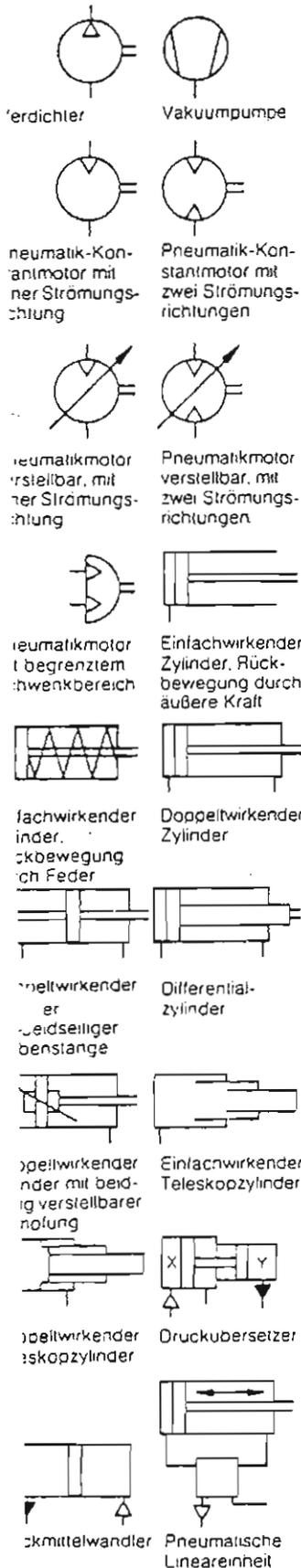
### Sonderbetätigung



# Pneumatik- und Logiksymbole

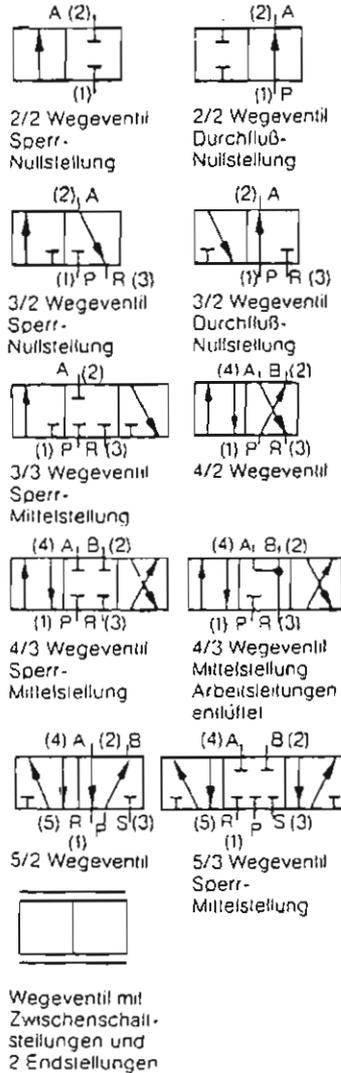
nach DIN/ISO 1219 und DIN 40700

## Energieumformung

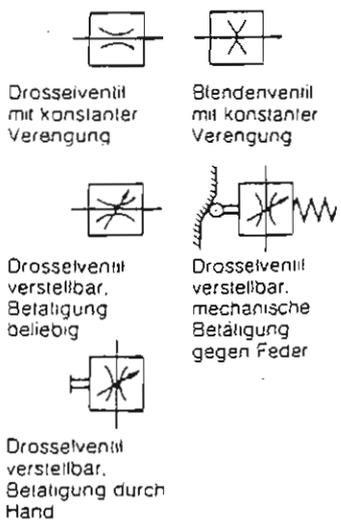


## Ventile

### Wegeventile



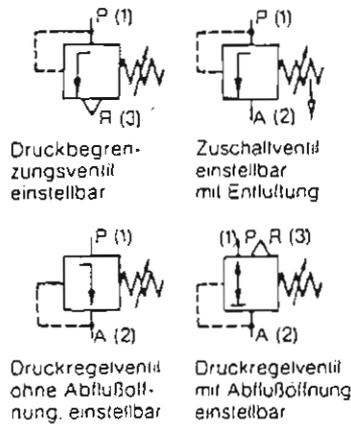
### Stromventile



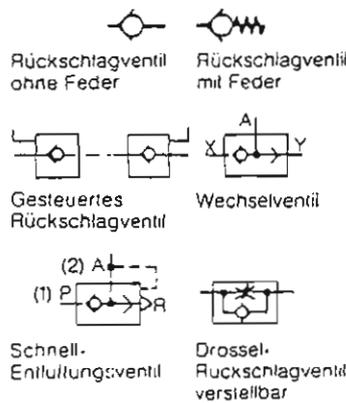
### Absperrventil



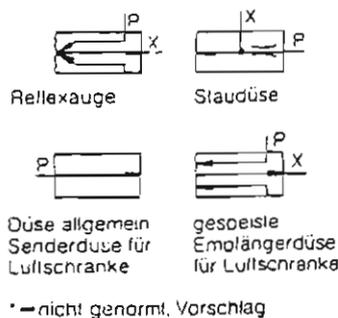
### Druckventile



### Sperrventile



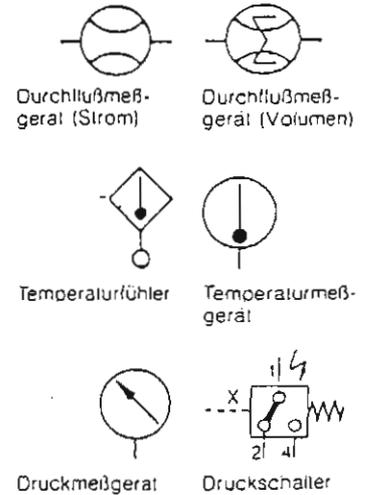
### Sondersymbole\*



\* - nicht genormt, Vorschlag

## Sonstige Zeichen

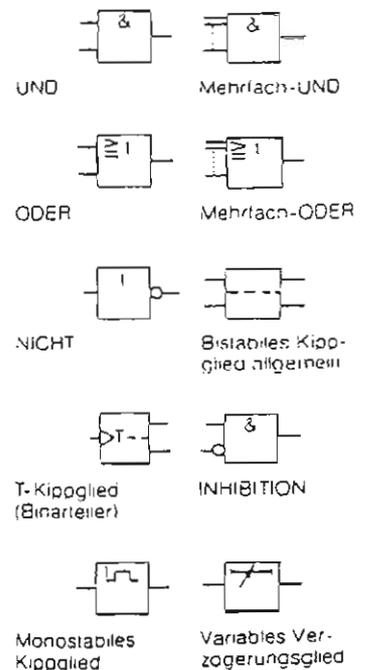
### Sonstige Geräte



### Kurzbezeichnungen von Anschlüssen

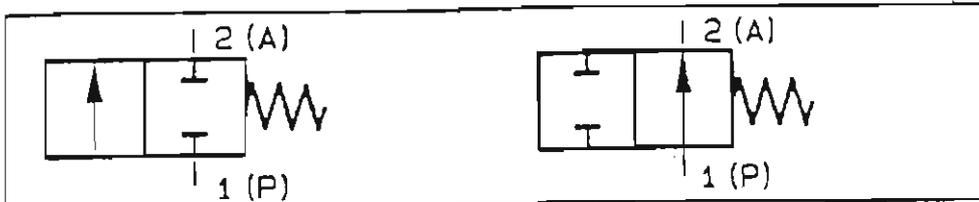
- A, B, C... (2, 4, 6) Arbeitsleitungen
- P (1) Druckluftanschluß
- R, S, T... (3, 5, 7) Abfluß, Entlüftungen
- Z, Y, X... (12, 14, 16) Steuerleitungen

