

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Hydraulik	1
	Jürgen Weber und Tobias Radermacher	
1.1	Einordnung der hydraulischen Antriebstechnik	4
1.2	Aufbau hydraulischer Anlagen	7
1.2.1	Wirkungsweise der Hydraulikanlage	7
1.2.2	Elemente hydraulischer Antriebe	9
1.2.3	Darstellung hydraulischer Anlagen	10
	Literatur	14
2	Druckflüssigkeiten für Hydraulikanlagen	15
	Dieter Herschel und Sven Osterland	
2.1	Anforderungen	16
2.2	Einteilung	16
2.3	Eigenschaften und Kennwerte von Druckflüssigkeiten	19
2.3.1	Viskosität	19
2.3.2	Dichte und Kompressibilität	23
2.3.3	Luft und Wasser in der Druckflüssigkeit	27
2.3.4	Umweltverträglichkeit und Entsorgung	31
2.3.5	Technologische und ökonomische Anforderungen	34
2.4	Charakteristik der marktüblichen Druckflüssigkeiten	37
2.4.1	Mineralölbasische Flüssigkeiten (Mineralöle, Hydrauliköle)	37
2.4.2	Schwerentflammbare Druckflüssigkeiten	38
2.4.3	Biologisch schnell abbaubare Druckflüssigkeiten	40
2.4.4	Rheologische Flüssigkeiten	42
2.4.5	Wasser	44
2.5	Einsatzkriterien und Auswahl	45

2.6	Kavitation.	48
2.6.1	Dampfkavitation und Kavitationserosion	51
2.6.2	Gaskavitation und Mikrodieseleffekt.	52
2.6.3	Maßnahmen zur Kavitationsvermeidung.	55
	Literatur.	56
3	Berechnungsgrundlagen von Hydraulikanlagen	59
	Jürgen Weber	
3.1	Druckentstehung und -fortpflanzung	59
3.2	Kontinuitätsgesetz, Masse- und Volumenstrom.	63
3.3	Bernoulli-Gleichung und Impulssatz.	65
3.4	Strömungswiderstände.	72
3.4.1	Druckverluste.	73
3.4.2	Leckverluste.	84
3.5	Hydraulische Kapazität und Induktivität.	88
3.6	Verknüpfung von Strömungswiderständen	92
3.7	Strömungsbedingte Kräfte an Kolben hydraulischer Ventile.	99
3.8	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Wärmeentwicklung	103
	Literatur.	109
4	Hydraulikpumpen und -Motoren	111
	Norbert Gebhardt	
4.1	Einteilung.	112
4.2	Kenngrößen	113
4.3	Maßnahmen zur Pulsationsminderung.	122
4.4	Bauarten von Hydromaschinen	127
4.4.1	Zahnradmaschinen	127
4.4.2	Schraubenmaschinen	132
4.4.3	Flügelzellenmaschinen.	133
4.4.4	Kolbenmaschinen.	137
4.5	Stelleinheiten von Hydromaschinen	144
4.5.1	Steuereinrichtungen	145
4.5.2	Regeleinrichtungen	147
4.6	Antriebseinheiten.	158
4.6.1	Aggregate.	158
4.6.2	Powerpacks	159
4.7	Prüfung von Hydromaschinen	160
	Literatur.	162

5	Arbeitszylinder	165
	Norbert Gebhardt	
5.1	Bauarten	165
5.1.1	Einfachwirkende Zylinder	166
5.1.2	Doppeltwirkende Zylinder	168
5.1.3	Schwenkmotoren	169
5.2	Berechnung von Zylindern	170
5.2.1	Grundgleichung	170
5.2.2	Hubkraft und Arbeitsgeschwindigkeit	171
5.2.3	Reibungskräfte und Wirkungsgrad	175
5.2.4	Knickung	178
5.2.5	Auslegung	180
5.3	Zusatzelemente an Zylindern	181
5.3.1	Dichtungen	181
5.3.2	Endlagendämpfung	187
5.3.3	Befestigungsmöglichkeiten der Zylinder	189
5.3.4	Wegmesssysteme	190
5.4	Überprüfung von Zylindern	192
	Literatur	195
6	Hydraulikventile	197
	Norbert Gebhardt, Jan Lübbert, Giacomo Kolks und Jürgen Weber	
6.1	Sperrventile	200
6.1.1	Absperrventile	201
6.1.2	Rückschlagventile	202
6.1.3	Entsperrbare Rückschlagventile	203
6.1.4	Wechselventile	205

