

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Abgrenzung der Themen und des Inhaltes	2
1.2	Hinweise für die Handhabung	3
1.3	Aufbau und Reihenfolge	3
1.4	Zeichnungen und Bildmaterial	4
2	Definition der Begriffe	5
2.1	Begriffe für Armaturenarten und Bauteile	6
2.2	Andere Begriffe und Funktionsbezeichnungen	9
2.3	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	13
3	Hydrodynamik	17
3.1	Allgemeine Betrachtungen	17
3.2	Grundbegriffe	18
3.3	Kontinuitätsgleichung	19
3.4	Energiegleichung	20
3.5	Ausfluß aus einem offenen Gefäß	23
3.6	Ausströmung aus einer Düse	24
3.7	Impulssatz	26
3.8	Zähigkeit des Fluids	28
3.9	Ähnlichkeitsgesetz von Reynolds	31
3.10	Strömungsformen	32
3.11	Durchfluß in Rohrleitungen	33
3.12	Reibungsverluste bei laminarer Strömung	35
3.13	Reibungsverluste bei turbulenter Strömung	36
3.14	Besondere Widerstände in Rohrleitungen	37
3.15	Ventile und Schieber als besondere Rohrwiderstände	39
3.16	Drosselung inkompressibler Medien	40
3.17	Energetische Betrachtung bei der Drosselung	42
4	Gasdynamik	45
4.1	Eigenarten kompressibler Medien	45
4.2	Ideale Gase	45
4.3	Wärmemengen	47
4.4	Zustandsdiagramme idealer Gase	48
4.5	Arbeit und Enthalpie	50
4.6	Reale Gase und Dämpfe	52
4.7	Strömung durch Düsen	52
4.8	Schallgeschwindigkeit	54
4.9	Drosselung durch Widerstände	55
4.10	Besonderheiten und Kennwerte bei der Drosselung	57
4.11	Energetische Betrachtung bei der Drosselung	59

5	Bemessungsgleichungen von Stellgeräten	61
5.1	Allgemeines	61
5.2	Durchflußmessungen unter genormten Bedingungen	61
5.3	Notwendige technische Daten für die Bemessung	63
5.4	Berechnungsverfahren bei inkompressiblen Medien	64
5.4.1	Traditionelle Berechnungsverfahren	64
5.4.2	Berechnungsverfahren gemäß DIN/IEC 534, Teil 2-1	66
5.4.3	Einfluß von Rohrreduzierstücken bzw. Fittings	66
5.4.4	Einfluß der Verdampfung (choked flow)	68
5.4.5	Einfluß der Viskosität	71
5.4.6	DIN/IEC-Bemessungsgleichungen für Flüssigkeiten	73
5.4.7	Auslegung bei nicht-turbulenter Strömung	75
5.4.8	Ermittlung des Ventilformfaktors F_d	77
5.4.9	Typische Kennwerte verschiedener Stellventilbauformen	78
5.5	Berechnungsverfahren bei kompressiblen Medien	79
5.5.1	Traditionelle Berechnungsverfahren	79
5.5.2	Berechnungsverfahren gemäß DIN/IEC 534, Teil 2-2	79
5.5.3	Einfluß von Rohrreduzierstücken bzw. Fittings	80
5.5.4	Berücksichtigung des Expansions- bzw. Korrekturfaktors Y	80
5.5.5	Einfluß realer Gase	81
5.5.6	DIN/IEC-Bemessungsgleichungen für kompressible Medien	82
5.5.7	Auslegung bei nicht-turbulenter Strömung	83
5.6	Kombinierte Korrekturfaktoren F_{LP} und X_{TP}	83
5.7	Berechnung bei Zwei-Phasenströmung	85
5.8	Auslegung bei nicht-Newton'schen Medien	89
5.9	Andere Probleme bei der Auslegung von Stellventilen	91
5.10	Praktische Hinweise bei der Bemessung von Stellventilen	92
6	Arten und Bauformen von Stellventilen	97
6.1	Allgemeines	97
6.2	Stellventile mit linearer Bewegung des Drosselkörpers	99
6.2.1	Standardventile	99
6.2.2	Eckventile	104
6.2.3	Drei-Wegeventile	105
6.2.4	Membranventile	106
6.2.5	Schieberventile	107
6.2.6	Schlauch- oder Quetschventile	108
6.3	Stellventile mit Schwenkbewegung des Drosselkörpers	110
6.3.1	Kugelventile	111
6.3.2	Drosselklappen	114
6.3.3	Drehkegelventile	116
6.4	Spezialventile für besondere Anwendungen	123
6.5	Allgemeine Tendenzen und statistische Entwicklung	129

