



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Inhaltsverzeichnis:

8	Aktuatorik	3
8.1	Grundlagen	3
8.1.1	Spezifikationsdaten für Aktoren	7
8.1.2	Kv-Wert	9
8.1.3	Kvs- und Kvr-Wert	9
8.1.4	Ventilkennlinien	11
8.1.5	Kavitation und Flashing	17
8.1.6	Der Kavitationskoeffizient	19
8.1.7	Abrasion, Erosion und Vibration	21
8.2	Regelventile	22
8.2.1	Ventilgehäuse und Sitz- / Kegelgarnituren	24
8.2.2	Drosselkörper	24
8.2.4	Spindelabdichtungen	25
8.3	Drehkegelventil	26
8.4	Gleit- / Segmentschieber	27
8.5	Regelklappe	30
8.6	Absperrarmaturen	33
8.6.1	Hähne	33
8.6.2	Kugelhahn	34
8.6.3	Schieber	36
8.6.4	Ringkolbenschieber	37
8.7	Schlauchventile	40
8.7.1	Schlauchventil (Fa. Schubert & Salzer)	40
8.7.2	Quetschventil (Fa. Ako)	41
8.8	Antriebe	42
8.9	Pneumatische Antriebe	45
8.9.1	Steuerelemente	45
8.9.2	Pneumatischer Schwenkantrieb (Fa. EBRO)	47
8.9.3	Pneumatischer Drehflügelantrieb (Schwenkantrieb)	49



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.9.4 Pneumatischer Stellzylinder (Fa. Norgren)	50
8.10. Magnetventile	52
8.10.1 Aufbau von Wegeventilen in den Schaltsymbolen	52
8.11 Stellungsregler	58
8.11.1 Vom Stellungsmacher zum intelligenten Stellungsregler	59
8.12 Düse-Prallplatten-System	63
8.13 Endlagenrückmeldungen	66

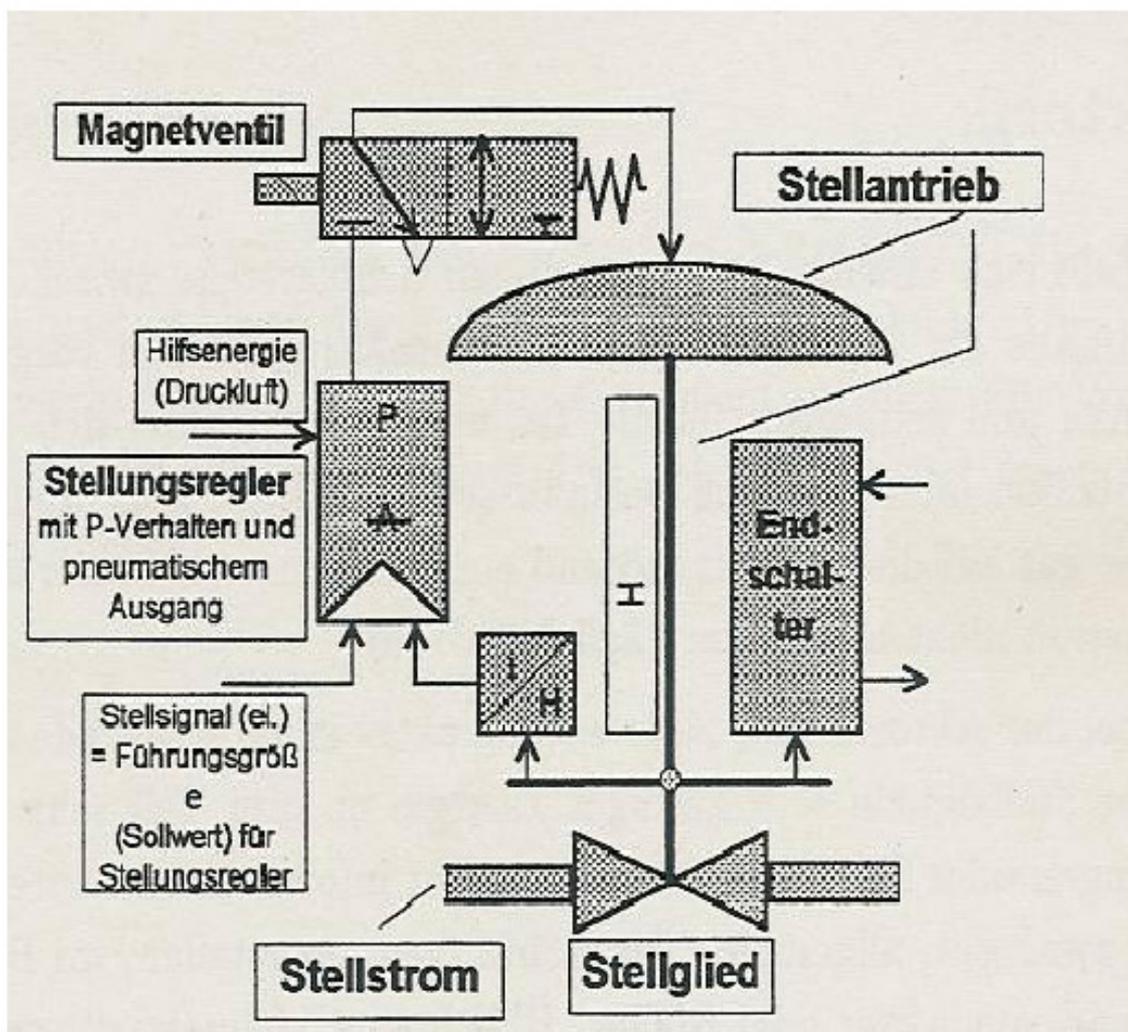


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Man unterscheidet die Aktoren in Regelarmaturen und Absperrarmaturen.

A Regelarmaturen:

Regelventil (Sitz u. Kegel)

Gleit- / Segmentschieber

Drehkegelventil

Regelklappe

B 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.

C Antriebe:

Elektrischer Stellantrieb (linear/ drehend)

Pneumatischer Stellzylinder

Pneumatischer Schwenkantrieb

Pneumatischer Liniantrieb

Pneumatischer Drehantrieb

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



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

D Anbauteile:

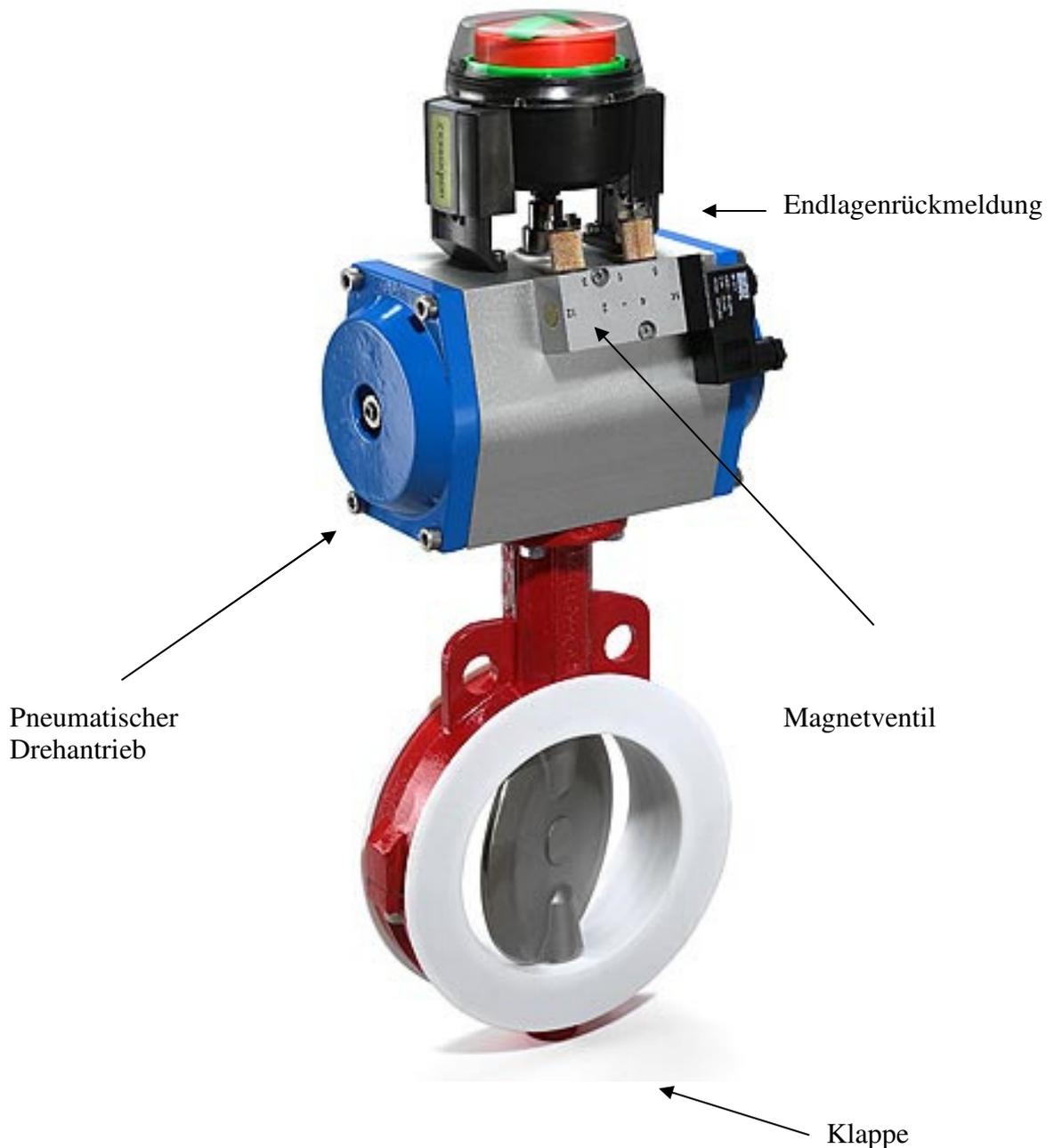
Stellungsregler

Magnetventil

Endlagenrückmeldungen



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



Klappe mit pneumatischem Drehantrieb, Magnetventil und Endlagenrückmeldung



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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
 - Systemspezifische Anforderungen und Besonderheiten
- Spezielle Anforderungen an das Stellglied
 - Bauart (Durchgangs-/Eck-/Dreibegeventil)
 - Sicherheitsfaktor für Durchflusskoeffizient
 - Erforderliches Stellverhältnis (Regelbarkeit)
 - Lebensdauieranforderungen (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 Hochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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>Aldehydesstillation</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	<i>3 bar</i>
3	Flansche Dichtg.art	<i>DIN Arbeitsleiste</i>		42	Stellsignal auf	<i>20 mA bar</i>
4				43	zu	<i>4 mA bar</i>
5	Betriebsstoff	<i>3-bar-Dampf</i>		44	x Ex-Schutz	<i>Bürde Ohm</i>
6				45	Hersteller Typ	<i>Samson 271</i>
7	Zustand Eintritt	flüss gas x dmpf		46	x pn. el	<i>Membranfläche 240 cm²</i>
8				47	Zuluft	<i>3 bar</i>
9		Einh	min max norm	48	Arm.o Hilfsenerg	auf x zu halt
10	Durchfluß	kg/h	<i>150 200 300</i>	49	Federbereich	<i>0,2-1 x 0,4-2 bar</i>
11	dp	bar	<i>0,5 0,8 3</i>	50	Handbetätigung	<i>oben seitl.</i>
12	p1(abs)	bar	<i>4 4 4</i>	51		
13	p2(abs)	bar	<i>1 3,2 3,5</i>	52	Hersteller Typ	
14	Temp. t1	C	<i>141</i>	53	Armat. Endstellg.	<i>auf zu</i>
15	Dichte	<i>2,2 kg/m³</i>		54	Art d. Schalters	<i>el ind pn</i>
16	Dampfdr.(abs)	bar		55	Schaltzustand	
17	Dyn. Viskosität	mPa.s		56	bei Endstellung	
18				57		
19	Hersteller Typ	<i>Samson 241</i>		58	Magnetventil	<i>pn Schalter</i>
20	Bauform	<i>Durchgangsventil</i>		59	Hersteller Typ	
21	XT-Wert			60	Hilfsenergie	<i>V Hz bar</i>
22	z- FL- Kc-Wert			61	ohne Hilfsenergie	<i>belüftet entlüftet</i>
23	Kv Berechn. Kvs	<i>9,5 15</i>		62	Ex-Schutz	<i>Leistungsaufnahme</i>
24	Leckmenge % Kvs			63		
25	Sitzdurch. Stellverh.	<i>32mm 20</i>		64		
26				65	Geräuschgarantie	
27	DN PN Werkstoff	<i>32 40 1.4571</i>		66	max. Schalldruckpegel	<i>dB(A)</i>
28	Flansche Dichtg.art	<i>DIN Arbeitsleiste</i>		67		
29	Baulänge	<i>180 mm</i>		68		
30	beheizt			69		
31				70		
32	Kugelart Kennlinie	VP lin gl X az		71		
33	x Einsitz	<i>Doppelsitz</i>		72		
34	Abdichtung/Werkstoff:	<i>metallisch/4571</i>		73		
35	Panzerung Werkstoff			74		
36	Ausführg. Fase Oberfläche	<i>voll</i>		75		
37	Stopfbuch x selbstnachst. nachstbar			76		
38	Packung x Dachman. Seidenschnur			77		
39	Faltenbalg Verlängerung			78		
R				R		
0	22.07.199	May		Sämtliche Angaben sind vom Lieferer zu überprüfen und ggf. zu berichtigen. Die Gewährleistungspflicht des Lieferers wird durch obige Angaben nicht eingeschränkt		
Rev	Datum	bearbeitet	Rev	Datum	bearbeitet	

Beispiel eines Spezifikationsblattes



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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.

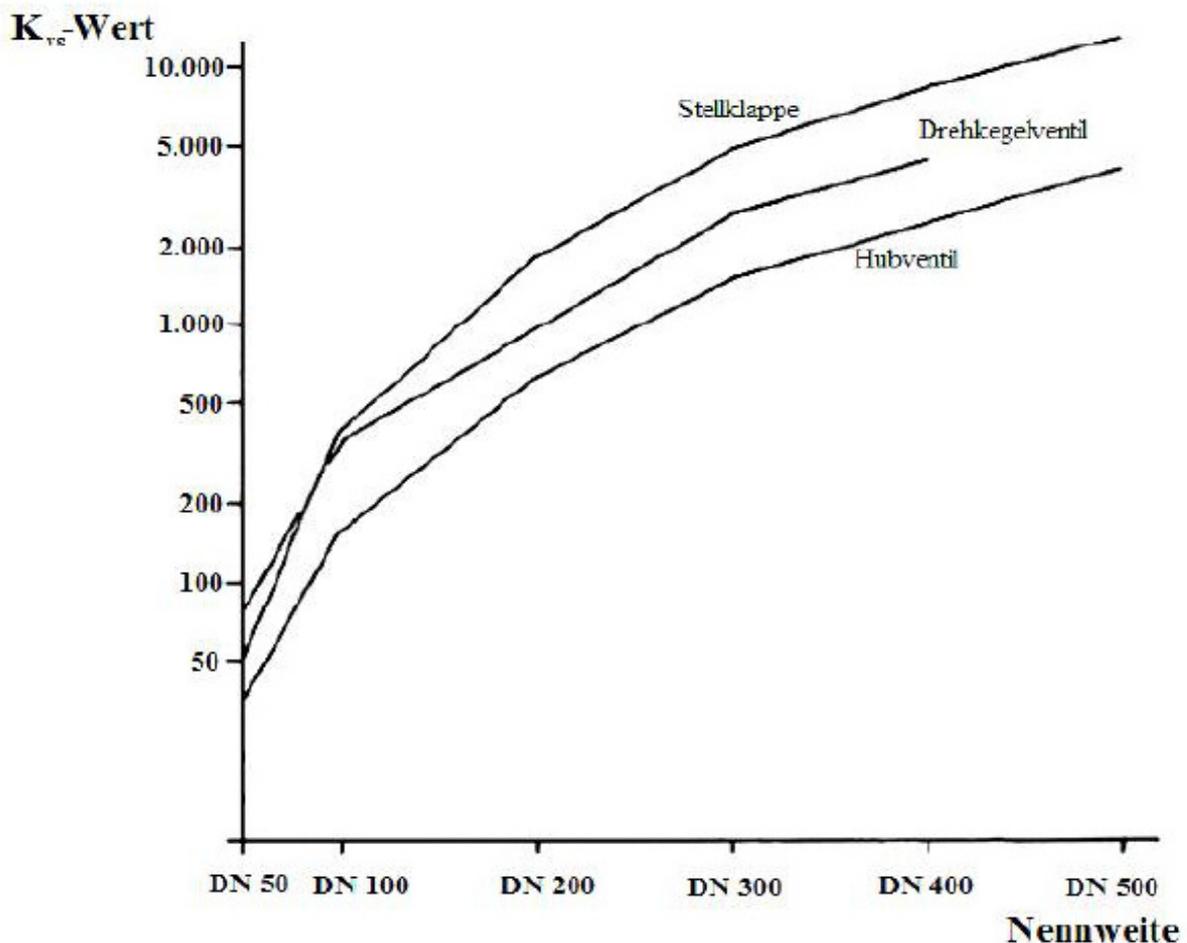


Bild 11 K_{vs} -Werte ausgewählter Aktoren

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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.