## Logiksymbole



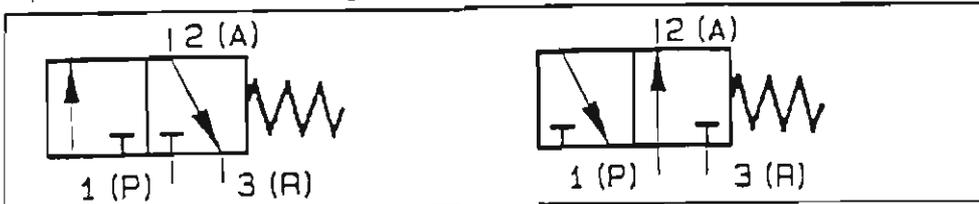
# Ventile

## Wegeventile



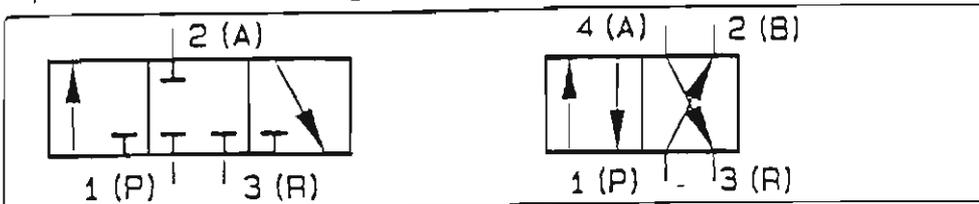
2/2 Wegeventil  
Sperr- Ruhestellung

2/2 Wegeventil  
Durchfluß- Ruhestellung



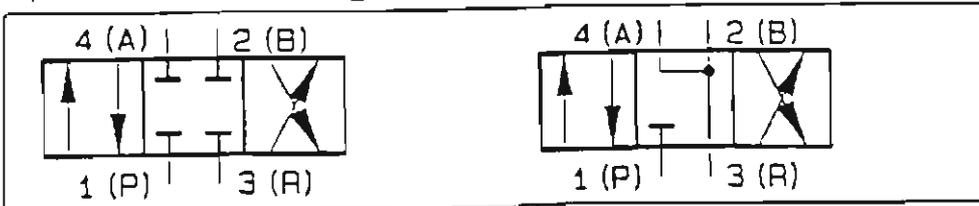
3/2 Wegeventil  
Sperr- Ruhestellung

3/2 Wegeventil  
Durchfluß- Ruhestellung



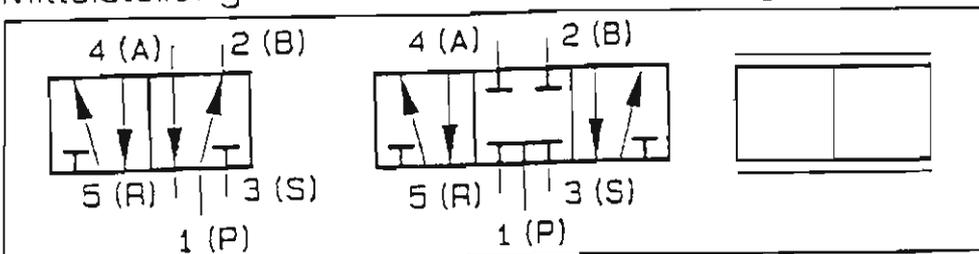
3/3 Wegeventil  
Sperr- Mittelstellung

4/2 Wegeventil



4/3 Wegeventil  
Sperr-  
Mittelstellung

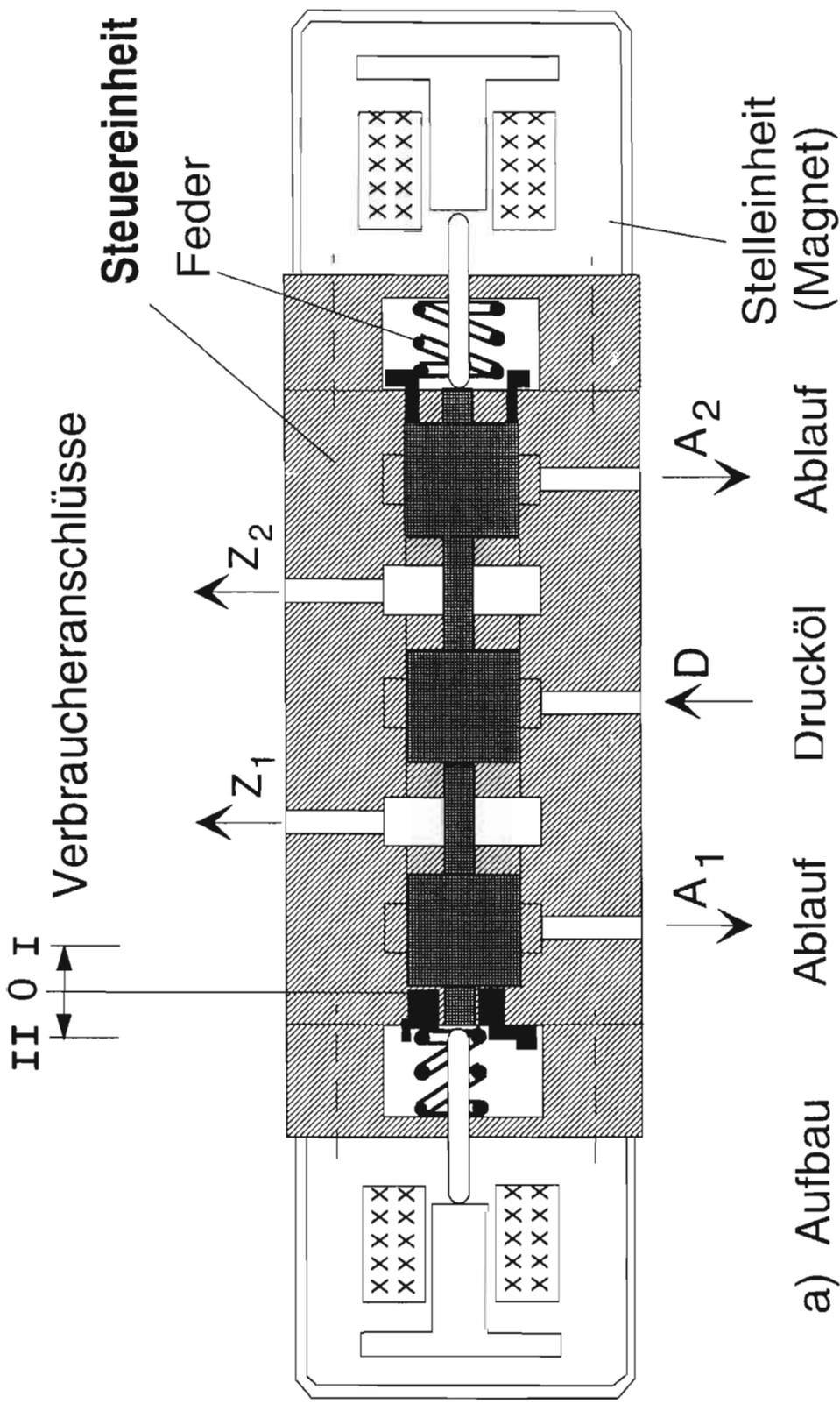
4/3 Wegeventil  
Mittelstellung  
Arbeitsleitungen entlüftet



