

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung in die Hydraulik	1
Dieter Will und Norbert Gebhardt	
1.1 Grundlagen	2
1.2 Darstellung hydraulischer Anlagen	5
1.2.1 Wirkungsweise der Hydraulikanlage	5
1.2.2 Aufbau der Hydraulikanlage	7
1.2.3 Darstellung hydraulischer Anlagen	8
2 Druckflüssigkeiten für Hydraulikanlagen	15
Dieter Herschel	
2.1 Anforderungen	15
2.2 Einteilung	17
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	38
2.4.1 Mineralölbasische Flüssigkeiten (Mineralöle, Hydrauliköle)	38
2.4.2 Schwerentflammbare Druckflüssigkeiten	39
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
Literatur	47
3 Berechnungsgrundlagen von Hydraulikanlagen	51
Dieter Will und Reiner Nollau	
3.1 Druckentstehung und -fortpflanzung	51
3.2 Kontinuitätsgesetz, Masse- und Volumenstrom	55

3.3	Bernoulli-Gleichung und Impulssatz	57
3.4	Strömungswiderstände	65
3.4.1	Druckverluste	66
3.4.2	Leckverluste	78
3.5	Hydraulische Kapazität und Induktivität	82
3.6	Verknüpfung von Strömungswiderständen	86
3.7	Strömungsbedingte Kräfte an Kolben hydraulischer Ventile	92
3.8	Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Wärmeentwicklung	97
	Literatur	104
4	Grundstrukturen hydraulischer Kreisläufe	105
	Dieter Will	
4.1	Volumenstrom- und Druckquellen	105
4.1.1	Volumenstromquellen	105
4.1.2	Druckquellen	107
4.2	Offener und geschlossener Kreislauf	108
4.2.1	Offener Kreislauf	109
4.3	Parallel- und Reihenschaltung von Verbrauchern	112
4.4	Drosselkreisläufe	114
4.4.1	Drosselkreisläufe mit Druckquelle	114
4.4.2	Drosselkreisläufe mit Volumenstromquelle	116
4.5	Passive und aktive Lasten	117
	Literatur	118
5	Modellierung und Simulation des dynamischen Verhaltens von Hydrauliksystemen	119
	Reiner Nollau	
5.1	Methodik der Modellermittlung	119
5.2	Das Werkzeug Simulation	127
5.3	Übertragungsfunktion eines linearen Antriebsmodells	131
5.4	Druck- und Stromventile als Regler	133
5.4.1	Druckbegrenzungsventil	133
5.4.2	Druckreduzierventil	140
5.4.3	Zwei-Wege-Stromregelventil	143
	Literatur	147
6	Hydraulikpumpen und -motoren	149
	Norbert Gebhardt	
6.1	Einteilung	150
6.1.1	Umlaufverdränger-(Drehkolben-) -maschinen	150
6.1.2	Hubverdränger-(Schubkolben-) -maschinen	150

6.2	Kenngrößen	151
6.3	Maßnahmen zur Pulsationsminderung	159
6.3.1	Primäre Maßnahmen	160
6.3.2	Sekundäre Maßnahmen	161
6.4	Bauarten von Hydromaschinen	165
6.4.1	Zahnradmaschinen	165
6.4.2	Schraubenmaschinen	171
6.4.3	Flügelzellenmaschinen	172
6.4.4	Kolbenmaschinen	175
6.5	Stelleinheiten von Hydromaschinen	183
6.5.1	Steuereinrichtungen	184
6.5.2	Regeleinrichtungen	186
6.6	Prüfung von Hydromaschinen	191
	Literatur	193
7	Hydraulikzylinder	195
	Norbert Gebhardt	
7.1	Bauarten	195
7.1.1	Einfachwirkende Zylinder	196
7.1.2	Doppeltwirkende Zylinder	197
7.1.3	Schwenkmotoren	198
7.2	Berechnung von Zylindern	200
7.2.1	Hubkraft und Arbeitsgeschwindigkeit	200
7.2.2	Reibungskräfte und Wirkungsgrad	204
7.2.3	Knickung	208
7.2.4	Auslegung	210
7.3	Zusatzelemente an Zylindern	210
7.3.1	Dichtungen	210
7.3.2	Endlagendämpfung	216
7.3.3	Befestigungsmöglichkeiten der Zylinder	218
7.3.4	Wegmesssysteme	218
7.4	Überprüfung von Zylindern	222
	Literatur	225
8	Hydraulikventile	227
	Reiner Nollau und Norbert Gebhardt	
8.1	Sperrventile	229
8.1.1	Absperrventile	229
8.1.2	Rückschlagventile	229
8.1.3	Entsperrbare Rückschlagventile	232
8.1.4	Wechselventile	234