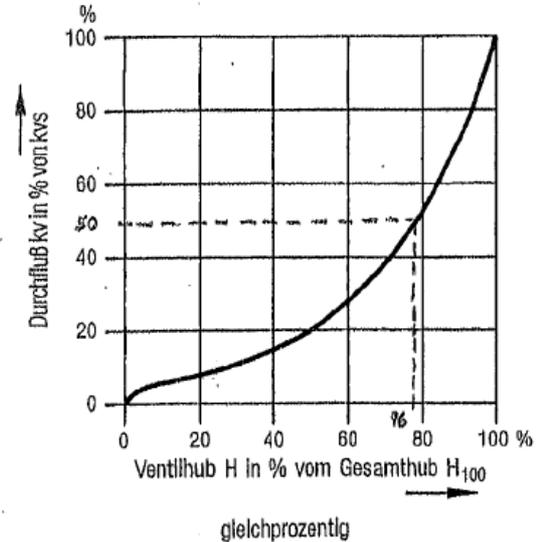
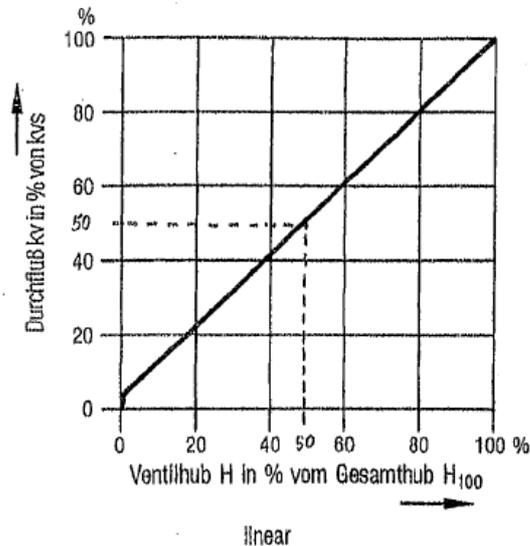
Die mathematische Formulierung ist allerdings aufwendig:

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

$e = 2,71828...$
 $n =$ Steigungsmaß
 $H =$ Hub
 $H_{100} =$ max. Hub
 $k_{v0} =$ s. u.

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

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



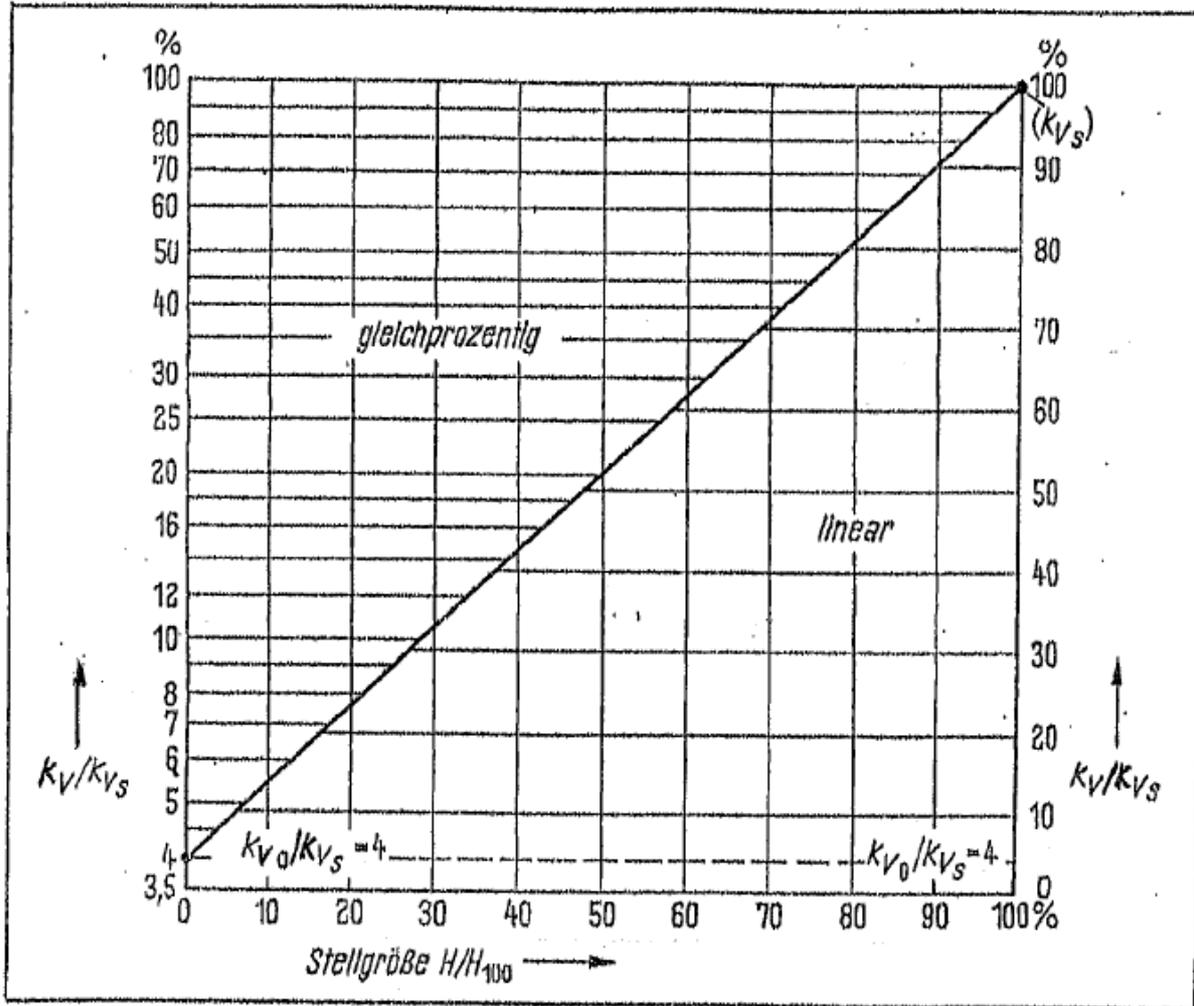
Kennlinien-Grundformen

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.



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

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Der k_v -Wert ist ein auf die genannten Einheitsbedingungen bezogener Durchfluss. Für die Kennzeichnung von Ventiltypen (Bauserien) wird der k_{v5} -Wert abgegeben, der den vorgesehenen k_v -Wert beim Nennhub des Ventils darstellt. Dieser k_{v5} -wert ist durch Messung ermittelt.

Es ist üblich, den k_{v5} -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_{v5} -Wertes ausgeglichen und es ist möglich, den maximalen Durchfluss noch zu regeln, d.h. noch zu überfahren.

DN		15	20	25	32	40	50	
ØSitz mm	Hub (mm)	K _{v5} -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	16
40		30					25	25
50							40	

DN		65	80	100	125	150	200	250
ØSitz mm	Hub (mm)	K _{v5} -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	65						630	630
250								1000

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

k_{v100} = k_v -Wert bei vollem Durchfluß

k_{v8} = 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_{vF} = 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 $k_{v8} \cdot k_{vF}$ 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



Leckage, Leckagemessung

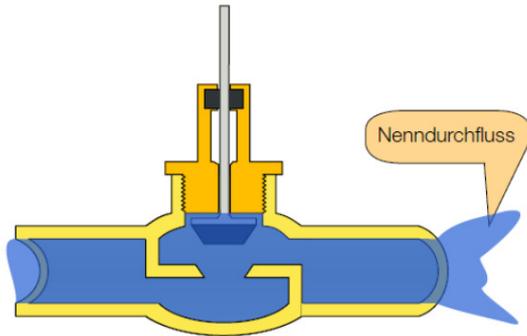


Bild 2: Armatur in Nennhubstellung >> Nenndurchfluss

Multiplikation des Nenndurchflusses Q mit dem Leckagefaktor gemäß EN 60534-4

Leckageklasse	Faktor
I	nach Absprache
II	0,005
III	0,001
IV	0,0001
IV-S1	0,000005

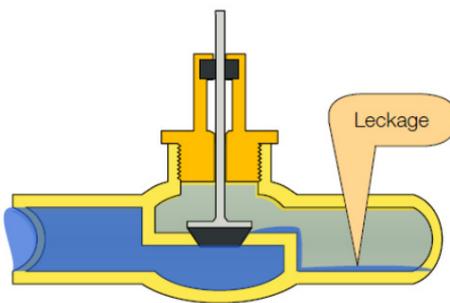
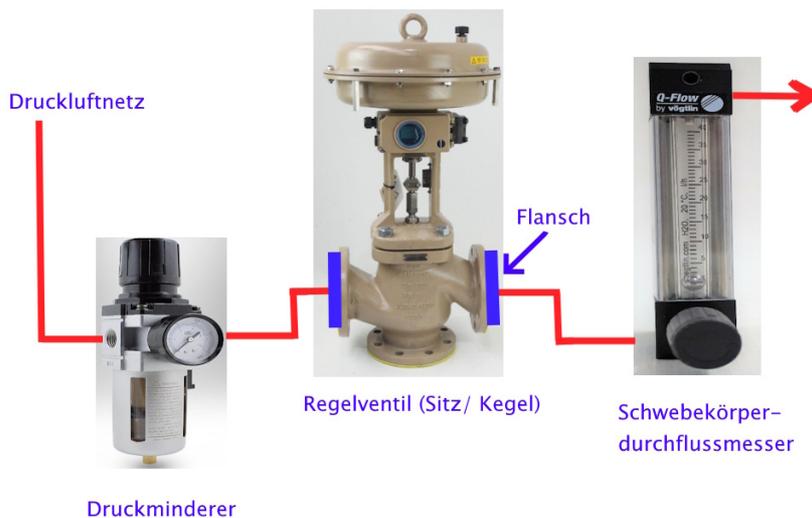


Bild 3: Geschlossene Armatur mit Leckage

Der Nenndurchfluss Q wird mit dem Faktor der Leckageklasse multipliziert, um dann die zulässige Leckage in m^3/h zu erhalten.

Je nach Leckage-Klasse, darf eine geschlossene Regelarmatur noch einen sehr kleinen Durchfluss als Leckage aufweisen.

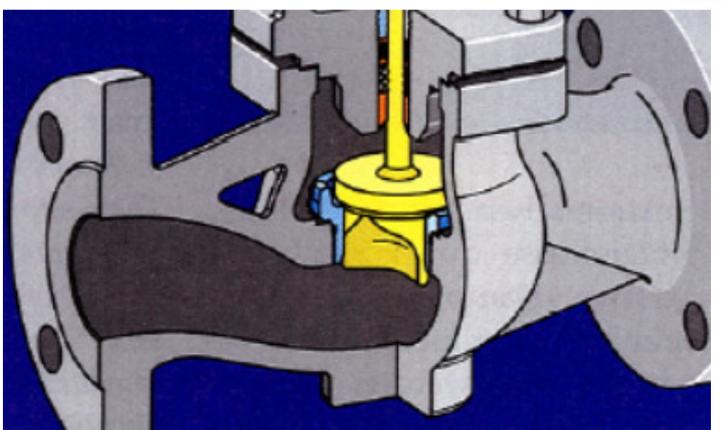


Leckageprüfung für gasförmige Medien



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Sitz und Kegel





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.1.5 Kavitation und Flashing

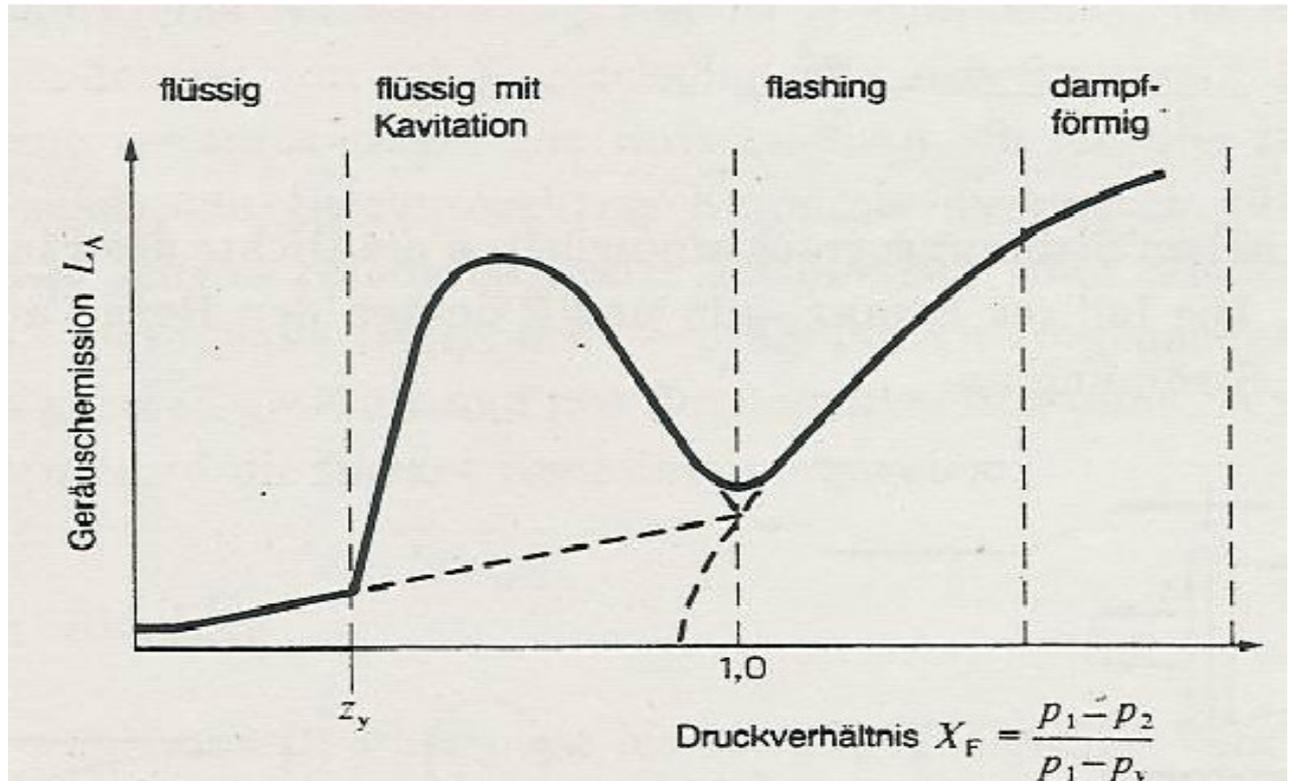


Bild 14a



Kavitationserosion Kegel



Flashingerosion Sitz



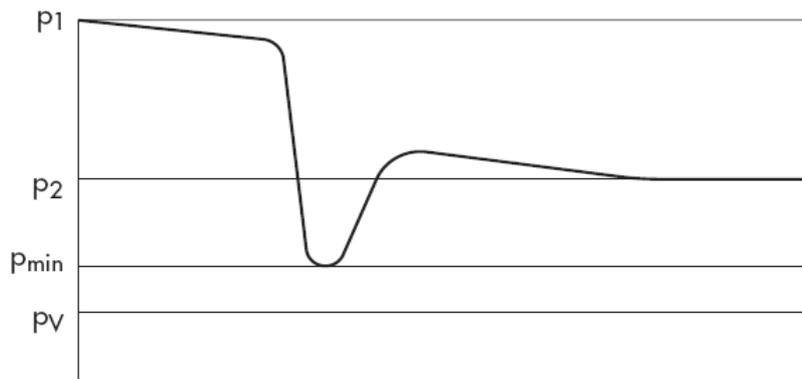
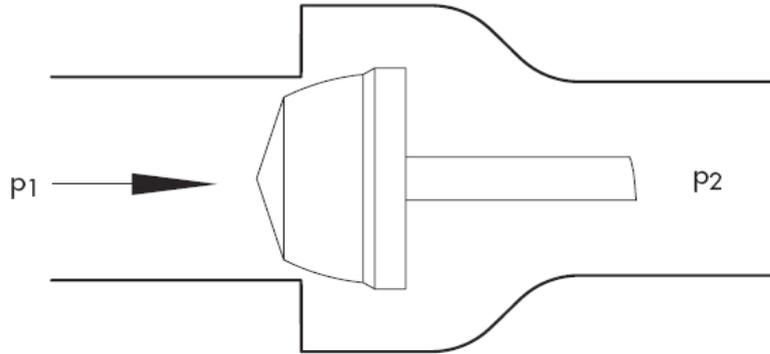
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



Kavitation in Kreiselpumpen



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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:

$$X = p_1 - p_2 / (p_1 - p_v) \quad (4-7)$$

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 Δp 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 Geräuschentwicklung, Werkstoffangriff und Durchflussbegrenzung. Unterschiedlich ist allerdings, dass sich Kavitation durch den Einsatz geeigneter Stellgliedformen vermeiden lässt, Flashing dagegen nicht.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