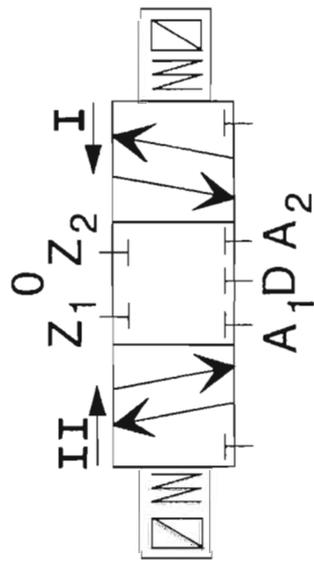
5/2 Wegeventil

5/3 Wegeventil  
Sperr-  
Mittelstellung

Wegeventil mit  
Zwischenschalt-  
stellungen und  
2 Endstellungen

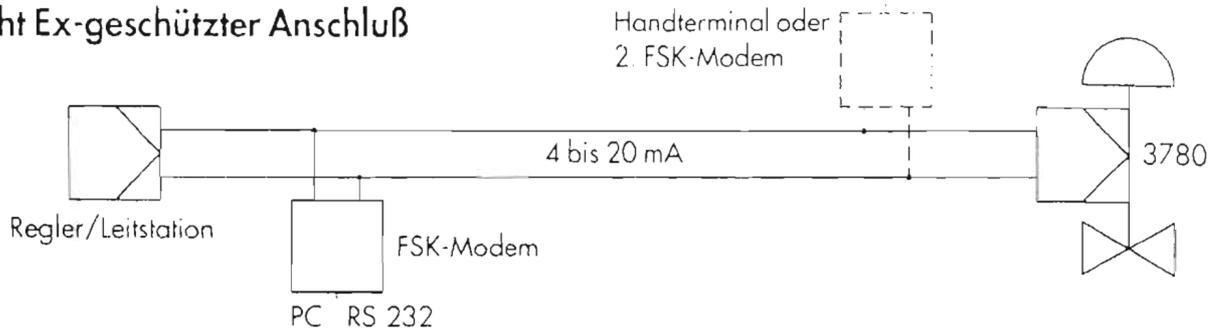


a) Aufbau



b) Symbol

## Nicht Ex-geschützter Anschluß



## Ex-geschützter Anschluß

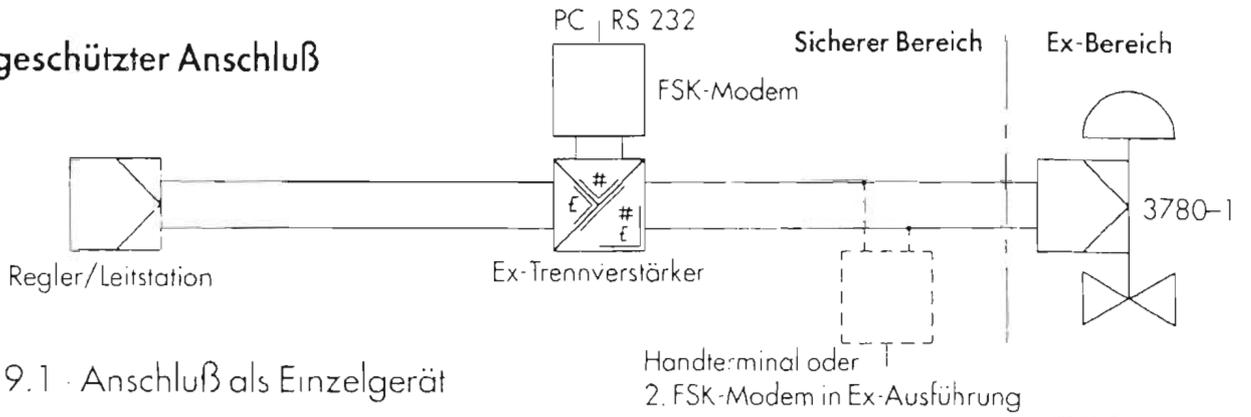
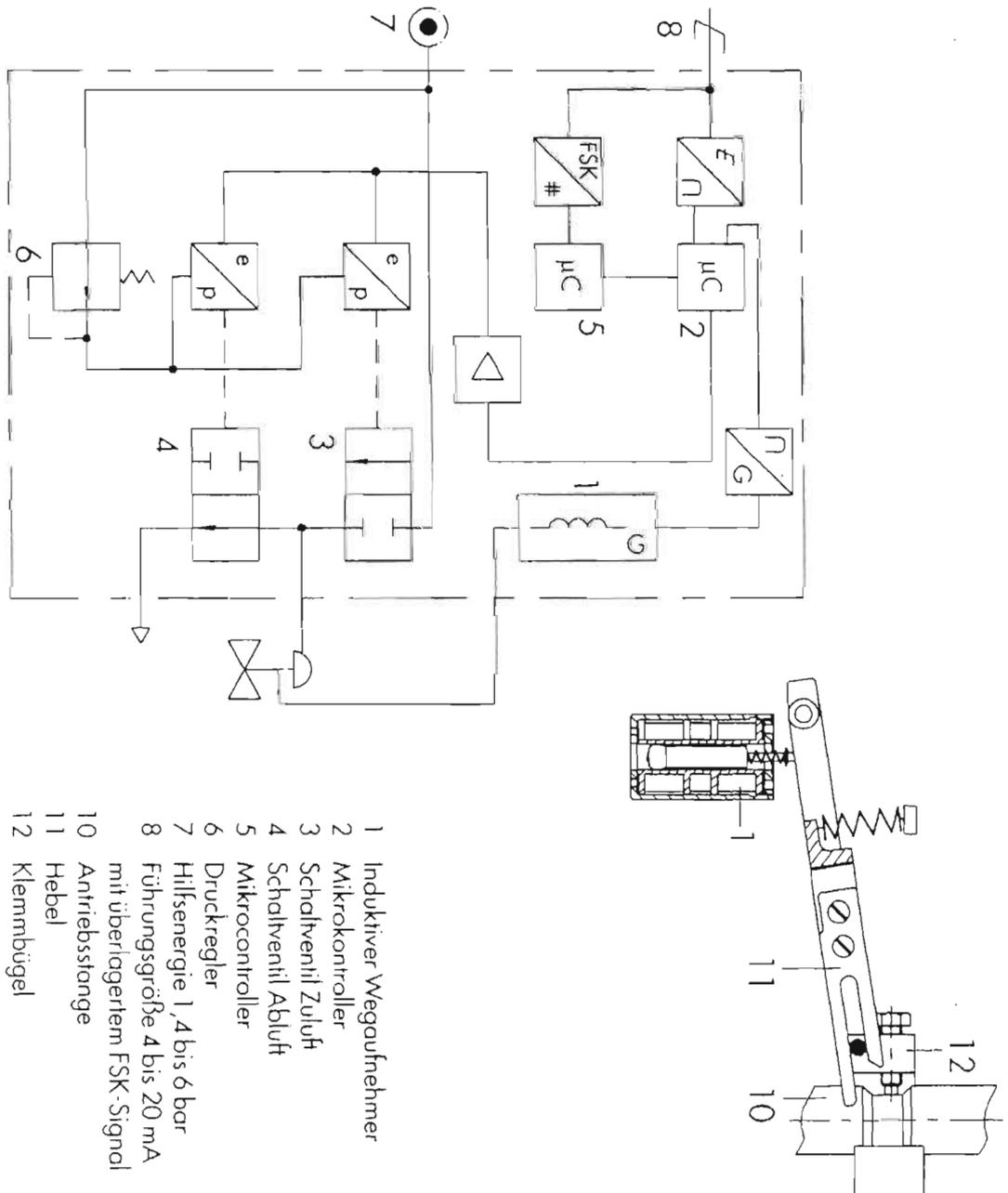


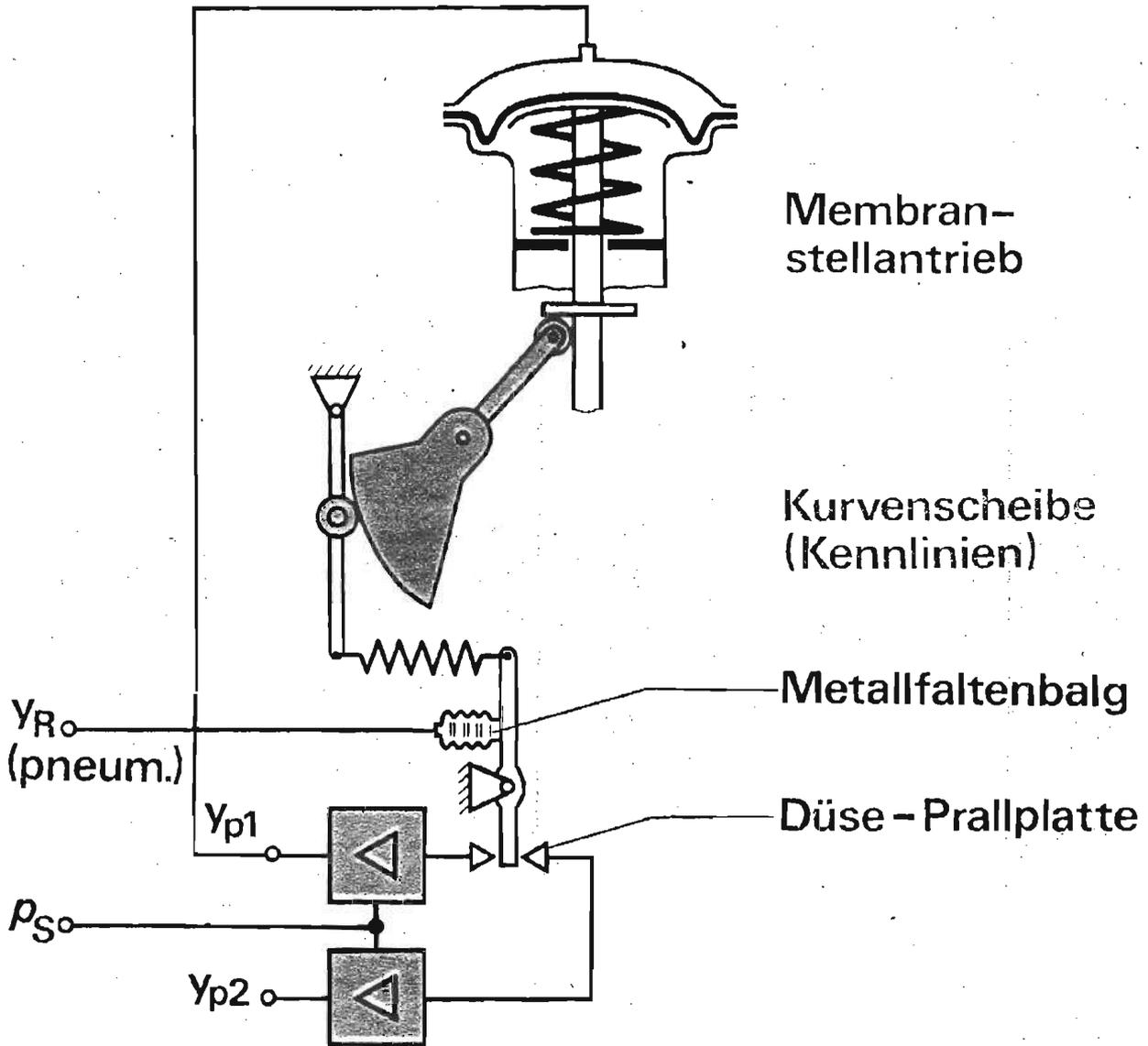
Bild 9.1 · Anschluß als Einzelgerät

Bild 2 · Wirkbild



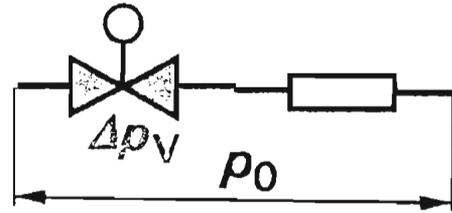
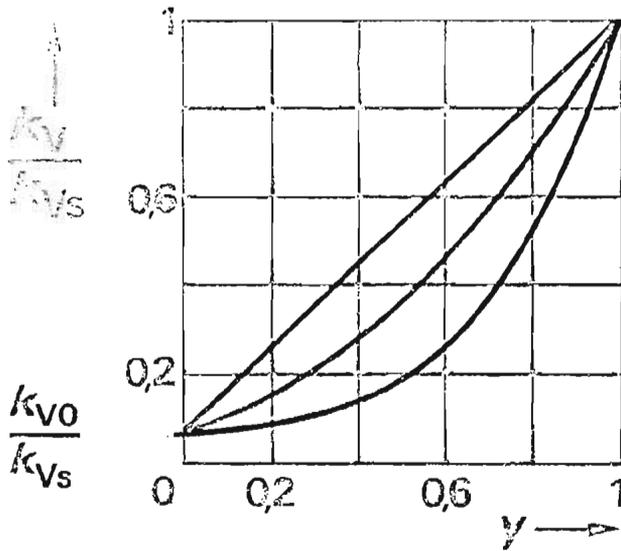
0  
1

