



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### Inhaltsverzeichnis:

8	Aktuatorik	3
8.1	Grundlagen	3
8.1.1	Spezifikationsdaten für Aktoren	6
8.1.2	Kv-Wert	8
8.1.3	Kvs- und Kvr-Wert	8
8.1.4	Ventilkennlinien	10
8.1.5	Kavitation und Flashing	15
8.1.6	Der Kavitationskoeffizient	16
8.1.7	Abrasion, Erosion und Vibration	18
8.2	Regelventile	19
8.2.1	Ventilgehäuse und Sitz- / Kegelnarnituren	21
8.2.2	Drosselkörper	21
8.2.4	Spindelabdichtungen	22
8.3	Drehkegelventil	23
8.4	Gleit- / Segmentschieber	24
8.5	Regelklappe	27
8.6	Absperrarmaturen	30
8.6.1	Hähne	30
8.6.2	Kugelhahn	31
8.6.3	Schieber	33
8.6.4	Ringkolbenschieber	34
8.7	Schlauchventile	37
8.7.1	Schlauchventil (Fa. Schubert & Salzer)	37
8.7.2	Quetschventil (Fa. Ako)	38
8.8	Antriebe	39
8.9	Pneumatische Antriebe	41
8.9.1	Steuerelemente	41
8.9.2	Pneumatischer Schwenkantrieb (Fa. EBRO)	43
8.9.3	Pneumatischer Drehflügelantrieb (Schwenkantrieb)	45
8.9.4	Pneumatischer Stellzylinder (Fa. Norgren)	46



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

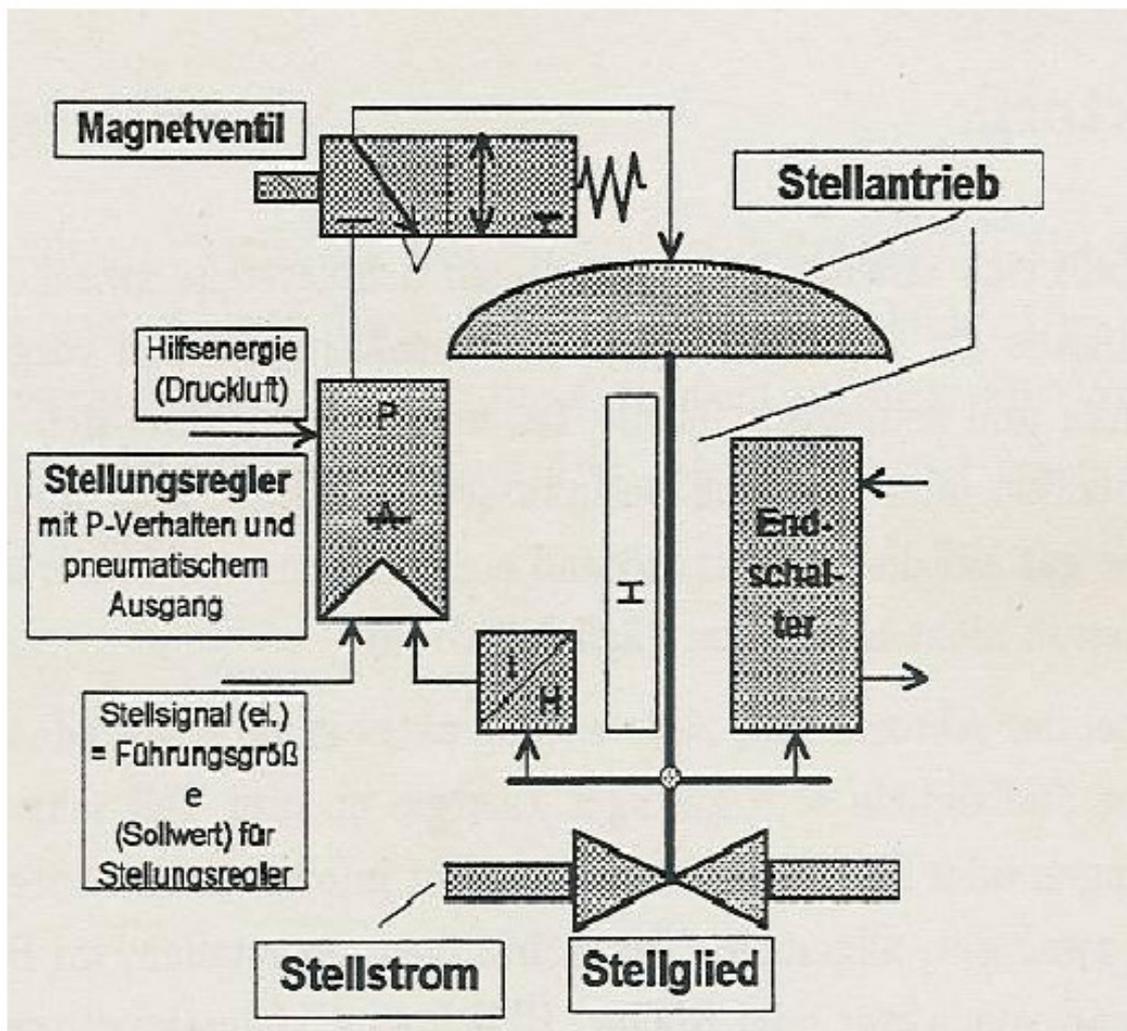
8.10. Magnetventile	48
8.10.1 Aufbau von Wegeventilen in den Schaltsymbolen	48
8.11 Stellungsregler	54
8.11.1 Vom Stellungsmacher zum intelligenten Stellungsregler	55
8.12 Düse-Prallplatten-System	59
8.13 Endlagenrückmeldungen	62



## 8 Aktuatorik

### 8.1 Grundlagen

Im Bereich der Prozessautomatisierung kommen den Aktoren, oder auch neuerdings Aktuatoren genannt, eine sehr große Bedeutung zu. Neben dem Regulieren von Produktmengen oder -massen, kann auch das Verschließen von Medienströmen im Anforderungsfall, prozesstechnisch oder sicherheitstechnisch sehr wichtig sein.



Komponenten eines pneumatischen Stellgerätes



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Mann unterscheidet die Aktoren in Regelarmaturen und Absperrarmaturen.

### Regelarmaturen:

Regelventil (Sitz u. Kegel)

Gleit- / Segmentschieber

Drehkegelventil

Regelklappe

### Absperrarmaturen:

Schnellschlussventil (Sitz u. Kegel)

Küken- oder Kugelhahn

Schieber

Absperrklappe

Weiterhin unterscheidet man die Aktoren in die Bereiche der Automatikarmaturen und den Bereich der Handarmaturen. Bei den Handarmaturen werden die Aktoren mittels Muskelkraft betätigt. Bei den Automatikarmaturen erfolgt die Betätigung mittels sogenannter Antriebe.

### Antriebe:

Elektrischer Stellantrieb (linear/ drehend)

Pneumatischer Stellzylinder

Pneumatischer Schwenkantrieb

Pneumatischer Liniarantrieb

Pneumatischer Drehantrieb

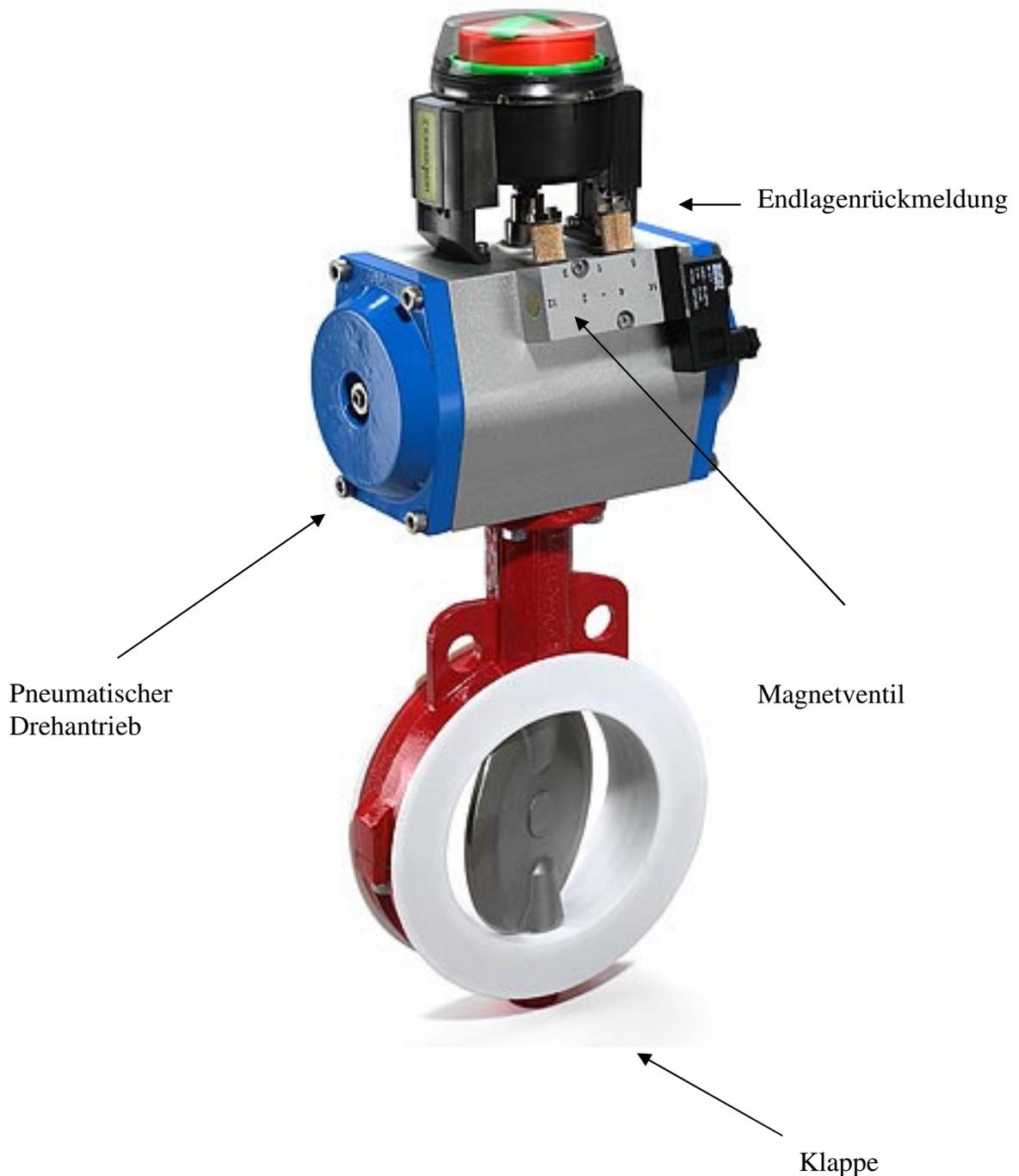
Je nach Aufgabenstellung werden diese Aktoren mit den folgenden Anbauteilen bestückt:

### Anbauteile:

Stellungsregler

Magnetventil

Endlagenrückmeldungen



Klappe mit pneumatischem Drehantrieb, Magnetventil und End



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### 8.1.1 Spezifikationsdaten für Aktoren

- Prozessdaten, die für eine korrekte Auslegung unerlässlich sind:
  - Zustand des Mediums (flüssig, gasförmig, gemischt)
  - Durchfluss (maximal, normal, minimal)
  - Eingangsdruck (maximal, normal, minimal)
  - Ausgangsdruck (maximal, normal, minimal)
  - Temperatur (maximal, minimal)
  - Dichte (Molekülmasse)
  - Viskosität
- Prozessdaten des Mediums mit geringer Priorität bei der Bemessung
  - Bezeichnung (chemische Formel)
  - Dampfdruck
  - Thermodynamischer kritischer Druck
  - Verhältnis der spezifischen Wärmen
  - Realgasfaktor
- Einfluss des Systems und der Installation
  - Erweiterung vor und hinter dem Ventil ?
  - Krümmer oder T-Stück in unmittelbarer Nähe ?
  - Systemwiderstandskennlinie
  - Ventilcharakteristik (linear, gleichprozentig, andere)
  - Zeitkonstante der Strecke (Stellgeschwindigkeit)
  - Minimaler Druckabfall am Ventil bei Maximaldurchfluss
  - System spezifische Anforderungen und Besonderheiten
- Spezielle Anforderungen an das Stellglied
  - Bauart (Durchgangs-/Eck-/Dreiwegeventil)
  - Sicherheitsfaktor für Durchflusskoeffizient
  - Erforderliches Stellverhältnis (Regelbarkeit)
  - Lebensdauernanforderungen (Korrosion, Kavitation, Erosion)
  - Dichtheit (innen und nach außen)
  - Besondere klimatische Anforderungen
  - Elektrische Sicherheitsanforderungen (z.B. Explosionsschutz)
  - Schutzart elektrischer Hilfsgeräte (z. B. IP 65)
  - Zulässiger Schalldruckpegel
- Anwendungstechnische Erfahrungen
  - Spezielle Werkstoffe oder Konstruktion erforderlich ?
  - Widerstandsfähigkeit (Lebensdauer) gewährleistet ?
  - Anlagensicherheit ausreichend ?
  - Vergleichbares Stellglied mit Erfolg angewendet ?
  - Wartungsintervall ?



# Rheinische Fachhochschule Köln

## University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Sezifik.Nr. 512 622		PLT-Spezifikationsblatt		Stellgeräte		F 3001	
RI-Fließbild für Stellort R 122 321		<input checked="" type="checkbox"/> Ventil <input type="checkbox"/> Klappe <input type="checkbox"/> Hahn <input type="checkbox"/> Schieber				Stellgerät Nr: 523 173	
Projekt: <i>Aldehydestillation</i>		Bezeichnung: <i>Dampf zum Verdampfer K1</i>				Gebäude: 441	
						Betrieb: <i>Destillation 5</i>	
1	—	Rohrleitungs-Nr.		40	Hersteller Typ	<i>Samson</i>	
2	—	DN PN Werkst.	<i>40 10 St35</i>	41	max zul Vordruck	3	bar
3	o	Flansche Dichtg.art	<i>DIN Arbeitsleiste</i>	42	Stellsignal auf	20	mA bar
4	o			43	zu	4	mA bar
5	o	Betriebsstoff	<i>3-bar-Dampf</i>	44	<input checked="" type="checkbox"/> Ex-Schutz	Bürde	Ohm
6	o			45	Hersteller Typ	<i>Samson 271</i>	
7	o	Zustand Eintritt	flüss gas <input checked="" type="checkbox"/> dmpf	46	<input checked="" type="checkbox"/> pn.	el	<i>Membranfläche 240 cm²</i>
8	o			47	Zuluft	3	bar
9	o			48	Arm.o.Hilfsenerg	auf <input checked="" type="checkbox"/> zu	halt
10	o	Durchfluß	kg/h	150 200 300	49	Federbereich	0,2-1 <input checked="" type="checkbox"/> 0,4-2 bar
11	o	dp	bar	0,5 0,8 3	50	Handbetätigung	oben seitl.
12	o	p1(abs)	bar	4 4 4	51		
13	o	p2(abs)	bar	1 3,2 3,5	52	Hersteller Typ	
14	o	Temp. t1	C	141	53	Armat. Endstellg.	auf zu
15	o	Dichte		2,2 kg/m³	54	Art d. Schalters	el ind pn
16	o	Dampfdr.(abs)	bar		55	Schaltzustand	
17	o	Dyn. Viskosität		mPa.s	56	bei Endstellung	
18	o			57			
19	o	Hersteller Typ		58	Magnetventil pn Schalter		
20	o	Bauform		59	Hersteller Typ		
21	o	XT-Wert		60	Hilfsenergie	V Hz bar	
22	o	z- FL- Kc-Wert		61	ohne Hilfsenergie	belüftet entlüftet	
23	o	Kv Berechn. Kvs	9,5 15	62	Ex-Schutz	Leistungsaufnahme	
24	o	Leckmenge % Kvs		63			
25	o	Sitzduruh. Stellverh.	32mm 20	64			
26	o			65	Geräuschgarantie		
27	o	DN PN Werkstoff	32 40 1.4571	66	max. Schalldruckpegel		dB(A)
28	o	Flansche Dichtg.art	<i>DIN Arbeitsleiste</i>	67			
29	o	Baulänge	<i>180 mm</i>	68			
30	o	beheizt		69			
31	o			70			
32	o	Kegelart Kennlinie	VP lin gl X az	71			
33	o	<input checked="" type="checkbox"/> Einsitz	Doppelsitz	72			
34	o	Abdichtung/Werkstoff:	<i>metallisch/4571</i>	73			
35	o	Panzerung	Werkstoff	74			
36	o	Ausführg. Fasc	Oberfläche voll	75			
37	o	Stopfbuch <input checked="" type="checkbox"/> selbstnachst.	nachstbar	76			
38	o	Packung <input checked="" type="checkbox"/> Dachman.	Seidenschnur	77			
39	o	Faltenbalg	Verlängerung	78			
R				R	Sämtliche Angaben sind vom Lieferer zu überprüfen und ggf. zu berichtigen. Die Gewährleistungspflicht des Lieferers wird durch obige Angaben nicht eingeschränkt		
0	22.07.199	May					
Rev	Datum	bearbeitet	Rev	Datum	bearbeitet		

Beispiel eines Spezifikationsblattes



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### 8.1.2 $K_v$ -Wert

#### Die statische Kennlinie

Mit dem Stellglied greift die Steuerung oder Regelung in die Strecke ein. Für die Auswahl des Ventils gilt neben anderem das Wissen um den Zusammenhang zwischen dem Stellsignal und der Einwirkung auf den Durchfluß. Seit einigen Jahren gebraucht man für die Kennzeichnung des Ventils den  $k_v$ -Wert.

Der  $k_v$ -Wert eines Ventils gibt an, wieviel  $m^3$  Wasser von 5 bis 30 °C das Ventil in einer Stunde durchströmen muß, damit ein Druckabfall von 981 mbar entsteht.

Der Verlauf der Kennlinie  $k_v/k_{v100} = f(H / H_{100})$  hängt von den Strömungsverhältnissen ab, die durch die Form von Ventileinlaß, Sitz, Kegel und Ventilauslaß gegeben sind. Von den möglichen Kennlinien werden die lineare und die gleichprozentige Kennlinie angestrebt. Aus fertigungstechnischen Gründen kann man sich der angestrebten Kennlinie nur nähern.

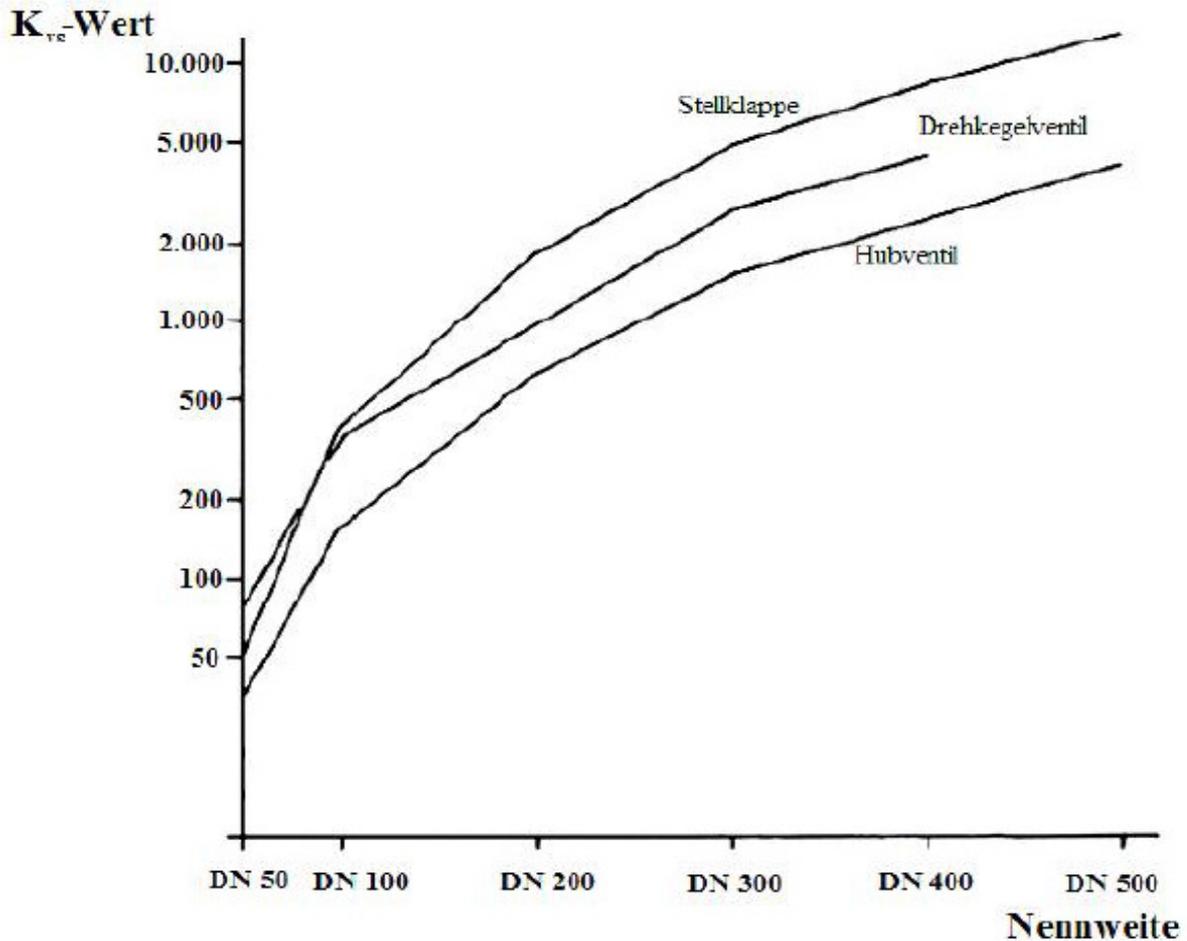
Die hauptsächliche Aufgabe von Stellgliedern ist es, mittels sich im inneren befindlichen, hin und her bewegbaren oder drehbaren Körpern der Strömung einen Widerstand entgegen zu setzen und somit den Durchfluß in einem Rohrleitungssystem variierbar zu gestalten. Mit der Angabe von  $k_v$ -Werten und deren Abhängigkeit vom Hub wird dieses aufgabenmäßige Verhalten quantifiziert, d.h. der Volumenstrom, der sich bei Versuchsbedingungen ergibt, wird als  $k_v$ -Wert bezeichnet. Dabei handelt es sich um vom Hersteller empirisch ermitteltes Datenmaterial, welches die Größen der Ventile und deren Kennlinien dokumentiert.

### 8.1.3 $K_{vs}$ - und $K_{vr}$ -Wert

Da diese Einheitsdurchflusswerte zudem auch noch vom realisierten Hub abhängen, ergibt sich aus der Zuordnung  $k_v$ -Wert und Nennhub eine als  $K_{vs}$ -Wert bezeichnete, weitere Kenngröße, wobei der  $K_{vr}$ -Wert den kleinsten, noch die Kennlinientoleranz einhaltende Wert darstellt. Die Relation von  $K_{vs}$  zu  $K_{vr}$  ist hierbei das nutzbare Stellverhältnis des Stellgliedes und liegt ungefähr in einer Größenordnung von 50:1 für Hubventile, dem gegenüber können Klappen und Drehkegelventile Werte von 100:1 und größer besitzen.



**Bild 11** zeigt die  $K_{vs}$ -Werte von drei verschiedenen Armaturen in Abhängigkeit der Nennweite DN, wobei die Ordinate im Gegensatz zur Abszisse logarithmisch geteilt ist. Ferner ist erkennbar, dass bei gleicher Nennweite die  $K_{vs}$ -Werte von Klappen dreimal und von Drehkegelventile anderthalbmal höher sind als der  $K_{vs}$ -Wert von Hubventilen.