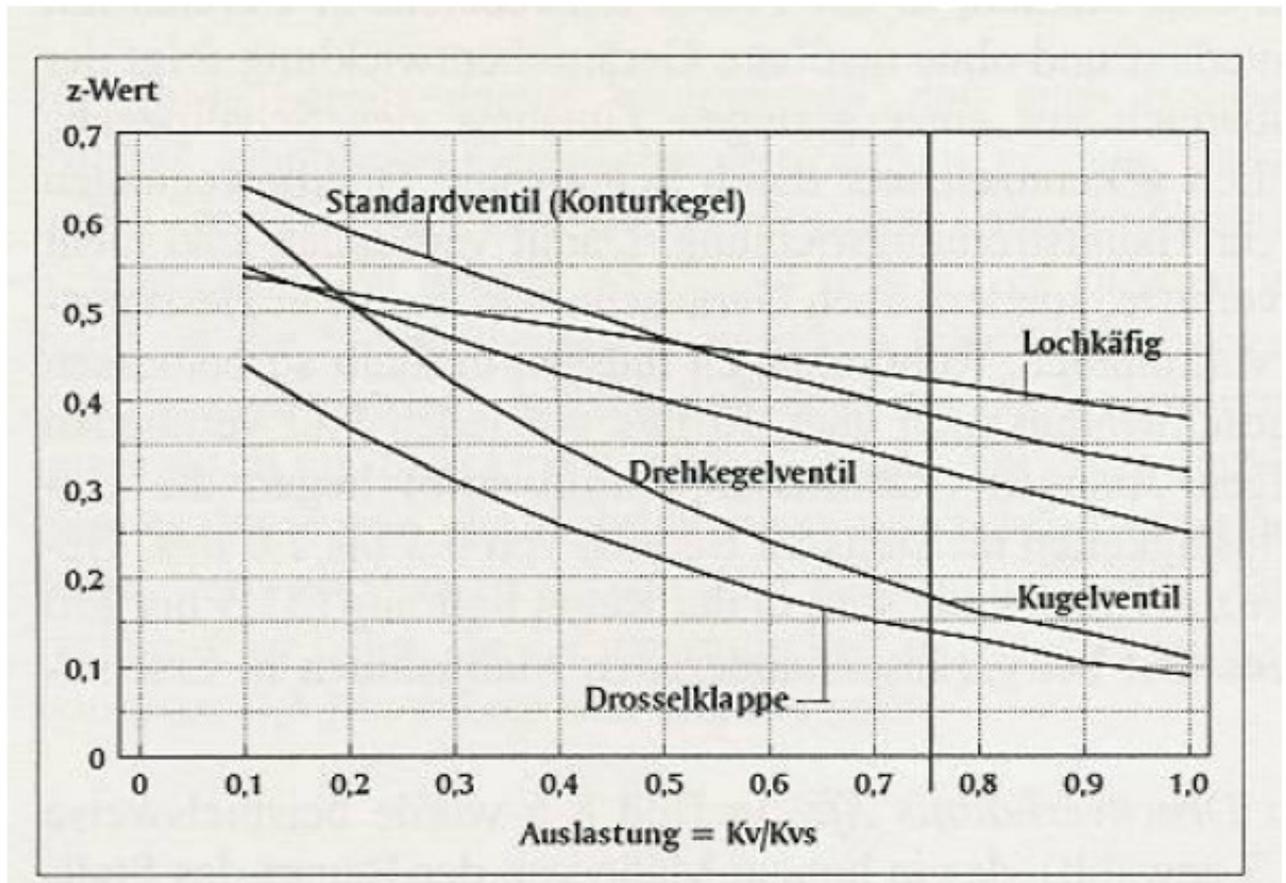


Bild 14b z-Werte verschiedener Stellventil-Baureihen

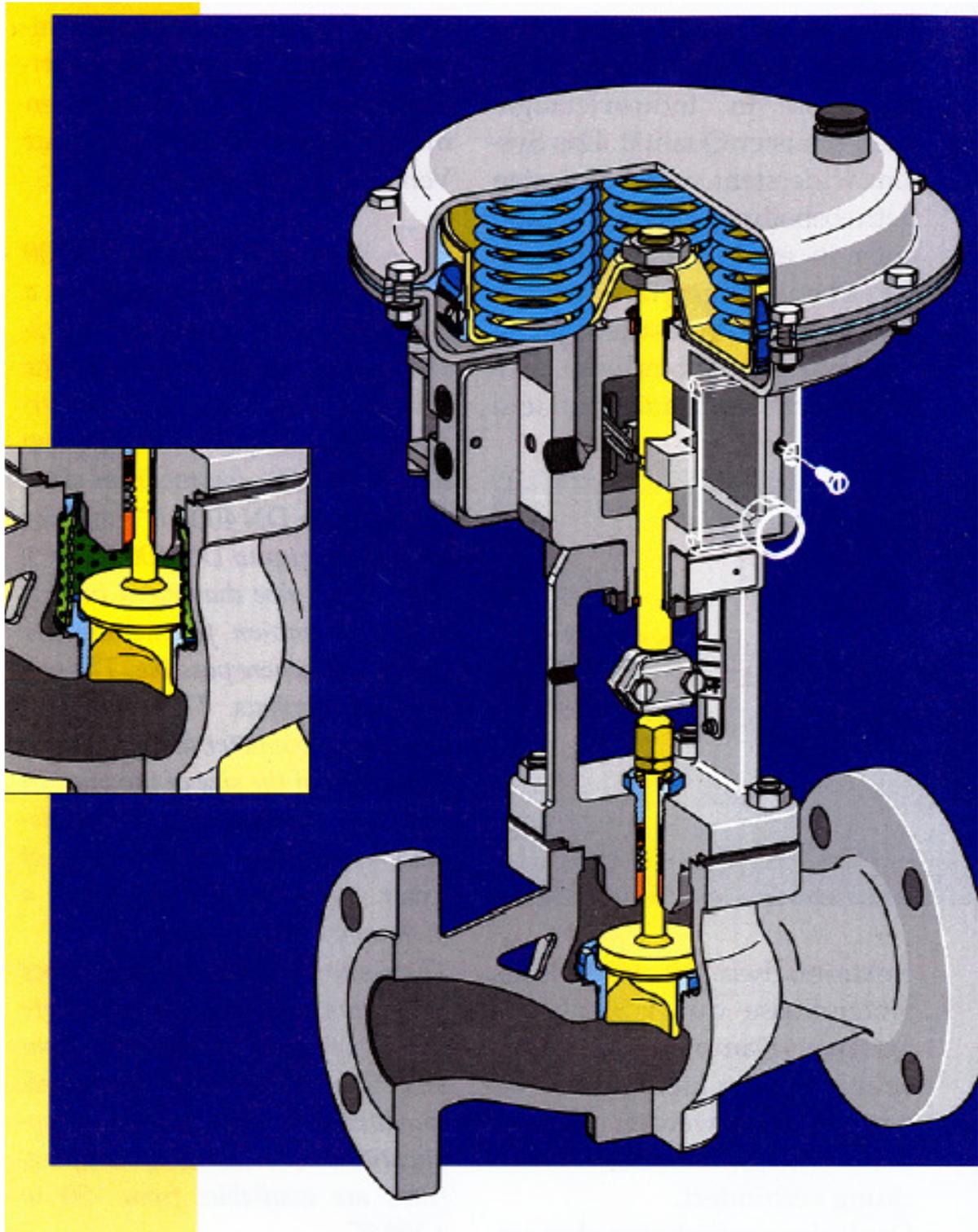
8.1.7 Abrasion, Erosion und Vibration

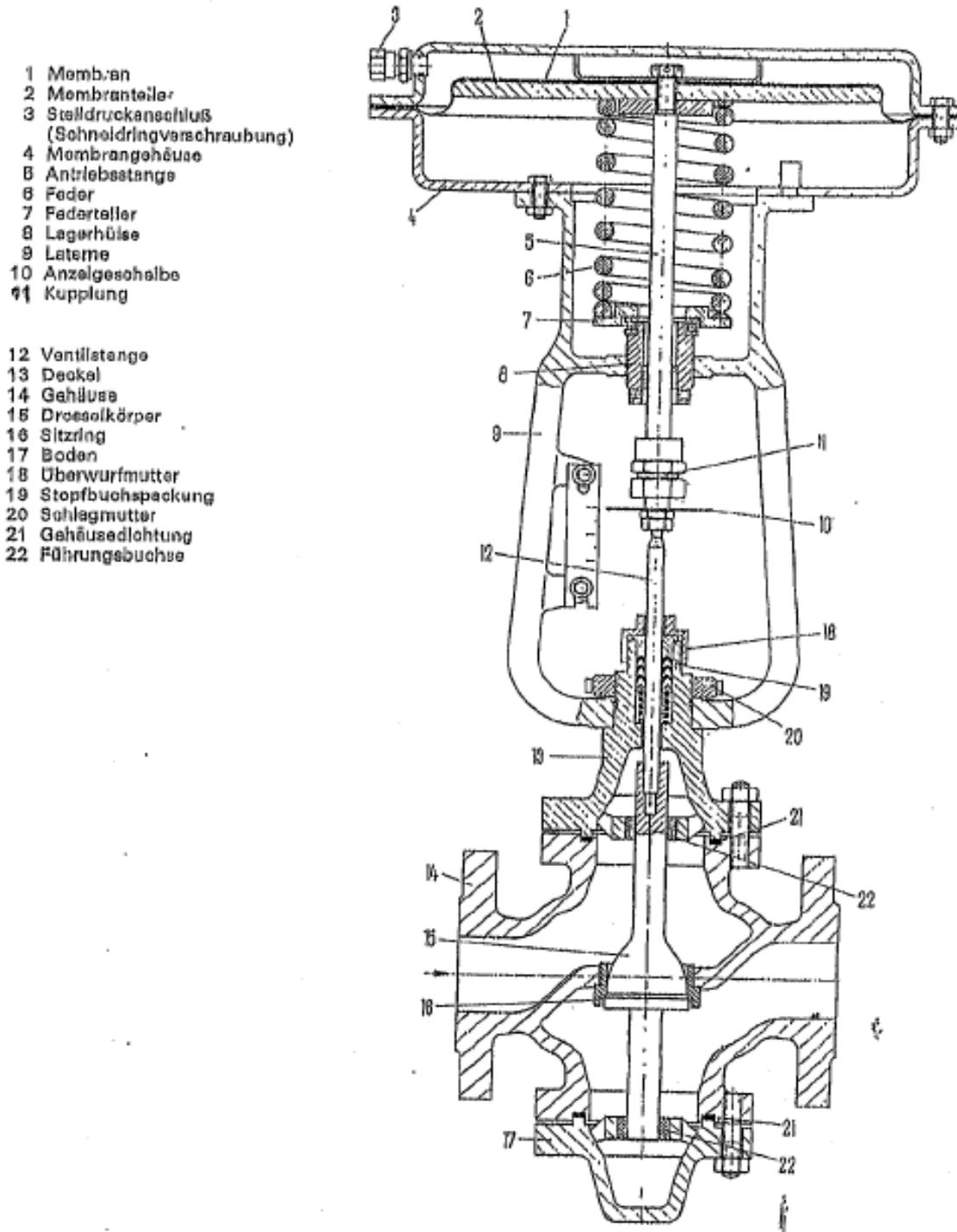
Unter Erosion und Abrasion versteht man das Abtragen von Oberflächen durch äußere Einflüsse. Sie entstehen, wenn in der Strömung mitgeführte Feststoffteilchen oder in Dampfströmungen mitgeführte Flüssigkeitströpfchen im Stellglied dem Strömungsverlauf nicht folgen können und auf, sich ihnen entgegenstellende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



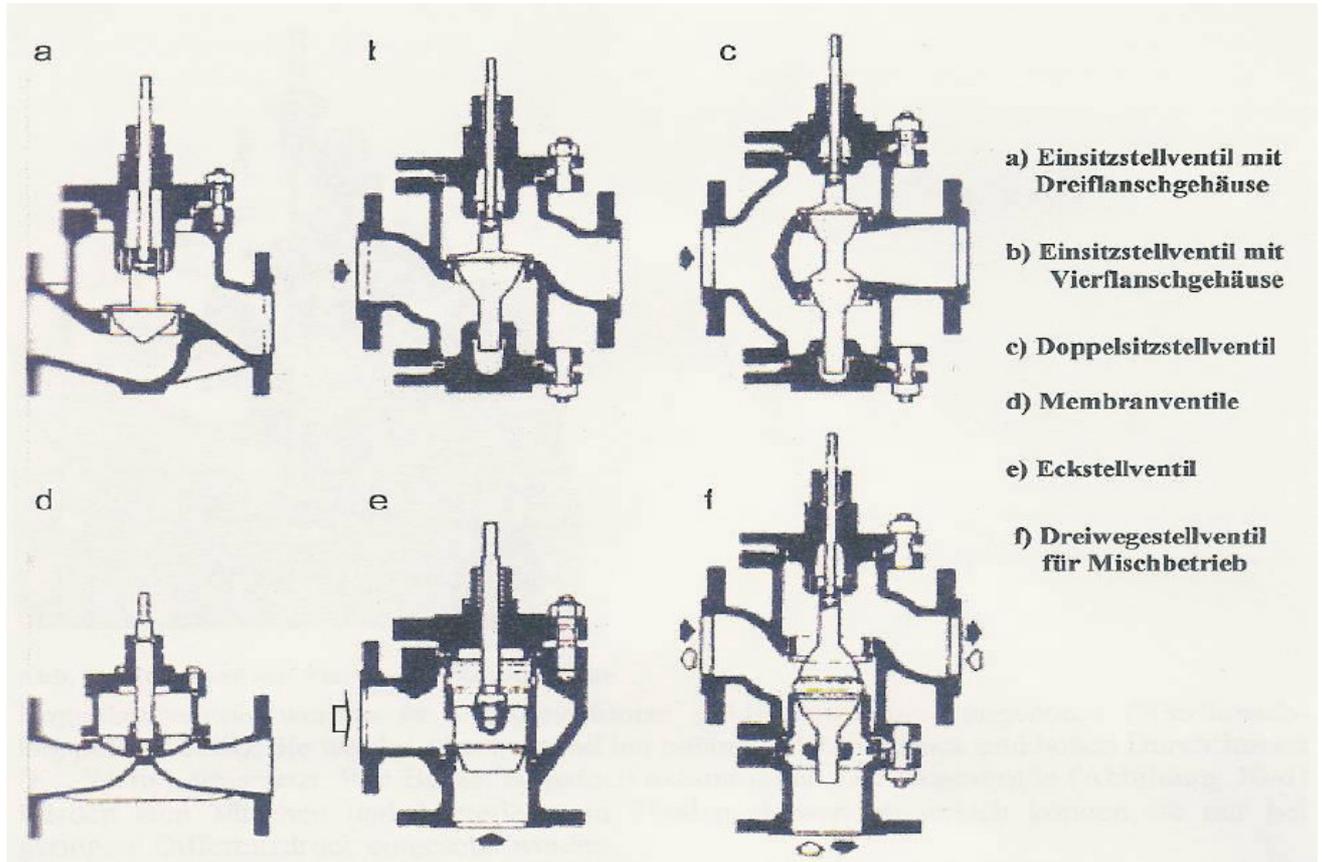


Einseitig-Durchgangsventil, Baureihe 50, zweiseitig geführt, mit pneumatischem, federbelastetem, nichtreversierbarem Stößeltrieb

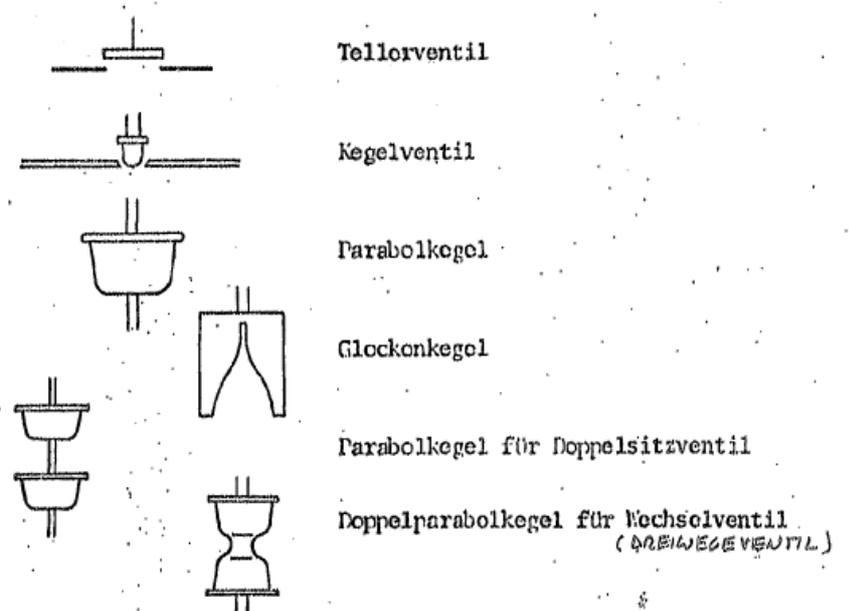


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.2.1 Ventilgehäuse und Sitz-/ Kegelgarnituren