# Pneumatischer Stellantrieb mit Positioner

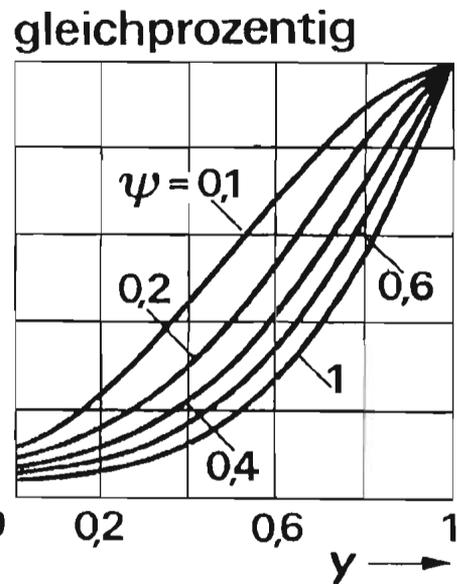
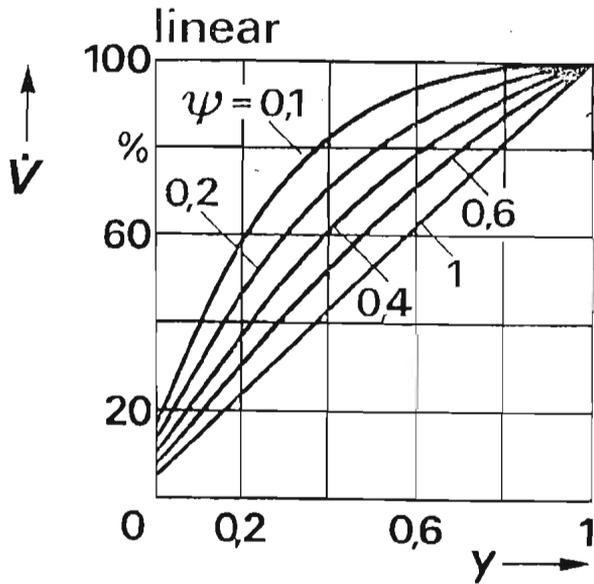


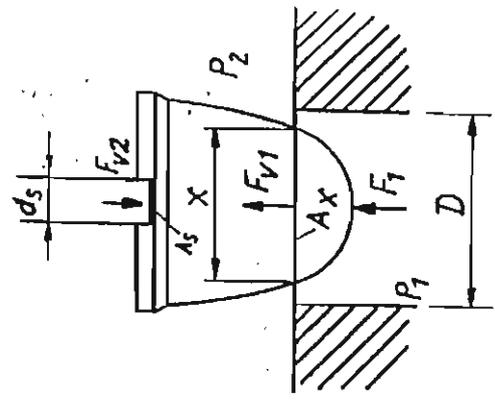
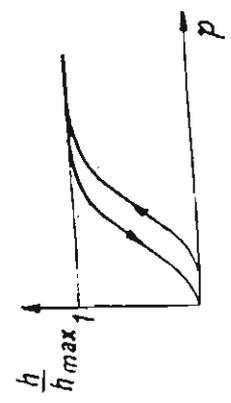
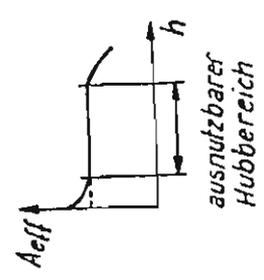
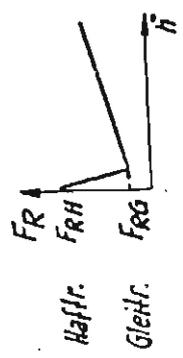
# Durchfluß- und Betriebskennlinien

0  
1  
2



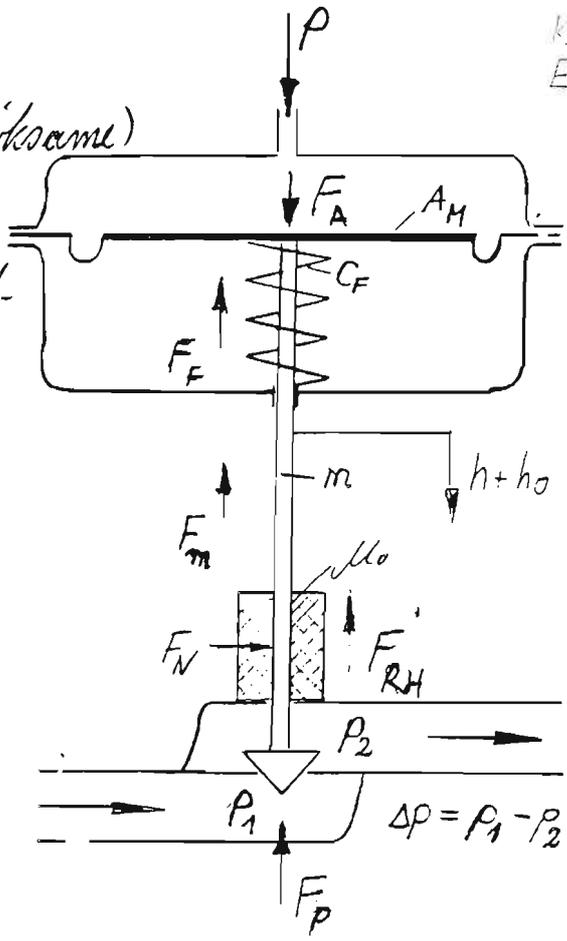
$$\psi = \frac{\Delta p_v 100}{p_0}$$





Berechnung der Ventilkraft  
(Bsp. Einsitzventil)

- $\rho$  Stillebruck
- $A_M$  Membranfläche (wirksame)
- $C_F$  Federkonstante
- $m$  Masse des Spindel-systems
- $h_0$  Federverspannung
- $h$  ausgeführter Hubs
- $p_1$  Vordruck
- $p_2$  Nachdruck
- $\mu_0$  Haftreibungskoeffizient
- $F_N$  Normalkraft



Kräftegleichgewicht: 
$$\bar{F}_A - F_F - F_m - F_{RH} - F_p = 0$$

$$F_A = A_M \cdot \rho$$

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

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

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

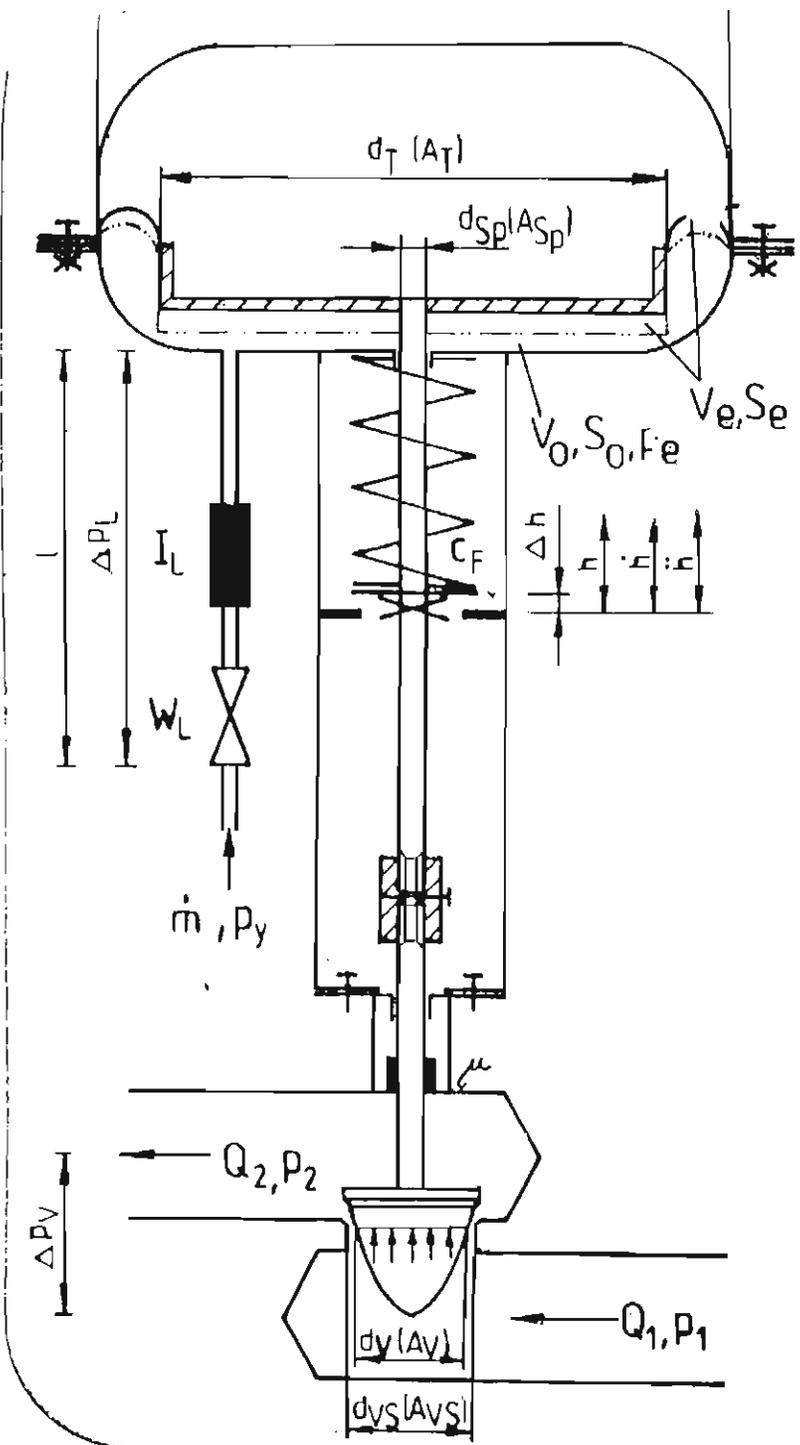
$$F_p = A_x \cdot p_1 - (A_x - A_s) \cdot p_2 \quad \text{Faustformel}$$