6.5	Stetigwegeventile	235
6.5.1	Hydraulische Halbbrücke	236
6.5.2	Statisches Durchflussverhalten von 4/3-Wegeventilen	237
6.5.3	Proportionalwegeventile	242
6.5.4	Servoventile	248
6.5.5	Vergleich Servo- und Proportional-Wegeventile	257
6.5.6	Regelventile	257
6.6	Elektrische Betätigungseinrichtungen hydraulischer Ventile	259
6.6.1	Übersicht	259
6.6.2	Der Schaltmagnet	261
6.6.3	Der Proportionalmagnet	265
6.6.4	Die Tauchspule	267
	Literatur	268

9	Messtechnik in der Hydraulik	323
	Norbert Gebhardt	
9.1	Allgemeines	323
9.2	Messgrößen	330
9.2.1	Druck	330
9.2.2	Druckschalter	337
9.2.3	Temperatur	338
9.2.4	Kombisensoren	340
9.2.5	Volumenstrom	341
9.2.6	Drehzahl	348
9.2.7	Schallpegel	350
9.3	Hydraulikmessgeräte	353
9.3.1	Digitalanzeigegeräte	353
9.3.2	Hydrotester	353
9.3.3	Sensoren und Messgeräte zur Analyse des Fluids	355
9.3.4	Der PC als Messgerät	366
9.4	Software	369
9.5	Kalibrierung von Sensoren bzw. Messketten	369
9.5.1	Druck	370
9.5.2	Volumenstrom	371
9.5.3	Messgeräte	373
9.5.4	Partikel	373
	Literatur	375
10	Systemarchitekturen und Anwendungsgebiete	377
	Sebastian Michel, Jan Lübbert, André Sitte und Jürgen Weber	
10.1	Systematisierung hydraulischer Systemarchitekturen	378
10.2	Grundelemente hydraulischer Kreisläufe	382
10.2.1	Volumenstrom- und Druckquellen	382
10.2.2	Offener und geschlossener Kreislauf	385
10.2.3	Resistive und generative Lasten	386
10.3	Widerstandssteuerung mit lastunabhängigem Systemdruck	387
10.3.1	Aufbau und Funktionsweise	387
10.3.2	Stationäre Betriebsgrößen	388
10.3.3	Dynamisches Verhalten	398
10.3.4	Energetisches Verhalten	402
10.4	Widerstandssteuerung mit lastabhängigem Systemdruck	403
10.4.1	Aufbau und Funktionsweise	404
10.4.2	Stationäre Betriebsgrößen	416
10.4.3	Dynamisches Verhalten	427
10.4.4	Energetisches Verhalten	430

10.5	Verdrängersteuerungen mit lastabhängigem Systemdruck (Primärverdrängersteuerungen)	435
10.5.1	Aufbau und Funktionsweise.	436
10.5.2	Stationäre Betriebsgrößen	444
10.5.3	Dynamisches Verhalten	446
10.5.4	Energetisches Verhalten	449
10.6	Verdrängersteuerungen mit lastunabhängigem Systemdruck (Sekundärregelung)	452
10.6.1	Aufbau und Funktionsweise.	453
10.6.2	Stationäre Betriebsgrößen	455
10.6.3	Dynamisches Verhalten	455
10.6.4	Energetisches Verhalten	456
10.7	Systeme mit getrennten Steuerungen	466

11.7	Kraftregelung ventil- und verdrängergesteuerter Antriebe	519
11.7.1	Übertragungsverhalten der Regelstrecke	520
11.7.2	Vorsteuerung des Volumenstroms	523
11.8	Regelungen mit Umschaltung zwischen Position und Kraft	524
11.8.1	Umschaltkriterium Weg	524
11.8.2	Umschaltkriterium Kraft	525
11.9	Nichtlineare Regelansätze	526
11.9.1	Gain Scheduling	526
11.9.2	Schaltende Regelanteile	527
11.9.3	Modellbasierte Vorsteuerung/Regelung	527
11.9.4	Lernende Regelungen	527
	Literatur	528
12	Montage u. Instandhaltung von Hydraulikanlagen	529
	Norbert Gebhardt und Dieter Herschel	
12.1	Montage	530
12.1.1	Allgemeines	530
12.1.2	Spezielle Montageformen	534
12.2	Inbetriebnahme	541
12.3	Instandhaltung	542
12.3.1	Vorbeugende Instandhaltung (Wartung)	542
12.3.2	Diagnose und Zuverlässigkeit	547
	Literatur	560
13	Virtuelles Engineering fluidtronischer Komponenten und Systeme	563
	Oliver Koch, Sven Osterland, Thomas Kramer und Jürgen Weber	
13.1	Motivation	564
13.2	Simulation mit konzentrierten Parametern	569
13.2.1	Grundlagen der Modellbildung	569
13.2.2	Lösung von Simulationsmodellen	586
13.3	Simulation mit verteilten Parametern	597
13.3.1	Numerische Strömungsberechnung	597
13.3.2	Numerische Magnetfeldberechnung	621
	Literatur	640
	Stichwortverzeichnis	643