
Heinrich Bartscher

STELLGERÄTE FÜR DIE VERFAHRENSTECHNIK

**Stellventile, Stellklappen, Kugelhähne,
Drehkegelventile, Stellantriebe**

VULKAN VERLAG ESSEN

Inhalt

Vorwort	V
1 Vorbemerkung	1
2 Einleitung	2
2.1 Anwendungsbereich marktüblicher Stellglieder	4
2.2 Vor- und Nachteile der üblichen Stellgeräte	4
2.2.1 Vorteile von Stellventilen	4
2.2.2 Anwendungsgrenzen von Stellventilen	6
2.2.3 Vorteile der Stellglieder mit drehendem Drosselkörper	6
2.2.4 Gemeinsame Nachteile der Stellglieder mit drehendem Drosselkörper	7
2.3 Strömung in Stellgliedern	7
2.3.1 Maximal erreichbare Strömungsgeschwindigkeit in einem Stellglied	8
2.3.2 Die Bedeutung des Druckrückgewinns	9
2.3.3 Kavitation und Flashing	10
2.3.4 Wirkung des Druckrückgewinns bei kompressiblen Medien	10
2.4 Stellgeräte als Elemente der Automatisierungseinrichtung und der Rohrleitung	11
2.4.1 Stellgeräte als Teil der Automatisierungseinrichtung	11
2.4.2 Stellglieder als Teil der Anlage	13
2.5 Werkstoffe	14
2.5.1 Eisen-Werkstoffe	14
2.5.2 Korrosionsbeständigkeit metallischer Ventilgehäuse	15
2.5.3 Ausgekleidete Ventilgehäuse	15
2.5.4 Elektrostatische Aufladungen bei ausgekleideten Stellgliedern	16
2.6 Verbindung der Stellgeräte mit den Anlagenteilen	17
2.6.1 Normen	17
2.6.2 Erläuterungen zu häufig verwendeten Begriffen	18
3 Stellgliedspezifische Kenngrößen	21
3.1 K_V -Wert	21
3.1.1 K_{VS} -Wert	21
3.1.2 Weitere definierte K_V -Werte	22
3.2 Stellglied-Kennlinie	22
3.2.1 Definitionen der Kennlinien	22
3.3 Stellverhältnis	22
3.4 Das Stellgerät in der Anlage	24
3.4.1 Anlagenkennlinie	24
3.4.2 Betriebskennlinie	25

3.4.3	Wahl der zweckmäßigsten Kennlinie	25
3.5	Weitere ventilspezifische Kenngrößen	25
3.5.1	Kenngröße z bzw. X_{fz}	25
3.5.2	Kenngröße x_T	26
3.5.3	Faktor F_L	27
4	Stellventile	28
4.1	Vorteile und Anwendungsgrenzen der Stellventile	29
4.1.1	Vorteile	29
4.1.2	Anwendungsgrenzen	29
4.2	Bauformen der Stellventile	29
4.2.1	Einsatz-Durchgangsventil mit Dreiflansch-Gehäuse	29
4.2.2	Einsatz-Durchgangsventil mit Vierflansch-Gehäuse	32
4.2.3	Einsatz-Eckventile	32
4.2.4	Doppelsitzventile	35
4.2.5	Dreiwege-Ventile	35
4.3	Ventilausführungen für besondere Anwendungsbereiche	35
4.3.1	Membran-Ventil	35
4.3.2	Ausgekleidetes Stellventil	35
4.3.3	Split-body-Ventil	37
4.3.4	Mikroventile	37
5	Einzelteile der Standardventilbaureihe	41
5.1	Ventilgehäuse aus metallischen Werkstoffen	41
5.2	Ventiloberteil	42
5.3	Kegelstange	42
5.4	Stopfbuchspackung	43
5.5	Isolierteil	44
5.6	Metallbalgabdichtung	45
5.7	Heizmantel	46
5.8	Ventilsitz und -kegel	47
5.8.1	Eingeschraubte Ventilsitze	47
5.8.2	Ausführungen der Kegeldichtflächen	48
5.8.3	Kegelformen	48
5.8.4	Leckdurchfluß	49
5.8.5	Druckentlastete Ventilkegel	50
6	Geräuschkindernde Maßnahmen	52
6.1	Bei Stellventilen für flüssige Medien	52
6.1.1	Stellventile mit Lochkorbströmungsteiler	52
6.1.2	Stellventile mit Lochkegel	53
6.1.3	Stellventile mit mehrstufigem Axialkegel	53
6.1.4	Stellventile mit Drosselkäfig	53
6.2	Bei Stellventilen für gas- und dampfförmige Medien	55
6.2.1	Stellventile mit Drahtgeflecht-Strömungsteiler	55

