

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
2 Fluide und Fluideigenschaften	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
2.3.3.1 Chemische Grundlagen	31
2.3.3.2 Grundöle / Klassifikation	32
2.3.3.3 Einstufung umweltverträglicher Schmierstoffe / Testverfahren ...	34
2.3.3.4 Normung zur biologischen Abbaubarkeit	34
2.3.4 Erfahrungen / Stand der Technik	35
2.3.4.1 Rückblick / Historische Problemfelder	36
2.3.4.2 Technische Performance der 'Bio-Schmierstoffe'	36
2.3.4.3 Exemplarische Anwendungsbereiche	36
2.3.4.4 Anwendungsbeispiele	38
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
3 Grundlagen der Fluidmechanik	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	62
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	Simulationsbeispiel	68
3.10	Übungen und Beispiele	70
4	Komponenten und Bauteile	73
4.1	Grundprinzip, Leistungsübertragung und Energiewandlung	73
4.2	Statische Anlagenkennlinie	77
4.3	Schaltzeichen (DIN ISO 1219)	78
4.4	Verdrängermaschinen	79
4.4.1	Pumpen	79
4.4.2	Hubkolbenverdichter	92
4.5	Ventile	97
4.5.1	Hydraulikventile	97
4.5.1.1	Druckventile	97
4.5.1.2	Stromventile	103
4.5.1.3	Sperrventile	106
4.5.1.4	Wegeventile	107
4.5.1.5	Proportionalwirkende Ventile	111
4.5.2	Pneumatikventile	123
4.6	Linear- und Schwenkmotoren (Aktoren)	129
4.6.1	Hydromotoren	129
4.6.2	Pneumatikzylinder	140
4.7	Hydrostatische Antriebe / hydrodyn. Getriebe und Wandler	141
4.7.1	Hydrostatische Antriebe	141
4.7.2	Hydrodynamische Antriebe	142

4.8	Zubehör	148
4.8.1	Rohre, Schläuche	148
4.8.2	Speicher	150
4.8.3	Tank	154
4.8.4	Filter	156
4.8.5	Kühler	156
4.8.6	Schalldämpfer (Pneumatik)	157
4.9	Simulationsbeispiel	162
4.10	Übungen und Beispiele	164
5	Steuern, Regeln, Simulieren	171
5.1	Steuerungen	171
5.1.1	Konventioneller Aufbau logischer Schaltungen	173
5.1.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	173
5.1.3	Bussysteme	176
5.2	Regelungen	182
5.2.1	Pumpenregelung	182
5.2.2	Sekundärregelung	186
5.2.3	Positionierung einer hydraulischen Achse	189
5.3	Modellbildung und Simulation	192
5.4	Übungen und Beispiele	202
Anhang	203
A1	Beschreibung von Schwingungen	203
A1.1	Komplexe Darstellung	203
A1.2	Weg – Geschwindigkeit – Beschleunigung	204
A2	Verallgemeinerung der Schwingungsdifferentialgleichung	205
A2.1	Freie, gedämpfte Schwingung	205
A2.2	Erzwungene Schwingungen	206
A3	Regelungstechnische Grundlagen	208
A3.1	Darstellung im Zeitbereich / Zustandsraum	208
A3.2	Darstellung im Komplexen	211
A3.3	Frequenzgang	213
A3.4	Reglerarten und -parameter	215
A3.5	Stabilitätsverhalten des Regelkreises	216
A4	Numerische Integration / MATLAB-Implementation	216
A5	Lösungen zu den Übungsbeispielen	218
	Kap. 2: Fluideigenschaften	218
	Kap. 3: Fluidmechanik	221
	Kap. 4: Komponenten und Bauteile	229
	Kap. 5: Messen, Steuern, Regeln	240
A6	Online-Service	242
Quellen- und Literaturhinweise	243
Sachwortverzeichnis	246