7	Ausführungsvarianten bei Stellgeräten	135
7.1	Verbindungsarten mit der Rohrleitung	135
7.1.1	Flanschverbindungen	136
7.1.2	Flanschlose Verbindungen	138
7.1.3	Geschraubte Verbindungen	139
7.1.4	Geschweißte Verbindungen	139
7.2	Ausführungsformen der Ventiloberteile	140
7.3	Packungen und Dichtungen	145
7.3.1	Stopfbuchsenpackungen von Stellventilen	146
7.3.2	Dichtungen bei Stellventilen	151
7.4	Schrauben und Muttern	155
7.5	Ventilgarnituren von Stellventilen	158
7.5.1	Berechnung des erforderlichen Querschnittes	161
7.5.2	Ventilcharakteristik und Stellverhältnis	164
7.5.3	Grenzen der Regelbarkeit	169
8	Geräuschemission bei Stellgeräten	171
8.1	Allgemeine Betrachtungen	171
8.2	Gesetzliche Vorschriften	173
8.3	Geräuschursachen bei Stellventilen	174
8.3.1	Aerodynamische Geräusche	175
8.3.2	Hydrodynamische Geräusche	175
8.3.3	Andere Geräuschursachen	175
8.4	Geräuschberechnung bei kompressiblen Medien	176
8.5	Geräuschberechnung bei inkompressiblen Medien	180
8.6	Dämmwirkung der Rohrleitung	184
8.7	Weitere Geräuschbetrachtungen	188
8.7.1	Einfluß der Installationsweise des Ventils in der Rohrleitung	189
8.8	Maßnahmen / Hinweise zur Lärminderung	193
8.8.1	Objektbezogene Schallschutzmaßnahmen	195
8.9	Lärmtechnische Kennwerte von Stellventilen	207
9	Antriebe für Stellgeräte	209
9.1	Allgemeines	209
9.2	Antriebsarten	209
9.2.1	Elektrischer Antrieb	209
9.2.2	Elektro-hydraulischer Antrieb	211
9.2.3	Pneumatischer Antrieb	212
9.3	Auslegung eines geeigneten Stellantriebes	216
9.3.1	Erforderliche Antriebskraft für Hubventile	217
9.3.2	Dynamische Kräfte	220
9.3.3	Berechnung und Auswahl eines Antriebs	221
9.4	Antriebsmomente für Schwenkantriebe	227
9.4.1	Antriebsmomente für zentrische Drosselklappen	228
9.5	Handbetätigungen	229
9.6	Prüfprotokoll	231

10	Hilfsgeräte für pneumatische Stellventile	233
10.1	Allgemeines	233
10.2	Stellungsregler	233
10.2.1	Anwendung von Stellungsreglern	235
10.3	I/P-Signalumformer	238
10.3.1	Anwendung von I/P-Signalumformern	239
10.4	Grenzwertgeber und Rückführeinrichtungen	242
10.5	Magnetventile	243
10.6	Pneumatische Verstärker	245
10.7	Pneumatische Verblockungen	246
10.8	Druckminderer/Filter-Regeler-Station	247
11	Anwendung und Auswahlkriterien von Stellgeräten	249
11.1	Möglichkeiten für das Regeln fließfähiger Stoffe	249
11.1.1	Drosselstellverfahren	250
11.1.2	Drehzahlgeregelte Pumpen	252
11.2	Minimaler Differenzdruck am Ventil	254
11.3	Kennlinien von Stellventilen	258
11.3.1	Betriebskennlinien des Stellgerätes	258
11.3.2	Praktische Hinweise für die Kennlinienauswahl	260
11.4	Verstärkung des Stellgerätes	262
11.5	Zuschlagfaktoren und Hubgrenzwerte	263
11.6	Regelungstechnische Betrachtungen	265
12	Die Auswahl geeigneter Werkstoffe	269
12.1	Allgemeines	269
12.2	Korrosion	270
12.2.1	Abtragende oder Flächenkorrosion	272
12.2.2	Örtliche Korrosion	272
12.2.3	Berührungs- oder Kontaktkorrosion	273
12.2.4	Interkristalline Korrosion	273
12.2.5	Spannungsrißkorrosion	273
12.2.6	Spaltkorrosion	274
12.2.7	Korrosion-Erosion	274
12.3	Widerstandsfestigkeit gegenüber Verschleiß	275
12.3.1	Kavitation	275
12.3.2	Erosion-Korrosion	278
12.3.3	Strahlverschleiß	278
12.3.4	Tropfenschlag	278
12.3.5	Thermische Erosion	279
12.4	Festigkeit bzw. Dauerfestigkeit der Werkstoffe	279
12.5	Werkstoffe für Ventilgehäuse und Oberteil	282
12.6	Häufig angewendete Sonderwerkstoffe	284
12.6.1	Neuere austenitische Edelstähle	284
12.6.2	Hochbeständige Werkstoffe auf Nickelbasis	286
12.6.3	Nickel-Kupferlegierungen	288
12.6.4	Titan und seine Legierungen	289

