

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Indizes	XIV
1 Einführung.....	1
1.1 Begriffe und Abgrenzung des Sachgebietes	1
1.2 Aufbau eines Hydrauliksystems (Hydrosystem)	2
1.3 Vor- und Nachteile der Ölhydraulik	3
1.4 Benennung, Erklärung und Symbole der Ölhydraulik nach der DIN ISO 1219	4
1.4.1 Symbole für Hydropumpen und Hydromotoren	4
1.4.1.1 Hydropumpen	4
1.4.1.2 Hydromotoren	5
1.4.1.3 Pumpenmotoren	5
1.4.1.4 Zylinder	6
1.4.1.5 Druckübersetzer	6
1.4.1.6 Druckmittelwandler	6
1.4.2 Symbole für Ventile	7
1.4.2.1 Ventile mit mehreren festgelegten Schaltstellungen	7
1.4.2.2 Ventile ohne festgelegte Schaltstellungen	8
1.4.2.3 Ventilbetätigung	8
1.4.2.4 Kennzeichnung der Anschlüsse	8
1.4.2.5 Wegeventile	9
1.4.2.6 Wegeventile mit Proportionalverhalten (stetig verstellbare Ventile)	10
1.4.2.7 Sperrventile	10
1.4.2.8 Druckventile	11
1.4.2.9 Stromventile	12
1.4.3 Symbole für Hydraulikleitungen und Zubehör	12
1.4.3.1 Leitungen und Behälter	12
1.4.3.2 Hydrospeicher	13
1.4.3.3 Filter	13
1.4.3.4 Vorwärmer	13
1.4.3.5 Kühler	13
1.4.4 Symbole für Betätigungen	13
1.4.4.1 Muskelkraftbetätigung	13
1.4.4.2 Mechanische Betätigung	14
1.4.4.3 Elektrische Betätigung	14
1.4.4.4 Druckbetätigung	14
1.4.5 Symbole verschiedener Geräte und Energiequellen	15
1.5 Das S.I.-Maßsystem und praktische Berechnungen	16

2	Physikalische Grundlagen	17
2.1	Hydrostatik	17
2.2	Hydrodynamik	19
2.2.1	Gleichung von Bernoulli	19
2.2.2	Kontinuitätsgleichung	19
2.2.3	Beschleunigungsdruck	19
2.2.4	Hydraulische Leistung	21
2.3	Strömungsverluste (Druckverluste)	21
2.3.1	Reynoldssche Zahl	22
2.3.2	Strömungsverluste in geraden Leitungen	23
2.3.2.1	Druckverlust bei laminarer Strömung	24
2.3.2.2	Druckverlust bei turbulenter Strömung	25
2.3.3	Strömungsverluste in Krümmern, Verzweigungen, Erweiterungen, Verengungen (Drosseln) usw.	26
2.3.4	Strömungsverluste in Blenden (kurzen Verengungen)	27
2.3.5	Strömungsverlust in Ventilen	28
2.3.6	Druckverlust bei einer anderen Betriebsflüssigkeit	29
2.3.7	Hintereinander- und Parallelschaltung von Ventilen	29
2.3.8	Wirkungsgrad des Leitungs- und Steuerungssystems	29
2.4	Die Kompressibilität der Druckflüssigkeit und ihre Auswirkungen	30
2.4.1	Kompressibilitätsfaktor und Kompressionsmodul	30
2.4.2	Auswirkung der Kompressibilität auf die Bewegung eines Arbeitszylinders	31
2.4.2.1	Bewegungsgenauigkeit	31
2.4.2.2	Schwingungserscheinungen	33
2.4.3	Druckstöße als Folge von Schaltvorgängen	35
2.4.3.1	Druckstöße durch schlagartiges Abschießen einer Leitung	35
2.4.3.2	Druckerhöhung bei langsamem Schließen einer Leitung	38
2.4.4	Anlaufzeit eines Hydromotors oder Zylinders	40
2.5	Kraftwirkung eines Flüssigkeitsstromes	40
2.5.1	Kraft eines Flüssigkeitsstrahles auf eine ebene Platte bei stationärer Strömung	40
2.5.2	Kraftwirkung auf einen rotationssymmetrischen Steuerkolben	41
2.5.3	Kraftwirkung auf einen Steuerkolben mit rechteckigen Kanten	42
2.6	Strömung in Spalten	43
2.6.1	Spalte mit parallelen Wänden ohne äußeren Druck und Einführung des Viskositätsbegriffs	44
2.6.2	Spalt mit parallelen unbewegten Wänden unter Druck	46
2.6.3	Korrekturen der Spaltformel	48
2.6.3.1	Exzentrischer Kolben	48
2.6.3.2	Spalte geringer Breite	48
2.6.4	Kräfte im Spalt – Hydrostatisches Lager	49
2.6.4.1	Kraft, mit der die Spaltwände auseinandergedrückt werden	49
2.6.4.2	Der Gleitschuh als Grundform des hydrostatischen Lagers	50