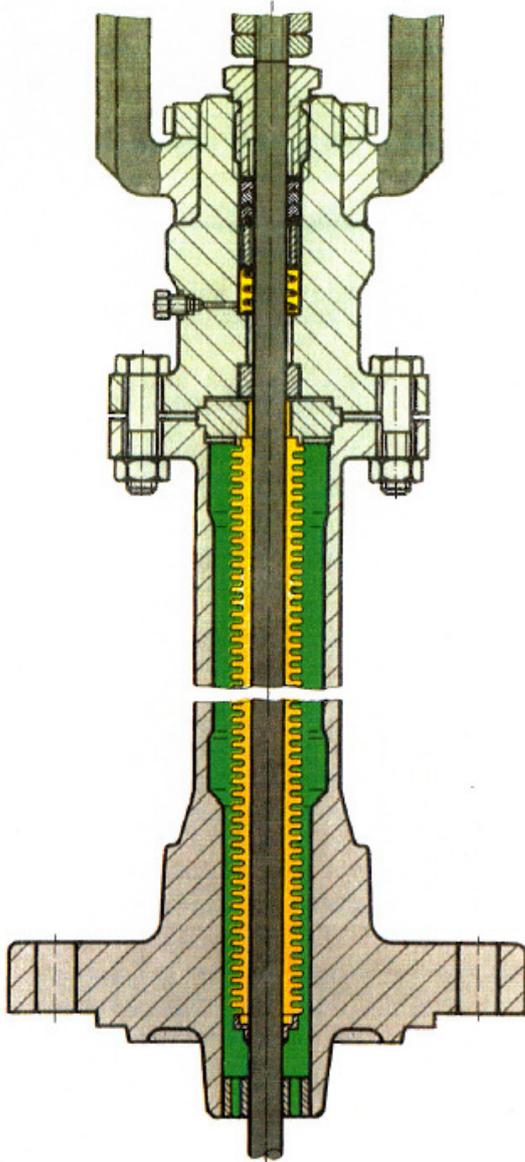


8.2.2 Drosselkörper

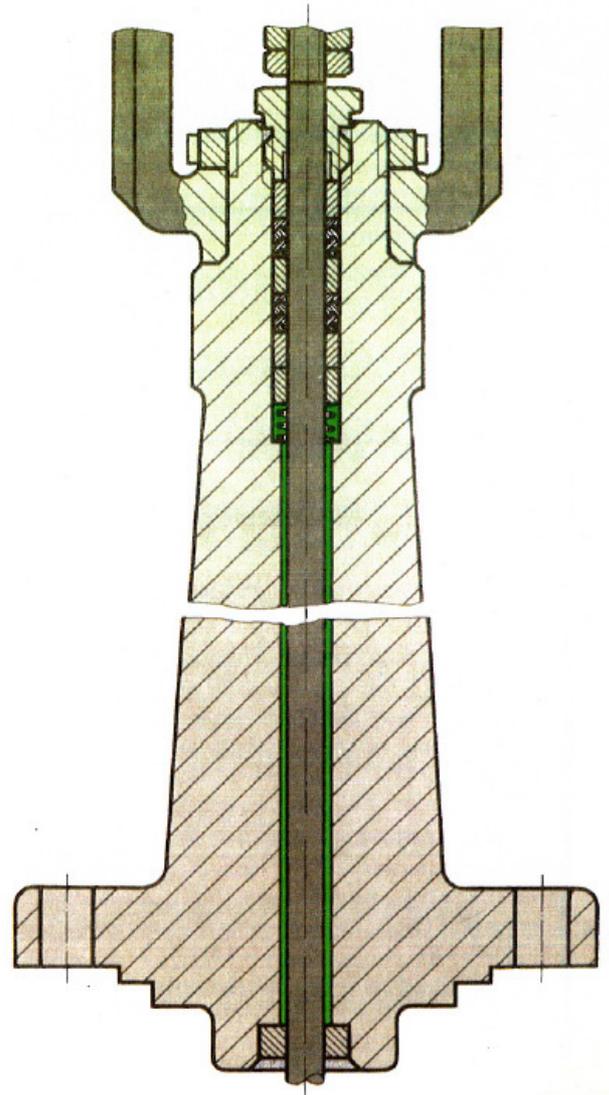




8.2.4 Spindelabdichtungen



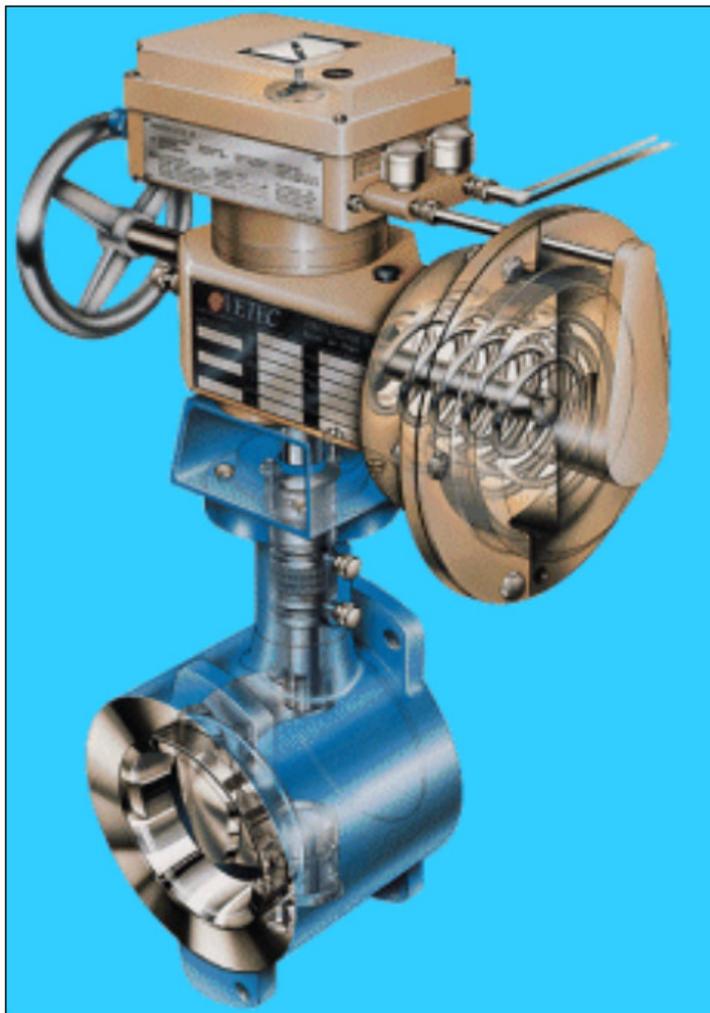
Metallbalgabdichtung



Stopfbuchse mit Isolierteil



8.3 Drehkegelventil



Die jeweils guten Eigenschaften der

Stellventile
Stellklappen und
Kugelhähne

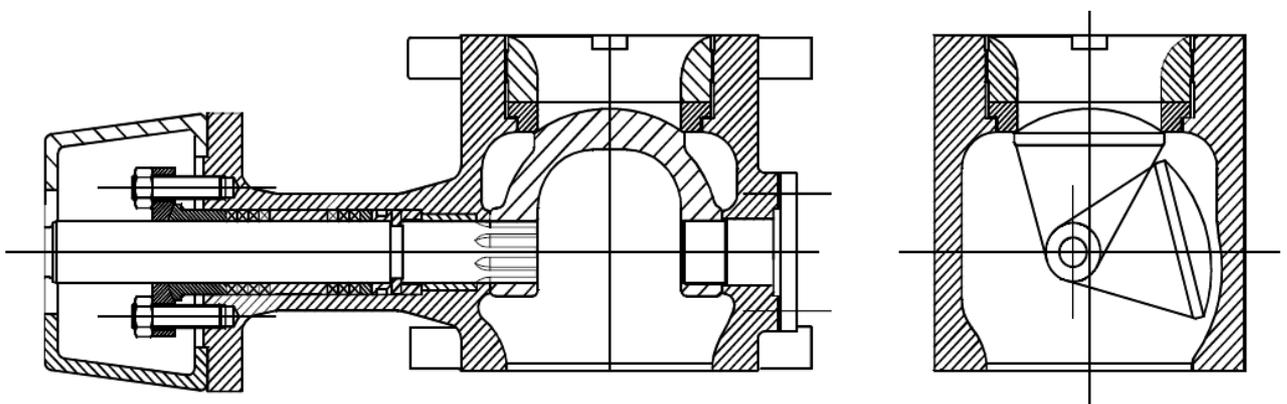
wurden im Maxifluss-Stellventil vereinigt.

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.

Besonders 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.





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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



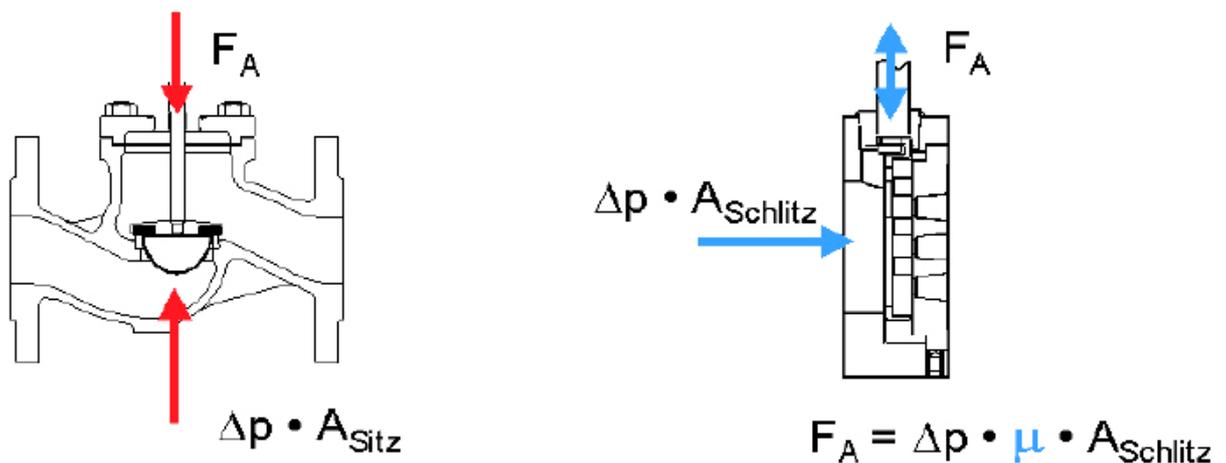
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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



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

Mit $\mu = 0,25$

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

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.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.5 Regelklappe

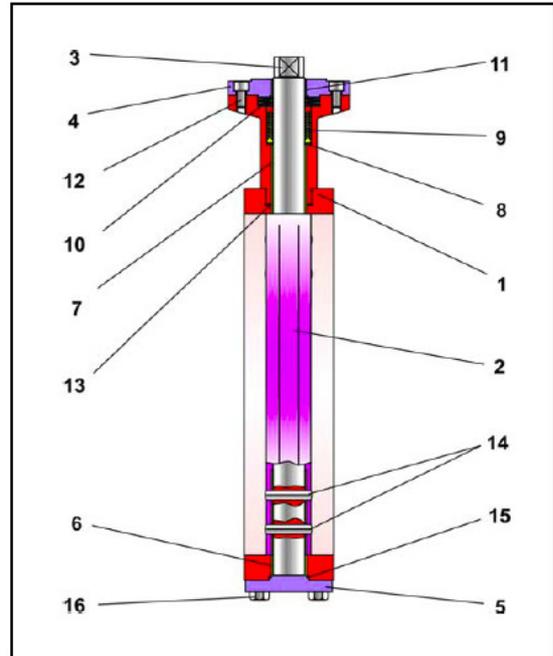


Bild 3 - Schnitt durch eine Stellklappe

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								
	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
50	1.8	7	16	26	44	70	115	170	250
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
	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:

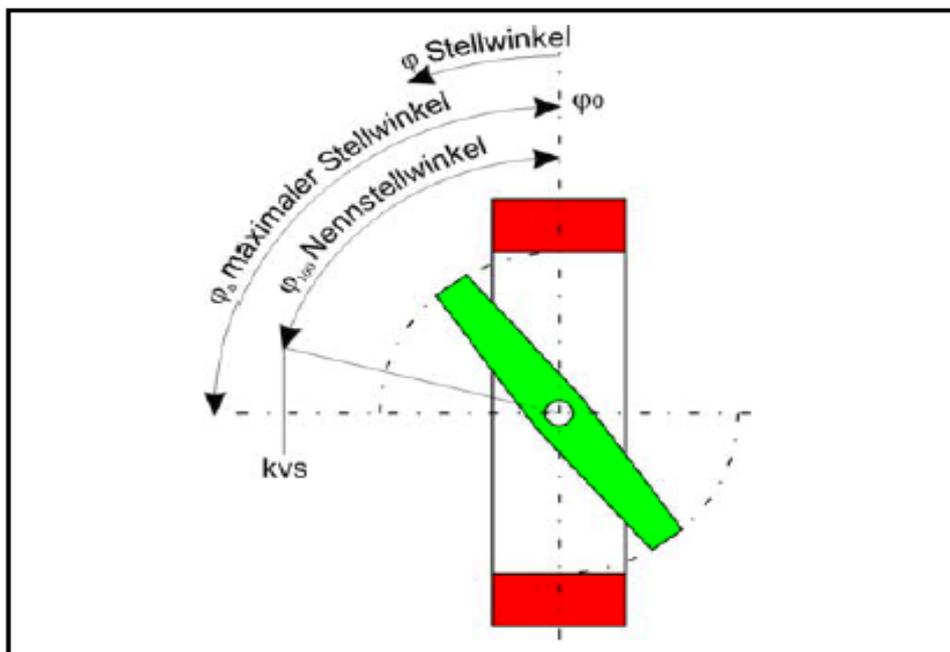
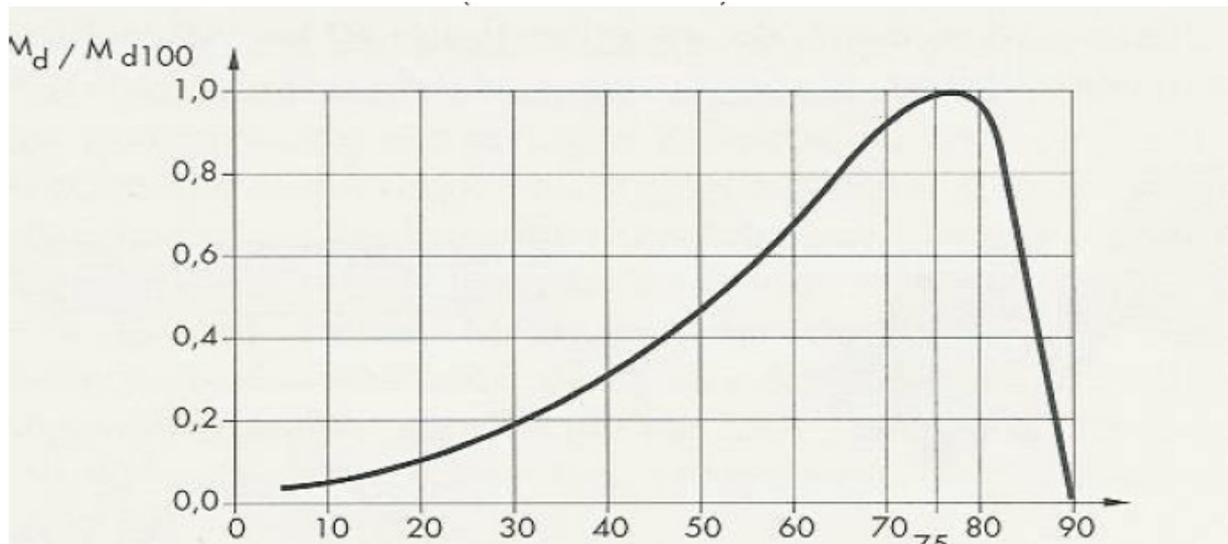


Bild 5 - Wirkbild und Bezeichnung der Stellwinkel

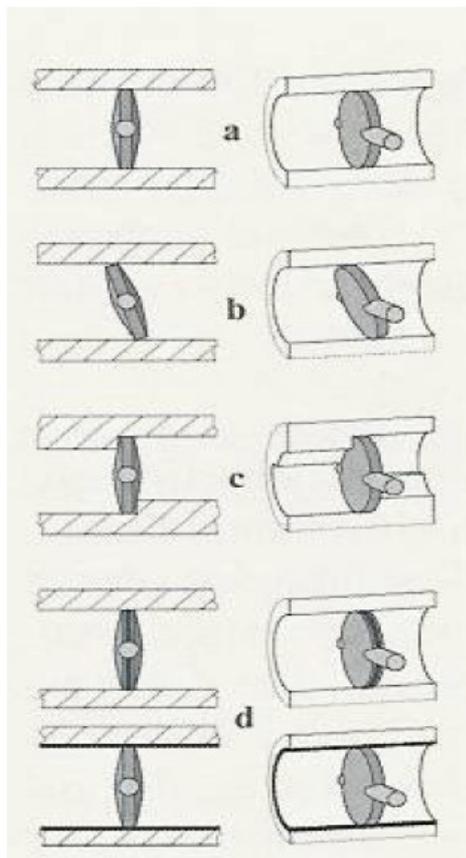


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Momente einer Klappe abhängig vom Stellwinkel

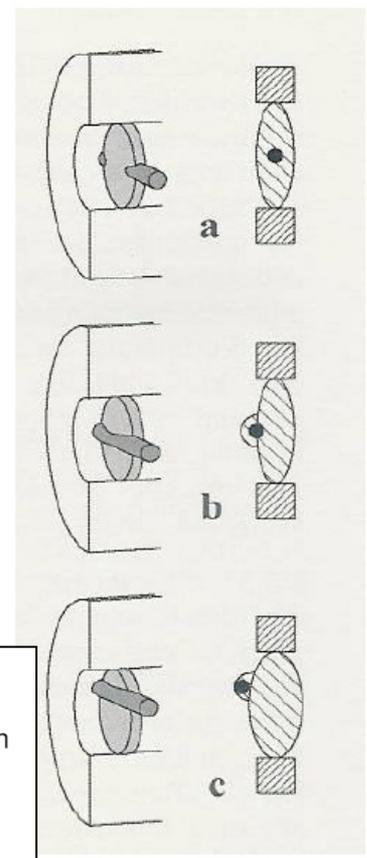


Innere Abdichtung



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

Wellen- und Scheibenanordnung



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

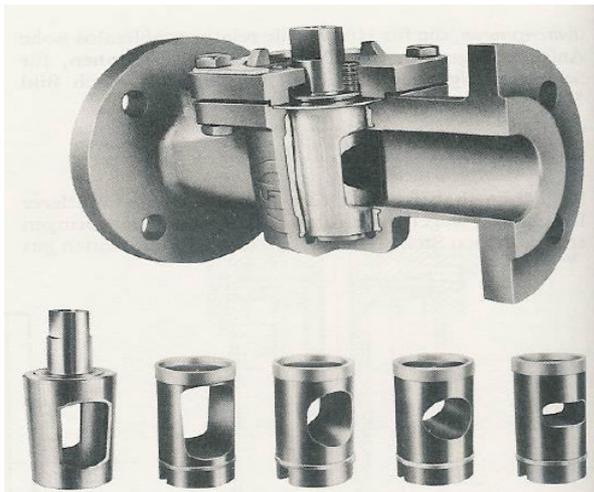
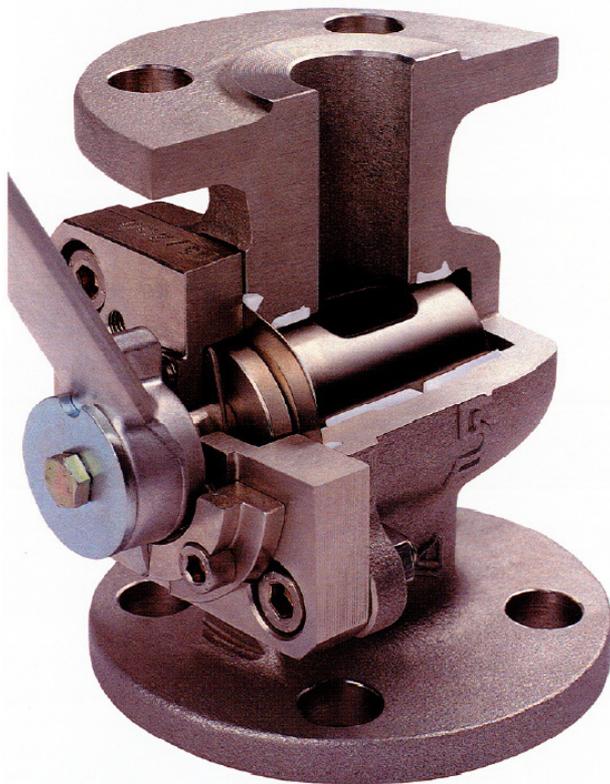


