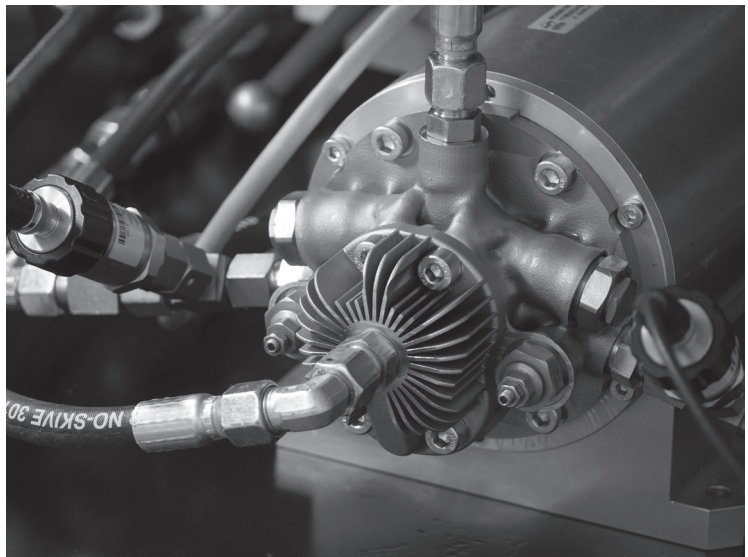


Katharina Schmitz

***Fluidtechnik –
Systeme und Komponenten***



Umdruck zur Vorlesung
Fluidtechnik –
Systeme und Komponenten
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Katharina Schmitz

1. Auflage 2022

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Verfassers

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Titelfoto: ifas

Copyright Shaker Verlag 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8801-4

ISSN 1437-8434

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhalt

Formelzeichen und Abkürzungen.....	9
0 Präambel	15
1 Einleitung	17
1.1 Historische Entwicklung	17
1.2 Grundlegender Aufbau hydraulischer Systeme	20
1.3 Vor- und Nachteile hydraulischer Antriebe	21
1.4 Einsatzbereiche hydraulischer Antriebe und Systeme	24
1.5 Vergleich verschiedener Antriebstechnologien	28
1.6 Literatur zu Kapitel 1	32
2 Grundlagen der Hydraulik	33
2.1 Hydrostatik	33
2.1.1 Translatorische Bewegungen	34
2.1.2 Rotatorische Bewegungen.....	36
2.2 Hydrodynamik.....	39
2.2.1 Kontinuitätsgleichung	39
2.2.2 Impulserhaltungsgleichung	40
2.2.3 Energieerhaltungsgleichung	41
2.2.4 Reynolds-Zahl	44
2.3 Verlustbehaftete Strömungen	45
2.3.1 Laminare verlustbehaftete Strömung	45
2.3.2 Turbulente verlustbehaftete Strömungen	50
2.3.3 Hydraulische Leitungssysteme	56
2.4 Struktur hydraulischer Systeme	63
2.4.1 Allgemeine Struktur hydraulischer Systeme	64
2.4.2 Systematik hydraulischer Steuerungsarten.....	66
2.5 Hydraulische Netzwerke	68

2.5.1	Hydraulische Widerstände	70
2.5.2	Hydraulische Kapazitäten.....	72
2.5.3	Hydraulische Induktivität	77
2.5.4	Berechnungsbeispiel für ein hydraulisches Netzwerk.....	81
2.6	Die Flüssigkeitssäule als homogener Schwinger	83
2.6.1	Der Druckstoß	86
2.6.2	Rohrschalldämpfer	89
2.7	Literatur zu Kapitel 2	91
3	Druckflüssigkeit als Konstruktionselement	93
3.1	Aufgaben und Anforderungen der Druckflüssigkeiten	93
3.2	Arten der Druckflüssigkeiten	94
3.2.1	Allgemeine Flüssigkeiten	94
3.2.2	Umweltverträgliche Flüssigkeiten.....	96
3.2.3	Schwerentflammbare Flüssigkeiten	100
3.2.4	Spezielle Flüssigkeiten	102
3.3	Eigenschaften der Druckflüssigkeiten.....	103
3.3.1	Viskosität.....	103
3.3.2	Dichte	109
3.3.3	Kompressionsmodul / Druckabhängige Dichte.....	110
3.3.4	Gaslösevermögen	112
3.3.5	Weitere Eigenschaften.....	112
3.4	Additivierung von Druckflüssigkeiten	119
3.5	Verunreinigung von Druckflüssigkeiten	124
3.5.1	Molekulare Verunreinigungen	124
3.5.2	Gasförmige Verunreinigungen	125
3.5.3	Flüssige Verunreinigungen.....	129
3.5.4	Feste Verunreinigungen	130
3.5.5	Klassifizierung von Fluidreinheiten	132
3.6	Aufbewahrung und Filtration von Druckflüssigkeiten	136
3.6.1	Behälter	136
3.6.2	Wirkprinzipien der Filtration.....	140