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

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

$F_A \gg F_{RH}$  ; bei großer Betrachtung:  $F_{RH} \approx F_{RG}$

1910 April  
S. Singsstraße 80



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

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

$$F_D = P_e \cdot A_w = P_e \cdot \frac{11 \cdot \pi}{97} (d_{sp}^2 - 1 - 2 \cdot t_{sp})$$

$$F_D = P_e \cdot A_w(h) = P_e \cdot (A_{TV} + \frac{4}{19} \cdot k \cdot v \cdot h) \cdot e^{-\frac{20 \cdot h}{7H}}$$

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

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

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

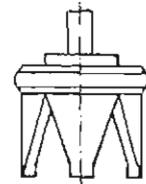
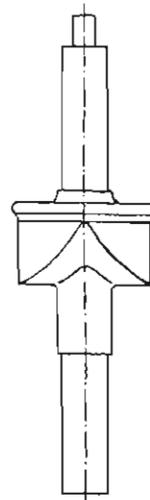
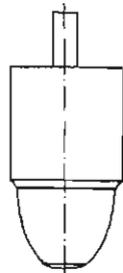
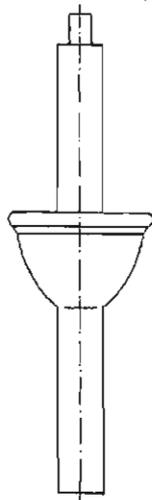
$$F_{RH} = f(\dot{h})$$

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

$$F_p = \Delta C_V (A_{VS} - A_{VS} \cdot \frac{K_V \cdot h}{H}) + A_{SV} \cdot P_2$$

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

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



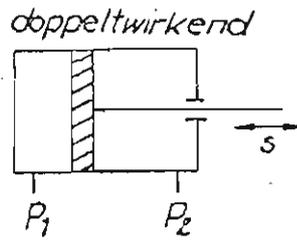
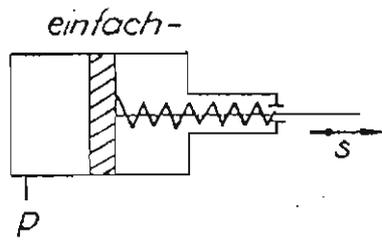
Konturkegel mit  
Ober- u. Unterführung

Konturkegel m.  
Oberführung

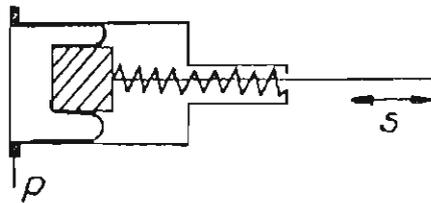
massiver V-för-  
miger Mantelkegel

Laternen-  
kegel

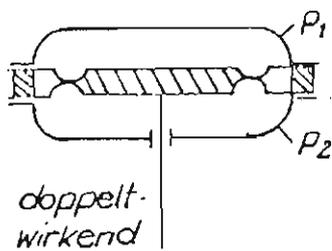
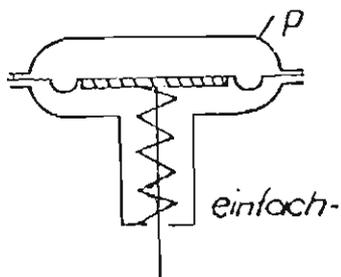
Beispiele für Drosselkörper in Stellventilen