**Bild 11**  $K_{vs}$ -Werte ausgewählter Aktoren

In der praktischen Anwendung ist zu berücksichtigen, dass die  $K_{vs}$ -Werte von einigen Aktoren, besonders von Klappen und Kugelhähnen, bezüglich der angeschlossenen Rohrleitungsnennweiten aus regelungstechnischen Gründen oft zu groß sind. Diese Armaturen müssen dann entweder mit reduzierten  $K_{vs}$ -Werten ausgerüstet oder mit

entsprechenden Reduzierstücken eingebaut werden. So können sich wirksame  $K_{vs}$ -Werte ergeben, welche bis zu 40% kleiner sind.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### 8.1.4 Ventilkennlinien

Bei der linearen Kennlinie ist der  $k_v$ -Wert dem Hub  $H$  verhältnismäßig.

$$k_v = k_{v100} \cdot \frac{H}{H_{100}}$$

Bei der gleichprozentigen Kennlinie ist die prozentuale Änderung bei allen Ausgangswerten gleichbleibend, wenn der Hub  $H$  jedesmal um den gleichen Betrag geändert wird.

Die mathematische Formulierung ist allerdings aufwendig:

$$k_v = k_{v0} \cdot e^{n \frac{H}{H_{100}}}$$

$$n = \frac{H_{100}}{H} \cdot \ln \frac{k_v}{k_{v0}}$$

$e$  - 2,71828...

$n$  - Steigungsmaß

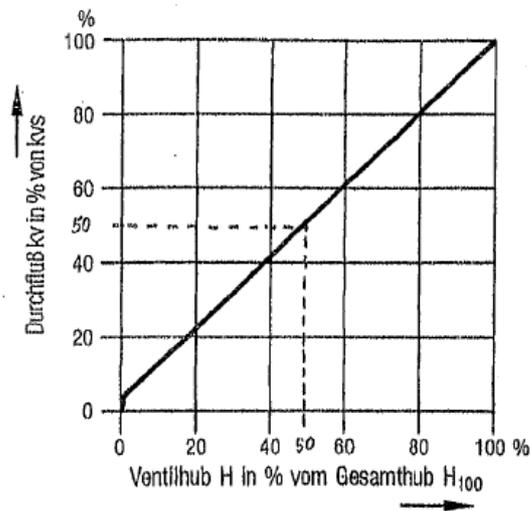
$H$  - Hub

$H_{100}$  - max. Hub

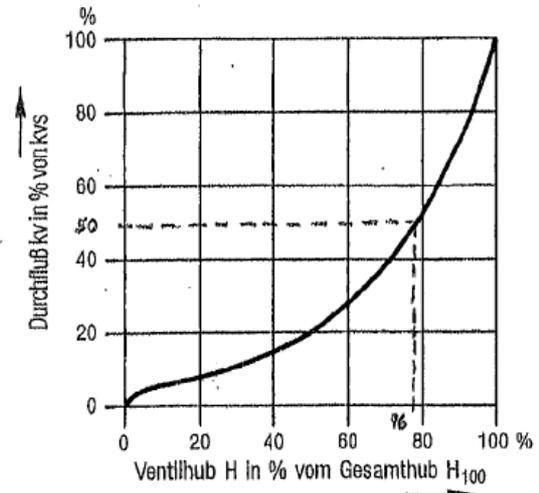
$k_{v0}$  - s. u.

Das Kennlinienbild vereinigt die Darstellung einer linearen und einer gleichprozentigen Kennlinie.

Es wird angenommen, daß das Ventil bei  $H_{100}$  ganz geöffnet ist. Um beide Kennlinien vereinigen zu können, wird das lineare Ventil eine Leckmenge von 4 % des  $k_{v0}$ -Wertes angenommen.



linear



gleichprozentig

## Kennlinien-Grundformen

Unter Kennlinie versteht man die Abhängigkeit des  $k_v$ -Wertes vom Hub.

**Lineare Kennlinie:** Zu gleichen Hubänderungen gehören gleiche Änderungen des  $k_v$ -Wertes.

**Gleichprozentige Kennlinie:** Zu gleichen Hubänderungen gehören gleiche prozentuale Änderungen des jeweiligen  $k_v$ -Wertes.

Die Kennlinien beginnen bei Hub 0 mit einem vorgesehenen  $k_{v0}$ -Wert, da ein kleiner Ringspalt zwischen Kegelaußenkontur und Sitzring unvermeidlich ist.  $k_{vS} / k_{v0}$  ist das theoretische Stellverhältnis.

## Toleranzen

$k_v$ -Wert bei 100 % Hub (Nennhub):  $\pm 10 \% k_{vS}$  Kennlinieneignung zwischen 10 % und 100 % Hub:  $\pm 30 \%$  von der Solleignung der Kennlinien-Grundform. Stellverhältnis:  $\pm 10 \%$ . Leckage bei Stellventilen in Schließstellung: 0,05 % vom  $k_{vS}$ -Wert.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Der  $k_v$ -Wert ist ein auf die genannten Einheitsbedingungen bezogener Durchfluss. Für die Kennzeichnung von Ventiltypen (Bauserien) wird der  $k_{vS}$ -Wert abgegeben, der den vorgesehenen  $k_v$ -Wert beim Nennhub des Ventils darstellt. Dieser  $k_{vS}$ -wert ist durch Messung ermittelt.

Es ist üblich, den  $k_{vS}$ -Wert des Ventils ca. 30 % größer als den größten für die jeweiligen Betriebsbedingungen errechneten  $k_v$ -Wert zu wählen. Auf diese Weise wird die Minustoleranz des  $k_{vS}$ -Wertes ausgeglichen und es ist möglich, den maximalen Durchfluss noch zu regeln, d.h. noch zu überfahren.

DN		15	20	25	32	40	50
$\varnothing$ Sitz mm	Hub (mm)	$K_{vS}$ -Werte					
5	20	0,4					
5		0,63					
12		1,0	1,0				
12		1,6	1,6				
12		2,5	2,5				
18		4	4	4			
22				6,3	6,3	6,3	
25					10	10	10
32						16	16
40							25
50	30						40

DN		65	80	100	125	150	200	250
$\varnothing$ Sitz mm	Hub (mm)	$K_{vS}$ -Werte						
40	30	25						
50		40	40					
65		63	63	63				
80	40		100	100	100			
100			160	160	160	160		
125	50				250	250	250	
150						400	400	
200							630	630
250	65							1000

Tatsächlich liegt die Leckmenge bei 0,01 – 0,3 %.

$k_{v100}$  =  $k_v$ -Wert bei vollem Durchfluß

$k_{vS}$  =  $k_v$ -Wert, der für eine ganze Serie den durchschnittlichen  $k_{100}$ -Wert angibt.

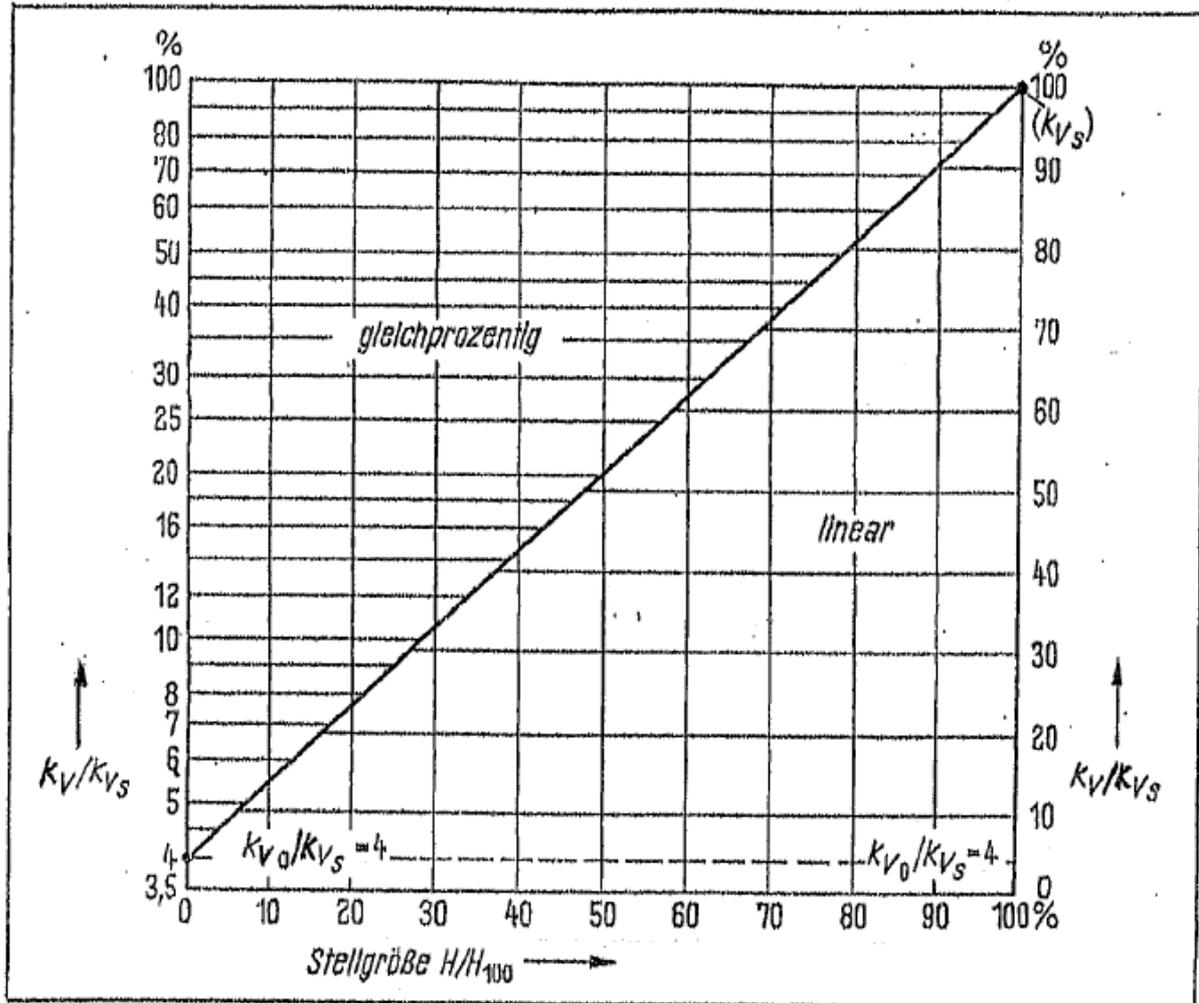
$k_{v0}$  =  $k_v$ -Wert des linearen Ventils beim Hub  $H = 0$  für das gleichprozentige Ventil  
 $k_{v0}$ -Wert nur eine theoretische Größe, bei der die Kennlinie in der halblogarithmischen Darstellung die Nulllinie schneidet.

$k_{vR}$  =  $k_v$ -Wert bis zu dem herab die gleichprozentige Kennlinie gilt. Von dort wird die Kennlinie auf den  $k_v$ -Wert geführt, der der Leckmenge entspricht.

Das Verhältnis  $k_{vS} \cdot k_{vR}$  wird das Stellverhältnis genannt, es liegt zwischen 30 : 1 und 5 : 1. Für einige Stellglieder wird vom Hersteller sogar der Wert 100 : 1 angegeben. Für Medien, deren Stoffkonstanten erheblich von den Werten für Wasser abweichen, können die tatsächlichen  $k_v$ -Werte durch Umrechnen mit Hilfe von Formeln und Tabellen bestimmt werden.



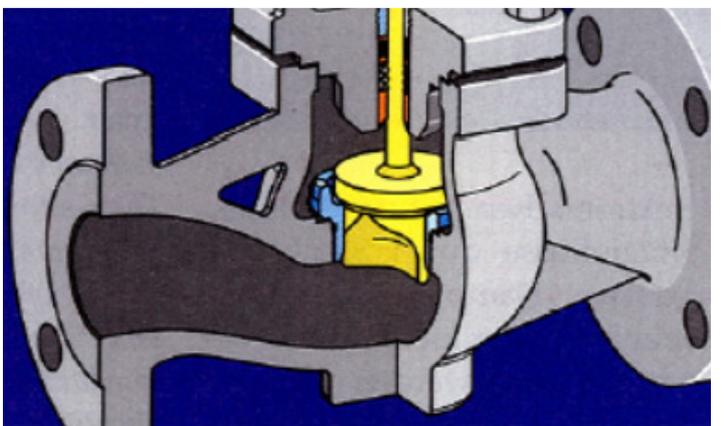
Ventilkennlinien



Gleichprozentige und lineare Grundkennlinie von Stellventilen mit  $k_{vS}/k_{v0} = 25$



### Sitz und Kegel





### 8.1.5 Kavitation und Flashing

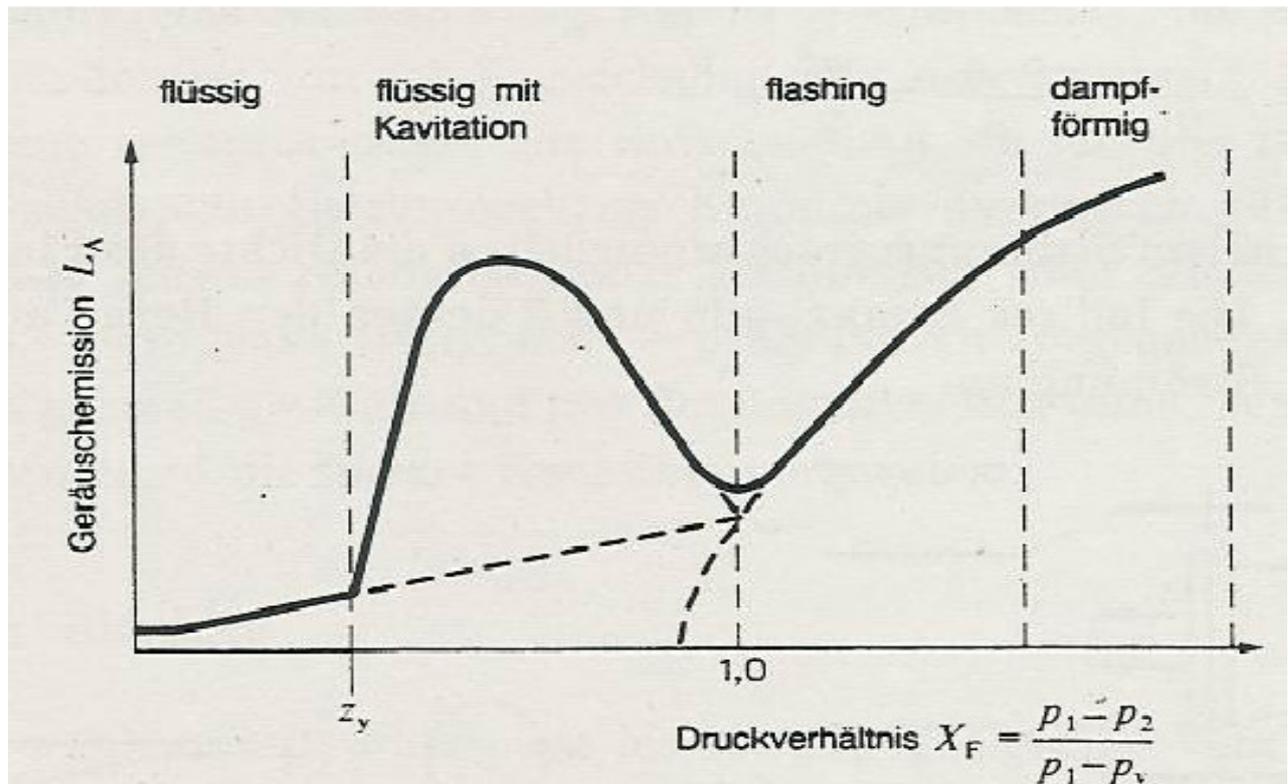
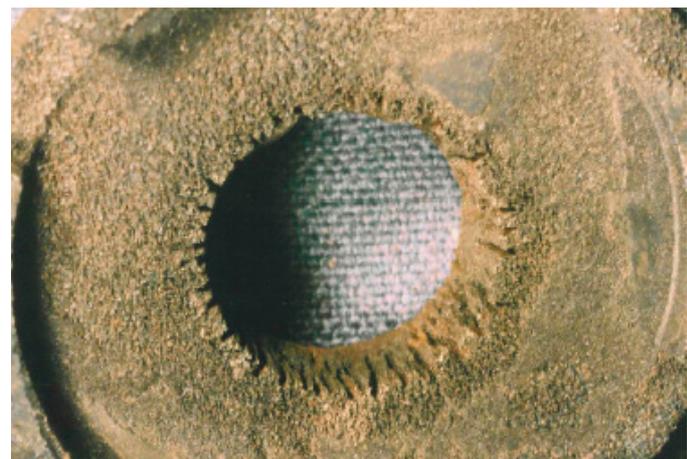


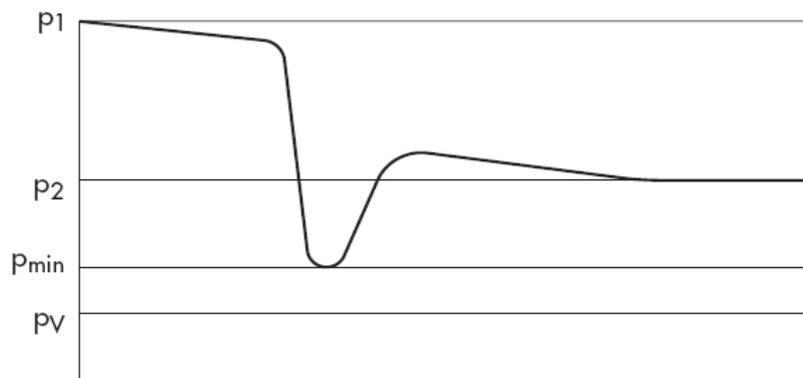
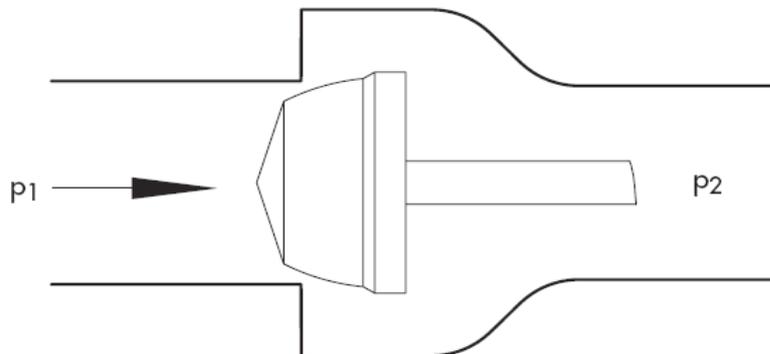
Bild 14a



Kavitationserosion Kegel



Flashingerosion Sitz



Druckverteilung im Ventil

### 8.1.6 Der Kavitationskoeffizient

$$x_{FZ} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_{\min}}$$

Der Maximaldruck tritt hinter der Drosselstelle auf.

Er basiert auf der Annahme, dass bei einem Stellventil das Verhältnis der äußeren Druckdifferenz ( $p_1 - p_2$ ) zur inneren Druckdifferenz ( $p_1 - p_{\min}$ ) für alle kavitationsfreien Betriebszustände gleich einem ventilspezifischen Wert  $x_{FZ}$  ist



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Wird im engsten Strahlquerschnitt der Dampfdruck einer zu drosselnden Flüssigkeit erreicht, so verdampft ein Teil von ihr. Die in der Strömung mitgeführten Dampfblasen fallen beim anschließenden Druckanstieg schlagartig zusammen. Diese Erscheinung heißt Kavitation. **Bild 14a** zeigt, wie die Geräuschemission eines Stellgliedes vom Druckverhältnis  $X$  **Formel Druckverhältnis** abhängt:

$$X = p_1 - p_2 / (p_1 - p_v)$$

(4-7)

### Formel: Druckverhältnis

mit dem Druckabfall  $p_1 - p_2$  über dem Stellglied, dem Vordruck  $p_1$  und dem Dampfdruck  $p_v$  der Flüssigkeit.

Bei einem bestimmten Druckverhältnis  $z_y$  setzt - deutlich an einem „Prassel“ zu hören - Kavitation ein, die bei weiteren Anstieg des Druckverhältnisses die Geräuschemission stark ansteigen lässt. Sie erreicht ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Die Zahl  $z_y$  ist von Stellgliedkonzeption und -konstruktion sowie vom Hub abhängig. Je größer der  $z_y$ -Wert, um so später setzt Kavitation ein. Bei einem Stellglied mit dem  $z_y$ -Wert 1 würde gar keine Kavitation entstehen. Beim Ansteigen über 1,0 setzt Flashing ein, das dann im weiteren Verlauf für einen erneuten Anstieg der Geräuschemission sorgt.

Neben Geräuschemission und mechanischen Angriff auf Stellgliedinnenteile (es treten Kräfte  $10^5$  N auf, die Kegel- und Sitzpartien zerstören) hat einsetzende Kavitation einen weiteren negativen Effekt: Sie begrenzt den Durchfluss. Bei weiterer Erhöhung des Druckabfalles  $\Delta p$  am Stellglied wird die Strömungsenergie mehr und mehr in Verdampfungswärme umgesetzt und der Durchfluss steigt langsamer an, als es nach

der Grundformel Volumenstrom  $\sim (\Delta p)^{1/2}$  zu erwarten wäre, bis er bei vollständiger Verdampfung überhaupt nicht mehr steigt: Wird der Ausgangsdruck  $p_2$  weiter abgesenkt, so fällt schließlich der Ausgangsdruck auf den Dampfdruck der Flüssigkeit und die Dampfblasen bleiben im abströmenden Stellstrom. Dieser Vorgang wird mit Flashing (Verdampfen) bezeichnet. Flashing hat ähnliche Konsequenzen wie Kavitation, nämlich Geräuschemission, Werkstoffangriff und Durchflussbegrenzung. Unterschiedlich ist allerdings, dass sich Kavitation durch den Einsatz geeigneter Stellgliedformen vermeiden lässt, Flashing dagegen nicht.