7	Stellklappen	56
7.1	Spezielle Vorteile von Stellklappen	56
7.2	Kenngrößen	56
7.2.1	Anschlag- und Stellwinkel	58
7.2.2	Durchflußbeiwert K_V	58
7.2.3	Kennlinien von Stellklappen	59
7.3	Ausführungen	61
7.3.1	Stellklappengehäuse	63
7.3.2	Lagerung der Klappenscheibe	63
7.3.3	Kräfte an der Klappenscheibe	65
7.3.4	Lagerung der Klappenwelle	66
7.3.5	Abdichtung nach außen	66
7.3.6	Innere Dichtheit (Leckdurchfluß K_{VL})	67
7.3.7	Stellverhältnis	67
7.3.8	Anbau der Stellantriebe	70
7.4	Ausgekleidete Stellklappen	70
8	Kugelhähne	71
8.1	Vor- und Nachteile von Kugelhähnen	71
8.1.1	Spezifische Vorteile von Kugelhähnen	71
8.1.2	Nachteile von Kugelhähnen bei Stellaufgaben	71
8.2	Konstruktionsmerkmale der Standardausführungen	72
8.2.1	Gehäuse	72
8.2.2	Kugel	73
8.2.3	Kugelabdichtung	74
8.2.4	Dichtsystem „schwimmende Kugel“	76
8.2.5	Dichtsystem „gelagerte Kugel“	76
8.2.6	Fire-safe-Ausführungen	77
8.2.7	Regelcharakteristik	77
8.2.8	Geräusch- und kavitationsarmer Kugelhahn	79
8.3	Sonderkonstruktion für Regelaufgaben	79
8.3.1	Kugelhahn mit zusätzlicher Regelscheibe	79
9	Drehkegelventile	81
9.1	Spezielle Vorteile der Drehkegelventile	81
9.2	Konstruktionsmerkmale	81
9.2.1	Ventilgehäuse	82
9.2.2	Sitz und Kegel	83
9.2.3	Kennlinie	83
9.2.4	Wellenlagerung und -abdichtung	83
9.2.5	Geräuschmindernde Einbauten	85
10	Stellantriebe	86
10.1	Aufgaben der Stellantriebe	86
10.2	Wahl der Hilfsenergie	87

10.3	Eigenschaften der pneumatischen Stellantriebe	87
10.4	Pneumatische Stellantriebe für Hubventile	91
10.4.1	Einfach-wirkende Membranantriebe	91
10.4.2	Konstruktive Ausführungen	91
10.4.3	Doppelt-beaufschlagte Membranantriebe	96
10.5	Kräfte an einem Membranantrieb	97
10.6	Reibung und Hysterese	100
10.7	Zusätzliche Bauglieder für Membranantriebe	100
10.7.1	Handverstellungen	100
10.7.2	Hubbegrenzung	102
10.8	Pneumatische Stellantriebe für Stellglieder mit Schwenkbewegung	102
10.8.1	Doppelkolben-Stellantriebe	103
10.8.2	Konstruktive Ausführungen	104
10.8.3	Membranschwenkantriebe	107
10.9	Änderung der Wirkrichtung	108
10.10	Schnittstellen-Normen	109
10.10.1	Schnittstelle Antrieb – Stellglied	109
10.10.2	Schnittstelle Antrieb – Steuerventile	110
10.10.3	Schnittstelle Antrieb – Stellungsregler	111
11	Anbaugeräte zu pneumatischen Stellantrieben	112
11.1	Signalübertragungsglieder – Übersicht	112
11.2	Stellungsregler	112
11.2.1	Pneumatische Stellungsregler	115
11.2.2	Elektropneumatische (i/p-) Stellungsregler	115
11.2.3	Digitale, busfähige i/p-Stellungsregler	115
11.2.4	Anbau der Stellungsregler	117
11.2.5	Stellungsregler ermöglichen spezielle Regelschaltungen	118
11.3	Stellumformer	120
11.4	Schalt- und Magnetventile	121
11.5	Grenzsignalgeber und Stellungsmelder	121
11.6	Verblockrelais	124
11.7	Pneumatische Verstärker	124
12	Zusatzgeräte	125
12.1	Zuluftdruckregler und Zuluftdruckreduzierstationen	125
12.2	Hand-Automatik-Schalter	125
12.3	Kompakteinheiten	126
13	Berechnung und Auswahl	127
13.1	Einleitung	127
13.2	Betriebsdaten für die Auswahl des Stellgerätes	127
13.2.1	Stellort und MSR-Aufgabe	127
13.2.2	Explosionsgefährdeter Bereich (Zone)	129