8.2	Konventionelle Wegeventile	235
8.2.1	Kolbenlängsschieberventile	237
8.2.2	Drehschieberventile	246
8.2.3	Zwei-Wege-Einbauventile als gesteuerte Einzelwiderstände	247
8.3	Druckventile	250
8.3.1	Druckbegrenzungsventile	250
8.3.2	Druckreduzierventile	255
8.4	Stromventile, manuell verstellbar	257
8.4.1	Drosselventile	257
8.4.2	Stromregelventile	260
8.4.3	Stromteilventile	261
8.5	Elektrisch betätigte Stetigventile	263
8.5.1	Servo-Wegeventile	263
8.5.2	Proportionalventiltechnik	274
8.5.3	Vergleich Servo- und Proportional-Wegeventile	282
8.5.4	Regelventile	283
	Literatur	284
9	Druckflüssigkeitsspeicher für Hydraulikanlagen	287
	Dieter Herschel	
9.1	Anwendungen	287
9.2	Wirkungsprinzip	291
9.3	Bauarten	291
9.4	Auslegung von Druckflüssigkeitsspeichern	296
9.4.1	Problemstellung und Kenngrößen	296
9.4.2	Auslegungspraxis	299
9.5	Sicherheitsvorschriften	303
9.6	Einbau, Inbetriebnahme und Wartung	306
	Literatur	308
10	Zubehör für Hydraulikanlagen	309
	Dieter Herschel	
10.1	Flüssigkeitsbehälter (Tank)	309
10.1.1	Konstruktiver Aufbau und Ausführungsformen	310
10.1.2	Behältergröße	312
10.2	Flüssigkeitskühler und Vorwärmer	315
10.3	Leitungen und Leitungsverbindungen	316
10.3.1	Rohrleitungen	317
10.3.2	Rohrverschraubungen	319
10.3.3	Schlauchleitungen	326

10.4	Filter	327
10.4.1	Funktion und Kenngrößen	327
10.4.2	Filterarten und Filterkonzept	331
10.4.3	Anordnung der Filter im Kreislauf	334
	Literatur	335
11	Messtechnik in der Hydraulik	337
	Norbert Gebhardt	
11.1	Messgrößen	338
11.1.1	Allgemeines	339
11.1.2	Druck	343
11.1.3	Temperatur	351
11.1.4	Kombisensoren	354
11.1.5	Volumenstrom	354
11.1.6	Drehzahl	362
11.1.7	Schallpegel	363
11.2	Hydraulikmessgeräte	366
11.2.1	Digitalanzeigeegeräte	366
11.2.2	Hydrotester	366
11.2.3	Sensoren und Messgeräte zur Analyse des Fluids	368
11.2.4	Der PC als Messgerät	377
11.3	Software	380
	Literatur	381
12	Montage und Instandhaltung von Hydraulikanlagen	383
	Norbert Gebhardt und Dieter Herschel	
12.1	Montage	383
12.1.1	Allgemeines	383
12.1.2	Spezielle Montageformen	387
12.2	Inbetriebnahme	397
12.3	Instandhaltung	398
12.3.1	Vorbeugende Instandhaltung (Wartung)	398
12.3.2	Diagnose und Zuverlässigkeit	404
	Literatur	415
13	Gestaltung von Hydrauliksystemen	417
	Reiner Nollau	
13.1	Systemkonzepte	417
13.2	Systeme mit Druckquellen konstanten Drucksollwertes	423
13.2.1	Systemstrukturen, Teilsysteme	423
13.2.2	Antriebsschaltungen	425

13.2.3	Druckquellen	437
13.2.4	Leitungssystem	444
13.2.5	Dynamisches Verhalten	446
13.3	Load-Sensing-Systeme	462
13.3.1	Grundstruktur des Systems	462
13.3.2	Strukturmodifikationen	464
13.3.3	Dynamisches Verhalten	466
13.4	Systeme mit Volumenstromquellen	470
13.4.1	Systemstrukturen, Steuerungsprinzipien	470
13.4.2	Systemvarianten	471
13.4.3	Dynamisches Verhalten	482
13.5	Vergleich der Systemkonzepte	486
13.5.1	Aufwand an Komponenten, Verlustleistungen	486
13.5.2	Dynamisches Verhalten	490
	Literatur	492
14	Projektierung von Hydrauliksystemen	493
	Reiner Nollau	
14.1	Projektierungsgrundlagen und -unterlagen	493
14.2	Zuordnung der Antriebe zu Teilsystemstrukturen	495
14.3	Projektierung von Einzelantrieben	498
14.4	Projektierung eines Systems mit Druckquelle für mehrere Antriebe	499
14.4.1	Druckniveaufestlegung	499
14.4.2	Projektierung der Antriebe	500
14.4.3	Druckquellenprojektierung	502
14.5	Projektierung weiterer Komponenten	505
	Literatur	507
	Sachverzeichnis	509