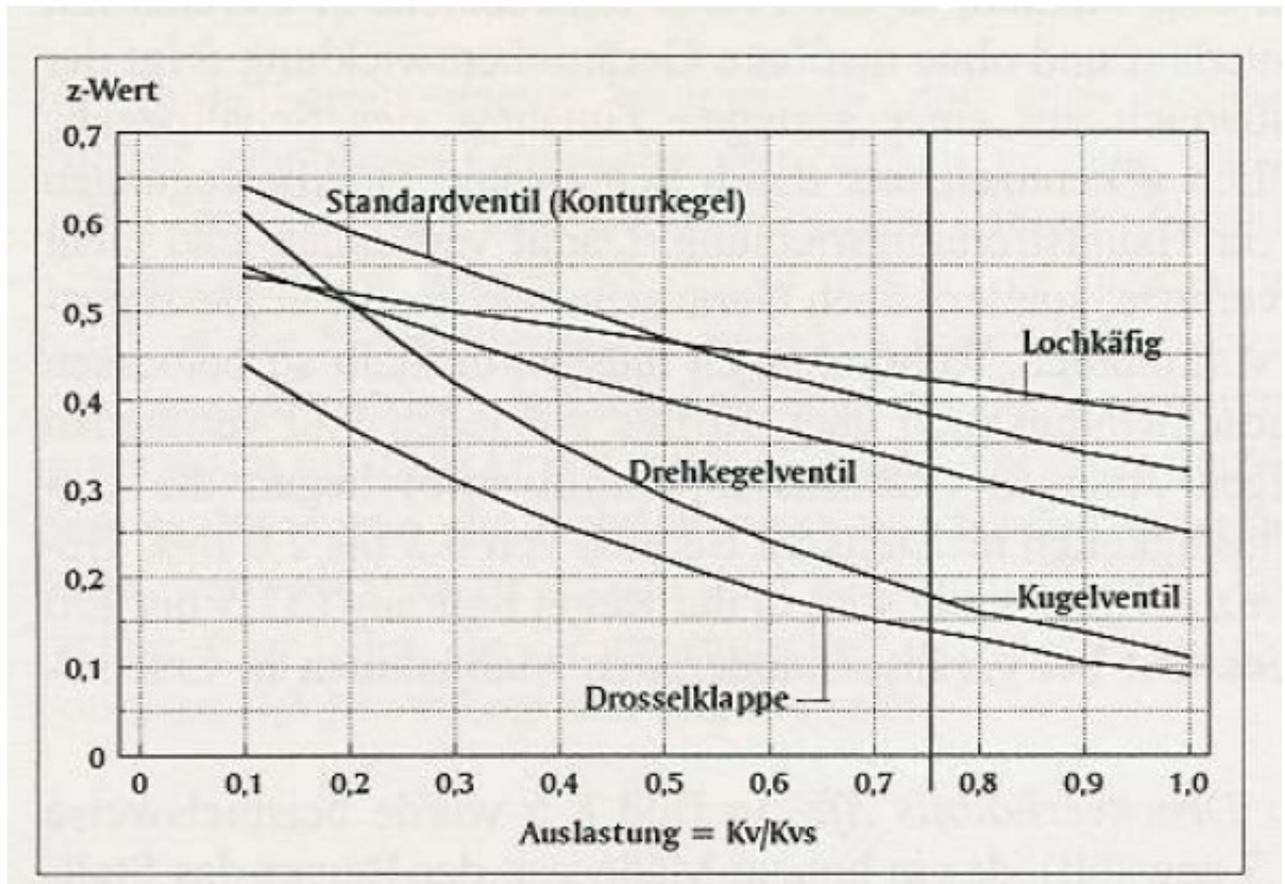


Bild 14b z-Werte verschiedener Stellventil-Baureihen

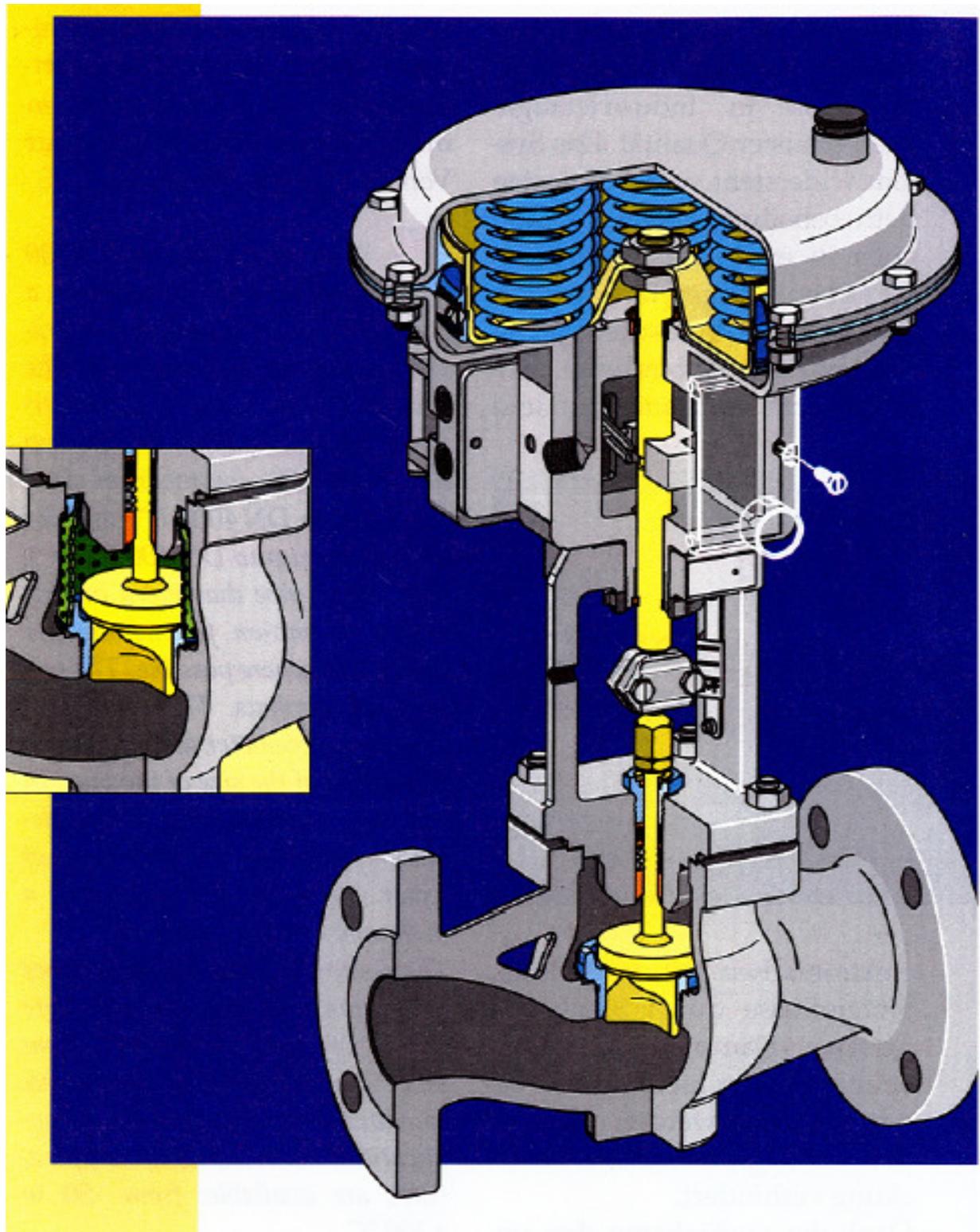
### 8.1.7 Abrasion, Erosion und Vibration

Unter Erosion und Abrasion versteht man das Abtragen von Oberflächen durch äußere Einflüsse. Sie entstehen, wenn in der Strömung mitgeführte Feststoffteilchen oder in Dampfströmungen mitgeführte Flüssigkeitströpfchen im Stellglied dem Strömungsverlauf nicht folgen können und auf, sich ihnen entgegensehende Flächentreffen. Dadurch werden die Oberflächen angegriffen.

Die Vibrationen werden durch oszillierende Kräfte der Strömung angeregt. Die Einwirkungen sind besonders ausgeprägt, wenn bei Übereinstimmung zwischen Erreger- und Eigenfrequenz Resonanzschwingungen auftreten. Deren Frequenzen sind durch die Abmessungen der Innenteile der Stellglieder bedingt und liegen zwischen 2000 und 7000 Hz. Abhilfe bieten enge Passungen und eine Konstruktion, die so hohe Eigenfrequenzen bedingt, dass sie die Strömung nicht anregen kann.

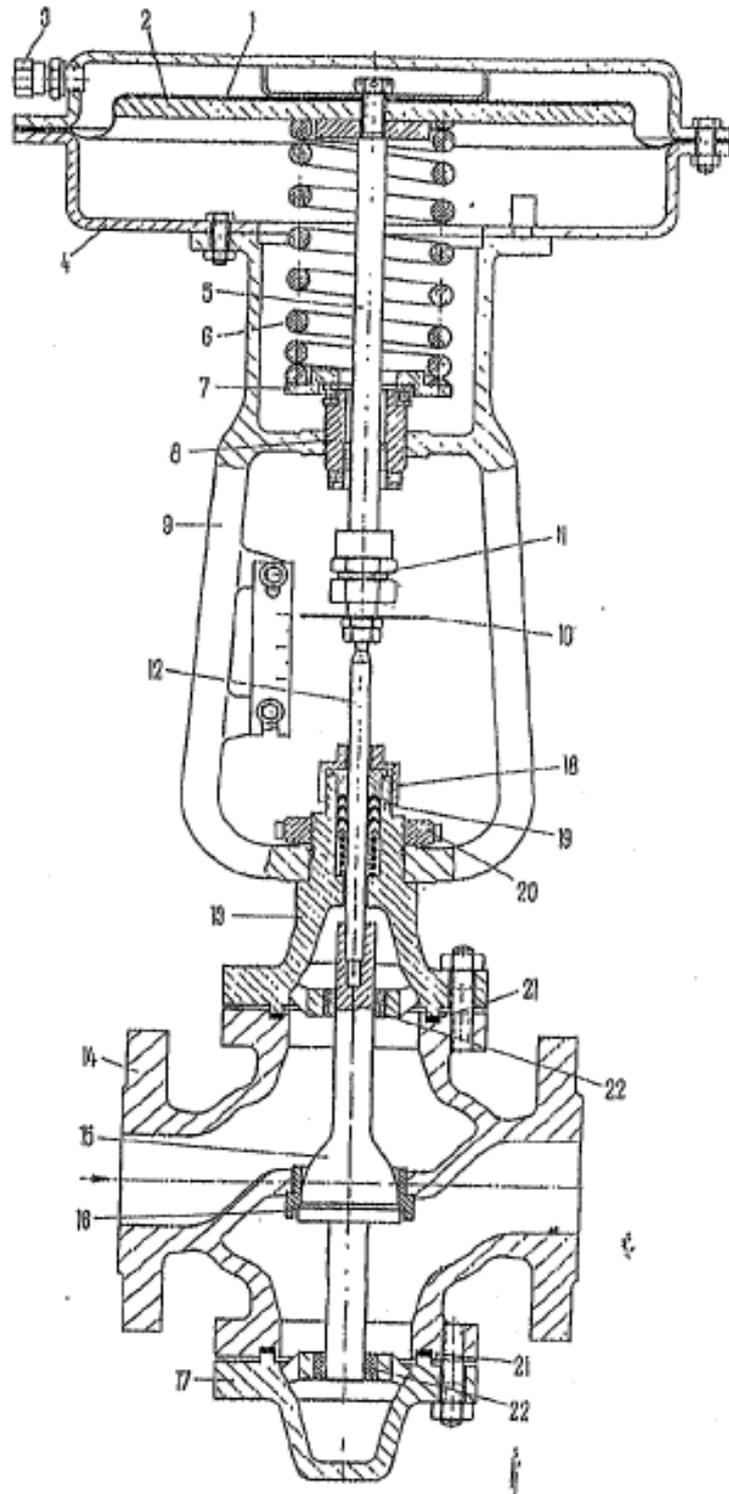


## 8.2 Regelventile





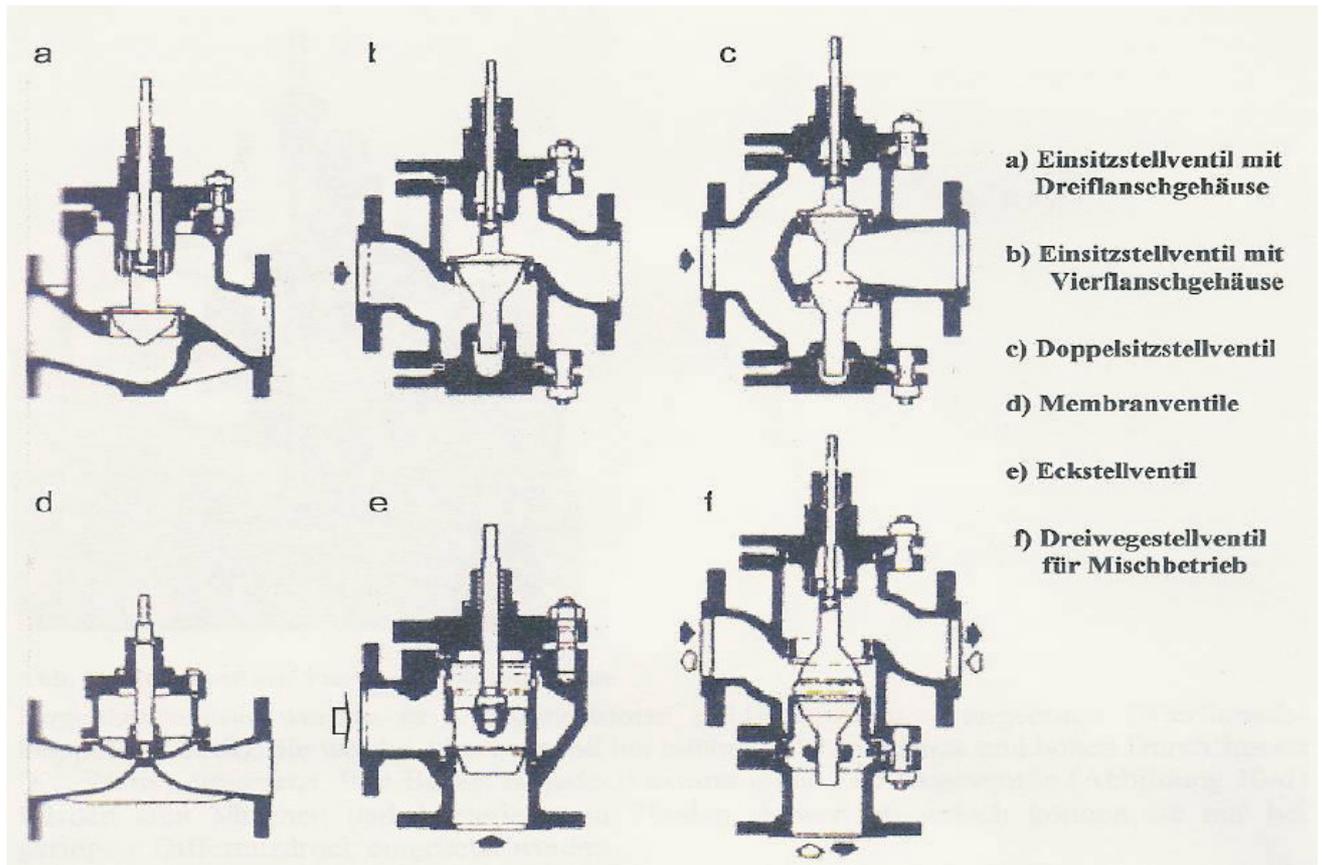
- 1 Membran
- 2 Membranteiler
- 3 Stelldruckanschluß  
(Schneldringverschraubung)
- 4 Membrangehäuse
- 5 Antriebestange
- 6 Feder
- 7 Federteller
- 8 Lagerhülse
- 9 Latzme
- 10 Anzeigesohle
- 11 Kupplung
  
- 12 Ventilstange
- 13 Deckel
- 14 Gehäuse
- 15 Drosselkörper
- 16 Sitzring
- 17 Boden
- 18 Überwurfmutter
- 19 Stopfbuchspeckung
- 20 Schlagmutter
- 21 Gehäusebohrung
- 22 Führungsbuchse



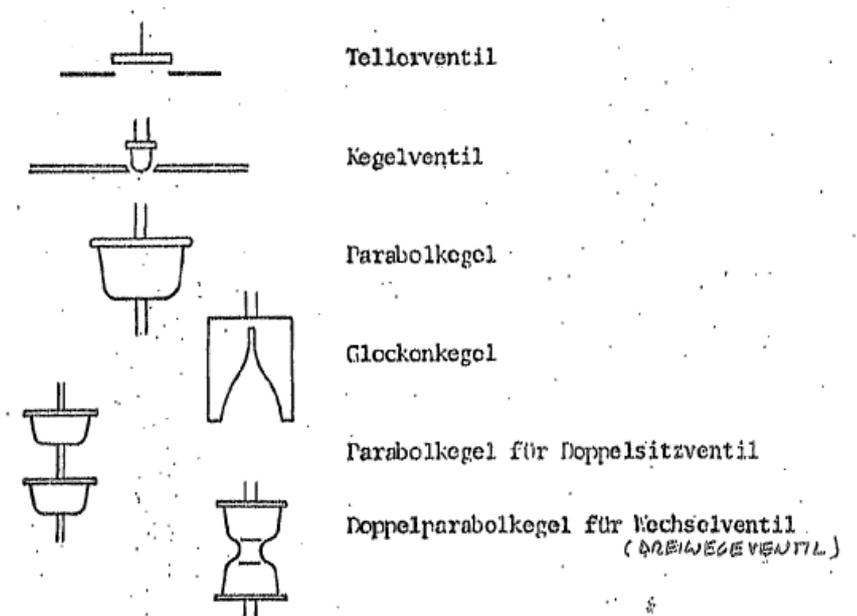
Einsitz-Durchgangsventil, Baureihe 50, zweiseitig geführt, mit pneumatischem, federbelastetem, nichtreversierbarem Stellantrieb



### 8.2.1 Ventilgehäuse und Sitz-/ Kegelgarnituren

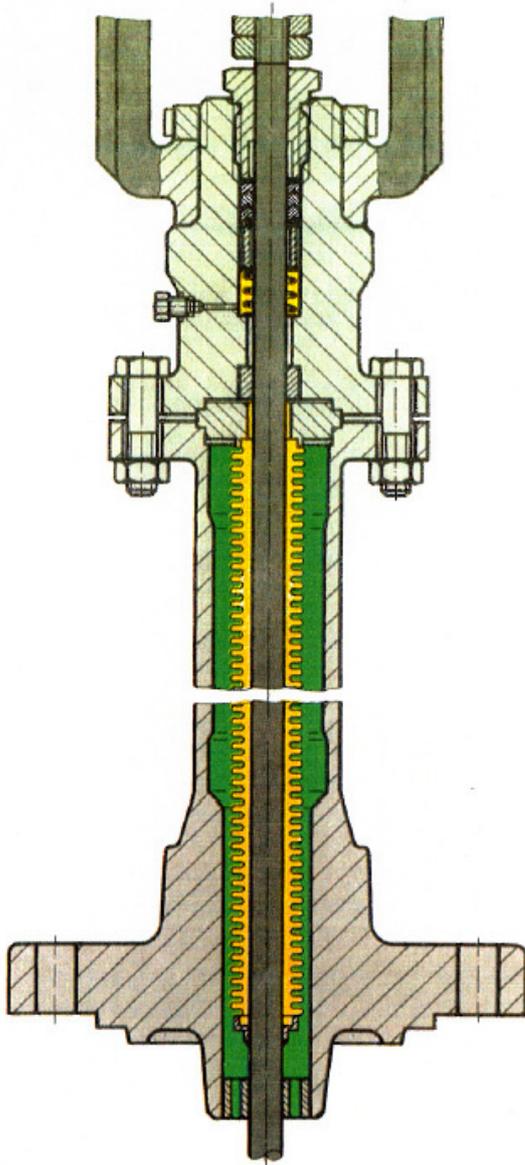


### 8.2.2 Drosselkörper

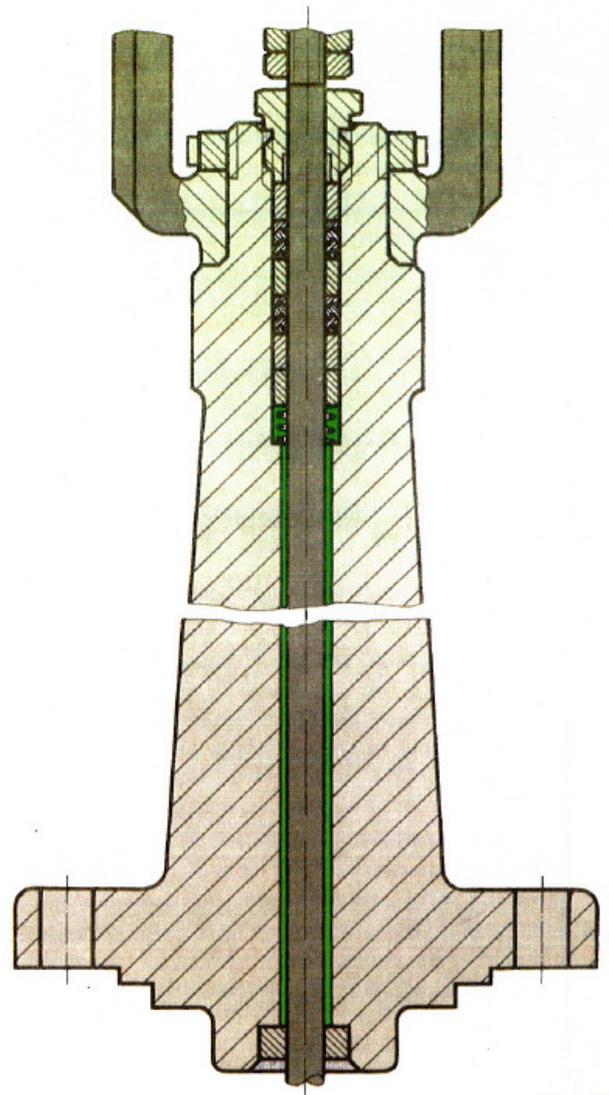




### 8.2.4 Spindelabdichtungen



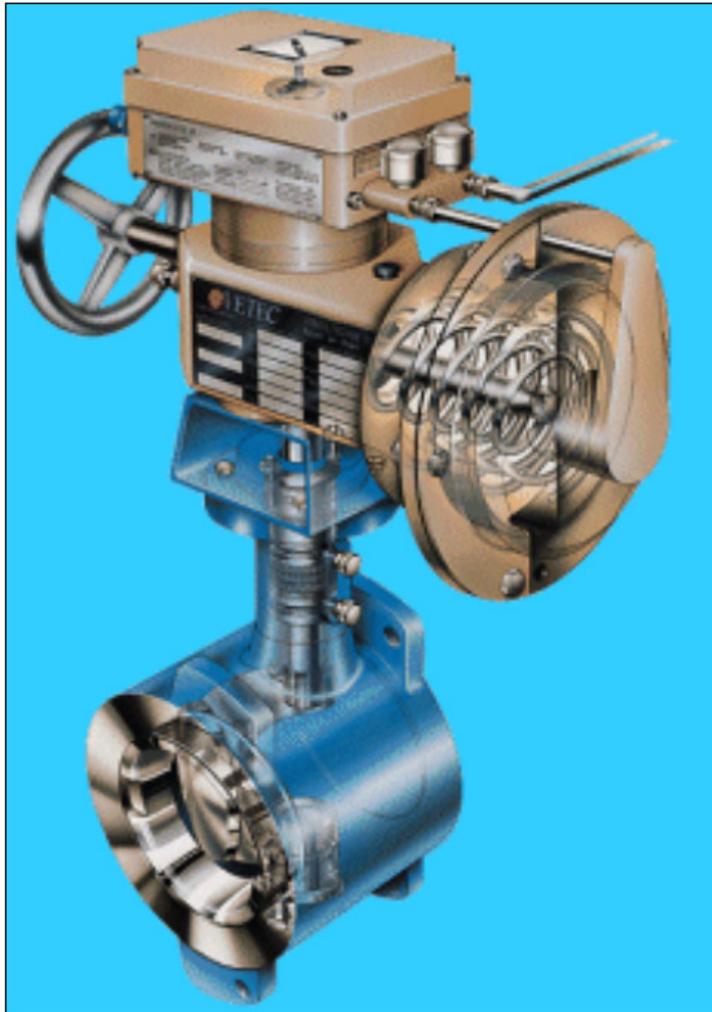
Metallbalgabdichtung



Stopfbuchse mit Isolierteil



### 8.3 Drehkegelventil



Die jeweils guten Eigenschaften der

Stellventile  
Stellklappen und  
Kugelhähne

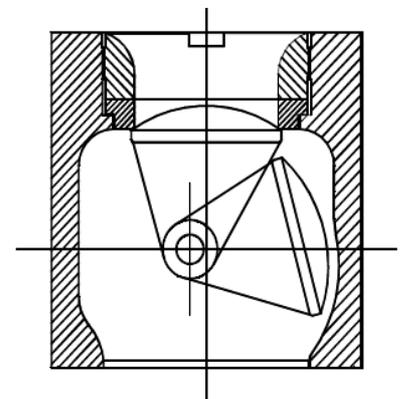
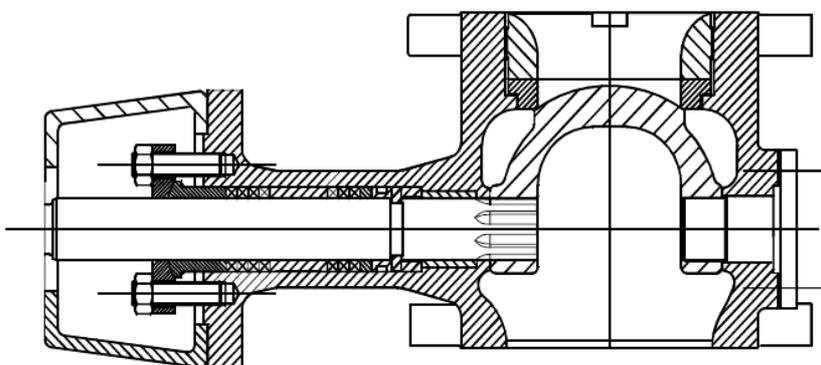
wurden im Maxifluss-Stellventil vereinigt.