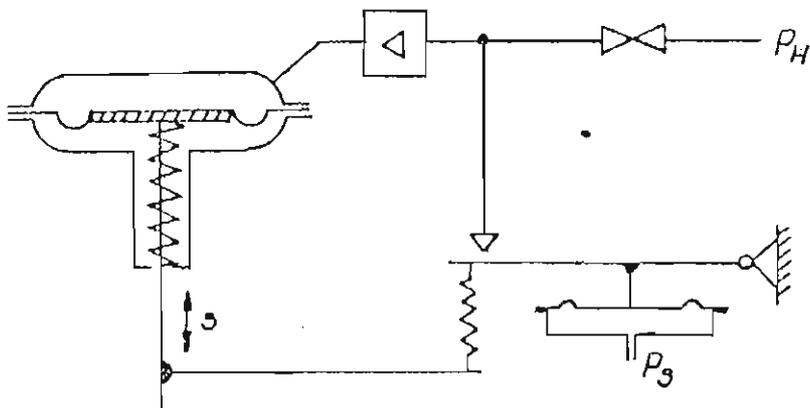
Kolbenstellantrieb



Rollmembranantrieb

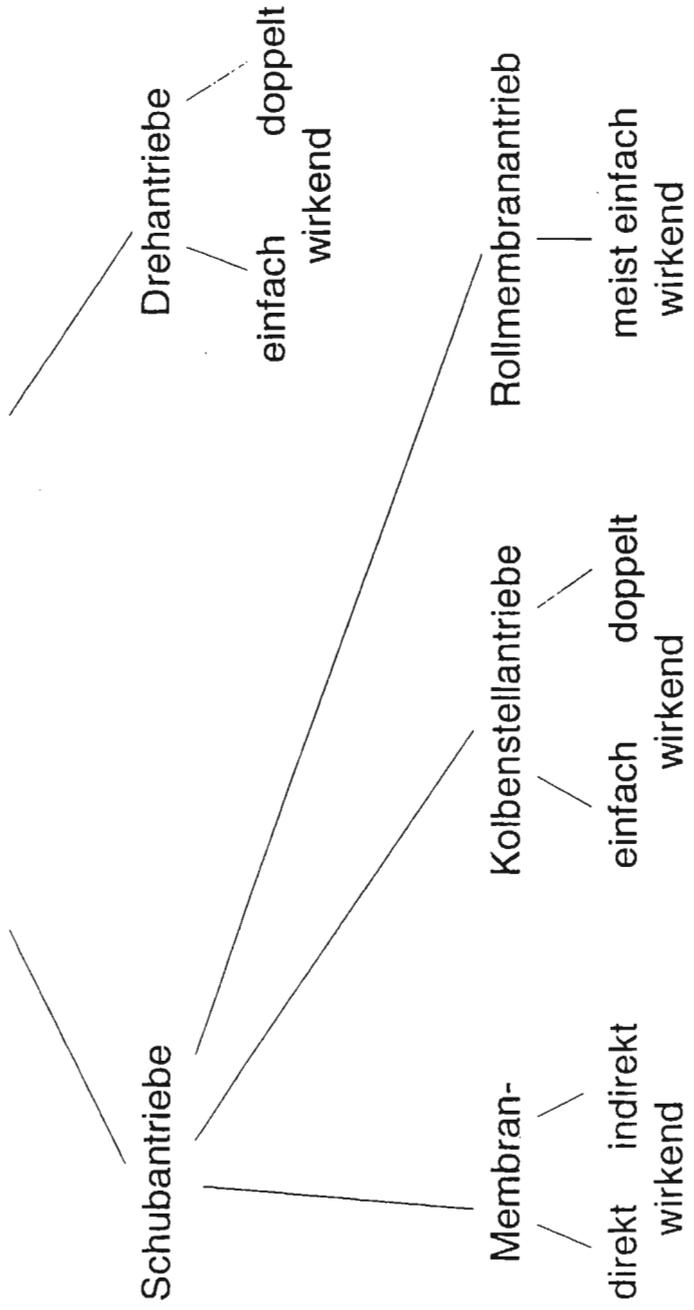


Membranstellantrieb



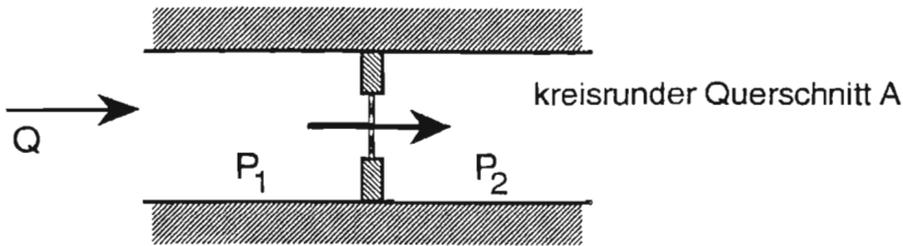
positionierter  
Stellantrieb

# Pneumatische Stellantriebe

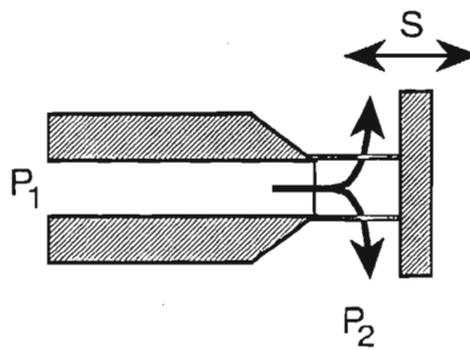
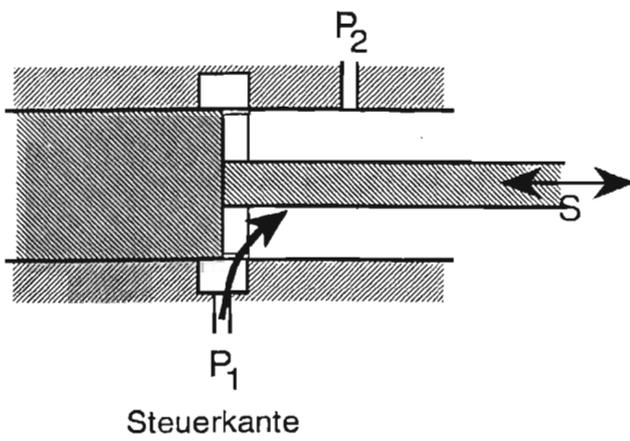


Formen von Drosselstellen:

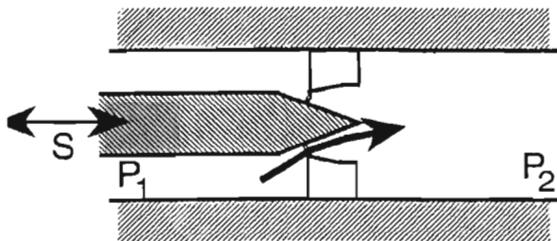
- durchströmte Fläche
- Strömungspfad



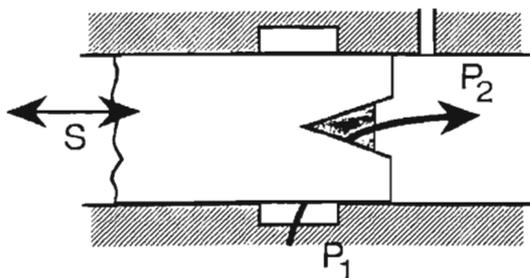
Kreisfläche  
fester  
Querschnitt



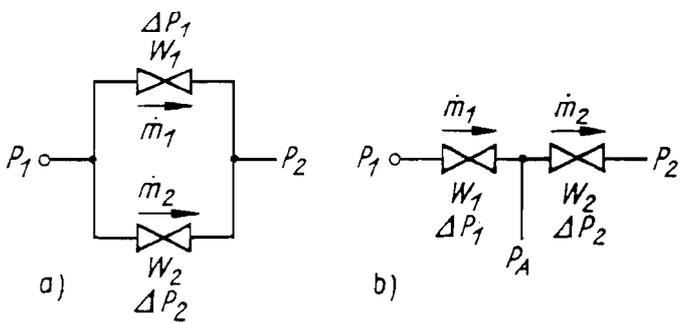
Zylinderflächen  
veränderlicher  
Querschnitt



Kegelmantel  
veränderlicher  
Querschnitt



Dreiecksfläche  
veränderlicher  
Querschnitt



**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	$\dot{m} = \frac{1}{W_L} (p_1 - p_2)$	$\dot{m} = \frac{1}{W_T} \sqrt{p_1 - p_2}$	$(p_1 - p) = \frac{W_{L1}}{W_L} (p - p_2)$	$(p_1 - p) = (W_{T1}/W_{T2})^2 (p - p_2)$
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)

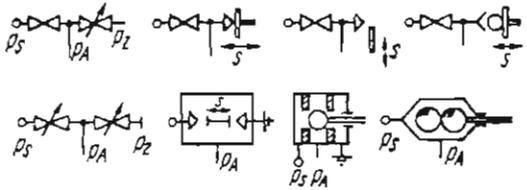
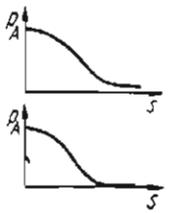
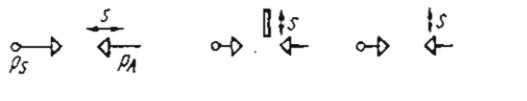
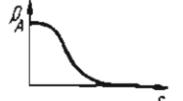
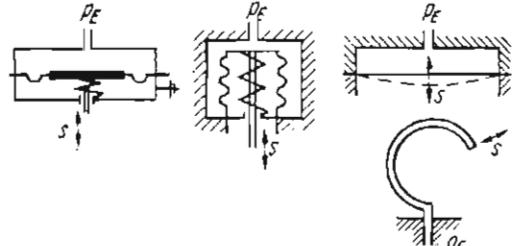
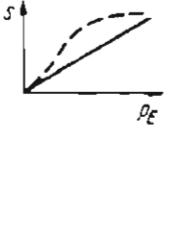
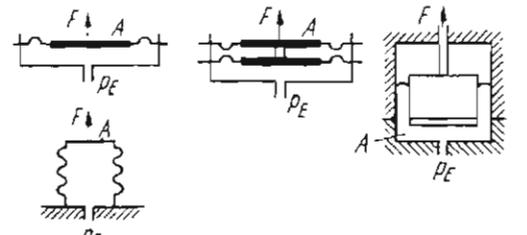
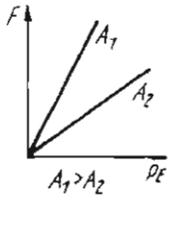
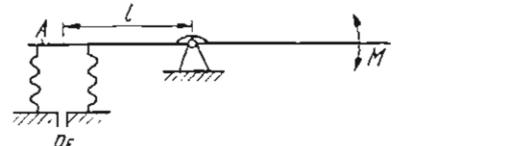
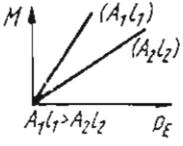
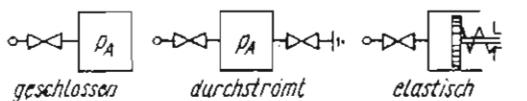
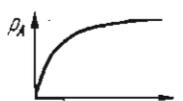
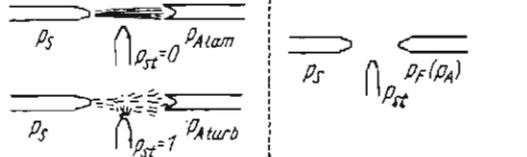
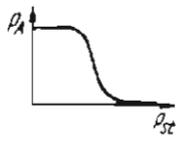
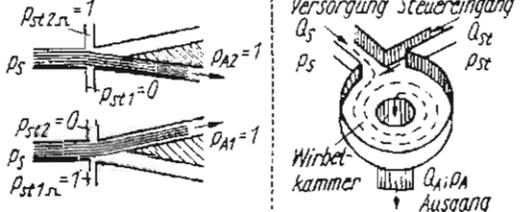
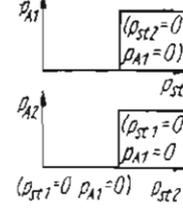
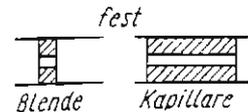
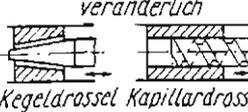
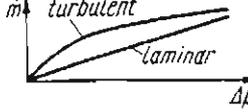
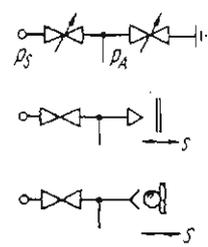
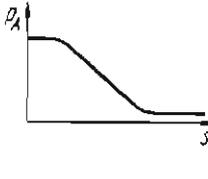
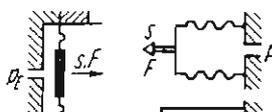
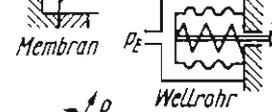
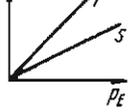
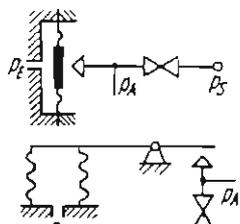
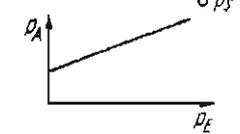
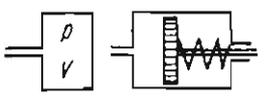
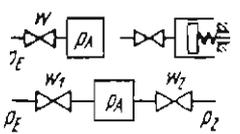
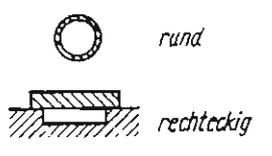
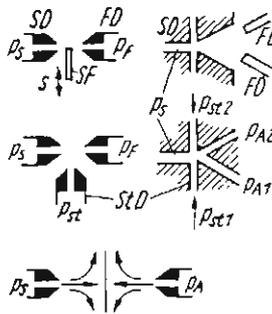
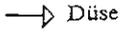
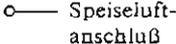
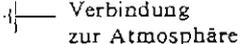
Funktion	Ausführung der Baugruppen	Kennlinien	Bemerkungen
<p><b>Weg-Druck-Wandlung</b> Eingang: Weg Ausgang: Druck auf der Basis von Widerständen</p>			<p>typisch für Analoggeräte</p> <p>typisch für Verstärkerelemente</p>
<p>auf der Basis Strahl und Fangdüse</p>			<p>zur berührungslosen Abtastung zur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