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.6 Absperrarmaturen

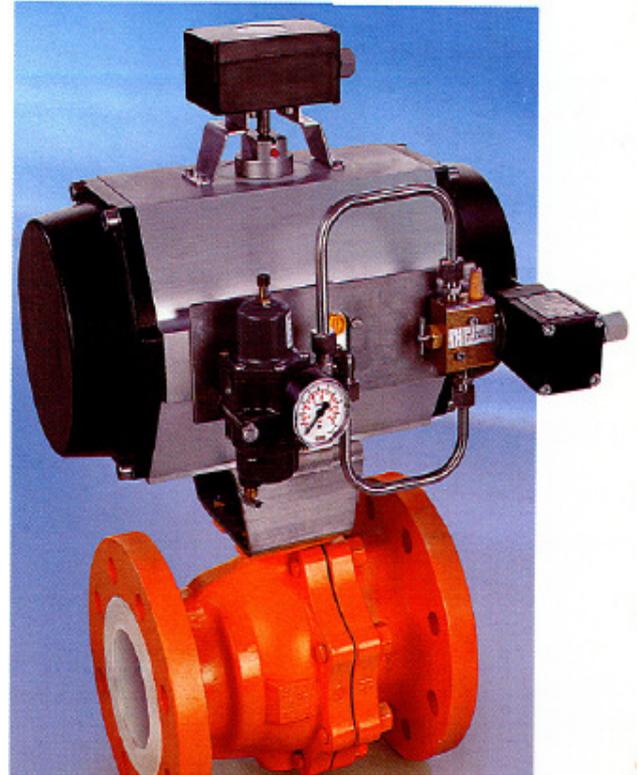
8.6.1 Hähne

Kegel-/ Kükenhahn



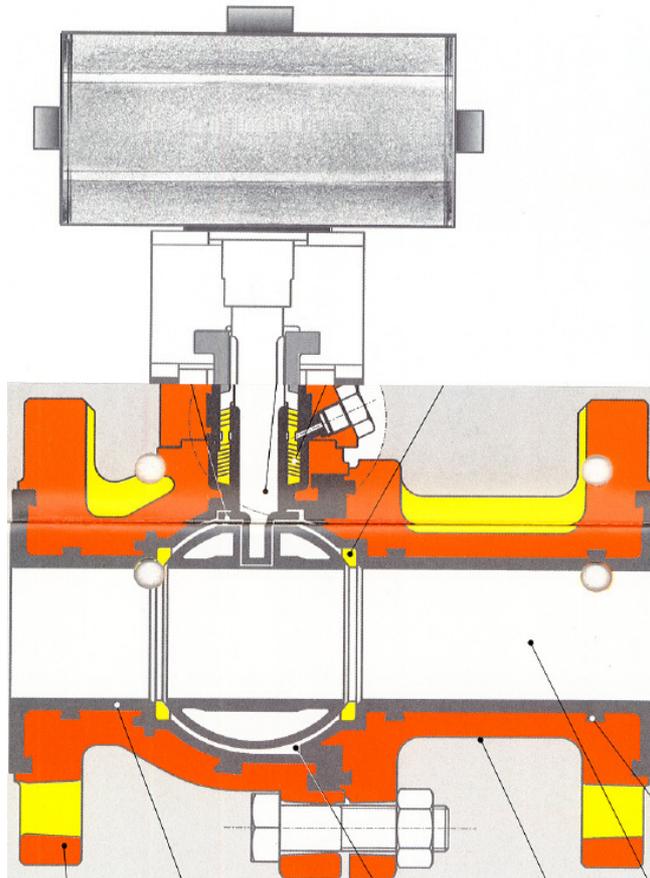


8.6.2 Kugelhahn



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 Dichtheit 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

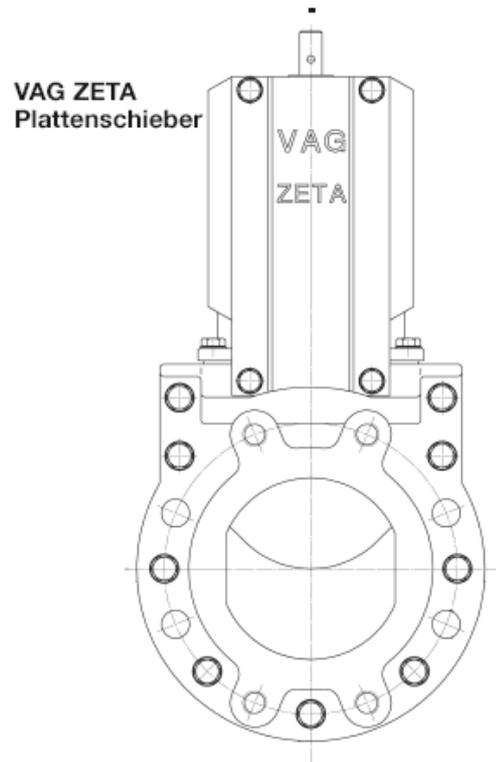
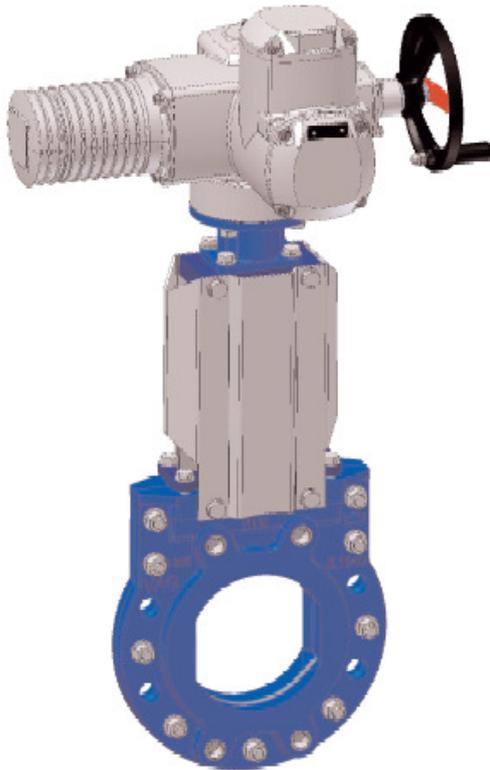
Zum kontinuierlichen Regeln sind besonders Sonderformen von Küken- und Kugelhähnen geeignet. Der Drehwinkel der Kugel bestimmt den Durchfluss über die zwischen Gehäuse und Kugelkanal freigegebenen Fläche. Ein normaler Kugelhahn mit zwei Drosselkanten hat zwar eine in weitem Stellbereich nahezu gleichprozentige 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.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

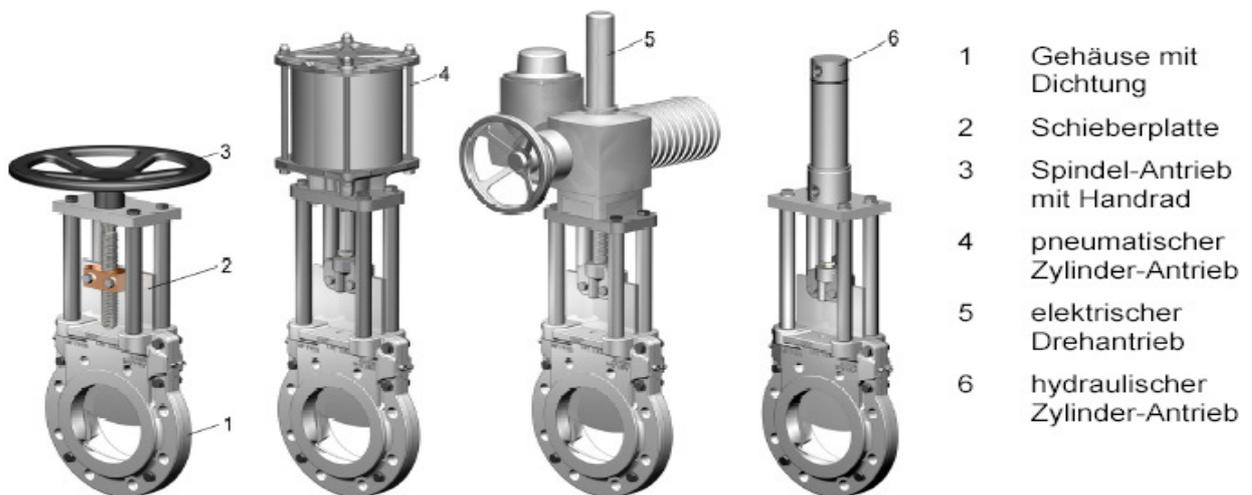
8.6.3 Schieber

Plattenschieber



VAG ZETA® Plattenschieber mit AUMA E.-Antrieb MFC

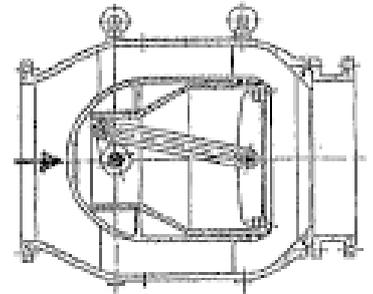
WEY® Plattenschieber –





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.6.4 Ringkolbenschieber



Fa. AB-Valves
DN 150 bis DN 1600mm
PN 16 bis 40 bar

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

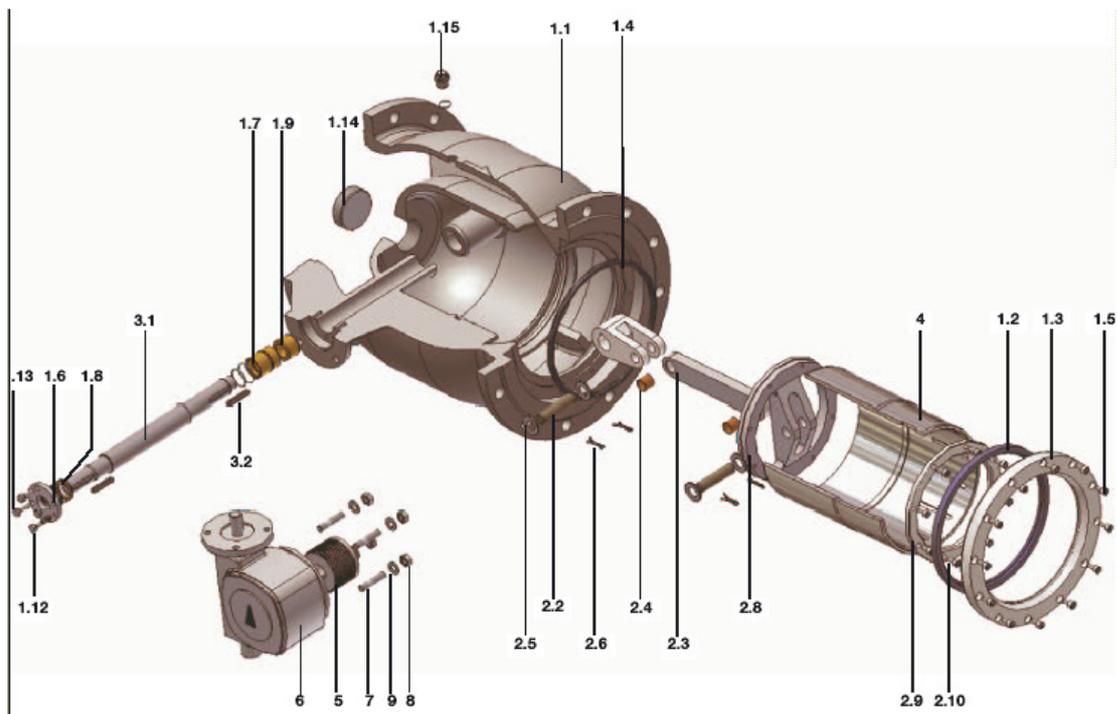
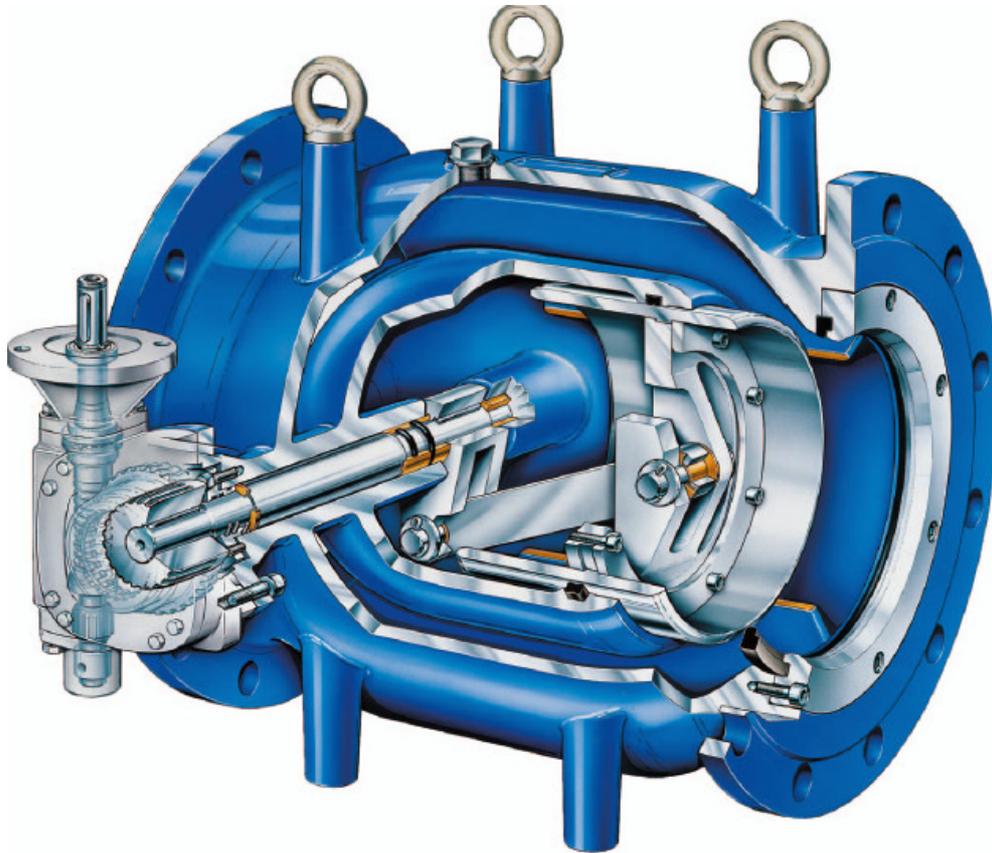
Einsatzbereich

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.



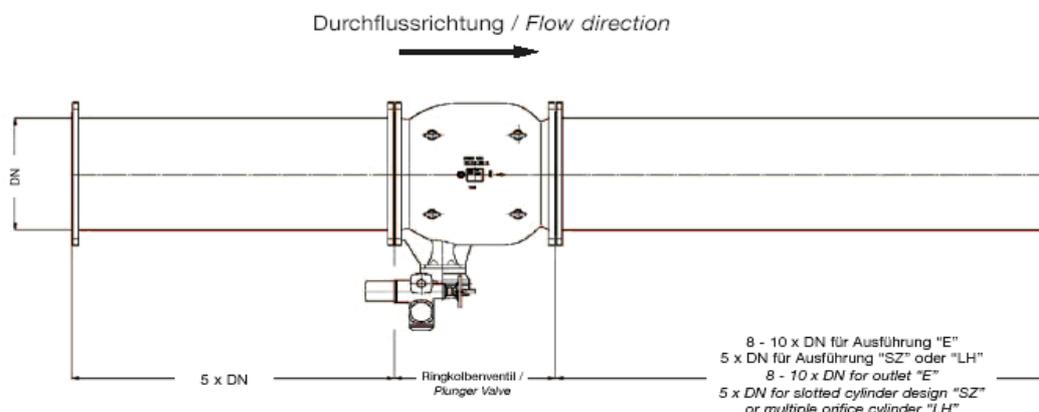




Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.7 Schlauchventile

8.7.1 Schlauchventil (Fa. Schubert & Salzer)

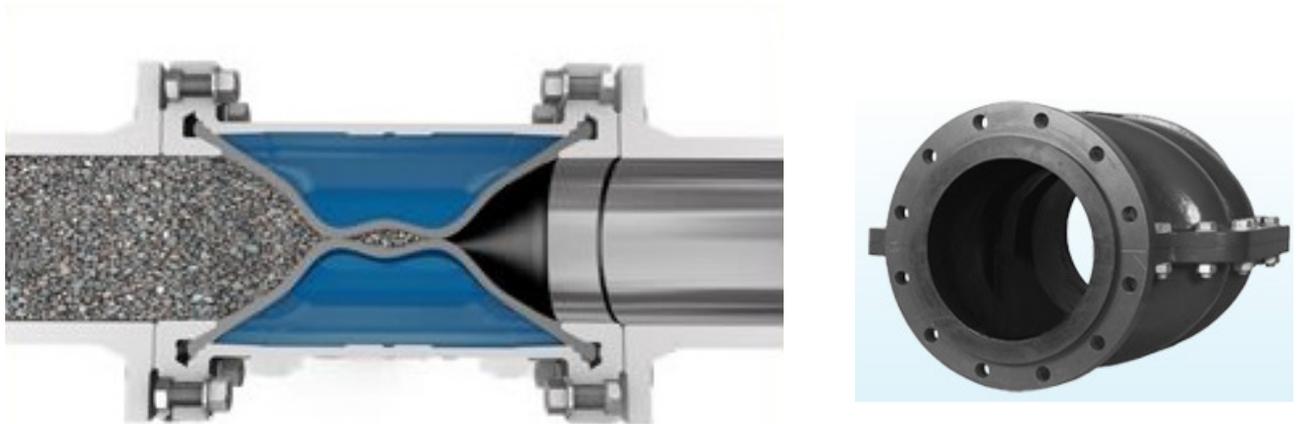
Das Stellventil 7077 für Endlosschläuche bietet eine moderne Alternative zu herkömmlichen Quetsch- oder Membranventilen. Das Schlauchventil kann an jeder beliebigen Stelle eines Endlosschlauches zum Absperrn und Regeln eingesetzt werden. Durch die totraumfreie Konstruktion können höchste hygienische 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.