Mit keiner der genannten Armaturen lassen sich die mit dem Maxifluss-Stellventil erreichten Gesamteigenschaften erzielen.

Der hohe Kv-Wert sowie der Regelbereich von 200:1 ist für den Planer wie auch Benutzer interessant.

Besondes hervorzuheben ist der große Durchfluß bei maximaler Sitzweite. Es besteht auch die Möglichkeit, kleinere Sitzweiten einzubauen.

Der hohe Regelbereich dieser Ventilbaureihe löst selbst schwierige Regelaufgaben.





### 8.4 Gleit- / Segmentschieber

Eine senkrecht zur Strömungsrichtung im Gehäuse fixierte Dichtplatte besitzt eine bestimmte Anzahl von Querschlitzen gleicher Höhe. Eine drehfest ausgerichtete Scheibe mit der gleichen Schlitzanordnung wird senkrecht dazu verschoben und verändert so den Durchflussquerschnitt. Die anliegende Druckdifferenz drückt die bewegliche Scheibe auf die feststehende Scheibe und dichtet diese ab.



- Platzsparende Zwischenflanschbauweise
- Äußerst geringes Gewicht
- Geräuscharmer Betrieb
- Schnelles Ansprechen durch kleine Hübe
- Beherrschbarkeit hoher Differenzdrücke mit kleinen Stellantrieben
- Geringster Verbrauch pneumatischer Energie durch kleine Hübe und kleine Betätigungskräfte für das Schließorgan
- Hohe Kvs-Werte



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### Vorteile des Gleitschieberventils (Fa. Schubert & Salzer)

#### Ökonomische Einbaumaße

Kompakte Bauform für minimalen Raumbedarf und Installationsaufwand

#### Variable KVS–Werte

Durch einfachen Wechsel der Funktionseinheit ist eine Änderung des KVS–Wertes jederzeit möglich – Reichweiten von KVS = 0,04 bis 910

#### Hohe Dichtigkeit

Durch Druck des Mediums gegen die bewegliche Dichtscheibe auch bei Temperaturen > 200 Grad Celsius mit Flächenabdichtung statt Ringabdichtung

#### Extrem geringe Leckrate

< 0,0001% des KVS–Wertes, auf Grund der selbstläppenden Wirkung der beweglichen Scheibe

#### Hervorragendes Stellverhältnis

40:1 bis 80:1

#### Deutlich reduzierter Energieverbrauch

Geringe Betätigungsenergie durch kurzen Hub

#### Optimale Strömungsführung

Vermeidung von Kavitationsproblemen im Ventil und geräuscharm durch günstigen Turbulenzabbau

#### Leichte Montage und Wartung

Begünstigt durch die kompakte Bauform, das geringe Gewicht (Bsp.: DN 150 mit Antrieb nur 14,2 kg) und die intelligente Dichtscheibenkonstruktion sind Montage- und Wartungsarbeiten spielend leicht

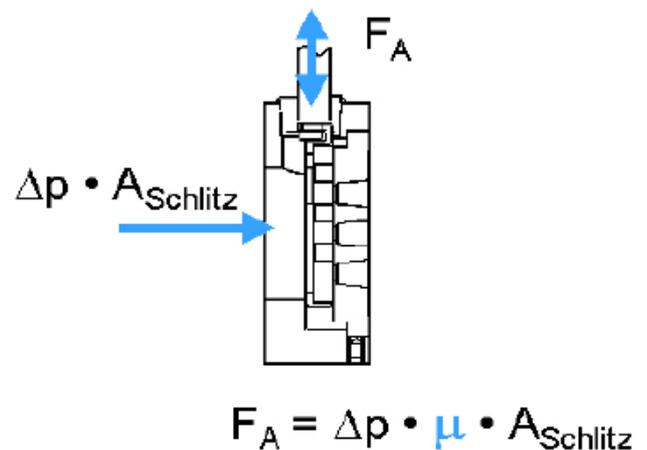
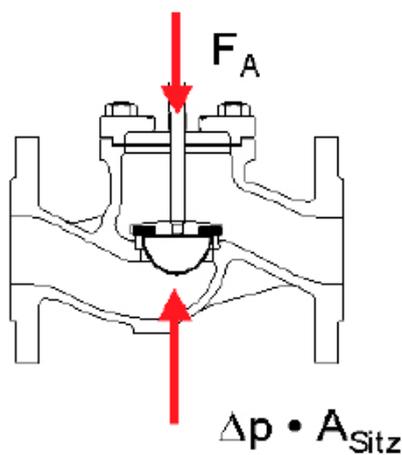


### Minimaler Verschleiß

Bedingt durch den Kraftangriff, der 90° versetzt zur Strömungsrichtung ansetzt und durch die hochwertige Materialpaarung der beweglichen und feststehenden Dichtscheibe

### Maximale Differenzdrücke

Regeln von hohen Differenzdrücken möglich (bis 160 bar) bei kleinstmöglichen Abmessungen, kompakter Baulänge und geringem Luftverbrauch



$$\frac{F_{a,Gleitsch.}}{F_{a,Sitzv.}} = \frac{\cancel{\Delta p} \cdot \mu \cdot A_{Schlitz}}{\cancel{\Delta p} \cdot A_{Sitz}} \approx 0,1$$

Mit  $\mu = 0,25$

und  $\frac{A_{Schlitz}}{A_{Sitz}} \approx 0,36$

Das Prinzip ist ebenso einfach wie genial: statt der Anströmung unter dem Sitz, wie es bei Sitzventilen der Fall ist, erfolgt beim Gleitschieberventil die Antriebskraft senkrecht (90°) zur Strömungsrichtung. (

Das Ergebnis ist ein um den Faktor 10 geringerer Kraftbedarf zum öffnen/ Schließen/ Stellen beim Gleitschieberventil im Vergleich zum Sitzventil. Darüber hinaus unterstützt der anliegende Druck des Mediums gegen die bewegliche Dichtscheibe das Abdichten des Ventils.



### 8.5 Regelklappe

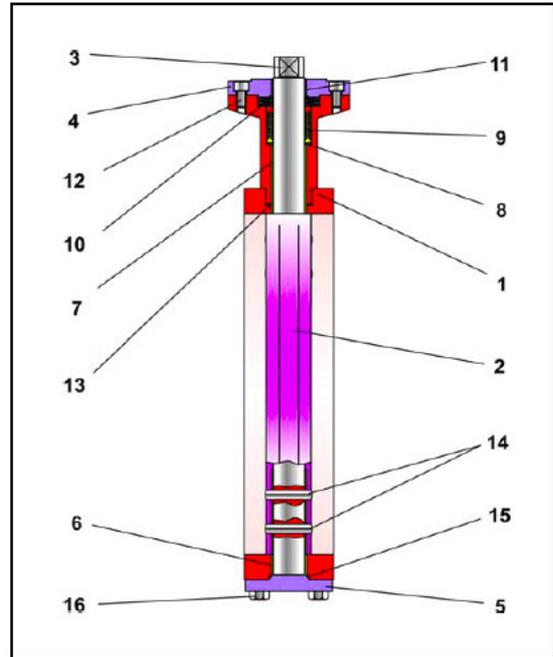


Bild 3 - Schnitt durch eine Stellklappe

Pos.	Bezeichnung	Pos.	Bezeichnung
1	Klappengehäuse	9	Dachmanschettenpackung
2	Klappenscheibe	10	Tellerfedersatz
3	Klappenwelle	11	Lagerbuchse
4	Stopfbuchsflansch	12	Schraube
5	Deckel	13	O-Ring
6	Lagerbuchse	14	Kerbstift
7	Lagerbuchse	15	O-Ring
8	Ring	16	Schraube

#### kv - Werte:

DN	Stellwinkel							70°	75°	80°
	10°	20°	30°	40°	50°	60°				
50	1.8	7	16	26	44	70	110	140	170	
80	3.5	14	33	57	95	146	240	380	510	
100	5.5	25	54	95	155	240	395	620	820	
150	14,5	52	120	215	342	547	940	1380	1800	
200	20,5	95	215	376	590	940	1540	2400	3200	
250	33	154	342	607	940	1540	2310	4000	5300	
300	49	222	504	855	1455	2310	3760	6000	8000	

#### Definition des $K_V$ -Wertes:

Unter dem  $K_V$ -Wert versteht man die Menge von Wasser (in  $m^3/h$ ), die bei einem Differenzdruck von 1 bar durch das Ventil fließt.  $K_{Vs}$  bezeichnet den  $K_V$ -Wert bei max. Ventilöffnung, wie er serienmäßig zu erwarten ist (siehe auch DIN IEC 534).



### Drehmomente und Losbrechmomente:

DN	50	80	100	150	200	250	300	
max zul. Drehmoment in Nm	1.4571	168	168	168	277	277	508	886
erforderliches Drehmoment in Nm	1.4539	164	164	164	271	271	497	693
erforderliches Drehmoment in Nm		19	29	46	58	98	125	196

Tabelle6 - max. zulässiges Drehmoment und erforderliche Drehmomente

Die angegebenen Momente sind Durchschnittswerte, die bei 20°C gemessen wurden. Betriebstemperatur, Medium sowie längere Einsatzdauer können die Drehmomente verändern.

Die aufgeführten maximal zulässigen Drehmomente gelten für den in Tabelle 3 aufgeführten Standardwerkstoff.

### Wirkbild und Stellwinkel:

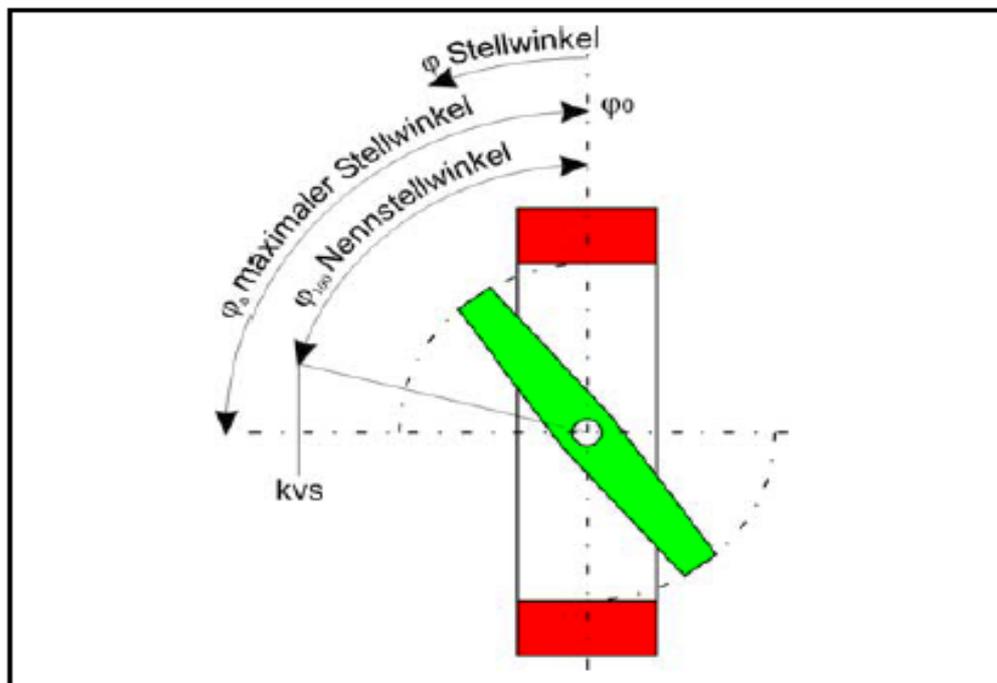
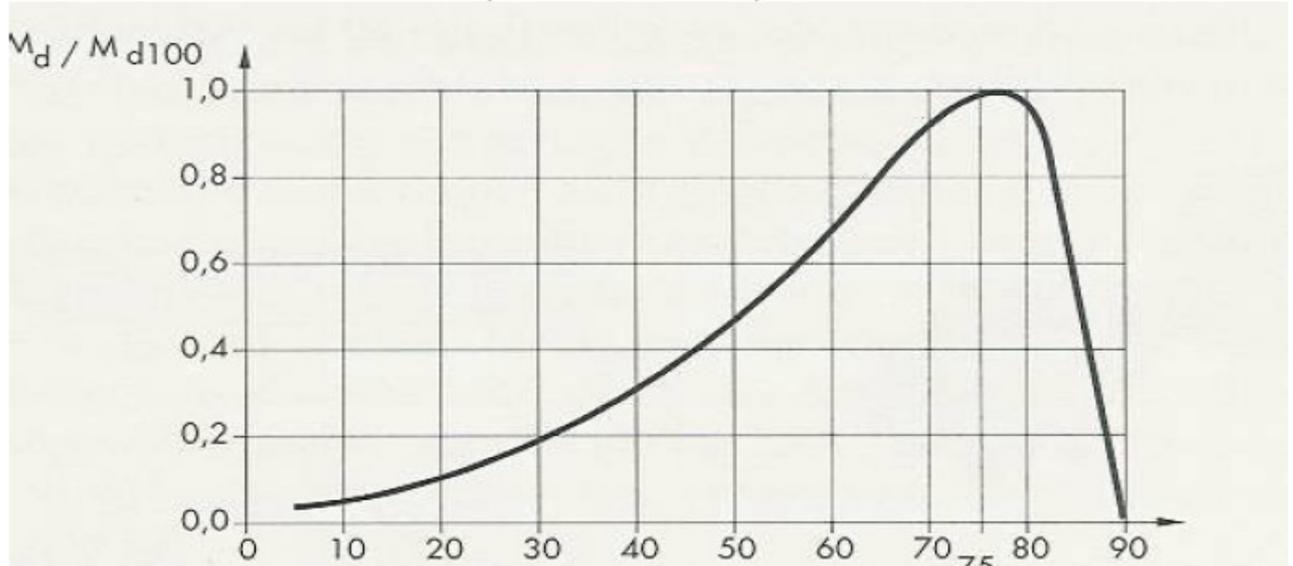


Bild 5 - Wirkbild und Bezeichnung der Stellwinkel



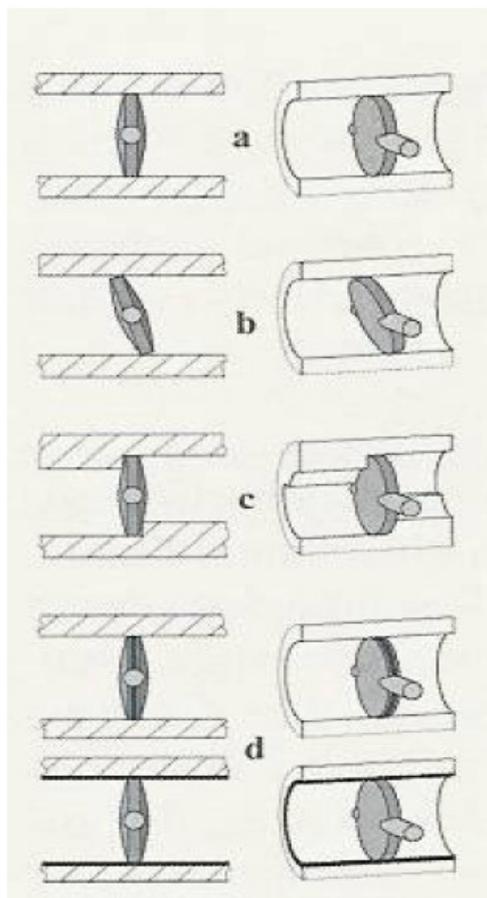
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### Momente einer Klappe abhängig vom Stellwinkel

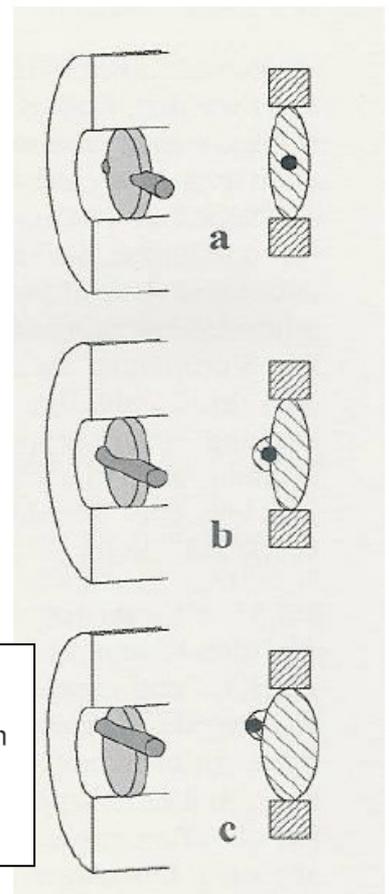


Innere Abdichtung  
Scheibenanordnung

Wellen- und



- a); b) Durchschlagende Klappen
- c) Anschlagende Klappen
- d) Weichdichtende Klappen



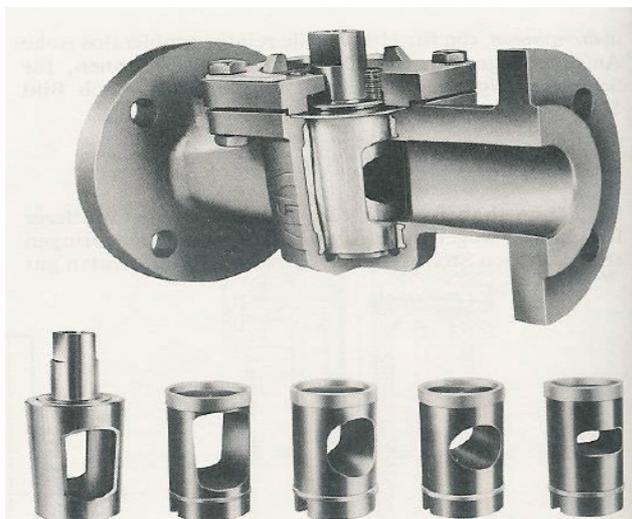
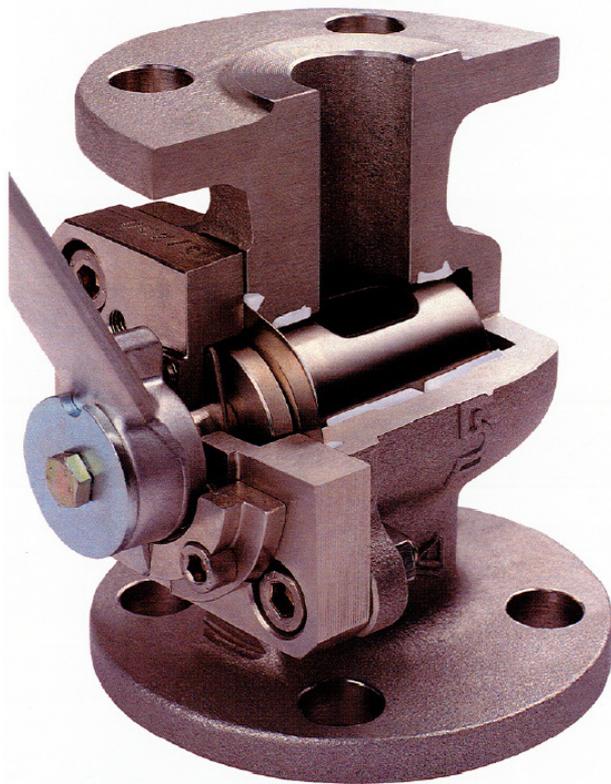
- a) zentrische Klappe
- b) exzentrische Klappen
- c) doppelt exzentrische Klappe



## 8.6 Absperrarmaturen

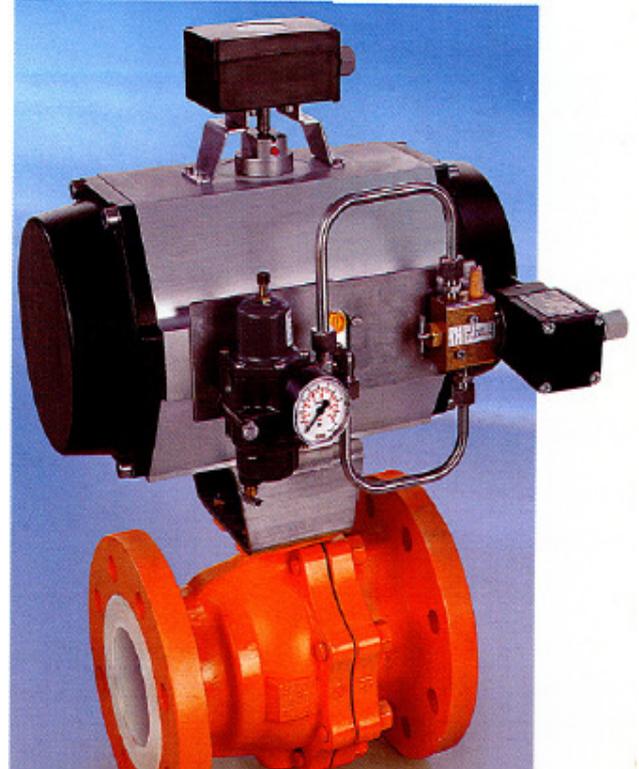
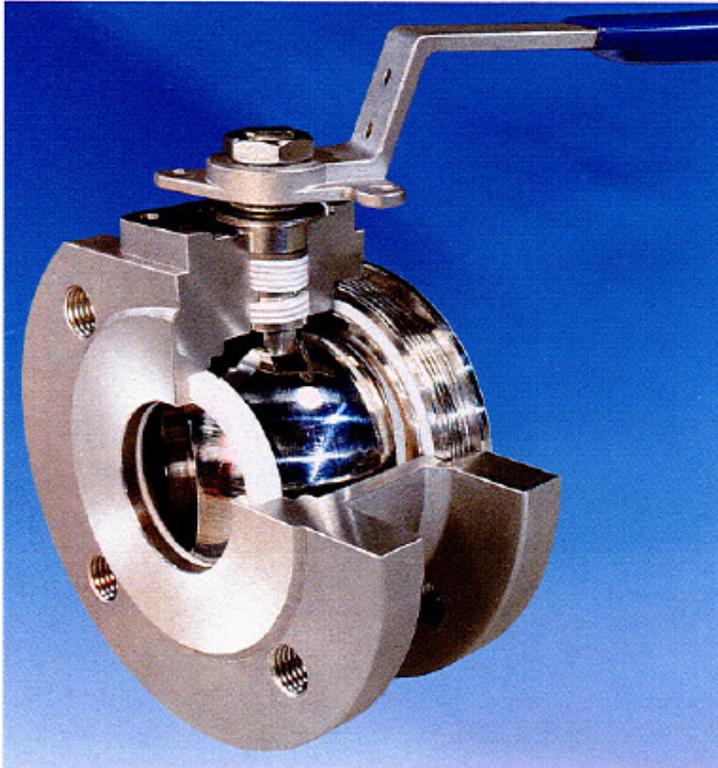
### 8.6.1 Hähne