Bild 8.3. Arbeitsprinzipien zur Signalwandlung mit pneumatischen Grundelementen

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

verwendete Symbole:  Widerstand fest (↗ einstellbar)  Düse  Speiseluftanschluß  Verbindung zur Atmosphäre

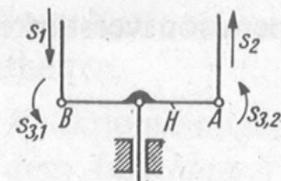
**Bild 8.2.** Grundelemente und Baugruppen der pneumatischen Technik (Gliederung)

SD Strahldüse; FD Fangdüse; StD Steurdüse; SF Steuerfahne  
 $P_s$  Speisedruck,  $P_E$  Eingangsdruck;  $P_A$  Ausgangsdruck;  $P_s$ , Steuerdruck;  $P_F$  Fangdruck

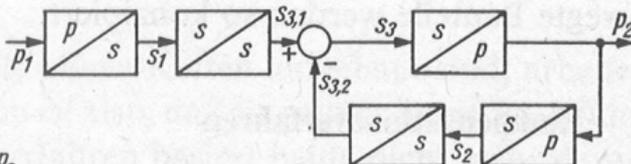
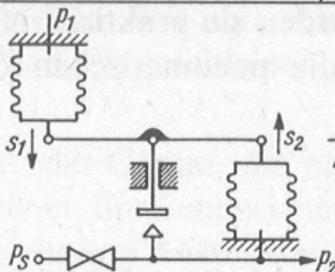
Prinzip

Schaltung

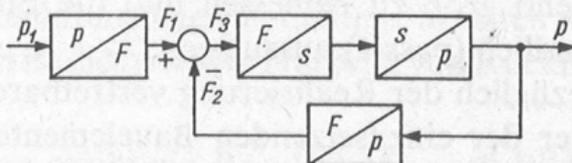
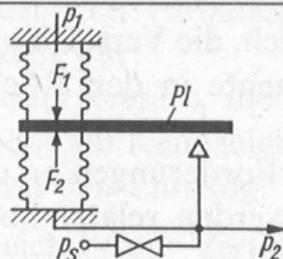
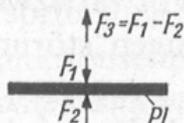
Signalwandlung



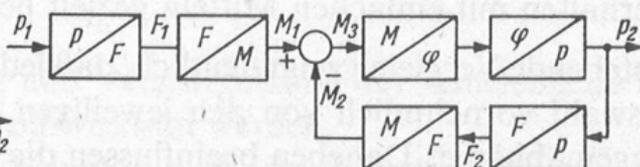
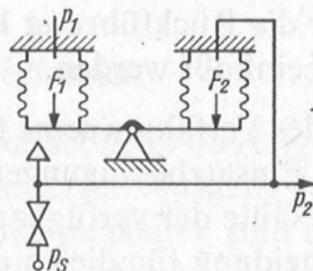
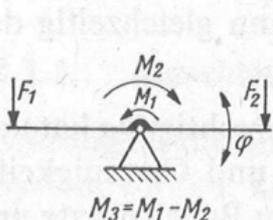
$$s_3 = s_{3,1} - s_{3,2}$$



b)

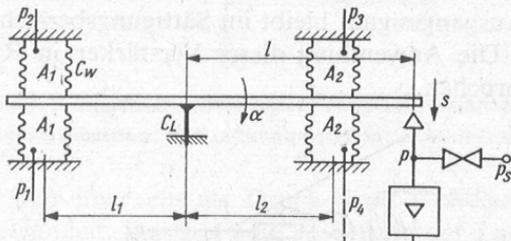


c)

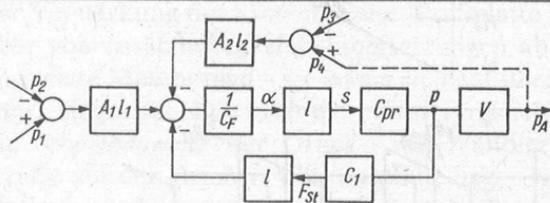
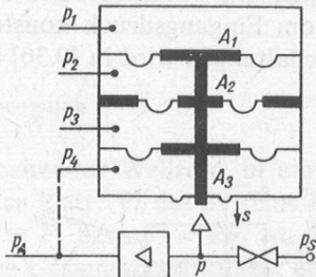


**Bild 8.44.** Kompensationsverfahren/Vergleichsverfahren

a) Wegkompensation; b) Kraftkompensation; c) Momentkompensation

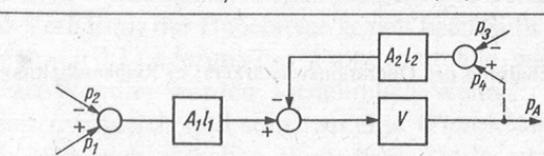
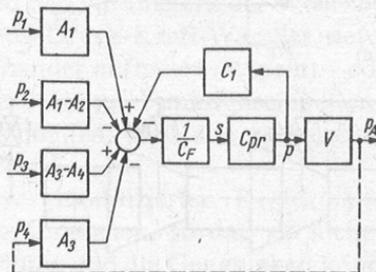


Prinzip



Signalflußbild

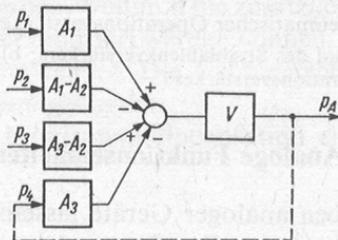
$C_F$  Gesamtfederkonst. d. Wippensyst.  
 $C_{Pr}$  Steifheit d. Syst. Düse-Prallplatte  
 $C_1$  Konstante f. d. Strahlkraft, Gl.(3.33)



Signalflußbild (vereinfacht)

$$p_A = V [A_1 l_1 (p_1 - p_2) + A_2 l_2 (p_3 - p_4)]$$

Fehlermomente entstehen durch:  
 Federlager der Wippe ( $C_L$ ) und Strahlkraft ( $F_{St}$ )  
 Wellrohrauslenkung ( $C_W$ )  
 Wellrohrverkipfung ( $C_{Wk}$ )



$$p_A = V [A_1 p_1 + (A_3 - A_2) p_3 - (A_1 - A_2) p_2 - A_3 p_3]$$

Fehler entstehen durch Strahlkraft und bei Auslenkung des Systems durch Federkonstanten und Änderung der Membranflächen