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

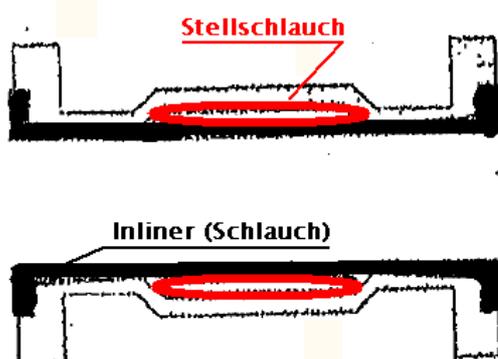
8.7.2 Quetschventil (Fa. Ako)



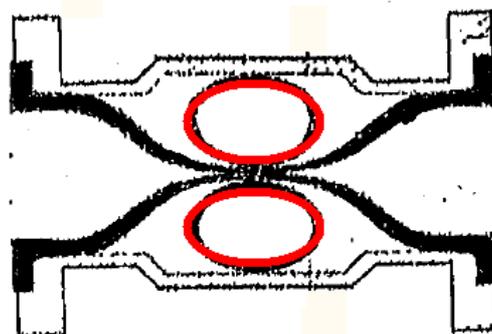
Durch Zuführung von Druckluft/Flüssigkeit (Differenzdruck min. 2 bar) in das pneumatische Quetschventil Gehäuse wird eine speziell angefertigte Manschette mit hoher Rückprallelastizität zusammengepresst. Die Konstruktion der Gehäuse garantiert ein freies lippenförmiges Schließen der Manschette. Dadurch 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“

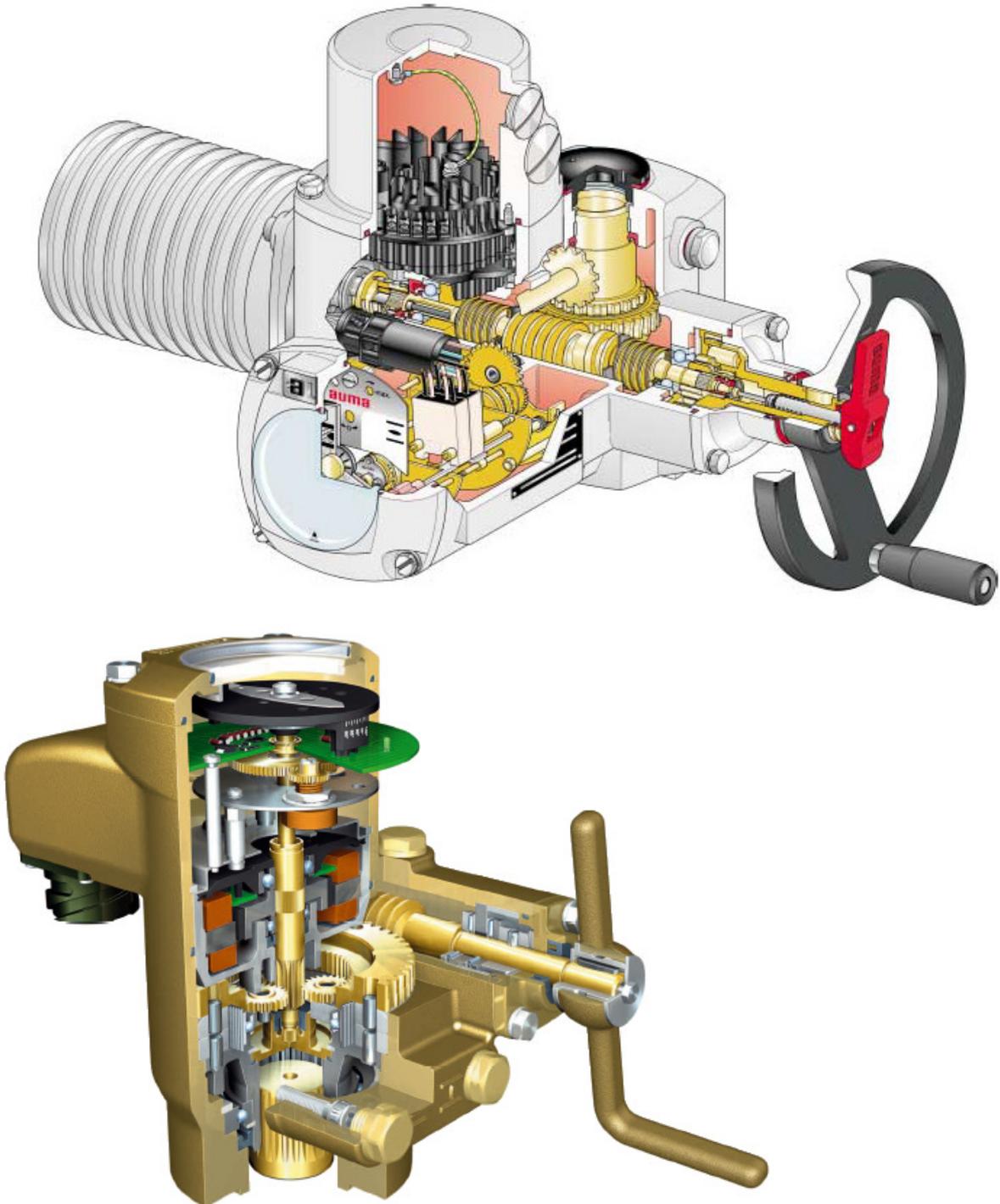




Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.8 Antriebe

Elektrischer Antrieb (Fa. Auma)





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Elektrischer Antrieb mit Fail-Safe-Einheit



MECHANISCHE LÖSUNG FÜR HÖCHSTE SICHERHEIT

Wenn es auf zuverlässiges Öffnen oder Schließen einer Armatur ankommt, sorgen mechanische Antriebslösungen für höchste Sicherheit. Bei der neuen Fail-Safe-Einheit FQM wird das im Notfall nötige Drehmoment rein mechanisch über eine Rollfeder erzeugt. Elektrische Energie wird für die Fail-Safe-Fahrt nicht benötigt.

KONSTANTES DREHMOMENT

Ein zum Patent angemeldeter Rollfedermotor sorgt bei der Fail-Safe-Fahrt für ein gleichmäßig hohes Drehmoment über den

gesamten Stellweg. Dank eines Überlagerungsgetriebes ist die Rollfeder bei Normalbetrieb entkoppelt und muss nicht mitbewegt werden. Entsprechend klein kann der Antrieb dimensioniert werden.

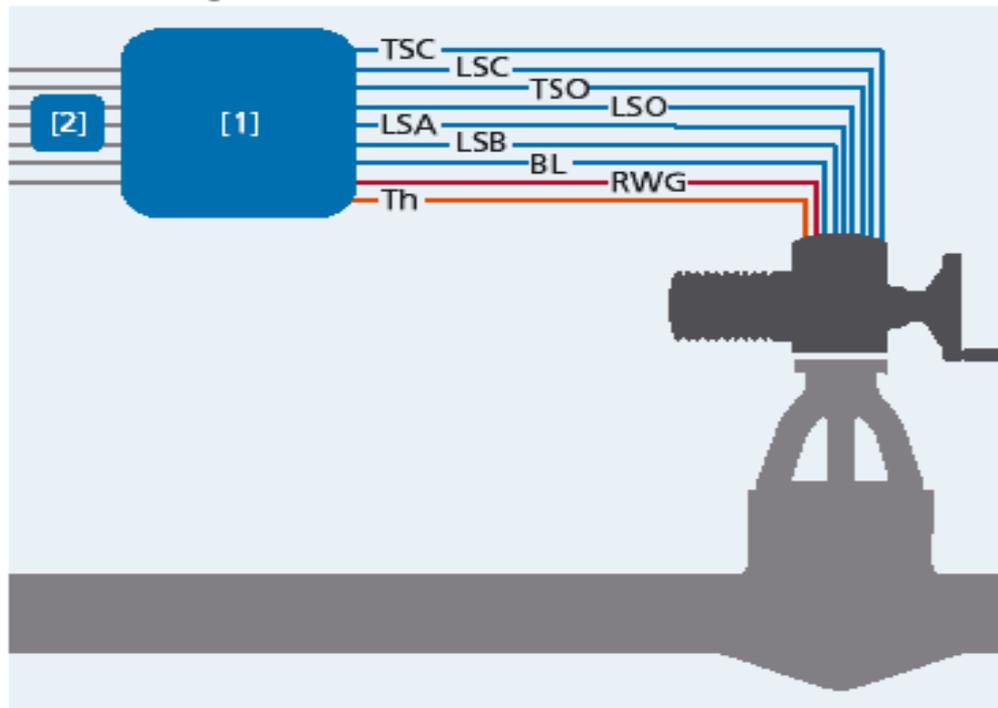
VARIABLE STELLGESCHWINDIGKEIT

Die Stellgeschwindigkeit für die Fail-Safe-Fahrt ist einstellbar. Zudem kann der Antrieb die Armatur mit einer langsameren Geschwindigkeit in die Endlage fahren. Dies schont die Armatur und vermeidet Druckspitzen in der Rohrleitung.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Antriebssignale



AUMA Stellantrieb mit Vollausrüstung

[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)

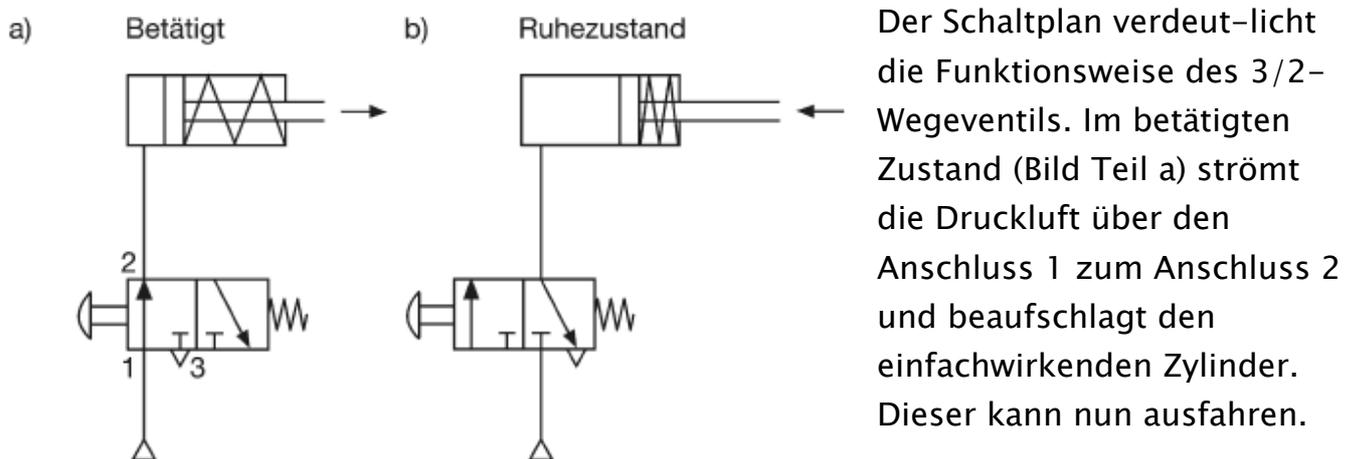
[Th] Thermoschalter

Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.9 Pneumatische Antriebe

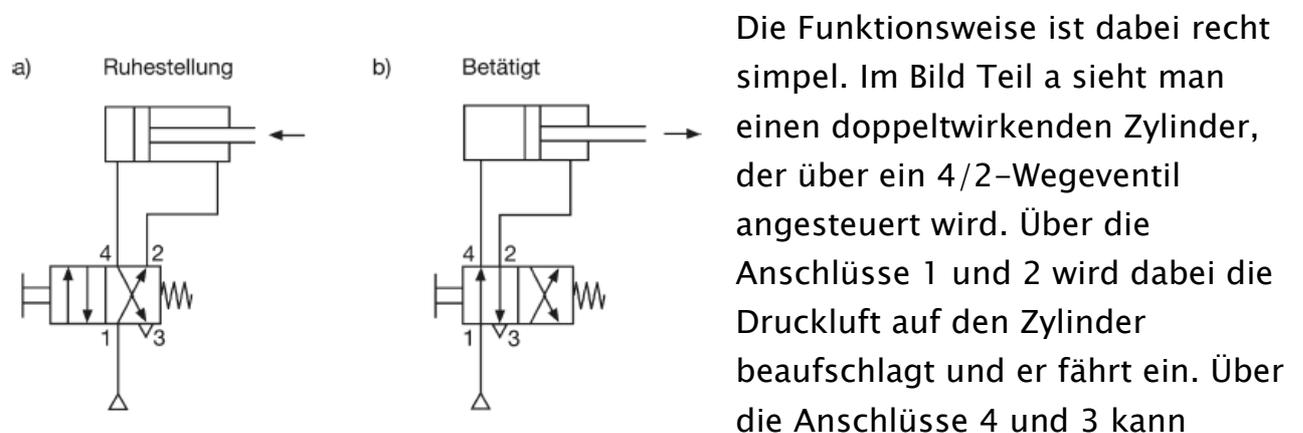
8.9.1 Steuerelemente

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.



Der Schaltplan verdeutlicht die Funktionsweise des 3/2-Wegeventils. Im betätigten Zustand (Bild Teil a) strömt die Druckluft über den Anschluss 1 zum Anschluss 2 und beaufschlagt den einfachwirkenden Zylinder. Dieser kann nun ausfahren. 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.

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.



Die Funktionsweise ist dabei recht simpel. Im Bild Teil a sieht man einen doppelwirkenden Zylinder, der über ein 4/2-Wegeventil angesteuert wird. Über die Anschlüsse 1 und 2 wird dabei die Druckluft auf den Zylinder beaufschlagt und er fährt ein. Über die Anschlüsse 4 und 3 kann



Rheinische Hochschule Köln
University of Applied Sciences

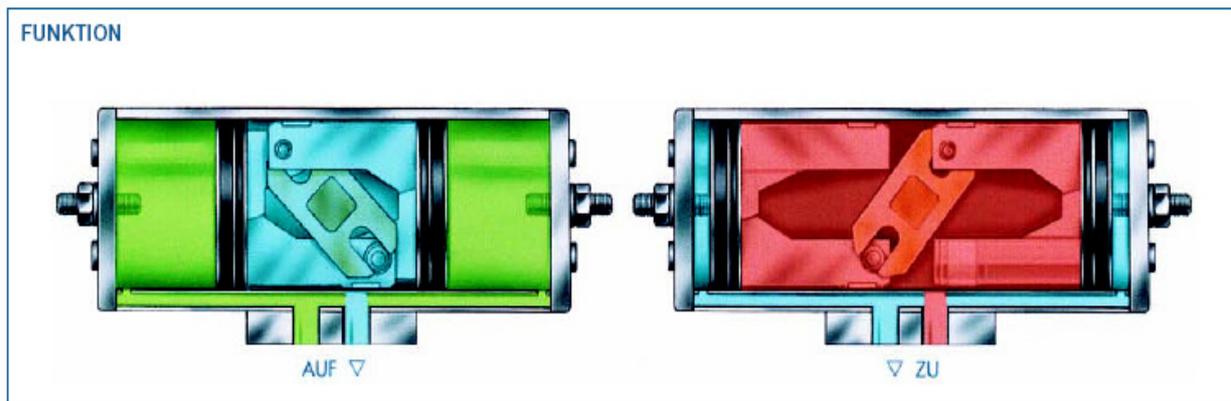
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.9.2 Pneumatischer Schwenkantrieb (Fa. EBRO)



Pneumatischer Schwenkantrieb (doppelwirkend d.h. ohne Sicherheitsstellung)

ANTRIEBSMOMENT IN Nm

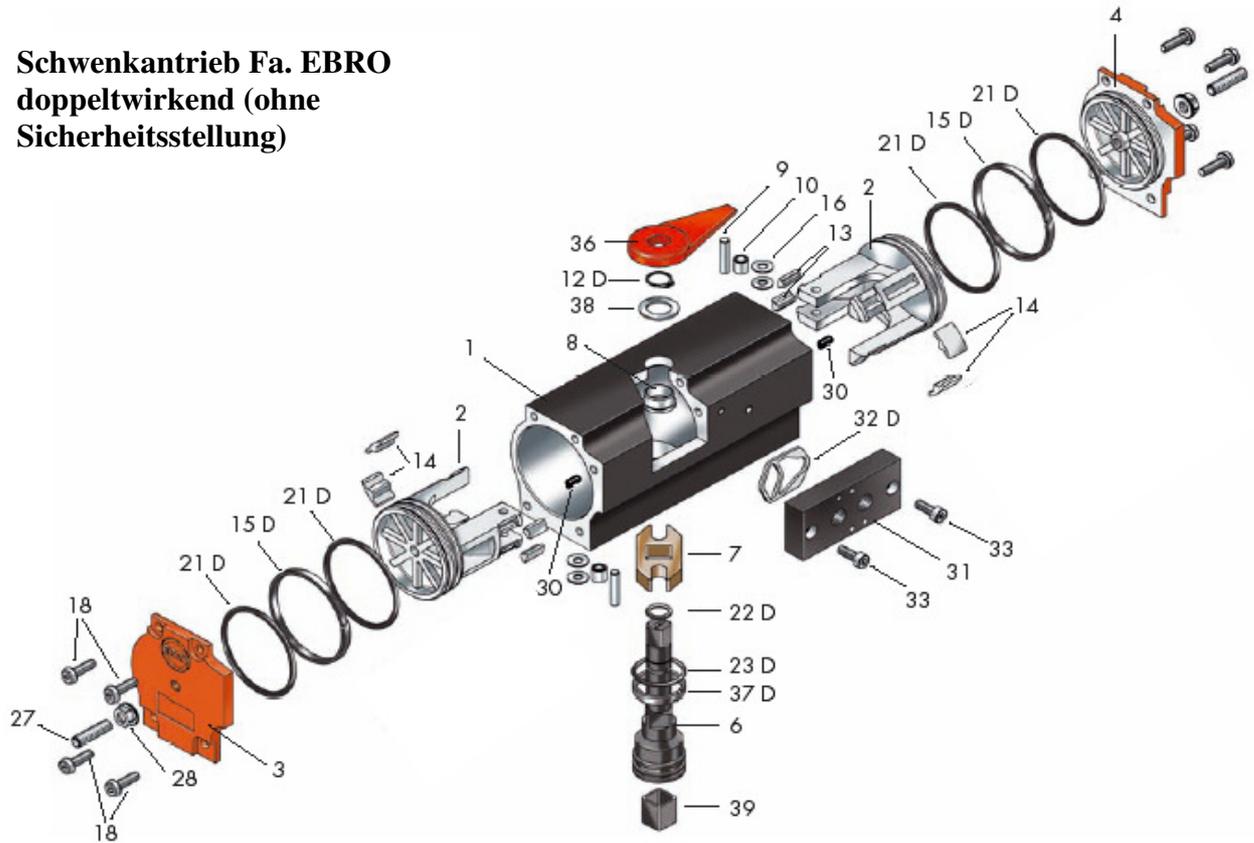
Typ	bei Steuerdruck										
	3 bar	3,5 bar	4 bar	4,5 bar	5 bar	5,5 bar	6 bar	6,5 bar	7 bar	7,5 bar	8 bar
EB 4	13,5	16	18	20	22,5	25	27	29	31,5	34	36
EB 5	38	44,5	51	57	63	70	76	82	89	95	101
EB 6	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	208
EB 8	125	146	166	187	208	229	250	271	292	312	333
EB 10	265	309	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