Kegel-/ Kükenhahn



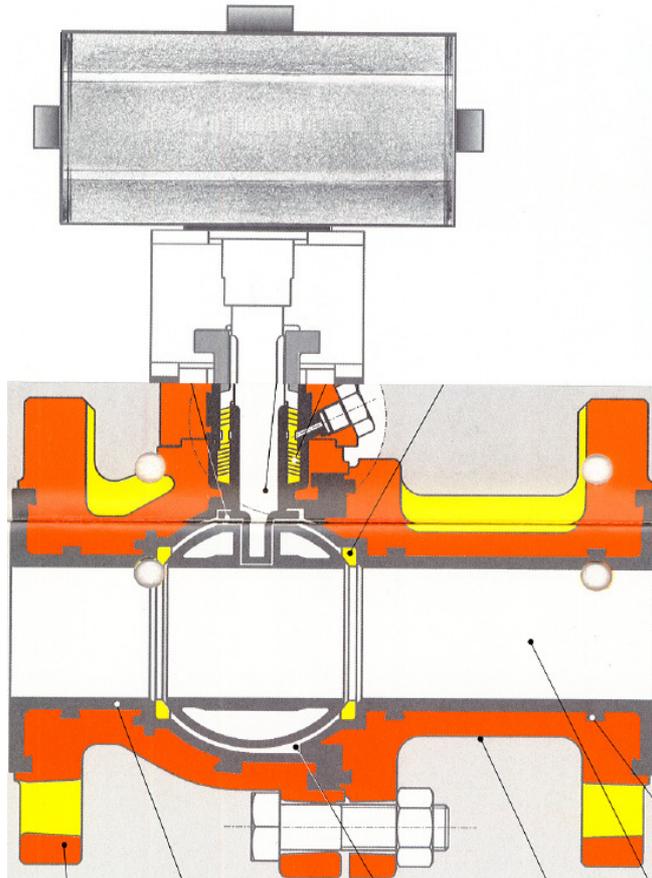


### 8.6.2 Kugelhahn



#### **Konstruktionsmerkmale und -vorteile**

- Platzsparend, leicht u. ökonomisch
- Ideal zum Einbau in kompakte Rohrleitungssysteme
- Wartungsfreies Design
- Niedriges Drehmoment
- Geringer Totraum
- Gehäuse in Feingussausführung
- Vollrunder Durchgang
- TA-Luft geprüftes, ausblässicheres S2-Schaftdesign
- Platzsparendes Kompaktgehäuse
- ISO 5211 Antriebsmontageflansch
- Antistatik
- Edelstahlhandhebel



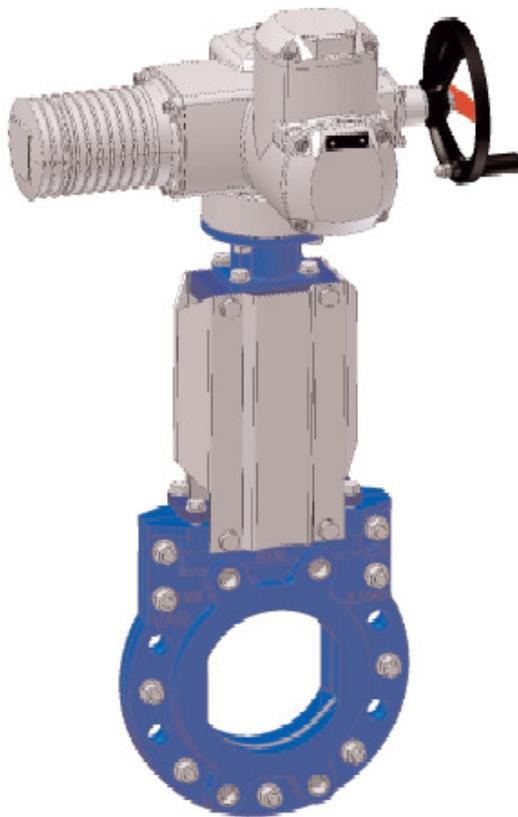
Stellhähne, die auch zu den Drehkegelventilen gezählt werden, sind Nennweiten zwischen 10 und 900 DN erhältlich. Wegen guter Dichtigkeit und der geringeren erforderlichen Stellenergie sind sie besonders für Absperraufgaben geeignet. Ein charakteristisches Merkmal eines Stellhahnes ist, dass die Strömung mit senkrecht verdrehbaren, durchbohrten Widerstandskörper abgesperrt oder gedrosselt wird. Die Widerstandskörper von Kugelhähnen haben kugelige Formen. Anders die Kükenhähne, sie haben zylindrische oder konische Formen

Zum kontinuierlichen Regeln sind besonders Sonderformen von Küken- und Kugelhähnen geeignet. Der Drehwinkel der Kugel bestimmt den Durchfluss über die zwischen Gehäuse und Kugelkanal freigegebenen Fläche. Ein normaler Kugelhahn mit zwei Drosselkanten hat zwar eine in weitem Stellbereich nahezu gleichprozentige Kennlinie und Stellverhältnisse zwischen 100:1 und 300:1, ist aber mit vollem Querschnitt zum Einbau in Rohrleitungen gleicher Nennweite im Regelfall zu groß. Bei Regelaufgaben soll am Ventil aus regeldynamischen Gründen ein Mindestdruckabfall anstehen, bei Flüssigkeiten in der Regel zwischen 0,5 und 1,0 bar. Da aber die Rohrleitungen so ausgelegt werden, dass sich kein zu großer Energie verzehrender Druckabfall einstellt, ist ganz anschaulich zu erkennen, dass bei einem Hahn mit voller Bohrung im geöffneten Zustand ein zu geringer Druckabfall ansteht und die Regelung schwierig sein wird.

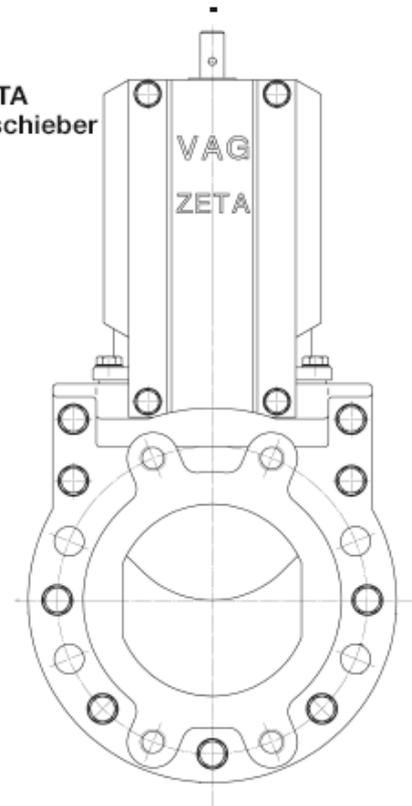


### 8.6.3 Schieber

#### Plattenschieber

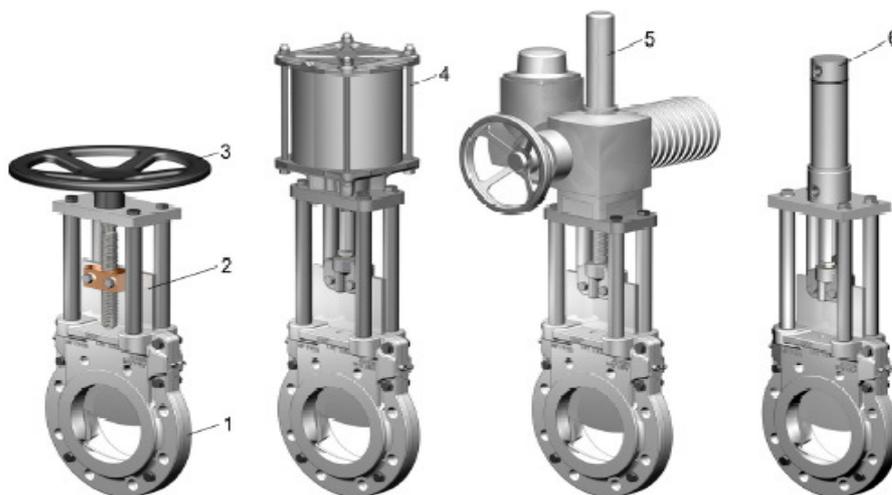


VAG ZETA  
Plattenschieber



VAG ZETA® Plattenschieber mit AUMA E.-Antrieb  
MFC

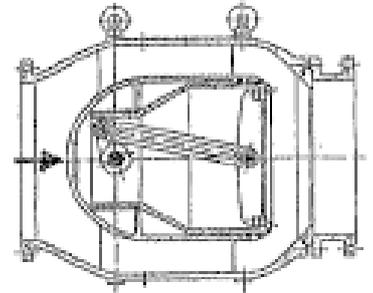
WEY® Plattenschieber –



- 1 Gehäuse mit Dichtung
- 2 Schieberplatte
- 3 Spindel-Antrieb mit Handrad
- 4 pneumatischer Zylinder-Antrieb
- 5 elektrischer Drehantrieb
- 6 hydraulischer Zylinder-Antrieb



### 8.6.4 Ringkolbenschieber



- nicht modular
- geringe Strömungsverluste
- alle Nennweiten
- alle Druckstufen (besonders hohe)
- keine Regelarmatur
- gute, dauerhafte Dichtung
- vorgegebene Durchflussrichtung
- teure und aufwendige Mechanik

Fa. AB-Valves

DN 150 bis DN 1600mm

PN 16 bis 40 bar

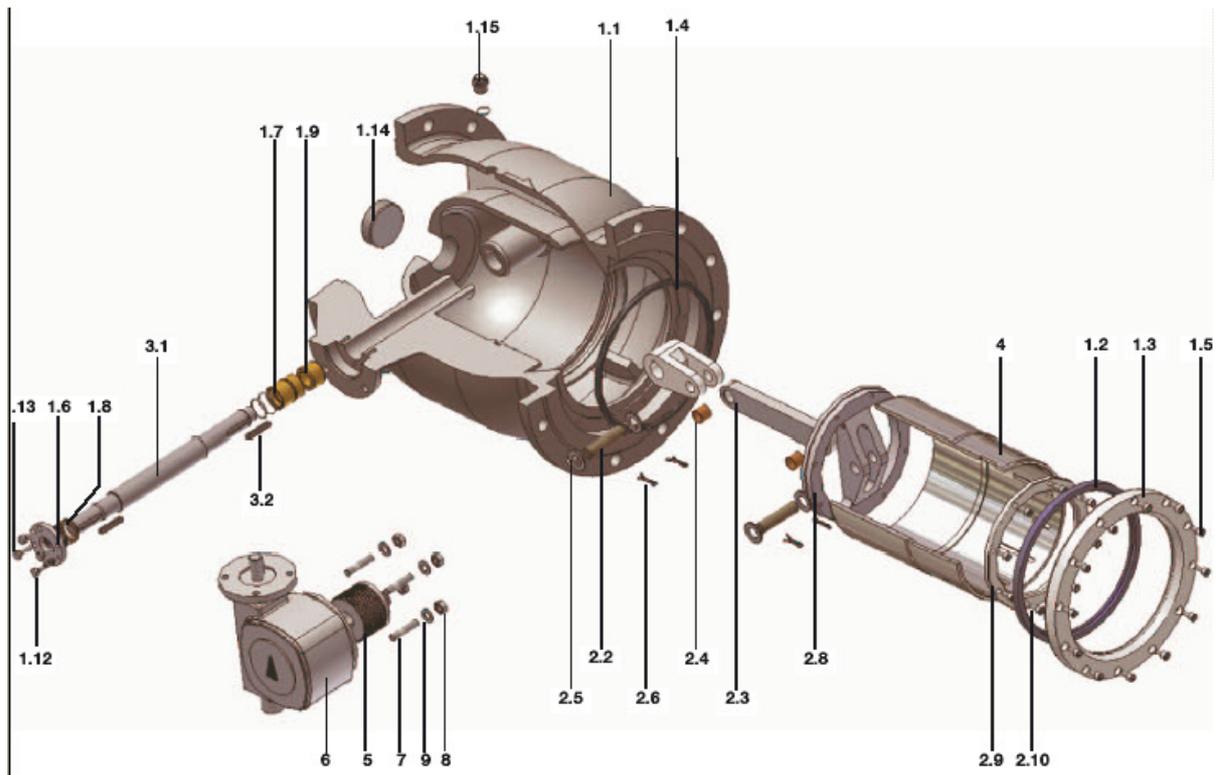
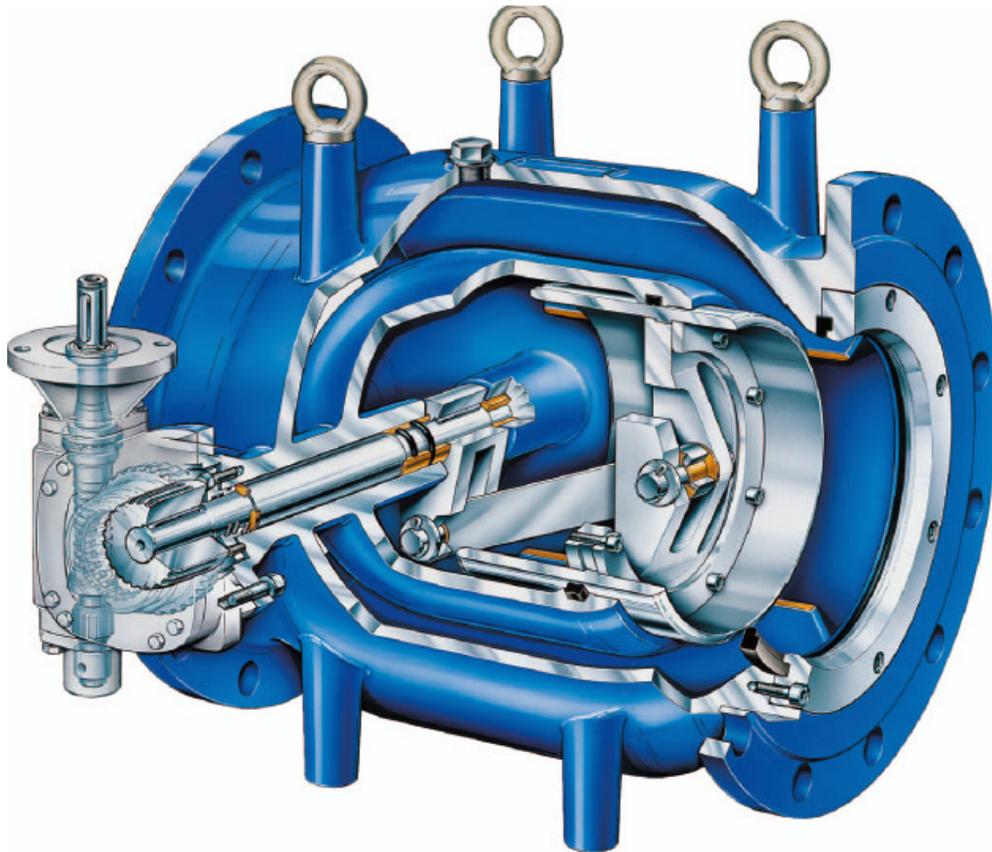
#### Einsatzbereich

Ringkolbenventile sind für Regelaufgaben in der Wasserversorgung konstruiert. Im Gegensatz zu Klappen und Schiebern, die reine Absperrfunktionen in Rohrnetzen übernehmen, erfüllen Ringkolbenventile die speziellen Anforderungen des Regelbetriebes.

#### Vorteile

- Einteiliges, kompaktes Gehäuse im ganzen Nennweitenbereich, dadurch Verringerung der Bauteile und Wegfall einer Dichtstelle.
- Druckausgeglichener Kolben zur Erzielung minimaler Betätigungskräfte.



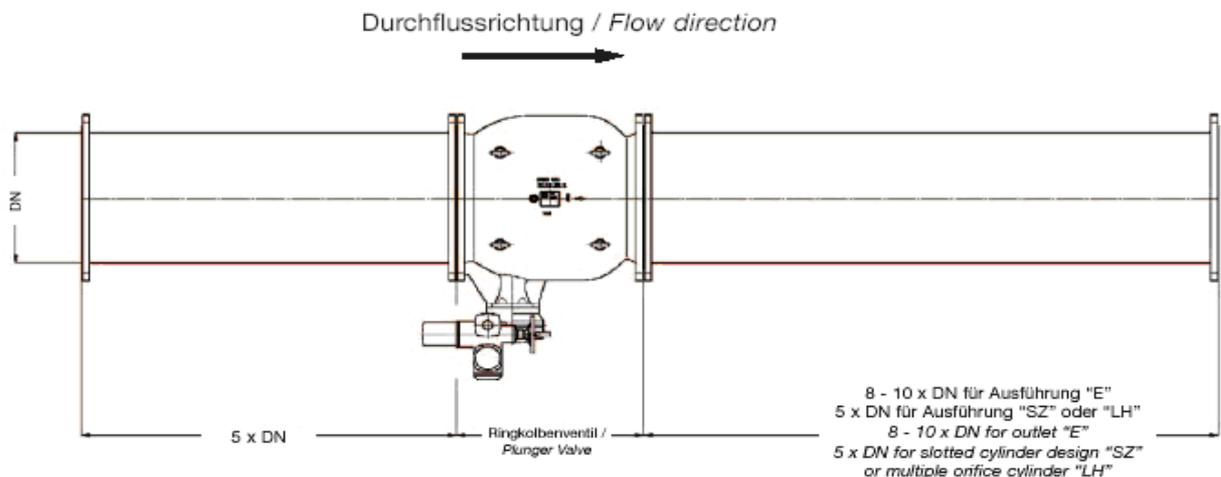




Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Pos.	Benennung/ Description	Werkstoff/Material
1.1	Gehäuse/body	JS 1030 (GGG 40)
1.2	Profildichtring/profile sealing ring	EPDM
1.3	Haltering/retaining ring	1.4301
1.4	Quadring/quad O-ring	EPDM
1.5	Zylinderschraube/hexagon socket head cap screw	A4-70
1.6	Lagerflansch/bearing flange	JS 1030 (GGG 40)
1.7	Lagerbuchse/bearing bush	G-CuSn12
1.8	Anlaufscheibe/thrust washer	G-CuSn12
1.9	Gegenlagerbuchse/counter bearing bush	G-CuSn12
1.10	O - Ring/O-ring	EPDM
1.11	O - Ring/O-ring	EPDM
1.12	6-kt Schraube/hexagon cap screw	A4-70
1.13	Gewindestift/threaded pin	A4-70
1.14	Verschlussstopfen/plug	1.0038
1.15	Verschlusschraube/screw plug	A4-70
1.16	Dichtring/gasket	Centellen
2.1	Kurbel/crank	X5 CrNi18 9 (1.4301)
2.1*	Kurbel ab DN 700 /crank from DN 700	EN-JS 1030 (GGG-40)
2.2	Kurbelbolzen/crank bolt	X20 Cr13 (1.4021)
2.3	Pleuelstange/piston rod	X5 CrNi18 9 (1.4301)
2.3*	Pleuelstange ab DN 700 /piston rod from DN 700	EN-JS 1030 (GGG-40)
2.4	Zylinderlager/cylinder bearing	Bronze / PTFE
2.5	Scheibe/washer	A4-70
2.6	Splint/split pin	X20 Cr13 (1.4021)
2.7	Anlaufscheibe/thrust washer	POM
2.8	Pleuellager/piston rod bearing	X5 CrNi18 9 (1.4301)
2.8*	Pleuellager ab DN 700 /piston rod bearing from DN 700	EN-JS 1030 (GGG-40)
2.9	Haltering Pleuellager/retaining ring piston rod bearing	X5 CrNi18 9 (1.4301)
2.10	Zylinderschraube/hexagon socket head cap screw	A4-70
3.1	Kurbelwelle/crank shaft	X20 Cr13 (1.4021)
3.2	Passfeder/key	X5 CrNi18 9 (1.4301)
4	Abschlussbuchse/plunger	X5 CrNi18 9 (1.4301)
5	Kupplung/coupling	C45 - AUMA
6	Getriebe/gear box	AUMA GS.3
7	Stiftschraube/set screw	A4-70
8	Mutter/nut	A4-70

### Einbauhinweis





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

## 8.7 Schlauchventile

### 8.7.1 Schlauchventil (Fa. Schubert & Salzer)

Das Stellventil 7077 für Endlosschläuche bietet eine moderne Alternative zu herkömmlichen Quetsch- oder Membranventilen. Das Schlauchventil kann an jeder beliebigen Stelle eines Endlosschlauches zum Absperrn und Regeln eingesetzt werden. Durch die totraumfreie Konstruktion können höchste hygienische Anforderungen eingehalten werden. Für Anwendungsfälle, die keine so große Flexibilität erfordern, steht alternativ das Schlauchstellventil 7070 zur Verfügung, das fest in Rohrleitungen integriert wird. Auch hier kann die gesamte Konstruktion problemlos in lebensmitteltechnischen und sterilen Prozessen eingesetzt werden. Durch den optionalen Einsatz eines Stellungsreglers können Sterilverventile auch als Stellventile betrieben werden.





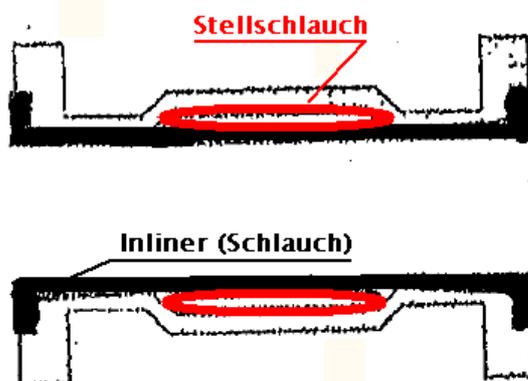
### 8.7.2 Quetschventil (Fa. Ako)



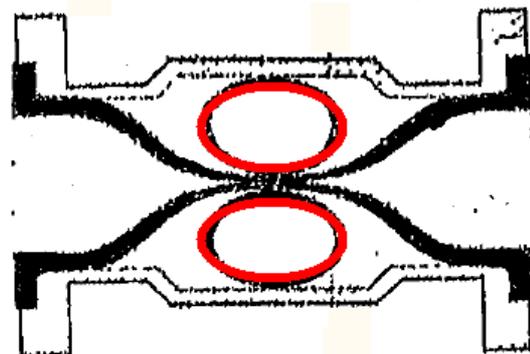
Durch Zuführung von Druckluft/Flüssigkeit (Differenzdruck min. 2 bar) in das pneumatische Quetschventil Gehäuse wird eine speziell angefertigte Manschette mit hoher Rückprallelastizität zusammengepresst. Die Konstruktion der Gehäuse garantiert ein freies lippenförmiges Schließen der Manschette. Dadurch wird ein absolut dichtes Absperren des Produktstroms und zugleich die höchste Standzeit/Lebensdauer der Manschette gewährleistet.

Somit schließt es und bewirkt eine 100%ige Abdichtung des Produktstroms. Der maximale Betriebsdruck ist nennweiten- abhängig und liegt bei 2–6 bar. Sobald die Druckluft- / Flüssigkeitszufuhr unterbrochen wird und das pneumatische Quetschventilgehäuse entlüftet bzw. entleert, öffnet die speziell angefertigte Manschette durch die Rückprallelastizität/Rückstellkraft und mit Hilfe des Mediumsdrucks zum vollen Durchgang.