3 Druckflüssigkeiten	54
3.1 Mineralöle	54
3.1.1 Dichte	55
3.1.2 Kompressibilität	55
3.1.3 Viskosität und Ölauswahl	56
3.1.4 Spezifische Wärme	58
3.1.5 Stockpunkt	59
3.1.6 Flammpunkt	59
3.1.7 Alterung	59
3.1.8 Wasserabscheidevermögen	59
3.1.9 Luftlösevermögen und der Einfluss von Luft in Hydrauliksystemen	59
3.2 Schwerentflammbare Druckflüssigkeiten	61
3.2.1 Wasserhaltige Druckflüssigkeiten (HFA, HFB, HFC)	62
3.2.2 Wasserfreie Druckflüssigkeiten (Kennbuchstaben HDF)	63
3.3 Umweltverträgliche Druckflüssigkeiten	63
3.3.1 Polyglykole (Kennbuchstaben HEPG)	63
3.3.2 Native (pflanzliche) Öle (HETG)	63
3.3.3 Synthetische Ester (HEES)	63
3.4 Pflege und Wechsel der Druckflüssigkeit	64
4 Filter, Flüssigkeitsbehälter, Wärmeanfall und Kühlung	65
4.1 Filter	65
4.1.1 Filteranordnung	66
4.1.2 Bauarten von Filterelementen	67
4.1.2.1 Oberflächenfilter	67
4.1.2.2 Tiefenfilter	67
4.1.2.3 Magnetfilter	68
4.2 Flüssigkeitsbehälter	68
4.3 Wärmeanfall und Kühlung	69
4.3.1 Verluste in einem Hydraulik-System	69
4.3.2 Erwärmungsvorgang einer ölhydraulischen Anlage	70
4.3.3 Wärmeabgabe über den Ölbehälter und zusätzliche Kühlung	71
4.3.4 Vorwärmer (Heizer)	72
5 Hydropumpen	73
5.1 Berechnungsgrundlagen	74
5.1.1 Förderdruck und Leistung	74
5.1.2 Grundgleichungen ohne Verluste	75
5.1.3 Wirkungsgrade und Grundgleichungen mit Verlusten	76
5.1.4 Saugverhalten	78
5.1.5 Einfluss der Kompressibilität auf den effektiven Förderstrom	79
5.1.6 Ungleichförmigkeitsgrad	80
5.2 Bauarten hydrostatischer Pumpen	82
5.2.1 Zahnumpen	82
5.2.1.1 Außenzahnradpumpe	82
5.2.1.2 Innenzahnradpumpe	84
5.2.1.3 Zahnringpumpe	85
5.2.1.4 Schraubenspindelpumpe	85

