

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Fluide und Fluideigenschaften</b> .....	5
2.1	Physikalisch-chemische Eigenschaften der Druckflüssigkeiten .....	5
2.1.1	Dichte .....	6
2.1.2	Viskosität .....	8
2.1.3	Luftaufnahmevermögen .....	15
2.1.4	Wassergehalt .....	16
2.1.5	Flammpunkt / Brennpunkt .....	16
2.1.6	Aschegehalt, Verkokungsrückstand .....	17
2.1.7	Stockpunkt / Pour Point .....	17
2.1.8	Alterung .....	17
2.2	Druckflüssigkeitsarten .....	18
2.2.1	Additivierung .....	18
2.2.2	Synthetische Schmierstoffe .....	21
2.2.3	Klassifikation / Normung .....	23
2.3	Biologisch abbaubare Hydraulikflüssigkeiten .....	30
2.3.1	Problemfelder: Verlustschmierungen und technische Havarien .....	30
2.3.2	Betriebstechnisches Umfeld: Juristische Bewertung .....	30
2.3.3	Was sind umweltverträgliche Schmierstoffe? .....	31
2.3.4	Erfahrungen / Stand der Technik .....	35
2.4	Druckluft .....	40
2.4.1	Stoffwerte von Luft .....	40
2.4.2	Zustandsänderungen .....	40
2.4.3	Feuchte Luft .....	42
2.5	Übungsbeispiele .....	43
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Fluidmechanik</b> .....	45
3.1	Kontinuitätsgleichung .....	45
3.2	Leistung / Energie / Satz von Bernoulli .....	46
3.3	Druckverluste (Strömungsverluste $R$ ) .....	48
3.3.1	Strömungsverluste in geraden Rohrleitungen .....	49
3.3.2	Strömungsverluste an Einbauten und Ventilen .....	52
3.3.3	Reihen- und Parallelschaltung von Ventilen und Einbauten .....	53
3.4	Trägheitswirkung (Induktivität $L$ ) .....	55
3.4.1	Beschleunigung des Fluids .....	55
3.4.2	Induktivität $L$ einer Rohrleitung .....	56
3.4.3	Berücksichtigung der Trägheit von mitbewegten Bauteilen .....	56
3.4.4	Berücksichtigung der Trägheit bei rotatorischen Hydraulikantrieben .....	57

3.5	Kompressibilität (Kapazität $C$ ) .....	58
3.5.1	Kapazität $C$ .....	58
3.5.2	Hydraulische Kapazität einer Rohrleitung .....	59
3.6	Kraftwirkungen strömender Flüssigkeiten / Impulssatz .....	60
3.7	Leckverluste / Volumenstrom durch Drosselung $Q$ .....	61
3.7.1	Leckströmungen infolge von Druckdifferenzen im parallelen Spalt ..	61
3.7.2	Leckstrom im Ringspalt .....	64
3.7.3	Leckströmungen in röhrenförmigen Strömungskanälen .....	64
3.7.4	Ausfluss an Drosselstellen (Pneumatik) .....	65
3.8	Schallgeschwindigkeit (Druckwellengeschwindigkeit) .....	67
3.9	Übungen und Beispiele .....	68
<b>4</b>	<b>Komponenten und Bauteile</b> .....	<b>71</b>
4.1	Grundprinzip, Leistungsübertragung und Energiewandlung .....	71
4.2	Statische Anlagenkennlinie .....	75
4.3	Schaltzeichen (DIN ISO 1219) .....	76
4.4	Verdrängermaschinen .....	77
4.4.1	Pumpen .....	77
4.4.2	Hubkolbenverdichter .....	90
4.5	Ventile .....	95
4.5.1	Hydraulikventile .....	95
4.5.2	Pneumatikventile .....	120
4.6	Linear- und Schwenkmotoren (Aktoren) .....	126
4.6.1	Hydromotoren .....	126
4.6.2	Pneumatikzylinder .....	137
4.7	Hydrostatische Antriebe / hydrodyn. Getriebe und Wandler .....	138
4.7.1	Hydrostatische Antriebe .....	138
4.7.2	Hydrodynamische Antriebe .....	139
4.8	Zubehör .....	145
4.8.1	Rohre, Schläuche .....	145
4.8.2	Speicher .....	147
4.8.3	Tank .....	151
4.8.4	Filter .....	153
4.8.5	Kühler .....	153
4.8.6	Schalldämpfer (Pneumatik) .....	154
4.9	Übungen und Beispiele .....	159
<b>5</b>	<b>Steuern, Regeln, Simulieren</b> .....	<b>165</b>
5.1	Steuerungen .....	165
5.1.1	Konventioneller Aufbau logischer Schaltungen .....	167
5.1.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) .....	167
5.1.3	Bussysteme .....	170
5.2	Regelungen .....	176
5.2.1	Pumpenregelung .....	176

5.2.2	Positionierung einer hydraulischen Achse .....	180
5.3	Modellbildung und Simulation .....	183
	Beispiele für kommerzielle Software-Lösungen .....	190
5.4	Übungen und Beispiele .....	194
<b>ANHANG</b>	.....	<b>195</b>
A1	Beschreibung von Schwingungen .....	195
	A1.1 Komplexe Darstellung .....	195
	A1.2 Weg – Geschwindigkeit – Beschleunigung .....	196
A2	Verallgemeinerung der Schwingungsdifferentialgleichung .....	197
	A2.1 Freie, gedämpfte Schwingung .....	197
	A2.2 Erzwungene Schwingungen .....	198
A3	Regelungstechnische Grundlagen .....	200
	A3.1 Darstellung im Zeitbereich / Zustandsraum .....	200
	A3.2 Darstellung im Komplexen .....	203
	A3.3 Frequenzgang .....	205
	A3.4 Reglerarten und -parameter .....	207
	A3.5 Stabilitätsverhalten des Regelkreises .....	208
A4	Numerische Integration / MATLAB-Implementation .....	208
A5	Lösungen zu den Übungsbeispielen .....	210
	Kap. 2: Fluideigenschaften .....	210
	Kap. 3: Fluidmechanik .....	213
	Kap. 4: Komponenten und Bauteile .....	221
	Kap. 5: Messen, Steuern, Regeln .....	231
A6	Online-Service .....	233
<b>Quellen- und Literaturhinweise</b>	.....	<b>234</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>	.....	<b>237</b>