Endlage „AUF“



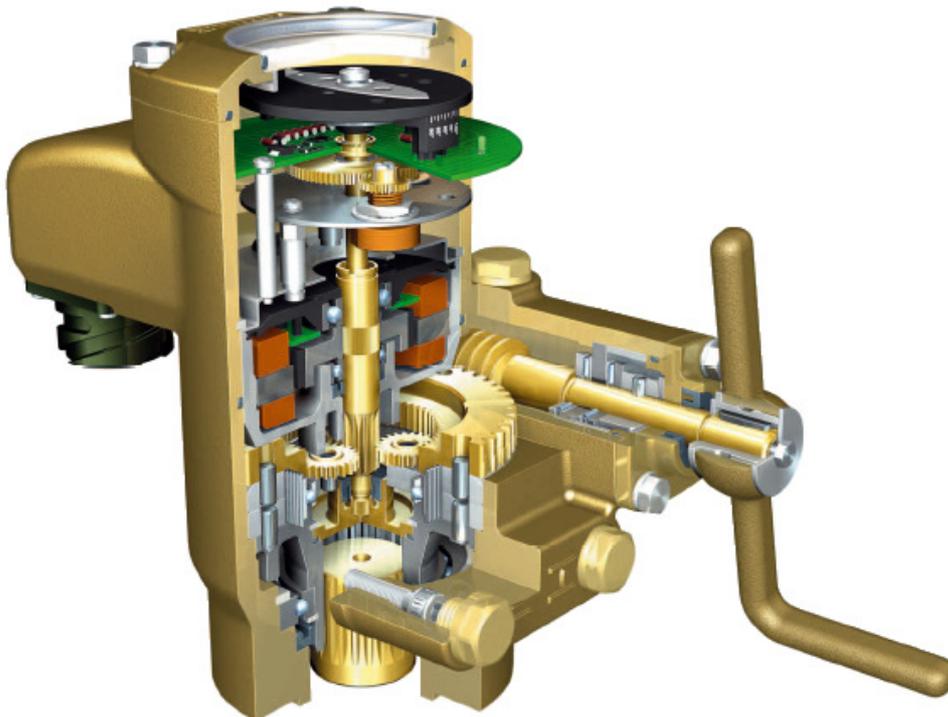
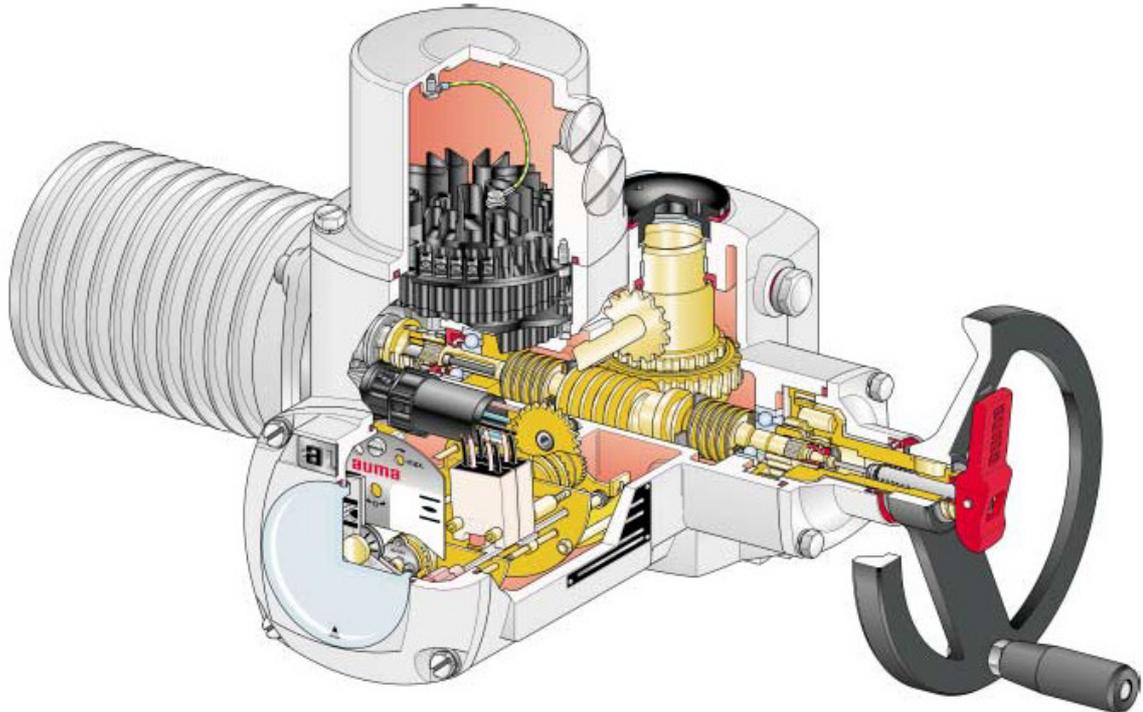
Endlage „ZU“





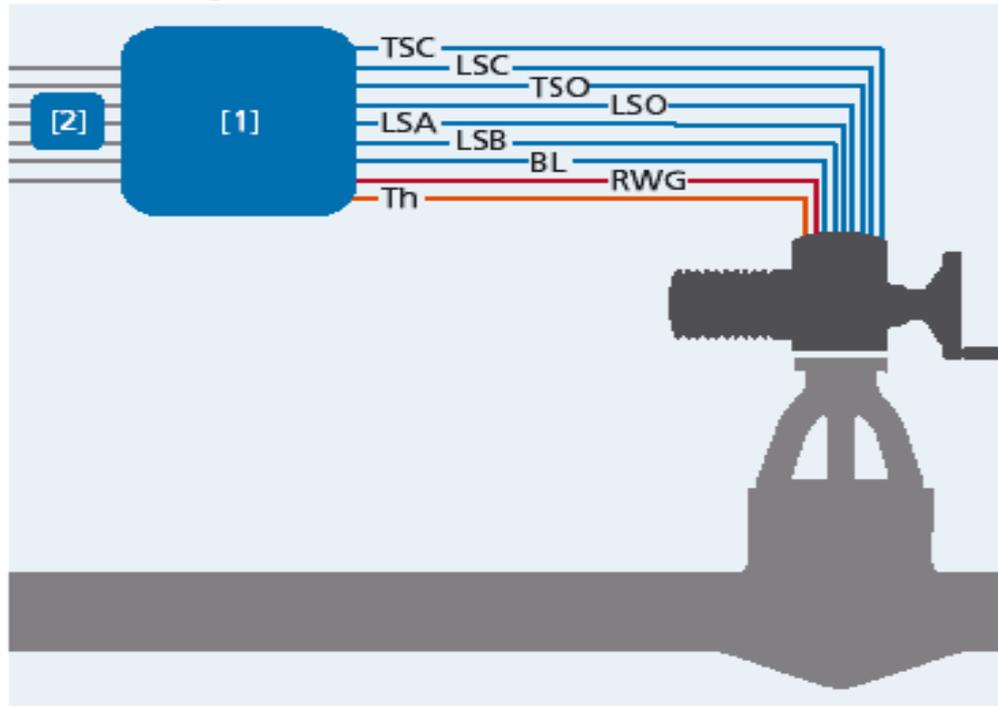
### 8.8 Antriebe

Elektrischer Antrieb (Fa. Auma)





### Antriebssignale



AUMA Stellantrieb mit Vollausrattung

[1] Stellantriebs-Steuerung z.B. SPS

[2] Rückmeldungen an das Leitsystem

[TSC] Drehmomentschaltersignal in Fahrtrichtung ZU

[LSC] Wegschaltersignal in Endlage ZU

[TSO] Drehmomentschaltersignal in Fahrtrichtung AUF

[LSO] Wegschaltersignal in Endlage AUF

[LSA] Zwischenstellungsschaltersignal in Fahrtrichtung ZU (Option)

[LSB] Zwischenstellungsschaltersignal in Fahrtrichtung AUF (Option)

[BL] Blinkerschaltersignal, Option bei Antrieben für Regelbetrieb

[RWG] Elektronischer Stellungsgeber, 0/4 - 20 mA (Option)

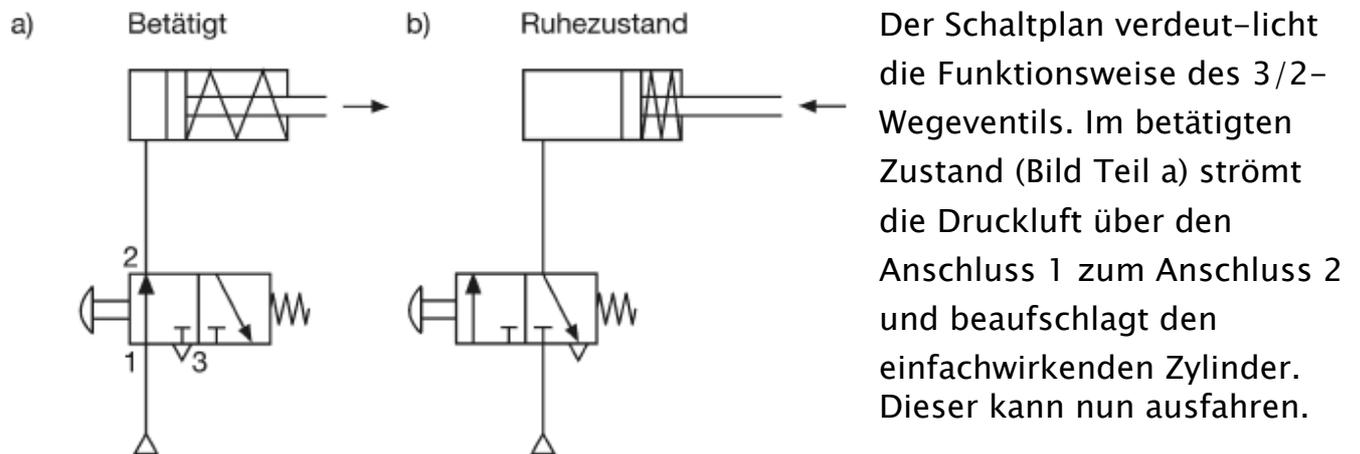
[Th] Thermoschalter



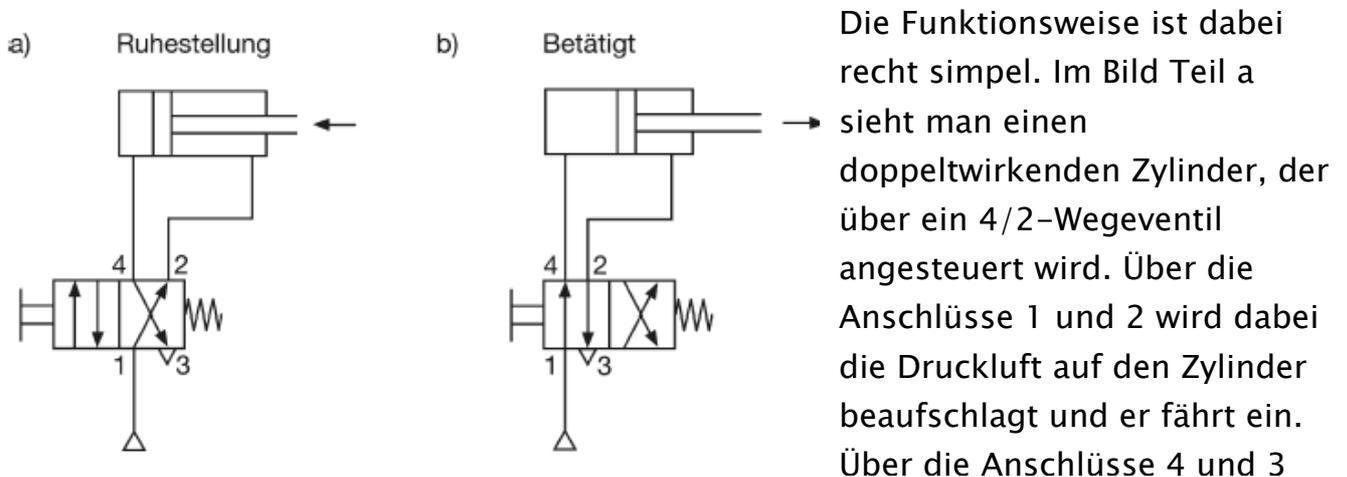
### 8.9 Pneumatische Antriebe

#### 8.9.1 Steuerelemente

Die Bewegungen von pneumatischen Antrieben müssen der Aufgabe entsprechend gesteuert werden. Dies realisieren man im Allgemeinen mit Wegeventilen (Magnetventilen). Es gibt viele unterschiedliche Ausführungen und Konstruktionsarten. Dabei unterscheidet man zwischen Sitzventilen, wie dem Kugelsitzventil und den Schieberventilen, wie den Kolbenventilen. Die Art des Ventils ist wichtig für seinen Einsatzbereich, die Prinzipien sind aber für alle gleich.



Schaltet das Ventil zurück in Ruhestellung (Bild Teil b), so wird der Anschluss 1 abgesperrt und der Zylinder über den Anschluss 2 nach 3 entlüftet.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

die Luft den Zylinder verlassen. Im betätigten Zustand nun (Bild Teil b) wird die Druckluft über die Anschlüsse 1 und 4 beaufschlagt und die Abluft kann über die Anschlüsse 2 und 3 entweichen. Der Zylinder fährt also aus.

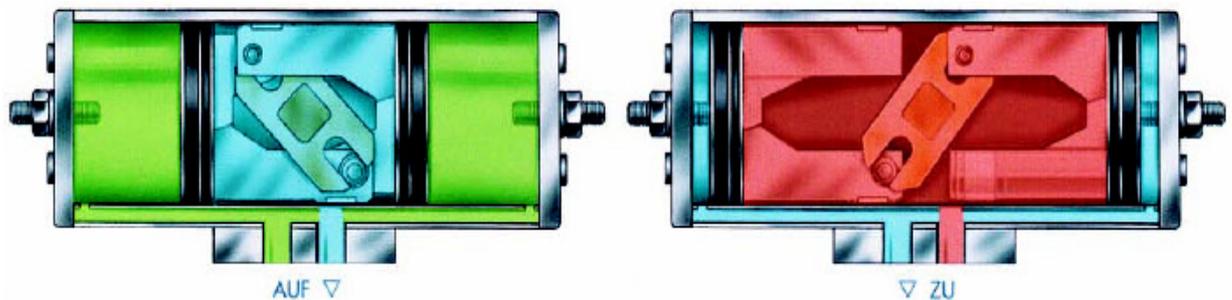


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

### 8.9.2 Pneumatischer Schwenkantrieb (Fa. EBRO)



#### FUNKTION



Pneumatischer Schwenkantrieb (doppelwirkend d.h. ohne Sicherheitsstellung)

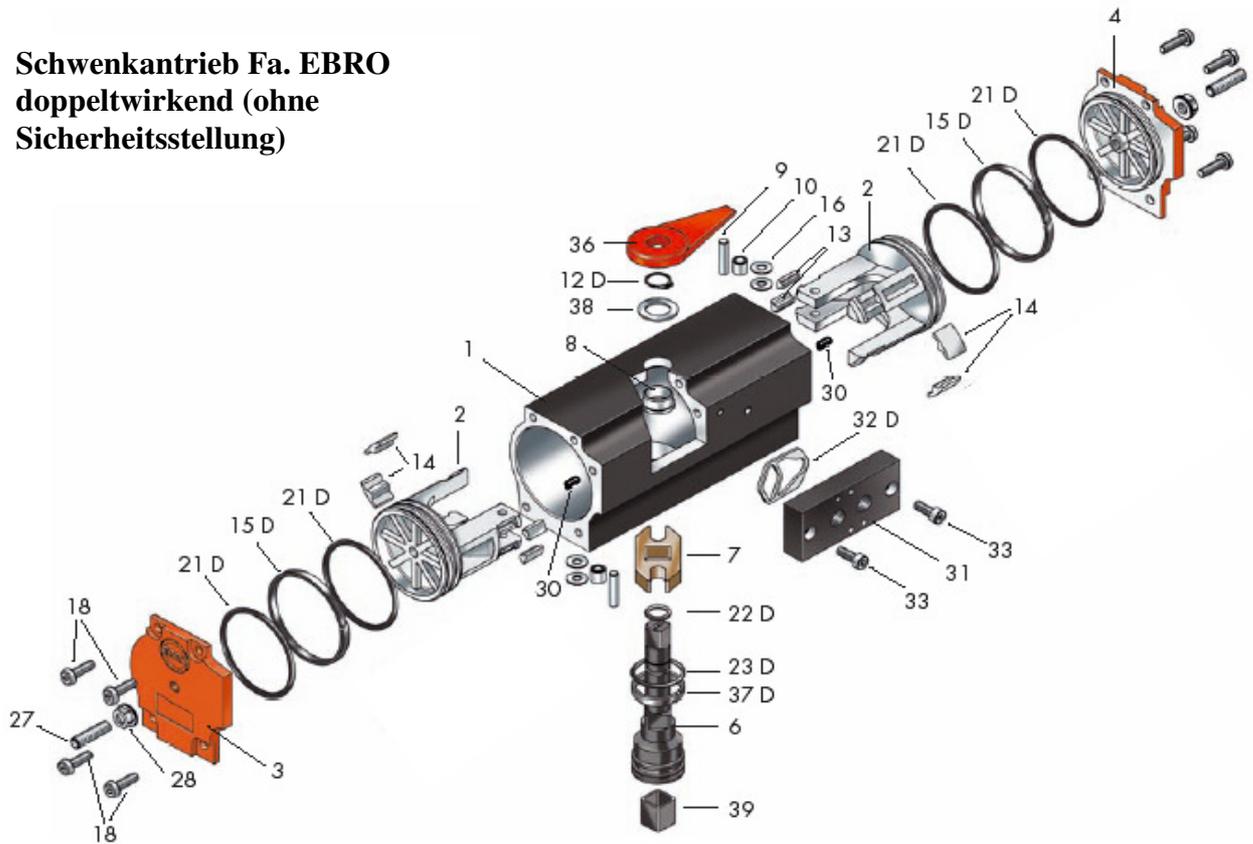
#### ANTRIEBSMOMENT IN Nm

Typ	bei Steuerdruck										
	3 bar	3,5 bar	4 bar	4,5 bar	5 bar	5,5 bar	6 bar	6,5 bar	7 bar	7,5 bar	8 bar
EB 4	13,5	16	18	20	22,5	25	27	29	31,5	34	36
EB 5	38	44,5	51	57	63	70	76	82	89	95	101
EB 6	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208
EB 8	125	146	166	187	208	229	250	271	292	312	333
EB 10	265	309	353	397	441	485	530	574	618	662	706
EB 12	435	507	580	652	725	797	870	942	1015	1087	1160
EB 265	647	755	863	971	1079	1187	1295	1403	1510	1618	1726
EB 270	991	1157	1322	1487	1652	1817	1983	2148	2313	2478	2643
EB 280	2001	2334	2667	3001	3334	3668	4001	4334	4668	5001	5335

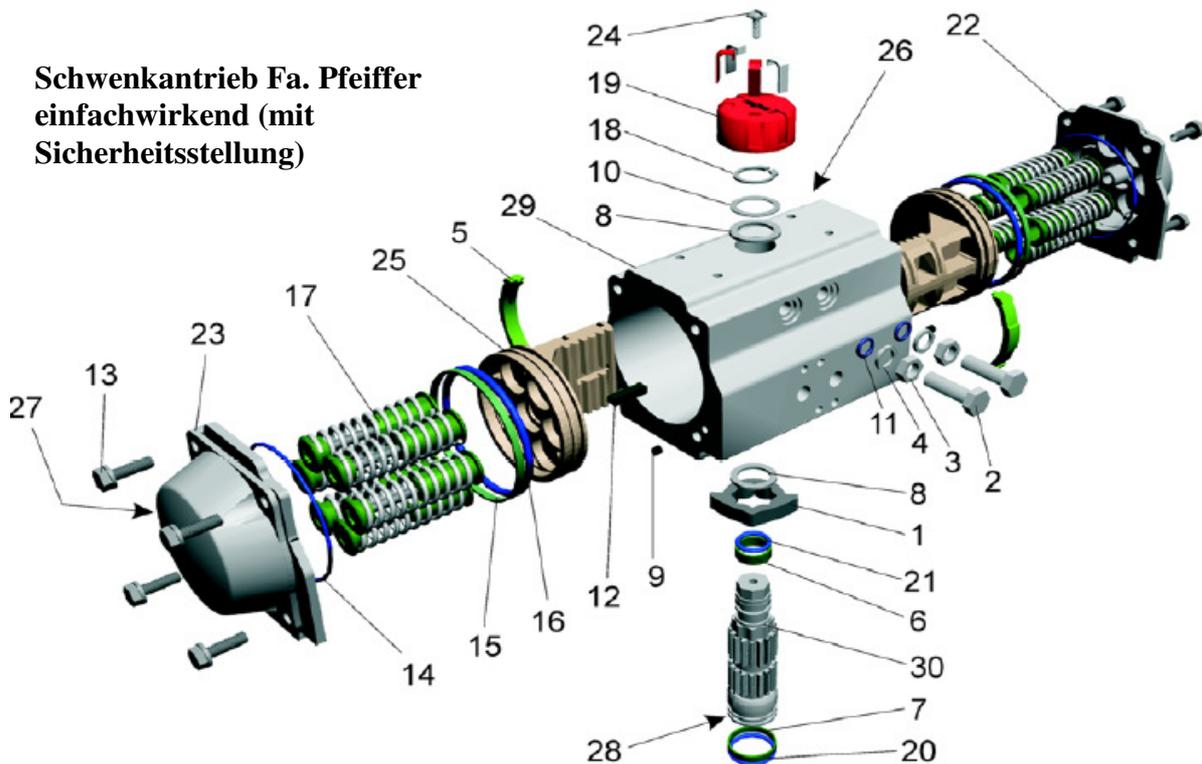
Antriebsmomente in Abhängigkeit vom Steuerdruck



### Schwenkantrieb Fa. EBRO doppeltwirkend (ohne Sicherheitsstellung)

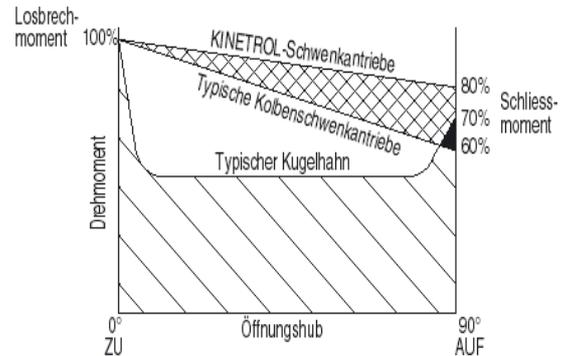
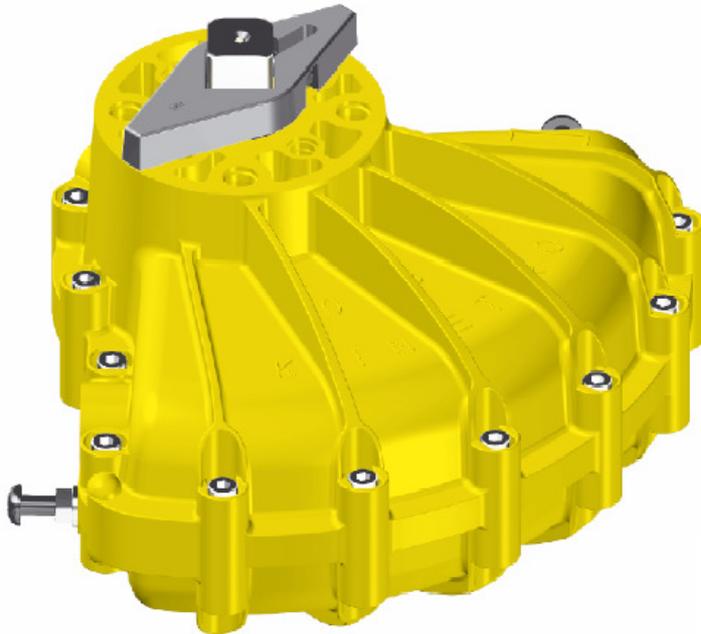


### Schwenkantrieb Fa. Pfeiffer einfachwirkend (mit Sicherheitsstellung)



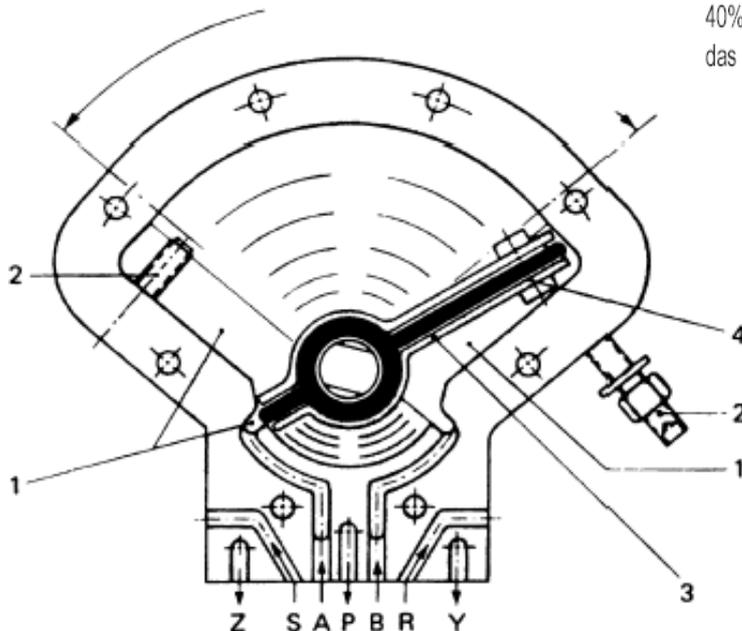


### 8.9.3 Pneumatischer Drehflügelantrieb (Schwenkantrieb)



Fa. KINOTROL

Das Diagramm zeigt den Drehmomentbedarf eines typischen Kugelhahnes unter normalen Betriebsbedingungen. Der Drehmomentverlauf für KINETROL-Schwenkantriebe und von Kolbenschenkantrieben, beide für das Losbrechmoment der geschlossenen Armatur ausgelegt, ist ebenfalls skizziert. Der Drehmomentabfall der Kolbenschenkantriebe von bis zu 40% erfordern die Auswahl grösserer Antriebseinheiten, um das von der Armatur geforderte Schliessmoment aufzubringen.