13.2.3	Umgebungstemperatur	131
13.2.4	Maximal zulässiger Schalldruckpegel	131
13.2.5	Rohrleitungsnummer	131
13.2.6	DN/ PN/ Wanddicke	131
13.2.7	Rohrwerkstoff	131
13.2.8	Rohrisolation	131
13.2.9	Rohrleitungsanschluß	131
13.2.10	Betriebsstoff	132
13.2.11	Zustand	132
13.2.12	Betriebsbedingungen	133
13.2.13	Physikalische Eigenschaften	133
13.2.14	Angaben zum Stellantrieb	134
13.3	K_V -Wert-Berechnung	134
13.3.1	K_V -Wert-Berechnung – Allgemeines	134
13.3.2	Definition des K_V -Wertes	136
13.3.3	Formelzeichen	136
13.3.4	K_V -Wert-Gleichungen nach VDI/VDE 2173	138
13.3.5	Einsatzgrenzen dieser Gleichungen	139
13.3.6	K_V -Wert-Berechnung nach DIN EN 60534	139
13.3.7	Formeln für inkompressible Fluide unter Einbaubedingungen nach DIN EN 60534 Teil 2-1	141
13.3.8	Formeln für kompressible Fluide unter Einbaubedingungen nach DIN EN 60534	145
13.3.9	Zu berechnende K_V -Werte	149
13.3.10	Gewählter K_{VS} -Wert	149
13.3.11	Berechnung des Schalldruckpegels	149
13.4	Ventilgehäuse	150
13.4.1	Hersteller/Typ	150
13.4.2	Bauform	150
13.4.3	Durchflußrichtung	150
13.4.4	Nenndruck PN	150
13.4.5	Nennweite DN	151
13.4.6	Gleichungen für die Berechnung der Rohr-Nennweite	151
13.4.7	Verbindungsart	153
13.4.8	Anschweißenden	153
13.4.9	Oberteilform	153
13.4.10	Gehäuse-/Oberteil-Werkstoffe	153
13.4.11	Garnitur	153
13.4.12	Kennlinie	153
13.4.13	Werkstoff für Ventilkegel und Kegelstange	153
13.4.14	Werkstoff für Führungsbuchse und Sitz	154
13.4.15	Ventilsitz	154
13.4.16	Sitzpanzerung	154
13.4.17	Leckmengenklasse	154
13.4.18	Packungsmaterial	154

13.5	Stellantrieb	154
13.5.1	Hersteller und Typ	154
13.5.2	Antriebsart	155
13.5.3	Wirkungsweise	155
13.5.4	Weitere Angaben zum Stellantrieb	158
13.5.5	Luftanschluß	158
13.5.6	Andere Antriebsart	158
13.5.7	Handbetätigung	159
13.6	Stellungsregler	159
13.6.1	Hersteller und Typ	159
13.6.2	Eingangssignal	160
13.6.3	Stellgerät „Auf“/Stellgerät „Zu“	160
13.6.4	Wirkweise	160
13.6.5	Charakteristik	160
13.6.6	Luftanschluß	160
13.6.7	Ein- und Anbaugeräte zum Stellungsregler	160
13.6.8	Ex-Schutz	161
13.7	Endschalter	161
13.7.1	Hersteller und Typ	161
13.7.2	Arbeitsweise	161
13.7.3	Schaltposition	161
13.7.4	Schaltfunktion	161
13.7.5	Ex-Schutz	161
13.8	Magnetventil	161
13.8.1	Hersteller und Typ	161
13.8.2	Bauform	162
13.8.3	Sicherheitsstellung	162
13.8.4	Luftanschluß – K_v -Wert des Magnetventils	162
13.8.5	Elektrische Daten	162
13.8.6	Ex-Schutz	162
13.9	Anderes Zubehör	162
13.9.1	Druckminderer	162
13.9.2	Signalumformer	162
13.9.3	Pneumatischer Verstärker	163
13.9.4	Verblockung	163
13.9.5	Verrohrung	163
13.10	Spezielle Forderungen	163
14	Auswahl der Bauform	164
14.1	Anwendungsbereiche	164
14.2	Nennweite (DN)	164
14.3	K_v -Wert	164
14.4	Weitere wichtige Kriterien für die Auswahl	166
14.4.1	Durchflußbegrenzung	166

15	Stoffwerte häufig vorkommende Medien	168
15.1	Flüssigkeiten	168
15.2	Gase und Dämpfe	169
	Literatur	171