

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
Literatur	5
2 Fluide und Fluideigenschaften	7
2.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften der Druckflüssigkeiten	7
2.1.1 Dichte	8
2.1.2 Viskosität	11
2.1.3 Luftaufnahmevermögen	18
2.1.4 Wassergehalt	20
2.1.5 Flammpunkt/Brennpunkt	20
2.1.6 Aschegehalt, Verkokungsrückstand	20
2.1.7 Stockpunkt/Pour Point	21
2.1.8 Alterung	21
2.2 Druck- und Schmierstoffflüssigkeitsarten	21
2.2.1 Additivierung	22
2.2.2 Synthetische Schmierstoffe	27
2.2.3 Klassifikation/Normung	30
2.3 Biologisch abbaubare Hydraulikflüssigkeiten	37
2.3.1 Problemfelder: Verlustschmierungen und technische Havarien	37
2.3.2 Betriebstechnisches Umfeld: Juristische Bewertung	38
2.3.3 Was sind umweltverträgliche Schmierstoffe?	38
2.3.4 Erfahrungen/Stand der Technik	44
2.4 Druckluft	48
2.4.1 Stoffwerte von Luft	48
2.4.2 Zustandsänderungen	48
2.4.3 Feuchte Luft	50
2.5 Übungsbeispiele	52
Literatur	53

3 Grundlagen der Fluidmechanik	55
3.1 Kontinuitätsgleichung	55
3.2 Leistung/Energie/Satz von BERNOULLI	56
3.3 Druckverluste (Strömungsverluste R)	59
3.3.1 Strömungsverluste in geraden Rohrleitungen	60
3.3.2 Strömungsverluste an Einbauten und Ventilen	62
3.3.3 Reihen- und Parallelschaltung von Ventilen und Einbauten	64
3.4 Trägheitswirkung (Induktivität L)	66
3.4.1 Beschleunigung des Fluids	66
3.4.2 Induktivität L einer Rohrleitung	67
3.4.3 Berücksichtigung der Trägheit von mitbewegten Bauteilen	68
3.4.4 Berücksichtigung der Trägheit bei rotatorischen Hydraulikantrieben	68
3.5 Kompressibilität (Kapazität C)	70
3.5.1 Kapazität C	70
3.5.2 Hydraulische Kapazität einer Rohrleitung	71
3.6 Kraftwirkungen strömender Flüssigkeiten/Impulssatz	72
3.7 Leckverluste/Volumenstrom durch Drosselung Q	73
3.7.1 Leckströmungen infolge von Druckdifferenzen im parallelen Spalt	74
3.7.2 Leckstrom im Ringspalt	76
3.7.3 Leckströmungen in röhrenförmigen Strömungskanälen	76
3.7.4 Ausfluss an Drosselstellen (Pneumatik)	77
3.8 Schallgeschwindigkeit (Druckwellengeschwindigkeit)	80
3.9 Simulationsbeispiel	81
3.10 Praxisbeispiel Leckrate	83
3.10.1 Problemstellung	83
3.10.2 Lösungshinweise	83
3.10.3 Parametervariationen	85
3.11 Übungen und Beispiele	86
Literatur	89
4 Komponenten und Bauteile	91
4.1 Grundprinzip, Leistungsübertragung und Energiewandlung	91
4.2 Statische Anlagenkennlinie	95
4.3 Schaltzeichen (DIN ISO 1219)	96
4.4 Verdrängermaschinen	97
4.4.1 Pumpen	97
4.4.2 Hubkolbenverdichter	108
4.5 Ventile	113
4.5.1 Hydraulikventile	113
4.5.2 Pneumatikventile	141

4.6	Linear- und Schwenkmotoren (Aktoren)	147
4.6.1	Hydromotoren	147
4.6.2	Pneumatikzylinder	158
4.7	Hydrostatische Antriebe/hydrodyn. Getriebe und Wandler	160
4.7.1	Hydrostatische Antriebe	160
4.7.2	Hydrodynamische Antriebe	161
4.8	Zubehör	167
4.8.1	Rohre, Schläuche	167
4.8.2	Speicher	170
4.8.3	Tank	176
4.8.4	Filter	179
4.8.5	Kühler	179
4.8.6	Schalldämpfer (Pneumatik)	180
4.9	Simulationsbeispiel	185
4.10	Visualisierung von Widerstand und Leitwert eines Regelventils.	187
4.11	Simulationsbeispiel Einspritzsystem	188
4.11.1	Problemstellung	189
4.11.2	Problemanalyse	189
4.11.3	Simulationsrechnung in SCILAB	191
4.11.4	Ergebnisse der Simulationsrechnung und Parameterstudien	192
4.11.5	Zusammenfassung/Bewertung	195
4.12	Optimierung und Energieeffizienz	195
4.12.1	Kreativmethoden	195
4.12.2	Nutzwertanalyse	196
4.12.3	Drehzahlvariable Pumpen versus Schwenkpumpen	197
4.13	Drucklufteffizienz	200
4.13.1	Energetische Verluste	201
4.13.2	Betriebswirtschaftliche Bewertung	202
4.13.3	Emissionsbewertung	202
4.13.4	Optimierungspotentiale im praktischen Betrieb	202
4.13.5	Zusammenfassung/Bewertung	205
4.14	Übungen und Beispiele	206
4.14.1	Pumpen und Verdichter	206
4.14.2	Hydraulische Maschinen	206
4.14.3	Zusammenwirken von Pumpe und Anlage (Anlagenkennlinie)	207
4.14.4	Zylinder und Schwenkmotoren	207
4.14.5	Ventile und Einbauten	208
4.14.6	Wärmeverluste/Kühlerdimensionierung	210
4.14.7	Speicher	210
4.14.8	Dynamische Vorgänge	210
	Literatur.	212

5	Steuern, Regeln, Simulieren	213
5.1	Steuerungen	213
5.1.1	Konventioneller Aufbau logischer Schaltungen	215
5.1.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	215
5.1.3	Bussysteme	218
5.2	Regelungen	223
5.2.1	Pumpenregelung	223
5.2.2	Sekundärregelung	227
5.2.3	Positionierung einer hydraulischen Achse	228
5.3	Modellbildung und Simulation	231
5.4	Übungen und Beispiele	242
	Literatur	246
	Anhang	247
	Stichwortverzeichnis	293