Bild 8.47. Grundformen des Kraft- und Momentenvergleichs

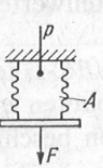
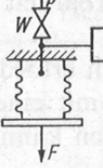
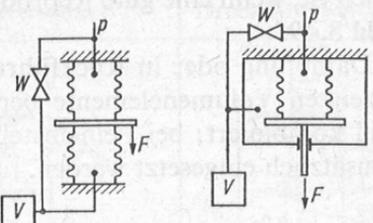
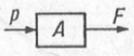
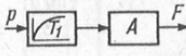
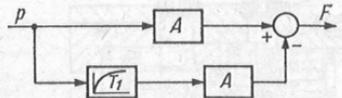
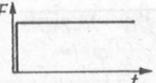
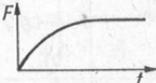
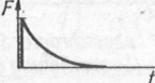
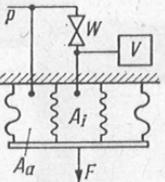
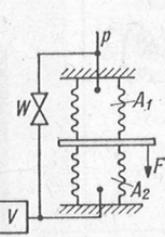
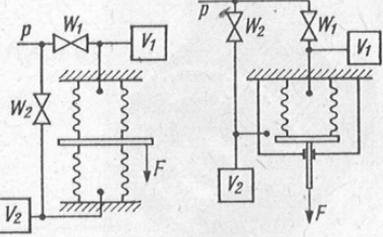
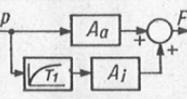
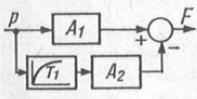
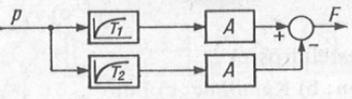
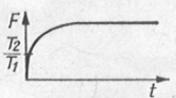
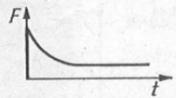
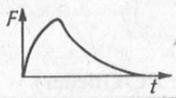
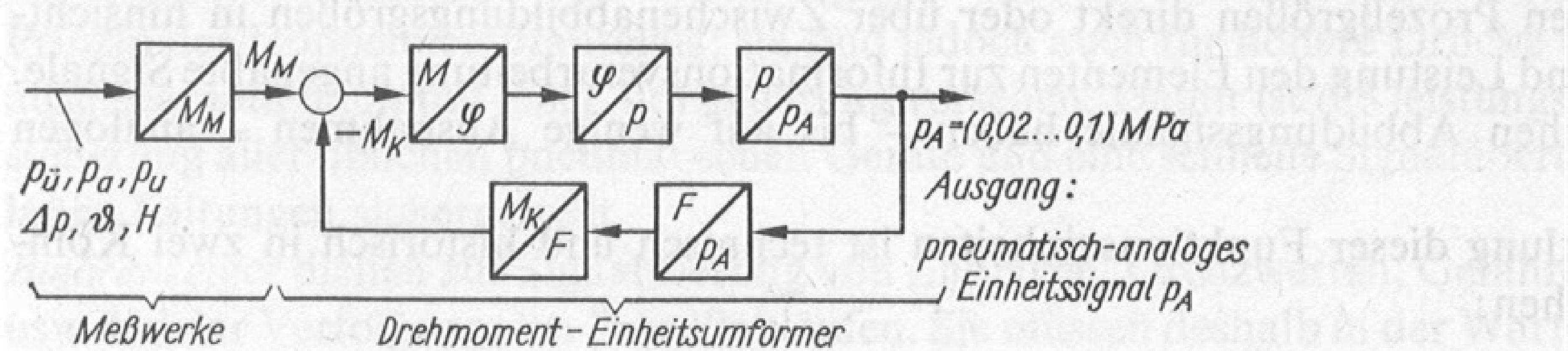
<p>Geräte- schema</p> 		
<p>Signal- flußbild</p> 		
<p>Sprung- antwort</p> 		
<p>Übertrags- funktion</p>	$K$	$\frac{K}{1+T_1 p}$
<p>Parameter</p>	$K=A$	$K=A, T_1=W \frac{V}{RT}$
<p>Geräte- schema</p> 		
<p>Signal- flußbild</p> 		
<p>Sprung- antwort</p> 		
<p>Übertrags- funktion</p>	$K \frac{1+T_2 p}{1+T_1 p}$	$K \frac{1+T_2 p}{1+T_1 p}$
<p>Parameter</p>	$K=A_a+A_i, T_1=W \frac{V}{RT}$ $T_2 = \frac{T_1}{1+\frac{A_i}{A_a}}$	$K=A_1-A_2, T_1=W \frac{V}{RT}$ $T_2 = \frac{T_1}{(1-\frac{A_2}{A_1})}$

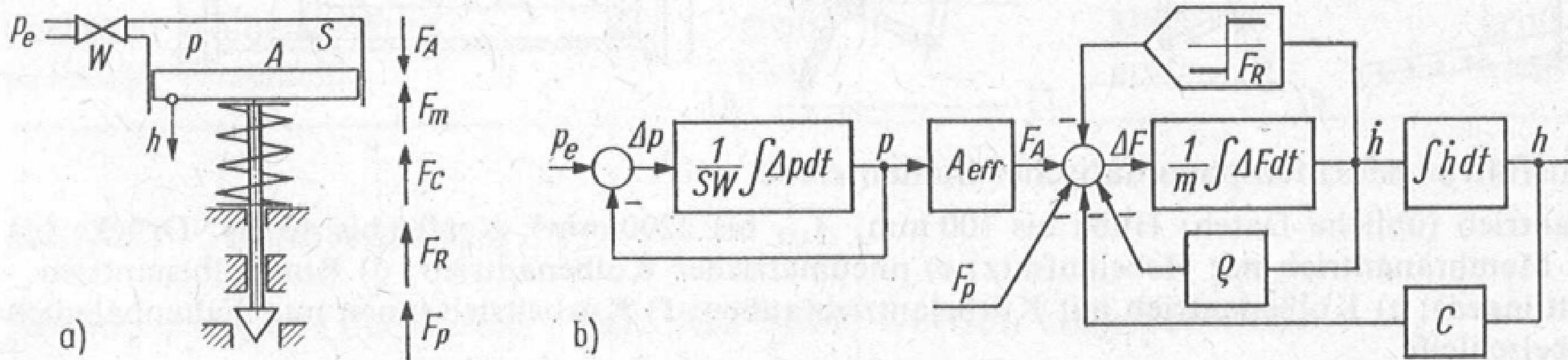
Bild 8.48. Korrekturglieder

Typ	Druck-Verstärker	Leistungsverstärker	Druck-Mengen-Verstärker
Prinzip	<p>a) Membran-Verstärker: Ein Zylinder mit einer Membran, die durch eine Feder <math>A, C_M</math> belastet ist. Die Eingangsdruck <math>p_E</math> wirkt auf die Membran, die Ausgangsdruck <math>p_A</math> erzeugt. b) Düsen-Verstärker: Ein Zylinder mit zwei Düsen <math>A, C_M</math> und einer Düsen-Druck <math>p_{DÜ}</math>. c) Hebel-Verstärker: Ein Hebel mit den Hebelarmen <math>l_E</math> und <math>l_R</math>, den Federkonstanten <math>A_E, C_W</math> und <math>A_R, C_W</math>, der Feder <math>C_F</math> und dem Nullpunkt. Die Eingangsdruck <math>p_E</math> wirkt auf den Hebel, die Ausgangsdruck <math>p_A</math> wird durch ein Ventil <math>K</math> erzeugt.</p>	<p>d) Düsen-Verstärker mit Ventilen: Ein Zylinder mit zwei Düsen <math>A, C_M</math> und Ventilen <math>C_{F1}</math> und <math>C_{F2}</math>. e) Düsen-Verstärker mit Ventilen: Ein Zylinder mit einer Düse <math>A, C_M</math> und Ventilen <math>C_F</math>.</p>	<p>f) Düsen-Verstärker mit Ventilen: Ein Zylinder mit zwei Düsen <math>A_1, C_M</math> und <math>A_2, C_M</math> und Ventilen <math>C_F</math>. g) Düsen-Verstärker mit Ventilen: Ein Zylinder mit einer Düse <math>A_w, C_w</math> und Ventilen <math>C_{F1}(F_0)</math> und <math>C_{F2}</math>.</p>
Verstärkung	$V = 1; V < 1000; V = f(k)$ einstellbar	$V \approx 1$ $\dot{m}_{max} \approx 25 \dots 50 \frac{liN}{min}$	$V \approx 2 \dots 5$ ; bzw. $V \approx 20$ $\dot{m}_{max} \approx 25 \dots 50 \frac{liN}{min}$
Fehlerereinfluß	$\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f(A_w; C_M);$ $\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f \left( \frac{A_{DÜ}}{A}; C_M; F_{Str.} \right)$ $\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f \left( \frac{l_R}{l_E}; \frac{A_R}{A_E}; F_V; C_W; K; F_{Str.} \right)$	$\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f(A; C_M; C_{F1})$ $\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f(A; C_M)$	$\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f \left( C_M; \frac{A_2}{A_1} \right)$ $\Delta \left( \frac{p_A}{p_E} \right) = f \left( \frac{A_w}{A_{St}}; C_w; C_{F1} \right)$
Signalfußbild	<p>zu a) b) Membran-Verstärker: Ein Blockdiagramm mit den Signalen <math>p_E</math>, <math>F_E</math>, <math>F_R</math>, <math>F_V</math>, <math>F</math>, <math>s</math>, <math>p_A</math> und <math>A_R</math>.  zu c) Hebel-Verstärker: Ein Blockdiagramm mit den Signalen <math>p_E</math>, <math>M_E</math>, <math>M_R</math>, <math>M_V</math>, <math>\varphi</math>, <math>K</math>, <math>p_A</math> und <math>\frac{1}{A}</math>.</p>	<p>zu d) ... g) Düsen-Verstärker mit Ventilen: Ein Blockdiagramm mit den Signalen <math>p_E</math>, <math>F_V</math>, <math>F</math>, <math>\frac{1}{C}</math>, <math>s</math>, <math>\dot{m}</math>, <math>p_A</math> und <math>A_R</math>.</p>	

Bild 8.51. Typen pneumatischer Verstärker



**Bild 8.66.** Strukturplan von Meßumformersystemen mit Drehmomentenkomensation



**Bild 8.82.** Statisches und dynamisches Verhalten pneumatischer Antriebe

a) Kräfte am einfachwirkenden Antrieb; b) Blockschaltbild