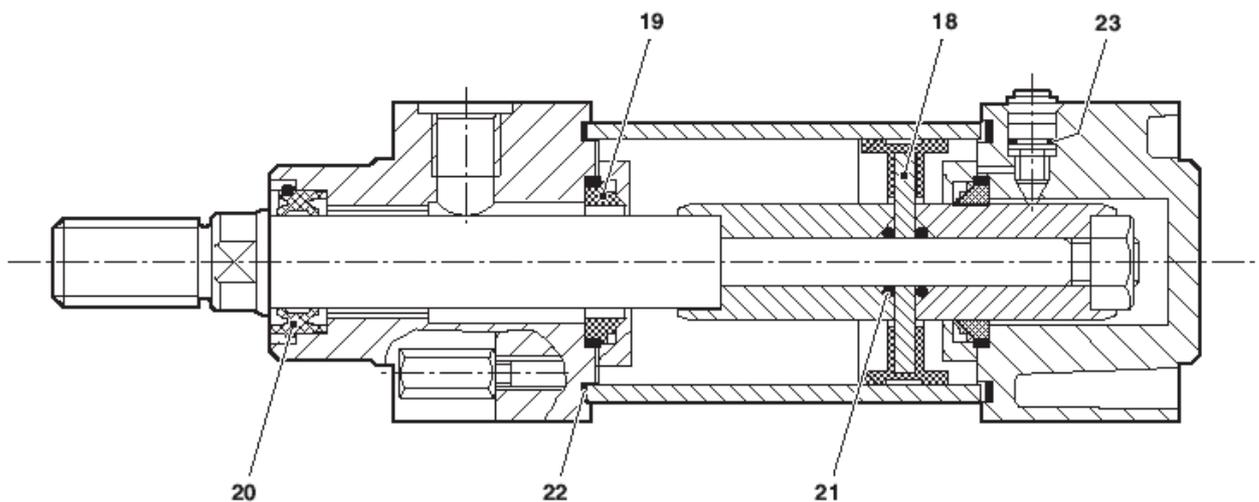
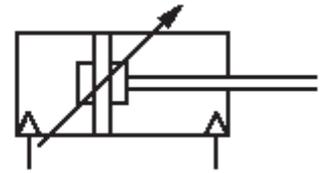


Fa. XOMOX

In einem flachen, aus zwei Halbschalen bestehenden Gehäuse kann der mit einer O-Ring-förmigen Dichtung umschlossene Drehflügel vom Antriebsdruck hin- und hergeschwenkt werden. An das Gehäuse lassen sich Stellungsregler und Endschalter direkt anflanschen. (1) Montagetasche, (2) Anschlagschraube, (3) Drehflügel, (4) Spezial-O-Ring, (P) Luftanschluss Ventil; Zylinderanschluss (A) sekundär und (B) primär, (S) Entlüftung, (R) Entlüftung, (Z) und (Y) Steuerleitung.



8.9.4 Pneumatischer Stellzylinder (Fa. Norgren)





### Einfachwirkender Zylinder

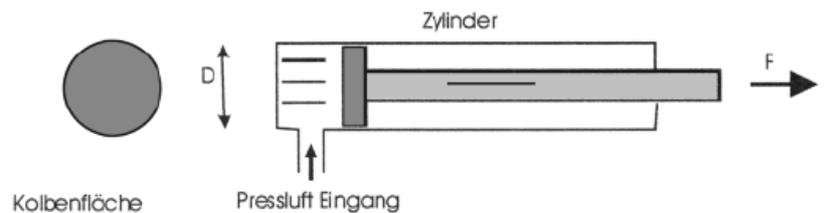
Einfachwirkende Zylinder können nur in eine Richtung Arbeit leisten, da sie nur von einer Seite mit Druckluft beaufschlagt werden. Die vom Pneumatikzylinder ausgeübte Kraft, die Kolbenkraft  $F_{eff}$  ergibt sich aus

dem Produkt Kolbenfläche  $A$  ·

Überdruck  $p_e$ , vermindert um die Verlustkraft, die durch den Reibungswiderstand und die Federrückstellkraft entsteht.

Der Wirkungsgrad von einfach-

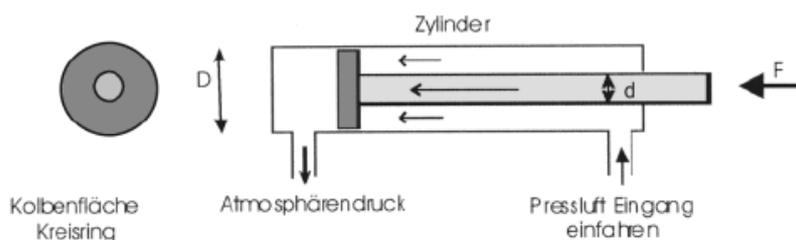
wirkenden Zylindern liegt zwischen 80 % und 95 %.



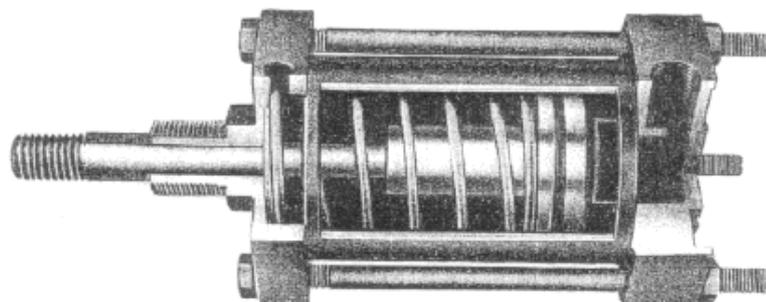
### Doppeltwirkender Zylinder

Diese Zylinderbauart ist am verbreitetsten. Die Druckluft wird über ein Wegeventil gesteuert und abwechselnd der einen oder der anderen Seite des Kolbens zugeführt.

Der Kolben kann also in beiden Bewegungsrichtungen aktiv arbeiten. Wegen der Ungleichheit der Flächen –die Ringfläche ist kleiner als die Kolbenfläche – sind die Kräfte in beiden Richtungen verschiedenen. Die Kraft beim Ausfahren des Zylinders bestimmen wir genauso wie bei einem einfachwirkenden Zylinder.



Wirkungsgrade bei doppeltwirkenden Zylindern liegen zwischen 90 Prozent und 97 Prozent.



### Einfachwirkender Pneumatikzylinder mit Rückstellfeder



### 8.10. Magnetventile



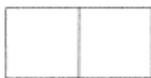
2/2 Wegeventil

3/2 Wegeventil mit NAMUR-Anschluss

#### 8.10.1 Aufbau von Wegeventilen in den Schaltsymbolen



Quadrate stellen Schaltstellungen dar



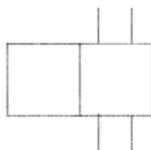
Die Anzahl der Schaltstellungen wird durch die Anzahl der Quadrate angezeigt



Durchflusswege werden mit Linien dargestellt und der Pfeil gibt die Durchflussrichtung an



Zwei rechtwinklig zueinander stehende Linien geben gesperrte Anschlüsse an



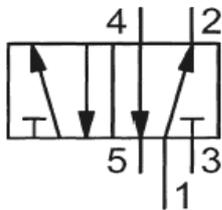
Zu- und Abluftanschlüsse werden von Außen an ein Quadrat gezeichnet

Die Bezeichnung der Anschlüsse ist nach DIN ISO 5599-3 geregelt. Wir treffen aber auch das veraltete Buchstabensystem noch an.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

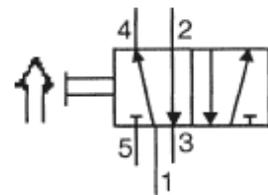
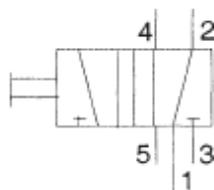
	DIN ISO 5599-3	Anschlussart	Buchstaben- system
<b>Arbeitsleitungen</b>	1	Druckluftanschluss	P
	2, 4	Arbeitsleitungen	A, B
	3, 5	Entlüftungsleitungen	R, S
<b>Steuerleitungen</b>	10	Ein anstehendes Signal sperrt den Durchgang zwischen den Anschlüssen 1 und 2	Z
	12	Ein anstehendes Signal verbindet die Anschlüsse 1 und 2	Y, Z
	14	Ein anstehendes Signal verbindet die Anschlüsse 1 und 4	Z
	81, 91	Hilfssteuerluft	Pz



**Bild 21**  
5/2-Wegeventil

Die Bezeichnung entsprechen der DIN ISO 5599-3 .Anhand der Bezeichnung des Wegeventils können man erkennen, wie viele Schaltstellungen und Anschlüsse es hat. Die erste Zahl gibt die Anzahl der Anschlüsse und die zweite die Anzahl der Schaltstellungen an. Ein 5/3-Wege-ventil hat also 5 Anschlüsse und 3 Schaltstellungen. Hier nun eine Auswahl der wichtigsten Wegeventile und ihre Aufgaben.

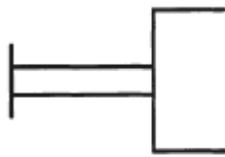
Ein 5/2 Wegeventil kann danach folgendes Erscheinungsbild haben. Dabei gibt die Zahl 5 die Anzahl der Anschlüsse an und die Zahl 2 die Anzahl der Schaltstellungen (bzw. der Quadrate) Dieses 5/2 Wegeventil hat in der jetzigen Schaltstellung das Durchflussverhalten von Anschluss 1 nach 2 und von Anschluss 4 nach 5. Man muss bei der Durchflussrichtung immer auf die Pfeilrichtung achten. Der Anschluss 3 ist hier gesperrt.





Was uns nun noch fehlt, ist eine Kennzeichnung über die Betätigungsmöglichkeiten  
Im folgenden Bild sehen Sie einige Beispiele für Betätigungsarten. Diese „Schalter“  
werden einfach an das Wegeventil angesetzt und das Schaltbild ist vollständig.  
Schaltsymbole werden grundsätzlich in Ruhestellung gezeichnet.

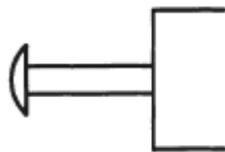
### Betätigungsarten



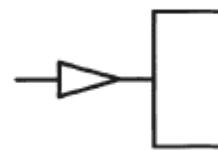
Allgemein



durch Feder

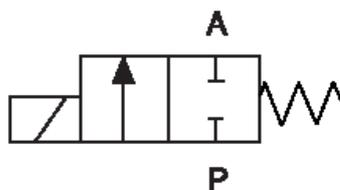


durch Druckknopf

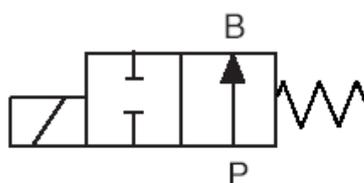


durch Druckluft

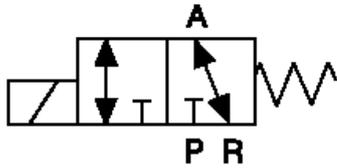
### Schaltbilder gängiger Magnetventiltypen



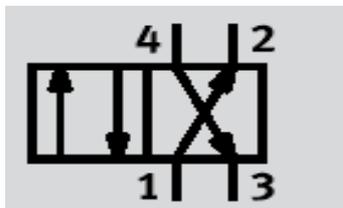
2/2-Wege-Ventil,  
direktwirkend,  
stromlos geschlossen



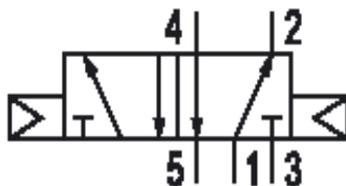
2/2-Wege-Ventil,  
direktwirkend,  
stromlos geöffnet



3/2-Wege-Ventil,  
direktwirkend,  
universell einsetzbar



4/2-Wege-Ventil



5/2-Wege-Ventil

**Funktion** -3/2 Wege – Magnetventile direktgesteuert (Fa. ODE–Magnetventile)

**Direktgesteuerte 3/2 Wege Magnetventile** benötigen für die Schaltfunktion keinen Mindestbetriebs- bzw. Differenzdruck, sie arbeiten von 0 bar an.

Sie haben drei Anschlüsse (1, 2 und 3) und der Anker (Kern) hat zwei Ventilsitze. Wechselseitig bleibt immer ein Ventilsitz geöffnet bzw. geschlossen.

Funktionsbeschreibung:

Die Wirkungsweise des Magnetventils ist abhängig von der Anschlussbelegung, das heißt, wie die Anschlüsse mit dem Fluidsystem verbunden sind.



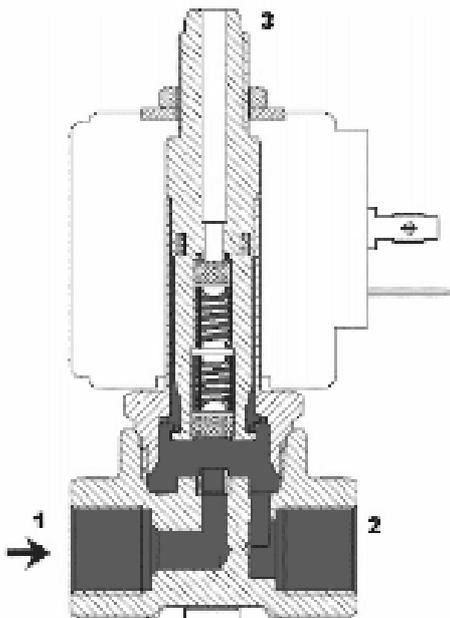
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Das Magnetventil ist geschlossen.

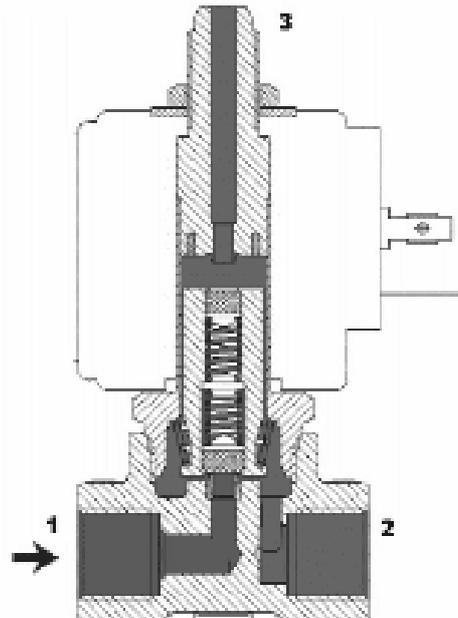
Der Anschluss 1 ist mit dem Zulauf, der das Medium führt, verbunden und der Anschluss 2 bildet den Ventilausgang. Anschluss 3 ist die Entlüftung oder der Rücklauf.

Der Elektromagnet ist stromlos und der Anker (Kern) mit seiner Dichtung wird durch die Feder auf den unteren Ventilsitz gedrückt und sperrt Anschluss 1 (Zulauf) ab. Der Anschluss 2 (Ausgang) ist mit Anschluss 3 (Rücklauf) verbunden.

Direktgesteuerte 3/2 Wege Magnetventile benötigen für die Schaltfunktion keinen Mindestbetriebs- bzw. Differenzdruck, sie arbeiten von 0 bar an.



3/2 Wege-Magnetventil „zu“



3/2 Wege-Magnetventil „auf“



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

Das **Magnetventil** ist geöffnet.

Am Magnet liegt Spannung an und der Anker (Kern) wird in die Magnetspule hineingezogen, wobei der Anker mit seiner oberen Dichtung durch die Feder auf den oberen Ventilsitz gedrückt wird.

Anschluss 3 (Rücklauf) ist damit abgesperrt. Durch die Bewegung des Ankers nach oben wird auch der untere Ventilsitz geöffnet und das Medium kann von Anschluss 1 (Zulauf) nach Anschluss 2 (Ausgang) fließen.

Bei diesen Magnetventilen verursacht eine Druckerhöhung die Verringerung der zur Öffnung des Ventils erforderlichen Kraft. Ist der Druckunterschied zwischen dem Zulauf und Ausgang (Verbrauch) größer als der maximal Wert für den das Magnetventil ausgelegt wurde, kann das Magnetventil auch öffnen, ohne das am Magnet Spannung an liegt.



### 8.11 Stellungsregler



Elektropneumatischer Stellungsregler Typ 4763  
Fa. SAMSON



#### Anwendung

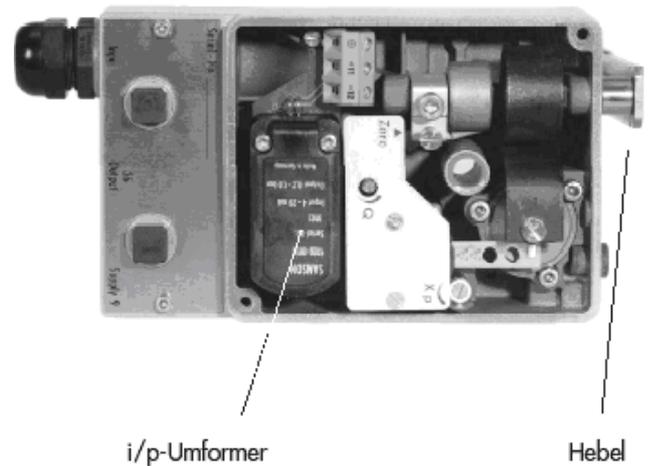
Einfach wirkende Stellungsregler für pneumatische Stellventile, deren Führungsgröße ein elektrisches Einheitssignal von 4(0) bis 20 mA, 1 bis 5 mA (Typ 4763) oder ein pneumatisches Einheitssignal von 0,2 bis 1 bar (3 bis 15 psi) ist (Typ 4765). **Für Nennhübe von 7,5 bis 90 mm**

Die Stellungsregler gewährleisten eine vorgegebene Zuordnung von Ventilstellung (Regelgröße  $x$ ) und Stellsignal (Führungsgröße  $w$ ). Sie vergleichen das von einer Regel- oder Steuereinrichtung kommende Stellsignal mit dem Hub des Stellventils und liefern als Ausgangsgröße  $y$  einen pneumatischen Stelldruck (pst). Die Stellungsregler haben folgende Eigenschaften:



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018

- Kompakte, wartungsarme Ausführung
- Beliebige Einbaulage
- Unempfindlich gegen Schütteleinflüsse
- Wirkrichtung umkehrbar
- Günstiges dynamisches Verhalten
- Normal- oder Split-range-Betrieb
- P-Bereich einstellbar
- Anpassbare Luftlieferung
- Geringer Hilfsenergieverbrauch
- Sonderausführungen für Sauerstoff.