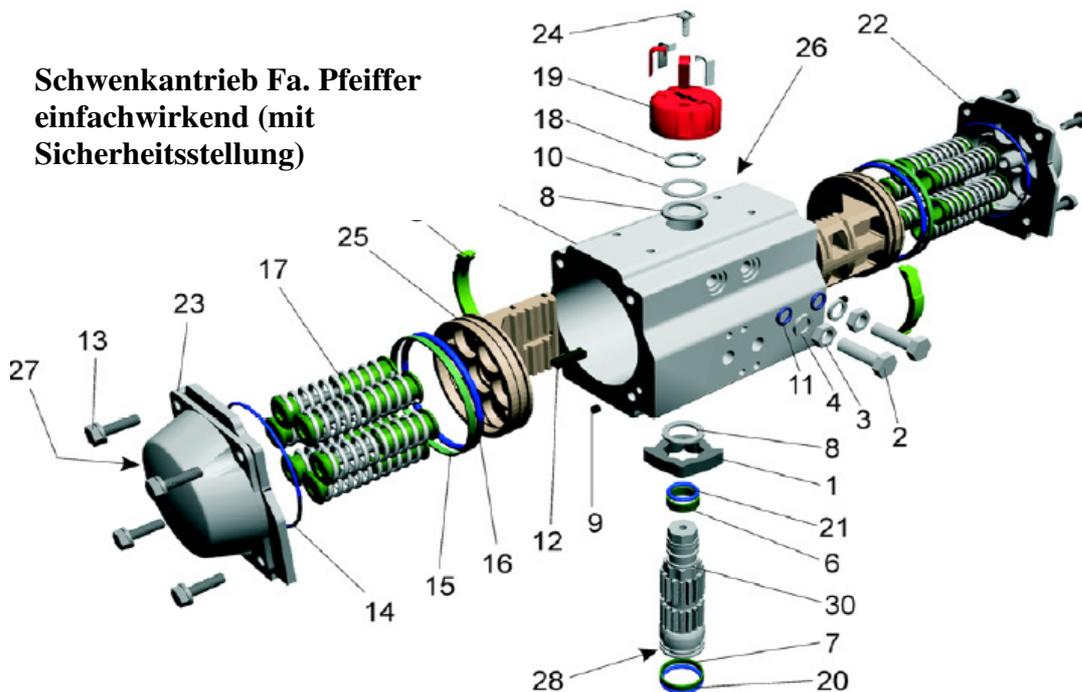


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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

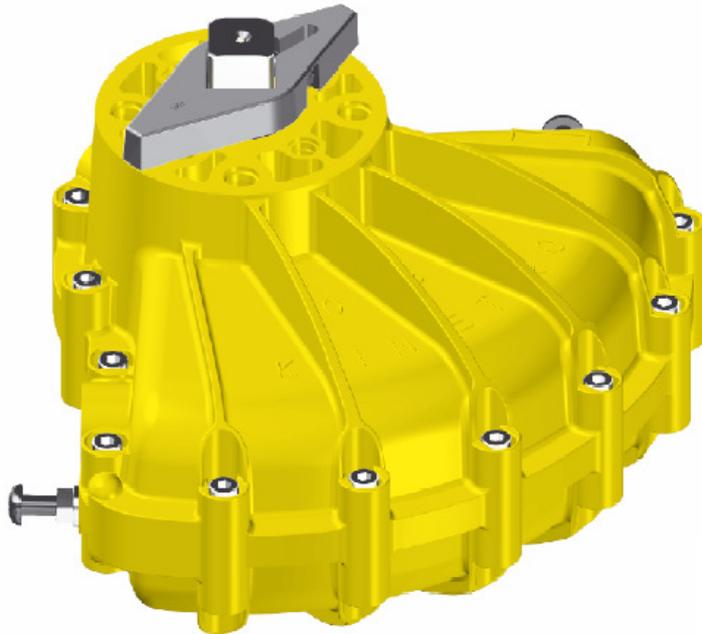


**Schwenkantrieb Fa. Pfeiffer
einfachwirkend (mit
Sicherheitsstellung)**

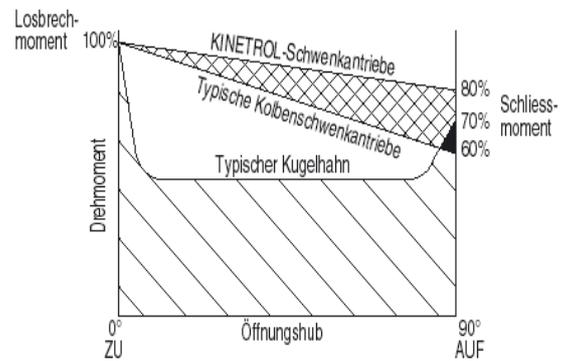




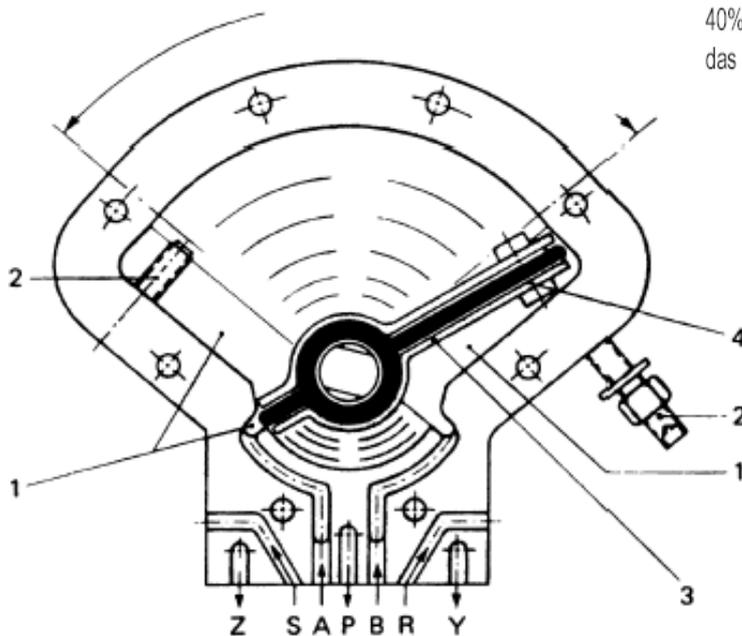
8.9.3 Pneumatischer Drehflügelantrieb (Schwenkantrieb)



Fa. KINOTROL



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



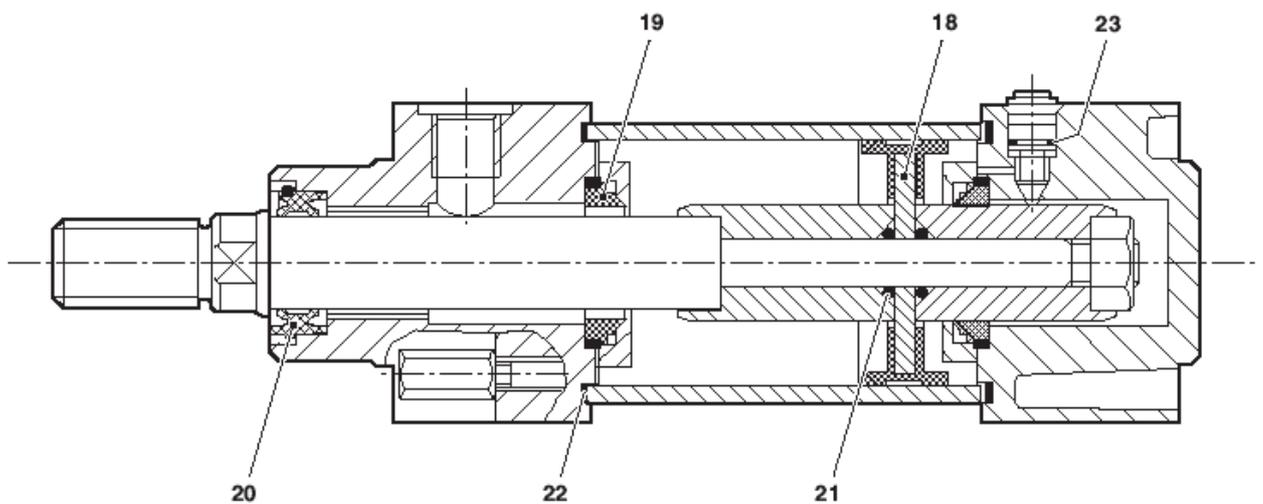
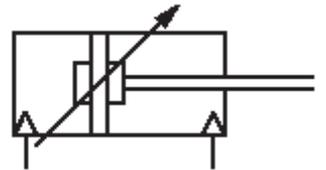
Fa. XOMOX

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) Anschlagsschraube, (3) Drehflügel, (4) Spezial-O-Ring, (P) Luftanschluss Ventil; Zylinderanschluss (A) sekundär und (B) primär, (S) Entlüftung, (R) Entlüftung, (Z) und (Y) Steuerleitung.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.9.4 Pneumatischer Stellzylinder (Fa. Norgren)





Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Einfachwirkender Zylinder

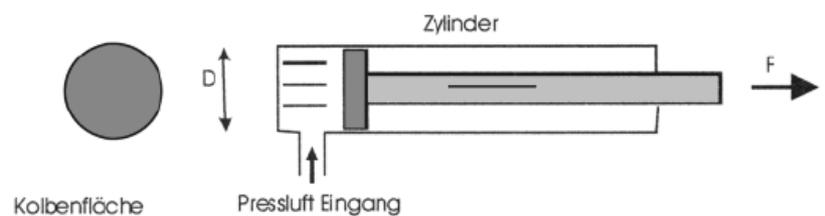
Einfachwirkende Zylinder können nur in eine Richtung Arbeit leisten, da sie nur von einer Seite mit Druckluft beaufschlagt werden. Die vom Pneumatikzylinder ausgeübte Kraft, die Kolbenkraft F_{eff} ergibt sich aus

dem Produkt Kolbenfläche A ·

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

Der Wirkungsgrad von einfach-

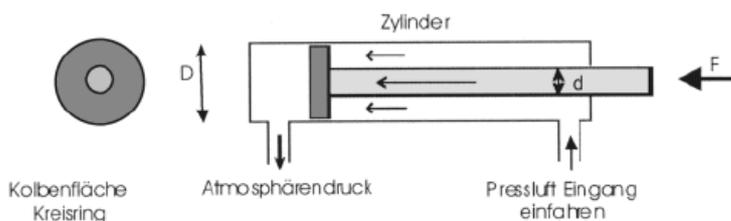
wirkenden Zylindern liegt zwischen 80 % und 95 %.



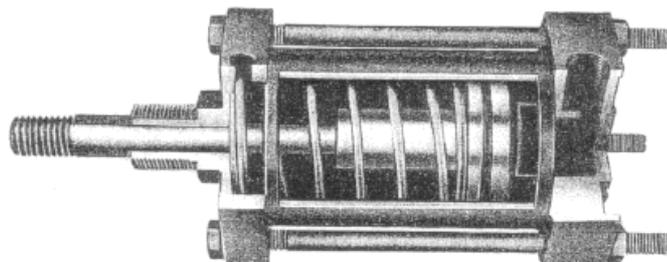
Doppeltwirkender Zylinder

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



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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



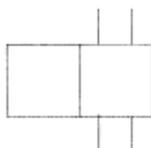
Die Anzahl der Schaltstellungen wird durch die Anzahl der Quadrate angezeigt



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



Zwei rechtwinkelig 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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

	DIN ISO 5599-3	Anschlussart	Buchstaben-system
	1	Druckluftanschluss	P
Arbeitsleitungen	2, 4	Arbeitsleitungen	A, B
	3, 5	Entlüftungsleitungen	R, S
	10	Ein anstehendes Signal sperrt den Durchgang zwischen den Anschlüssen 1 und 2	Z
Steuerleitungen	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

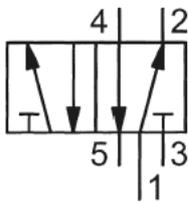
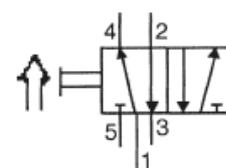
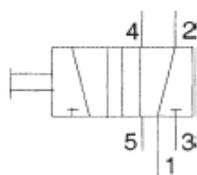


Bild 21
5/2-Wegeventil

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.

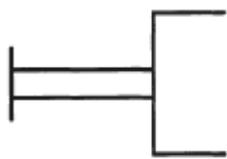




Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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.

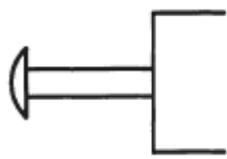
Betätigungsarten



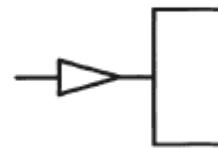
Allgemein



durch Feder

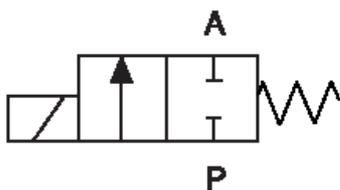


durch Druckknopf

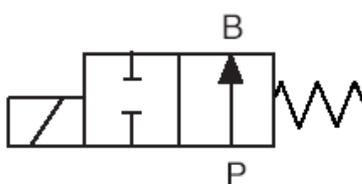


durch Druckluft

Schaltbilder gängiger Magnetventiltypen



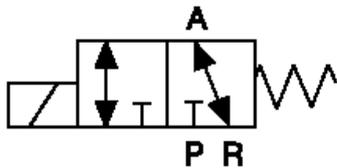
2/2-Wege-Ventil,
direktwirkend,
stromlos geschlossen



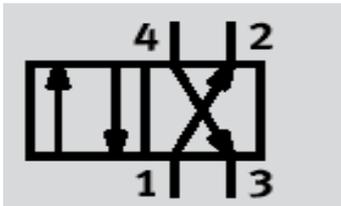
2/2-Wege-Ventil,
direktwirkend,
stromlos geöffnet



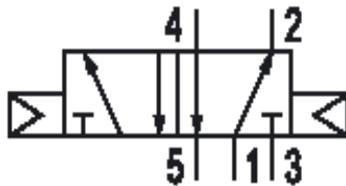
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



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.



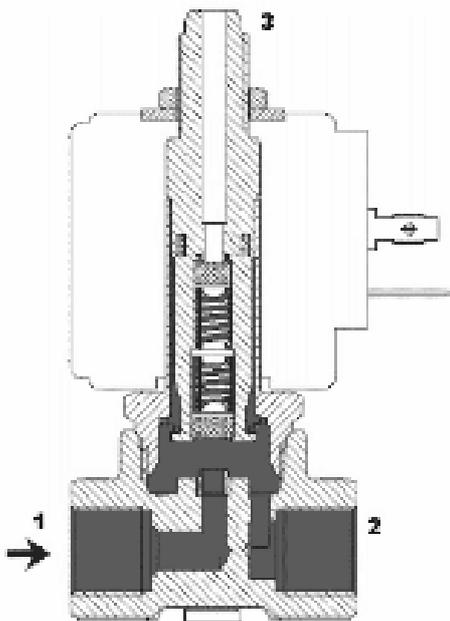
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

Das **Magnetventil** ist geschlossen.

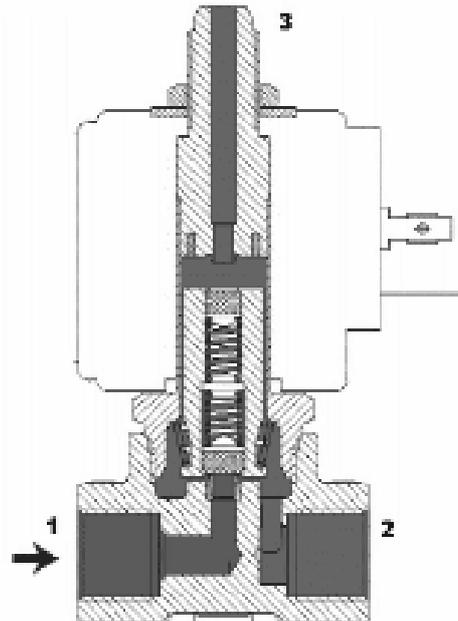
Der Anschluss 1 ist mit dem Zulauf, der das Medium führt, verbunden und der Anschluss 2 bildet den Ventilausgang. Anschluss 3 ist die Entlüftung oder der Rücklauf.

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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.



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.11 Stellungsregler



Elektropneumatischer Stellungsregler Typ 4763
Fa. SAMSON



Anwendung

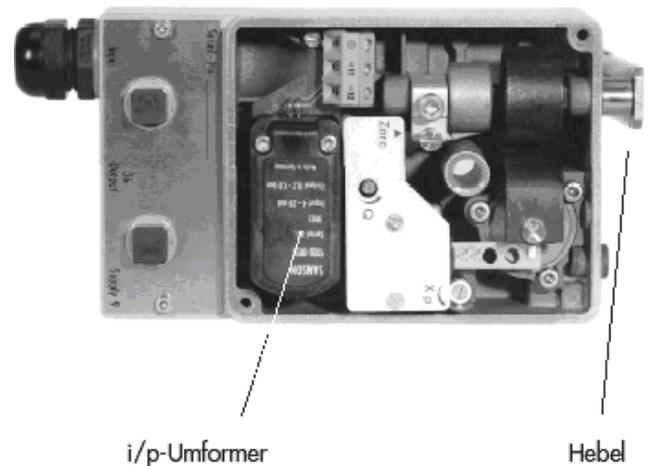
Einfach wirkende Stellungsregler für pneumatische Stellventile, deren Führungsgröße ein elektrisches Einheitssignal von 4(0) bis 20 mA, 1 bis 5 mA (Typ 4763) oder ein pneumatisches Einheitssignal von 0,2 bis 1 bar (3 bis 15 psi) ist (Typ 4765). Für **Nennhübe von 7,5 bis 90 mm**

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

- 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

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	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

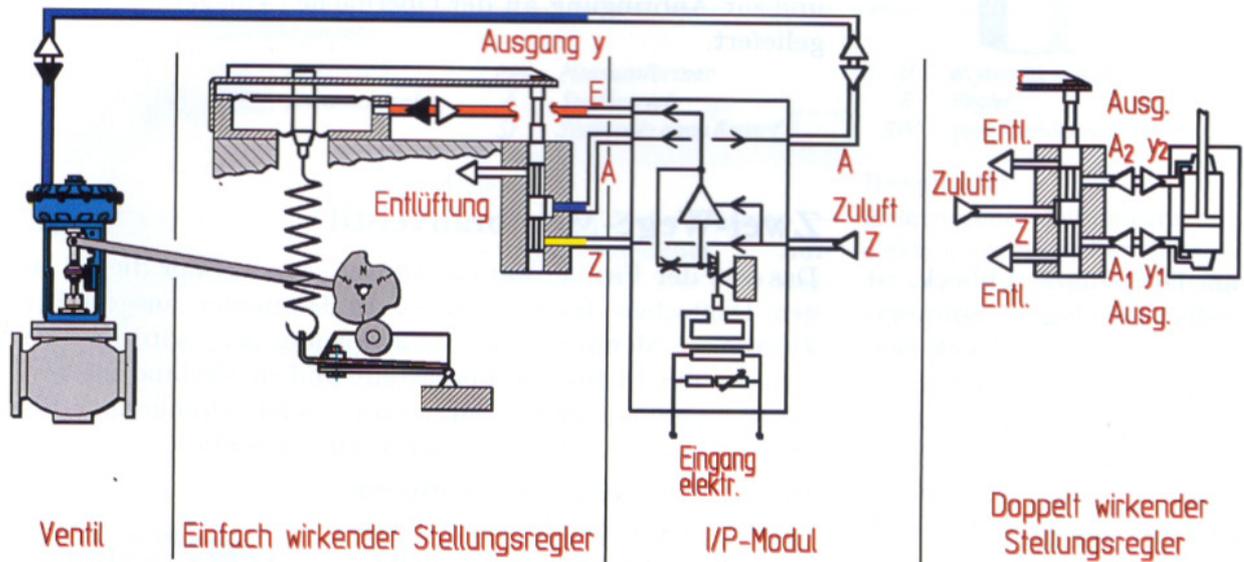


Bild 1: pneumatischer Stellungsregler mit I/P-Modul .