3.6.3	Filterkenngrößen	145
3.6.4	Funktion und Anordnung von Filtern.....	148
3.7	Fluidische Zustandsüberwachung	151
3.7.1	Ölzustandssensoren	151
3.7.2	Partikelmesstechnik.....	152
3.8	Kennwerte von Druckflüssigkeiten.....	155
3.9	Literatur zu Kapitel 3	156
4	Pumpen und Motoren	157
4.1	Grundlegende Funktion.....	157
4.2	Bauarten rotatorischer Verdrängereinheiten	161
4.2.1	Axialkolbenmaschinen	161
4.2.2	Radialkolbenmaschinen	171
4.2.3	Zahnradmaschinen	176
4.2.4	Flügelzellenmaschinen	182
4.3	Sonderbauarten	185
4.4	Bauarten linearer Verdrängereinheiten	191
4.4.1	Zylinder	191
4.4.2	Druckübersetzer	195
4.4.3	Schwenkantriebe	196
4.5	Eigenschaften von Verdrängermaschinen.....	198
4.5.1	Kompressionsarbeit von Pumpen.....	198
4.5.2	Förderverhalten und Pulsation	202
4.5.3	Wirkungsgrade	217
4.6	Steuerung und Regelung von Verdrängereinheiten	223
4.6.1	Verdrängervolumensteuerung	223
4.6.2	Druckregelung.....	226
4.6.3	Stromregelungen	227
4.6.4	Drehzahlregelung	229
4.6.5	Leistungsregelung	230
4.7	Literatur zu Kapitel 4	233

5	Ventile	235
5.1	Bauart und Funktionsweise	236
5.1.1	Längsschieberventile	236
5.1.2	Drehschieberventile	239
5.1.3	Sitzventile	240
5.1.4	Baugrößen und Einbau	242
5.2	Sperrventile	243
5.3	Wegeventile	245
5.3.1	Schaltventile	248
5.3.2	2-Wege-Einbauventile	249
5.3.3	Proportional-, Regel- und Servoventile	253
5.4	Druckventile	257
5.4.1	Druckbegrenzungsventile	258
5.4.2	Druckschaltventile und Bremsventile	265
5.4.3	Druckminderventile	266
5.5	Stromventile	267
5.5.1	Stromregelventile	267
5.5.2	Stromteilerventile	274
5.6	Kräfte am Längsschieberventil	276
5.6.1	Strömungskraft	276
5.6.2	Radial- und Axialkräfte	282
5.7	Betätigung	284
5.7.1	Mechanisch	285
5.7.2	Elektromechanisch	286
5.7.3	Hydraulisch-mechanisch	292
5.8	Literatur zu Kapitel 5	296
6	Dichtungen	297
6.1	Dichtsysteme	298
6.2	Statische Dichtungen	299
6.3	Dynamische Dichtungen	301

6.3.1	Translatorische Dichtungen.....	305
6.3.2	Rotationsdichtungen.....	307
6.4	Reibung und Verschleiß.....	308
6.5	Dichtungsmaterialien.....	312
6.6	Literatur zu Kapitel 6	314
7	Weitere Komponenten	315
7.1	Thermomanagement.....	315
7.1.1	Wärmetauscher.....	315
7.1.2	Erwärmung und Abkühlung eines hydraulischen Systems	317
7.2	Hydrospeicher	322
7.2.1	Bauarten	323
7.2.2	Kenngößen für die Speicherauslegung	325
7.2.3	Zustandsänderungen des Speichergases.....	326
7.2.4	Nutzungsgrad	329
7.2.5	Dynamik von Hydrospeichern	330
7.2.6	Anwendungen von Hydrospeichern	332
7.2.7	Speicherladeschaltung.....	334
7.2.8	Sicherheitsbestimmungen.....	335
7.3	Literatur zu Kapitel 7	337
8	Fluidtechnische Antriebssysteme	339
8.1	Allgemeiner Aufbau und Konzept der Digitalhydraulik.....	339
8.2	Antriebe hydraulischer Systeme.....	342
8.3	Hydrostatische Getriebe	344
8.4	Leistungsverzweigte Getriebe	351
8.5	Hydraulische Steuerung von Linearantrieben.....	357
8.6	Energierückgewinnung.....	365
8.7	Literatur zu Kapitel 8	366
9	Digitalisierte hydraulische Systeme	369
9.1	Simulation und digitale Zwillinge.....	369

9.2	Datenerfassung	372
9.3	Datennutzung – Regelung und Zustandsüberwachung	379
9.3.1	Regelung hydraulischer Systeme	379
9.3.2	Zustandsüberwachung	381
9.4	Fluidtechnik und Industrie 4.0	383
9.5	Literatur zu Kapitel 9	390
10	Grundlagen der Pneumatik	391
10.1	Aufbau pneumatischer Systeme und Eigenschaften	391
10.2	Berechnung pneumatischer Systeme.....	395
10.3	Widerstandsgesteuerte Pneumatikantriebe	402
10.3.1	Widerstände und Ventile	402
10.3.2	Bewegung eines Zylinders im pneumatischen System	406
11	Anhang	411
11.1	Umrechnungsfaktoren	411
11.2	Abkürzungen von US-Maßeinheiten.....	411
11.3	Schaltsymbole nach DIN ISO 1219	412
11.4	Stichwortverzeichnis	416