9.1.4	Hydrospeicher als Energiequelle für schwingungsfreien hydraulischen Antrieb	181
9.1.5	Hydrospeicher zur Dämpfung von Druckstößen und zur Federung	181
9.2	Hydrospeicherbauarten	181
9.3	Berechnung des Gas-Hydrospeicher	182
9.4	Sicherheitsanforderungen	184
10	Verbindungselemente und Ventilmontagesysteme	185
10.1	Rohrleitungen	185
10.2	Rohrverbindungen	186
10.3	Schlauchleitungen	187
10.4	Ventilmontagesysteme	188
11	Dichtungen	190
11.1	Statische Dichtungen	190
11.2	Dynamische Dichtungen	191
11.2.1	Kolbenringe	192
11.2.2	Elastische Dichtungen	192
11.3	Stick-Slip oder Ruckgleiten	194
12	Anwendung von Kennlinien bei der Berechnung von Hydrokreisläufen	195
12.1	Kennlinien der Bauelemente eines Hydrokreislaufer	195
12.2	Hintereinander- und Parallelschaltung	196
12.3	Kennlinie eines Pumpenaggregates	198
12.4	Beispiel für das Zusammenwirken Pumpenaggregat – Verbraucherkreis	199
13	Hydrostatische Getriebe	200
13.1	Schaltpläne und Wirkungsweise	200
13.1.1	Offener Kreislauf	200
13.1.2	Geschlossener Kreislauf	200
13.2	Leistungs-Momentenkennlinie und Berechnung	202
13.3	Wandlungsbereich	204
14	Steuerung im Leistungsbereich	207
14.1	Widerstandssteuerung (Ventilsteuerung)	207
14.2	Verdrängersteuerung	208
14.3	Drehzahlvariabler Pumpenantrieb	209
15	Prinzipbedingte Leistungsverluste bei Hydrauliksystemen	210
15.1	Pumpensteuerung (Pumpenverstellung)	210
15.2	Ventilsteuerung mit Stromventilen	211
15.2.1	2-Wege-Stromregelventil und Konstantpumpe	211
15.2.2	3-Wege-Stromregelventil und Konstantpumpe	211
15.2.3	2-Wege-Stromregelventil im Bypass	212
15.2.4	2-Wege-Stromregelventil und druckgeregelter Verstellpumpe	213

15.3	Ventilsteuerung mit stetig verstellbaren Wege-Ventilen	213
15.4	Load-Sensing-Systeme	213
15.4.1	Load-Sensing-System mit Konstantpumpe	214
15.4.2	Load-Sensing-System mit Verstellpumpe mit Druck-Förderstromregler	215
15.4.3	Elektrohydraulisches Load Sensing	216
15.5	Sekundärregelung (Motorsteuerung)	216
16	Einführung in die Steuerungstechnik der Signalflüsse	219
16.1	Die Steuerkette	219
16.2	Steuerungsarten nach DIN 19226	221
16.3	Steuerungsbeispiele der Ölhydraulik	222
17	Anwendungsbeispiele der Ölhydraulik	226
17.1	Hydraulische Folgesteuerung einer Spann- und Produktionsvorrichtung	226
17.2	Vorschubantrieb mit Primärsteuerung	227
17.3	Antrieb einer kleineren Oberkolbenpresse	229
17.4	Zentrifugenantrieb	230
17.5	Antrieb der Spritzeinheit einer Spritzgießmaschine	231
17.6	Geschwindigkeitsgeregelter Antrieb einer fliegenden Säge	233
17.7	Hydropulsanlage (Servohydraulische Prüfanlage)	234
17.8	Hubstaplerantrieb	235
17.9	Antrieb eines vollhydraulischen Mobilbaggers	236
17.10	Elektronisch geregelter Fahrtrieb eines Kommunalfahrzeuges	238
17.11	Hydrostatische Lüfterantriebe für Verbrennungsmotoren	240
Anhang	243
	Literaturangaben	243
	Normen und Richtlinien (Beispiele)	245
	Lösungen zu den Übungsbeispielen	246
Sachwortverzeichnis	251