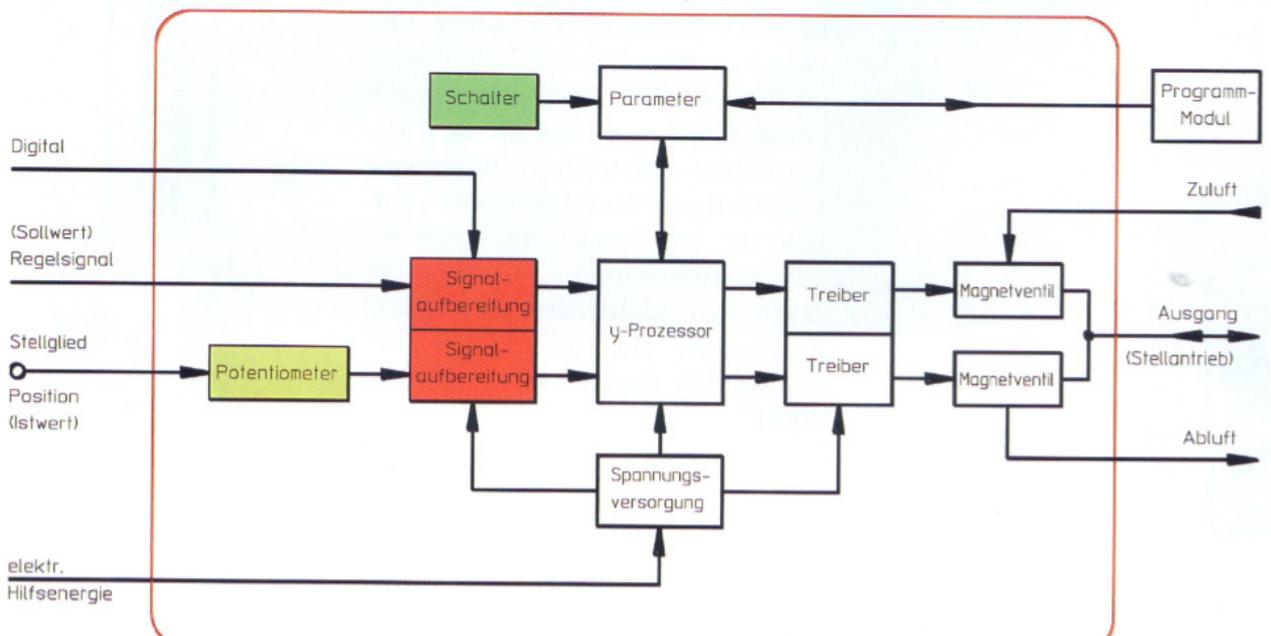


Bild 2: Prinzip des ersten digitalen Stellungsreglers .

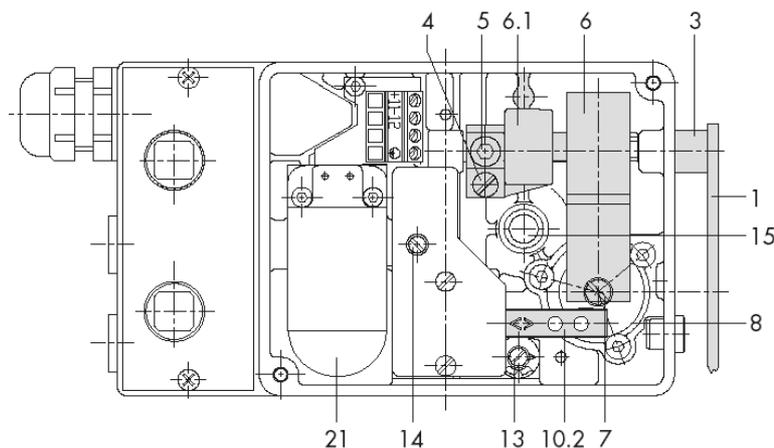


Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

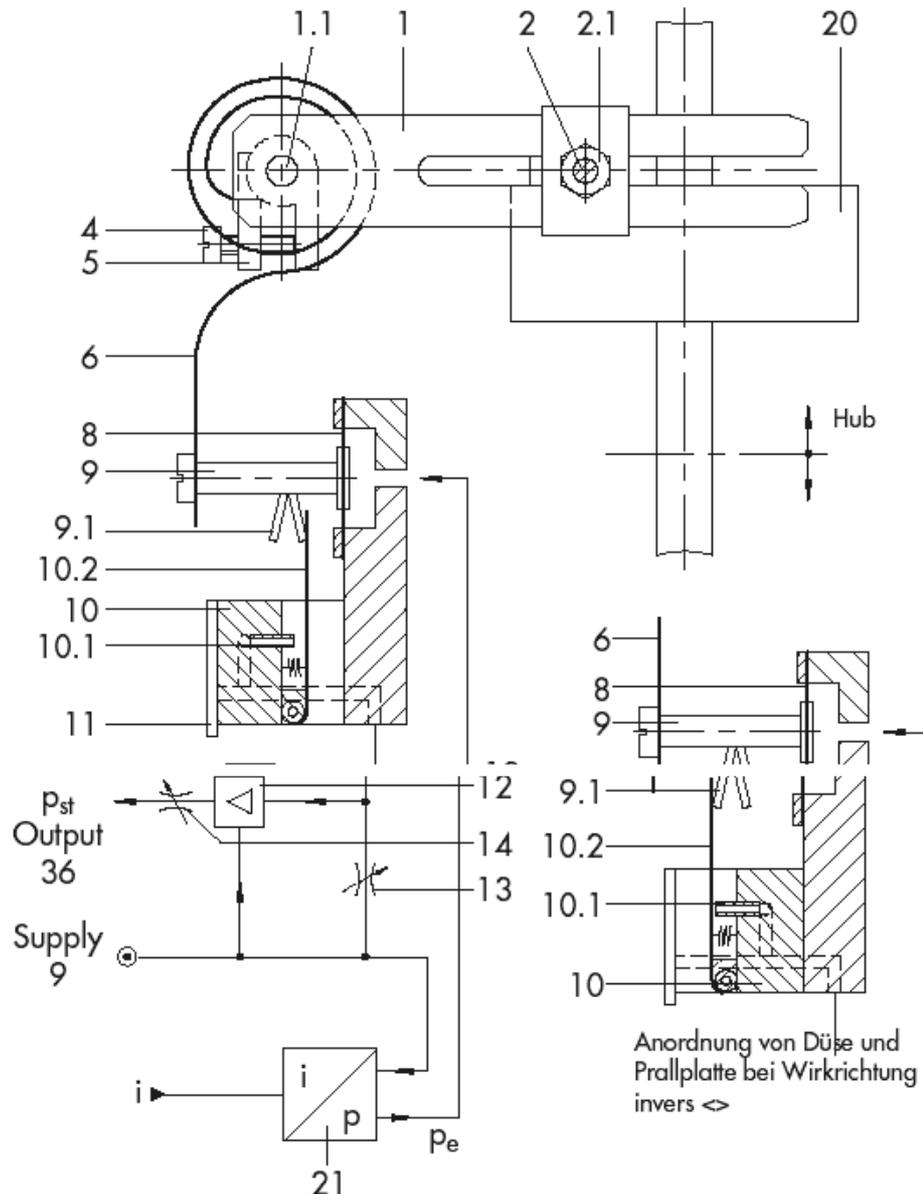
Aufbau und Wirkungsweise

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

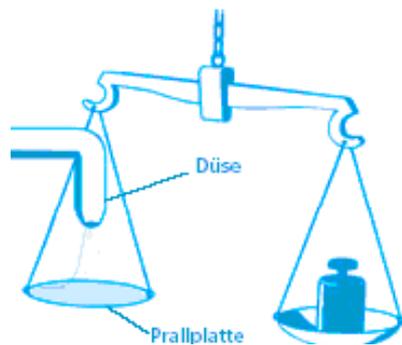
- | | | |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 1 Hebel für Ventilhub | 6 Messfeder | 10.1 Düse |
| 1.1 Welle | 6.1 Anschlagwinkel | 10.2 Prallplatte |
| 2 Stift | 7 Befestigungsschraube | 11 Abdeckblech |
| 2.1 Mutter | 8 Messmembran | 12 Verstärker |
| 3 Hülse | 9 Membranteller | 13 X_f -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

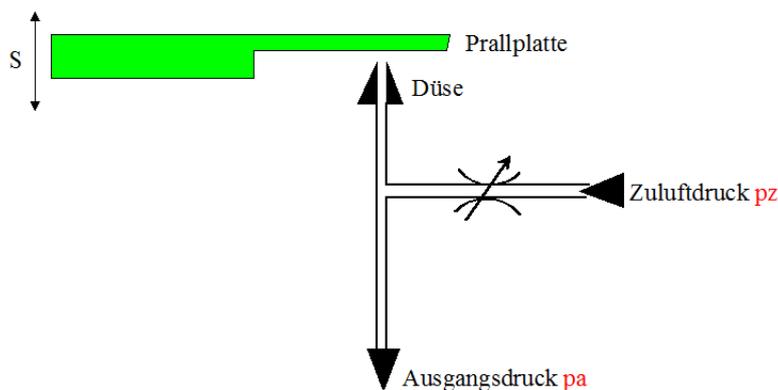
Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

8.12 Düse-Prallplatten-System

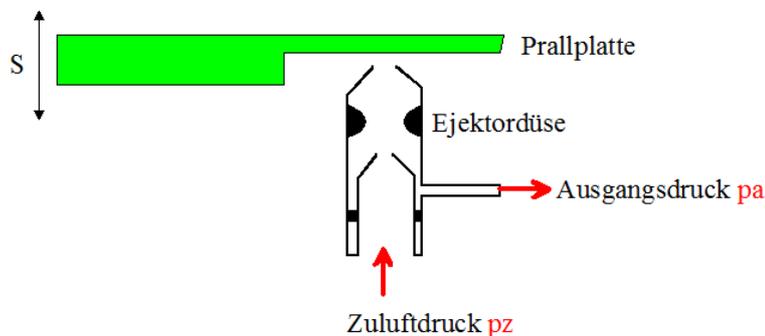
Der Nachteil dieser Geräte ist ihr äußerst komplexer Aufbau, der sie teuer und empfindlich gegenüber Verschmutzung macht. Außerdem verbrauchen sie, sofern sie nach dem *Düse-Prallplatte-Prinzip* arbeiten, auch dann Druckluft, wenn sich die Armatur gar nicht bewegt. (siehe Skizze)



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



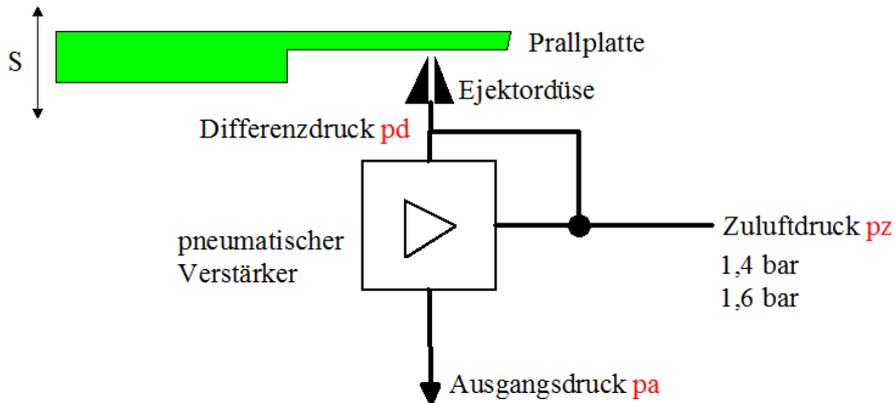
Funktionsprinzip eines Düse-Prallplattensystems



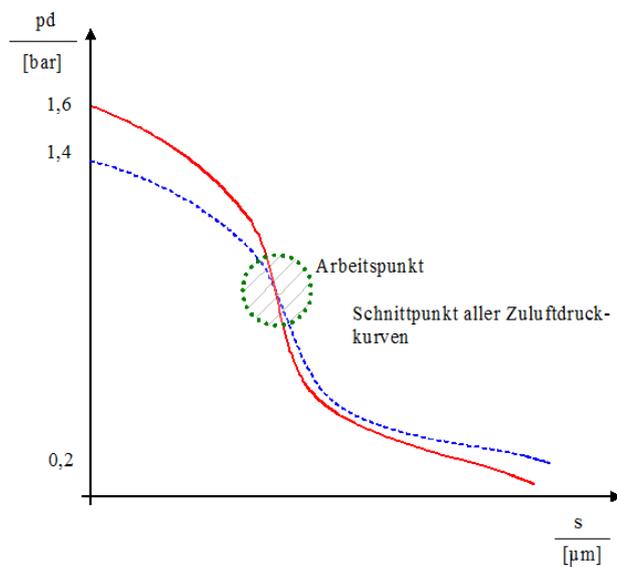
Aufbau einer Ejektordüse



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



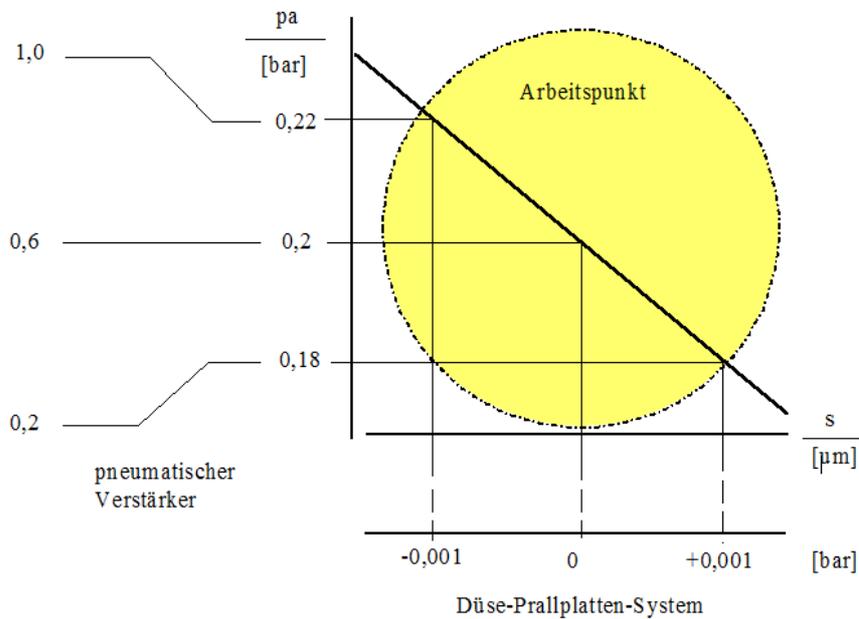
Pneumatischer Verstärker



Differenzdrücke in Abhängigkeit vom Zuluftdruck



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



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



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024

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 Weichschaltbedingung in Schrittketten, oder zur Herstellung sicherer Anlagenzustände.



Endlagenrückmeldung mit Schlitzinitiatoren



Endlagenrückmeldung eines Schwenkantriebes



Stellung „ZU“



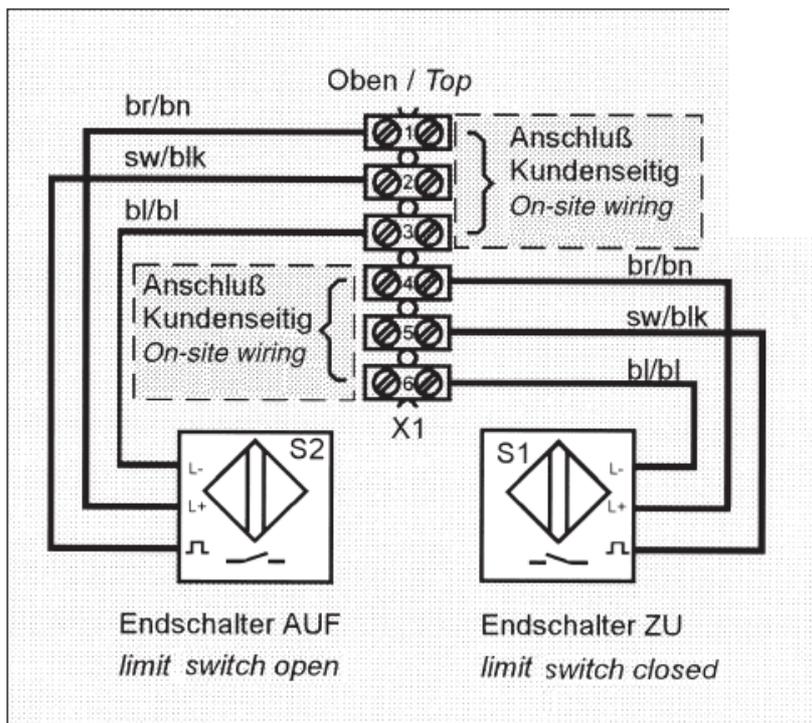
Stellung „AUF“



Ingenieurwesen II	Automatisierungstechnik (AUT)	DI. Matthias Trier
Elektrotechnik (BEII)	Aktuatorik	25.02.2024



SCHLITZMINIATUREN



Anschlusschema