### 8.11.1 Vom Stellungsmacher zum intelligenten Stellungsregler

[www.atp-online.de](http://www.atp-online.de)

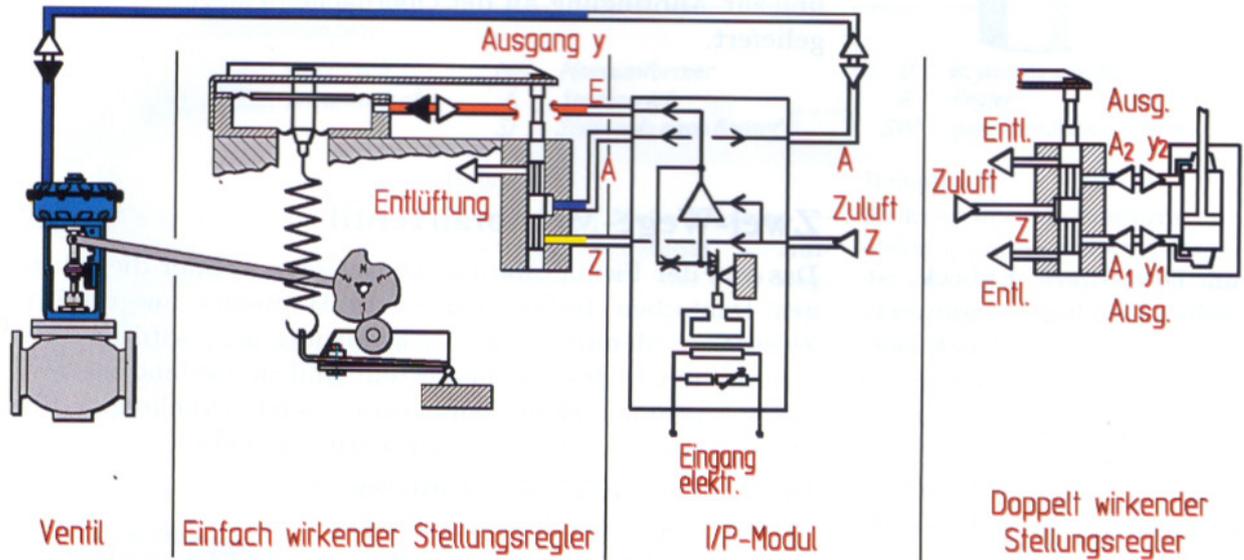
atp 8.2008

„Stellungsmacher“ – amüsiert nehmen wir heutzutage die etwas hölzerne Formulierung zur Kenntnis und es bleibt im Dunkeln, warum die Werbestrategen der 50er Jahre den Begriff "Stellungsregler" zunächst als weniger verkaufsfördernd verwarfen. Jedenfalls war der so genannte Stellungsmacher bereits ein vollwertiger Stellungsregler im heutigen Sinne, der ein pneumatisches Einheitssignal in ein Stellsignal auf höherem und damit wesentlich kraftvolleren Druckniveau ohne eine bleibende Regelabweichung umsetzen konnte

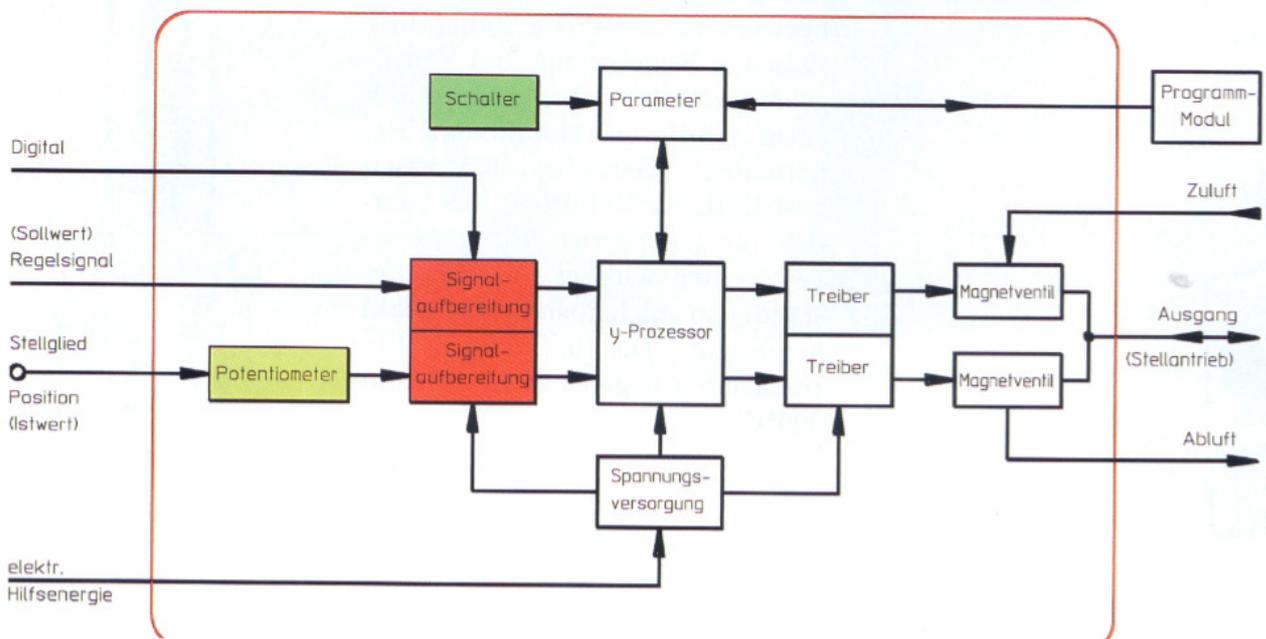
Das gezeigte Prinzip mit zwei getrennten Sitzventilen, die über eine Wippe gegenläufig gekoppelt waren, wurde in der Serienproduktion der folgenden Jahrzehnte durch ein Kolbenventil abgelöst. Dieses Ventil erlaubte dank geringerer Stellkräfte eine kompaktere Bauweise des gesamten Reglers. Bild 1 zeigt ein solches Prinzip in Verbindung mit einem weiteren Entwicklungsschritt, der Umformung eines elektrischen Stellsignals über ein I/P-Modul nach dem Düse-Prallplatte-Prinzip in das pneumatische Einheitssignal. Dies war der wesentliche Schritt, Stellventile in elektrische Leittechnik einzubinden.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018



**Bild 1:** pneumatischer Stellungsregler mit I/P-Modul .



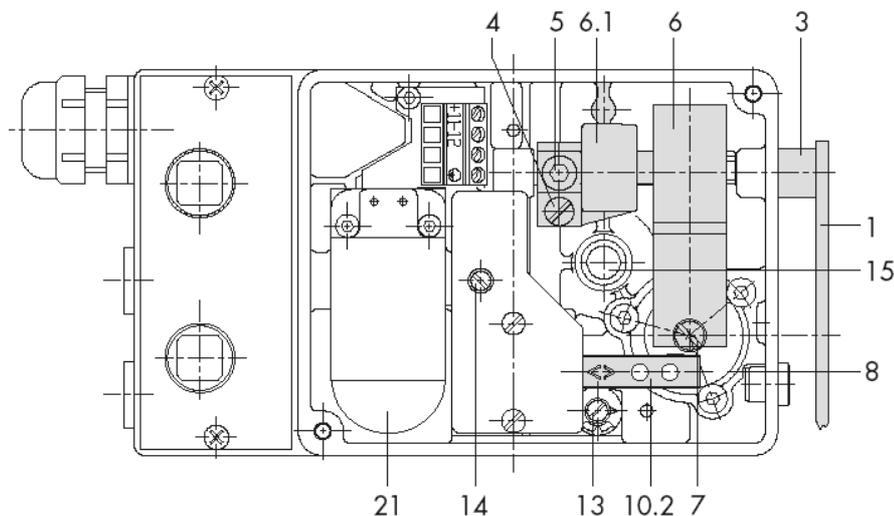
**Bild 2:** Prinzip des ersten digitalen Stellungsreglers .



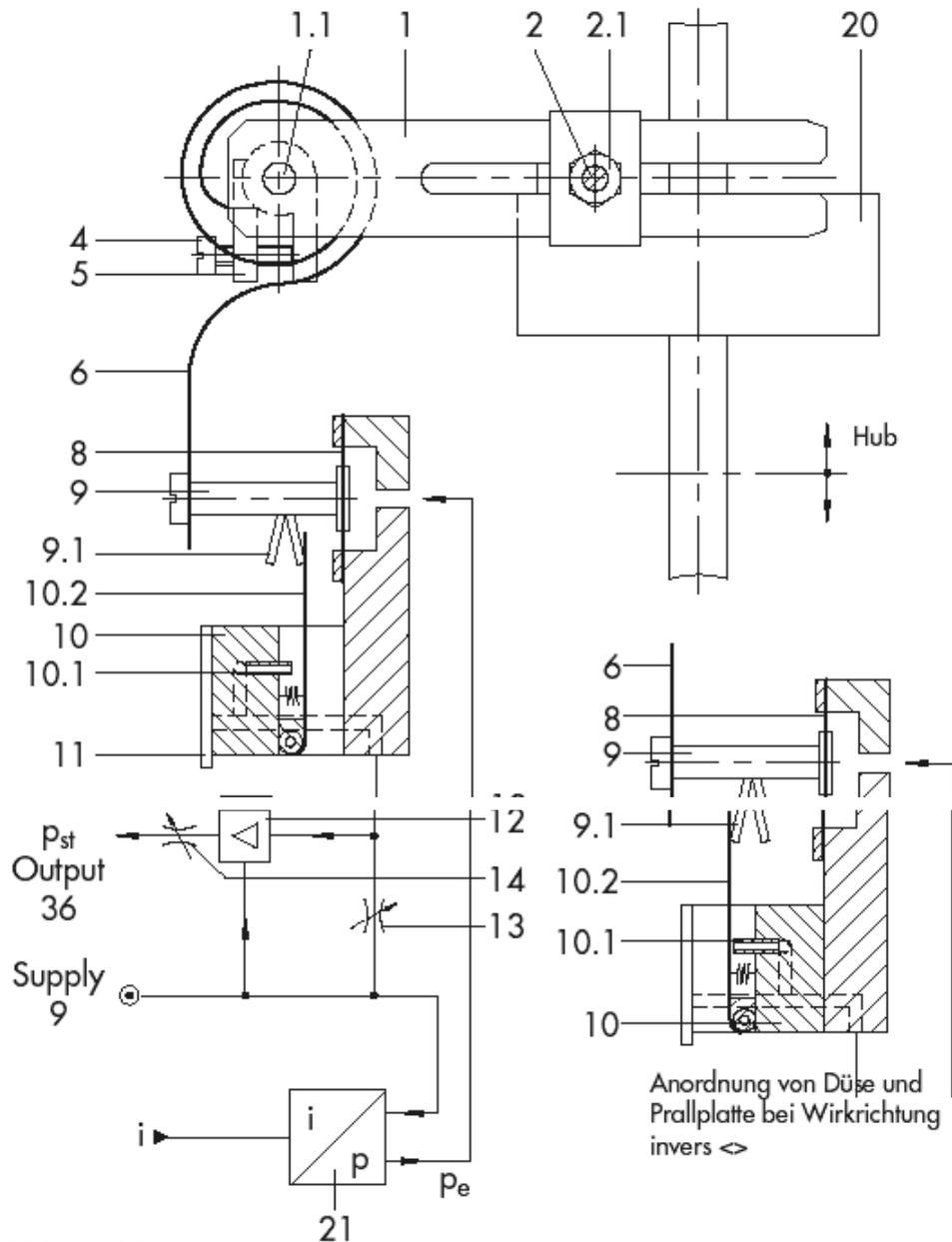
### Aufbau und Wirkungsweise

Der elektropneumatische Stellungsregler dient der Zuordnung von Ventilstellung (Regelgröße) und Stellsignal (Führungsgröße). Dabei wird das von einer Regel- und Steuereinrichtung kommende Stellsignal mit dem Hub des Stellventils verglichen und ein pneumatischer Stelldruck (Ausgangsgröße) angesteuert.

Der Stellungsregler besteht aus einer elektropneumatischen Umformereinheit (21) und dem pneumatischen Teil mit Hebel (1), Welle (1.1) und Messfeder sowie dem Steuersystem mit Düse, Prallplatte und Verstärker. Das von der Regeleinrichtung kommende Stellsignal (Eingangssignal), ein Gleichstromsignal von z.B. 4 bis 20 mA wird auf die elektropneumatische Umformereinheit (i/p-Umformer) geführt und dort in ein proportionales Drucksignal  $p_e$  umgeformt. Mit verändertem Stromsignal ändert sich auch proportional der dem pneumatischen Steuersystem zugeführte Luftdruck  $p_e$ . Der Luftdruck  $p_e$  wiederum erzeugt an der Messmembran (8) eine Stellkraft, die mit der Kraft der Messfeder (6) verglichen wird. Die Bewegung der Messmembran (8) überträgt sich über den Taststift (9.1) auf die Prallplatte (10.2) und die Düse (10.1) wird angesteuert. Änderungen des Stellsignals  $p_e$  oder der Ventilstellung bewirken eine Druckänderung in dem der Düse nachgeschalteten Verstärker (12) und der dort angesteuerte Stelldruck  $p_{st}$  bewirkt, dass die Kegelstange eine der Führungsgröße entsprechende Stellung einnimmt. Die verstellbare Volumendrossel (14) und  $X_p$ -Drossel (13) dienen der Optimierung des Stellungsregelkreises. Die Messfeder (6) ist dem Nennhub des Ventils und der Nennspanne der Führungsgröße zugeordnet und kann ausgewechselt werden.



### Geöffneter Stellungsregler



### Legende Bild 2 und 3

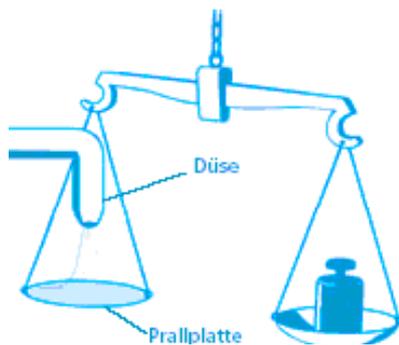
- |                             |                        |                                     |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 Hebel für Ventilhub       | 6 Messfeder            | 10.1 Düse                           |
| 1.1 Welle                   | 6.1 Anschlagwinkel     | 10.2 Prallplatte                    |
| 2 Stift                     | 7 Befestigungsschraube | 11 Abdeckblech                      |
| 2.1 Mutter                  | 8 Messmembran          | 12 Verstärker                       |
| 3 Hülse                     | 9 Membranteller        | 13 X <sub>v</sub> -Drossel          |
| 4 Nullpunkteinstellung Zero | 9.1 Taststift          | 14 Volumendrossel Q                 |
| 5 Befestigungsschraube      | 10 Düsenträger         | 15 Bohrung für Befestigungsschraube |
|                             |                        | 20 Platte                           |
|                             |                        | 21 i/p-Umformereinheit              |

Bild 3 · Wirkbild



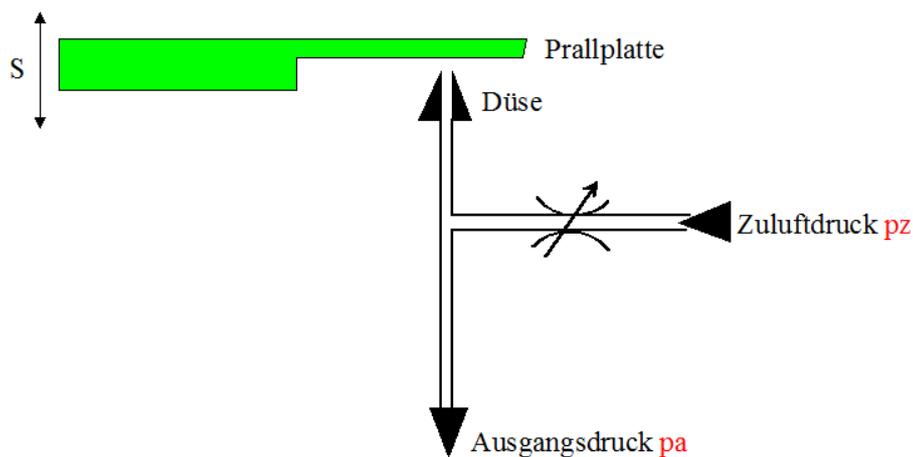
### 8.12 Düse-Prallplatten-System

Der Nachteil dieser Geräte ist ihr äußerst komplexer Aufbau, der sie teuer und empfindlich gegenüber Verschmutzung macht. Außerdem verbrauchen sie, sofern sie nach dem *Düse-Prallplatte-Prinzip* arbeiten, auch dann Druckluft, wenn sich die Armatur gar nicht bewegt. (siehe Skizze)

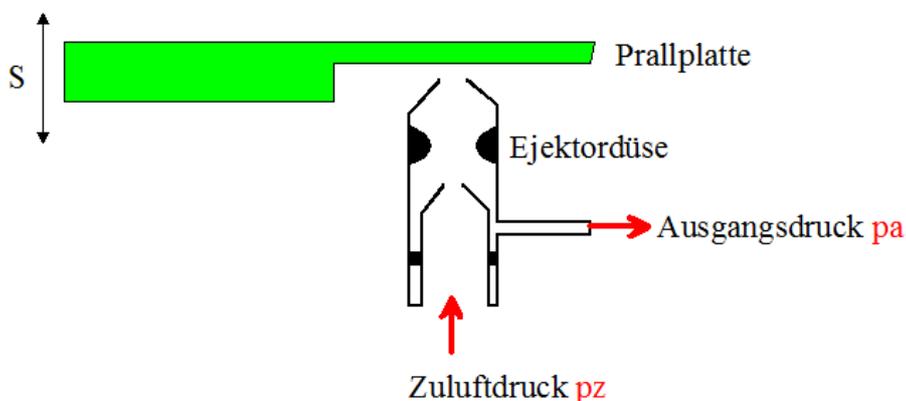


#### **Düse-Prallplatte-Prinzip:**

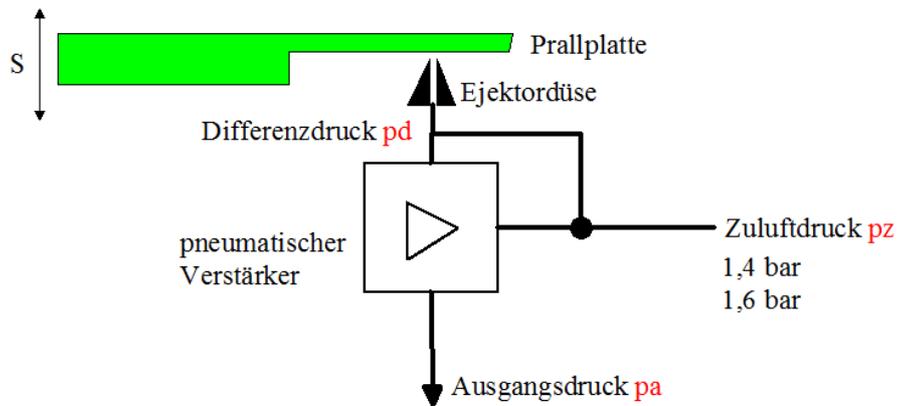
Vergleichbar mit einer Balkenwaage bei der ein Gewicht von einer Luftpresse, die von oben gegen eine Platte auf der Gegenseite bläst im Gleichgewicht gehalten wird. (siehe Skizze links)



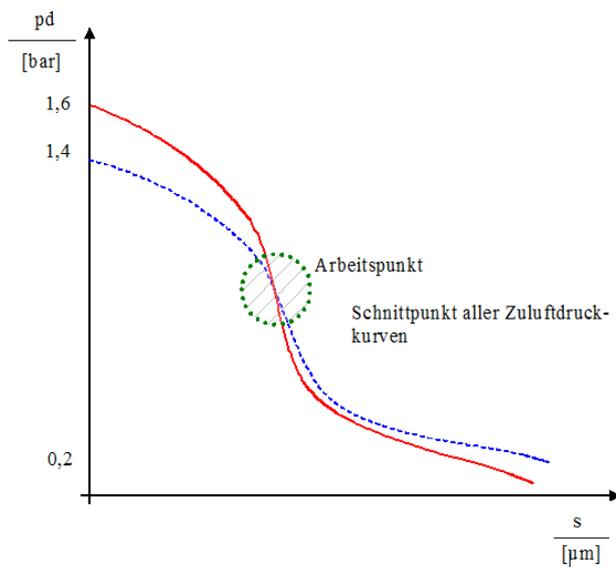
#### Funktionsprinzip eines Düse-Prallplattensystems



#### Aufbau einer Ejektordüse



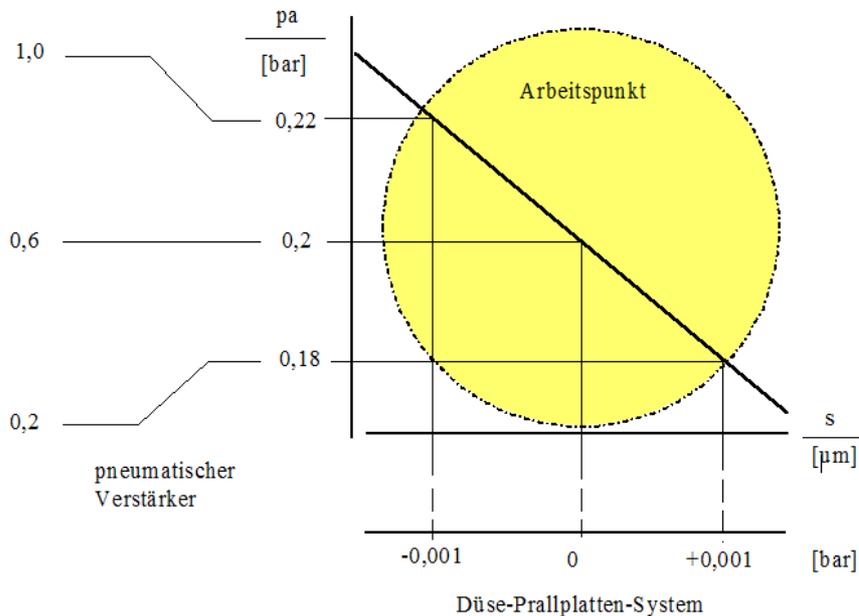
Pneumatischer Verstärker



Differenzdrücke in Abhängigkeit vom Zuluftdruck



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	<b>Aktuatorik</b>	07. Januar.2018



### Arbeitspunkt eines Düse-Prallplatten-Systems

Ein Stellungsregler kann aus regelungstechnischer Sicht als Folgeregler bezeichnet werden. Er bildet mit dem sogenannten Führungsregler eine Kaskade.

Ein Stellungsregler kann mehrere Aufgaben erfüllen. Das sind im einzelnen:

- Umkehr der Wirkungsrichtung
- Erhöhung der Stellgeschwindigkeit
- Das Stellglied wird in die vorgegebene Stellung geführt
- Split Range Regelungen können einfach realisiert werden
- Der Stellungsregler erzwingt die Position auch bei Mediumsdruckschwankungen



### 8.13 Endlagenrückmeldungen

Mit Endlagenrückmeldeeinheiten (Endlagenboxen), werden die diskreten Zustände „AUF“ und „ZU“ einer Armatur rückgemeldet bzw. fern übertragen. Es handelt sich hierbei um binäre Signale, die mittels Näherungsinitiatoren (induktiv, kapazitiv) oder mechanischen Schaltern (Mikroschaltern) gebildet werden.

Endlagenrückmeldungen sind wichtige Statusinformationen in der Anlagenautomatisierung. Sie sind zum Beispiel von Bedeutung als Weiterschaltbedingung in Schrittketten, oder zur Herstellung sicherer Anlagenzustände.



Endlagenrückmeldung mit Schlitzinitiatoren



### Endlagenrückmeldung eines Schwenkantriebes



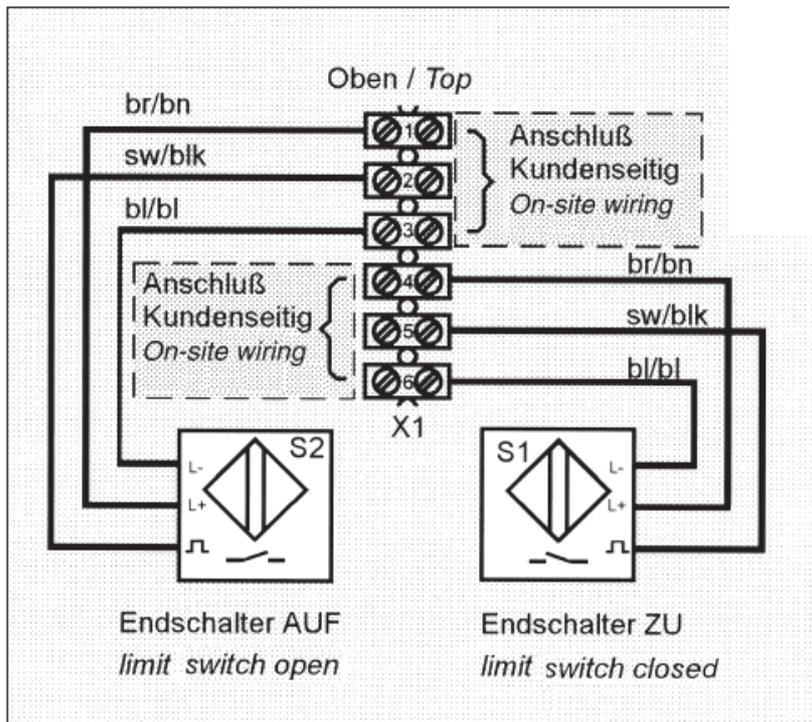
Stellung „ZU“



Stellung „AUF“



Schlitzinitiatoren



Anschlussschema