12.6.5	Tantal-Werkstoffe	289
12.6.6	Andere Sonderwerkstoffe	290
12.7	Werkstoffe für Ventilgarnituren	291
12.7.1	Chrom-Stähle	291
12.7.2	Hartmetalle (Wolframkarbid)	292
12.7.3	Keramische Werkstoffe	292
12.7.4	Werkstoffe für Führungsbuchsen / Ventilspindeln	294
12.8	Werkstoffe für Ventilauskleidungen	295
12.9	Werkstoffe für Hilfsgeräte	297
12.9.1	Aluminium-Legierungen	298
12.9.2	Thermoplastische Kunststoffe	298
13	Sicherheitstechnische Anforderungen	301
13.1	Sicherheitsstellung bei Energieausfall	301
13.2	Innere Dichtheit des Stellventils	302
13.3	Dichtheit nach außen	305
13.4	Elektrische Sicherheitsanforderungen (Explosionsschutz)	306
13.4.1	Arten des Explosionsschutzes	306
13.4.2	Vergleich der Ex-Schutz-Standards: Europa / USA	308
13.5	Sicherheitsnachweis drucktragender Bauteile	310
13.5.1	Interpretation der Druckbehälterverordnung	311
13.6	Forderungen bei kritischen Stoffen / Verfahren	314
13.6.1	Stellventile in Anlagen zur Herstellung von Chlor	314
13.6.2	Stellventile für Sauerstoff	315
13.6.3	Stellventile für Sauer gas	316
13.6.4	Kunden- bzw. mediumspezifische Anforderungen an Stellventile	317
14	Spezifikation und Auswahl von Stellgeräten	321
14.1	Angaben des Bestellers / Anwenders	322
14.2	Durchflußkoeffizient und Schallpegel	322
14.3	Spezifikation der Armatur	322
14.3.1	Bestimmung der Durchflußrichtung	323
14.3.2	Auswahl der erforderlichen Nenndruckstufe	323
14.3.3	Auswahl der erforderlichen Ventilmennweite	325
14.3.4	Verbindung mit der Rohrleitung	326
14.3.5	Auswahl des entsprechenden Ventiloberteils	326
14.3.6	Auswahl geeigneter Werkstoffe	327
14.3.7	Dichtheit nach innen und außen	328
14.4	Spezifikation des Antriebs	328
14.5	Spezifikation des Stellventilzubehörs	329
14.5.1	Explosionsgefährdeter Bereich (Zone) und Schutzart	330
14.5.2	Umgebungstemperaturen und spezielle Klimate	331
14.5.3	IP-Schutzarten gemäß DIN 40050	332
14.5.4	Gehäuse für elektrische Geräte gemäß NEMA	333
14.6	Verrohrung und Fittings	337
14.6.1	Überschlägliche Berechnung der zu erwartenden Stellzeiten	337
14.7	Spezielle Forderungen, Kopf- und Fußzeilen	342
14.8	Die Auswahl eines geeigneten Stellgerätes	343

15	Schnittstellen zum Prozeßleitsystem	349
15.1	Allgemeines	349
15.2	Zweck eines Feldbusses für Stellgeräte	350
15.3	Offene Systeme	351
15.4	Anforderungsprofil an einen internationalen Feldbus	353
15.5	Topologie des Feldbusses	353
15.5.1	Übertragungsprinzipien	354
15.6	IEC-Anforderungen	356
15.7	Vergleich der Analog- mit der Digitaltechnik	357
15.7.1	Stellungsregler in konventioneller Analogtechnik	358
15.7.2	Digitale, busfähige Stellungsregler	359
15.8	Tendenzen der Stellgeräte-Technik	360
16	Qualitätsprüfungen an Stellgeräten	365
16.1	Abnahme und Prüfung von Stellgeräten (DIN / IEC 534-4)	366
16.1.1	Gehäuseprüfung (hydrostatisch)	366
16.1.2	Prüfung der Sitzleckmenge	367
16.1.3	Funktionsprüfungen	367
16.1.4	Zusätzliche Prüfungen und Fertigungsinspektion	369
16.2	Materialzeugnisse gemäß DIN 50049	369
16.2.1	Rechtliche Konsequenzen	372
17	Literaturverzeichnis und Bildquellen	375
18	Sachwortverzeichnis	379
Anhang	387
A.1	Das Normenwerk DIN/IEC 534 für Stellventile	387
A.1.1	Hierarchie der Normungsgremien	387
A.1.2	Stellventile als Bestandteil industrieller Prozeßautomatisierung ...	389
A.1.3	Europäische Normung von Armaturen durch CEN/TC65	395
A.1.4	Begleitende deutsche Normen für Armaturen	397
A.1.5	VDI/VDE Richtlinien im Zusammenhang mit Stellventilen	399
A.2	Andere Richtlinien und Vorschriften	400
A.3	Bedeutung der ANSI-Normen	401
A.4	Geräuschberechnung nach ISA-S75.17-1989	405
	Berechnungsbeispiele	415
B.1	Berechnung und Auswahl eines Ventils für Flüssigkeit	415
B.2	Berechnung und Auswahl eines Ventils für Dampf	419
B.3	Berechnung des Kv-Wertes bei nicht-turbulenter Strömung	427
B.4	Berechnung der Stellzeiten für pneumatische Antriebe	429
	Verschiedene Ausdrücke des DIN/IEC-Spezifikationsblattes	435
C	Lösung der Übungsaufgaben	437