

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|--------------|
| Formel- und Kurzzeichen | 10 |
| 1 Einführung | 15 |
| 1.1 Definition des Fachgebietes | 15 |
| 1.2 Grundkreisläufe der Hydrostatik | 16 |
| 1.3 Anwendungsgebiete | 19 |
| 1.4 Hydraulische Leistungsübertragung im Vergleich | 23 |
| 1.5 Historische Entwicklung | 25 |
| 2 Hydromechanische Grundlagen | 33 |
| 2.1 Hydrostatik | 34 |
| 2.2 Grundgleichungen der Hydrodynamik | 35 |
| 2.2.1 Kontinuitätsgleichung | 38 |
| 2.2.2 Energieerhaltungssatz für ideale Flüssigkeiten (Bernoulli-Gleichung) | 40 |
| 2.2.3 Impulssatz für ideale Flüssigkeiten | 45 |
| 2.3 Einfluss der Viskosität von Druckflüssigkeiten | 52 |
| 2.3.1 Viskosität | 52 |
| 2.3.2 Widerstandscharakteristik hydraulischer Strömungswiderstände | 53 |
| 2.3.3 Druckverluste in hydraulischen Steuerungen | 61 |
| 2.3.4 Squeeze-Film-Effekt | 70 |
| 2.4 Einfluss der Kompressibilität von Druckflüssigkeiten | 72 |
| 2.5 Kavitation | 79 |
| 2.5.1 Definition und physikalische Zusammenhänge | 79 |
| 2.5.2 Kavitationszahl und Einflussgrößen auf die Kavitation | 81 |
| 2.5.3 Kavitationsarten und Erscheinungsformen in hydraulischen Systemen | 82 |
| 2.5.4 Auswirkungen von Kavitation und Maßnahmen zu deren Minderung | 83 |
| 3 Druckflüssigkeiten | 85 |
| 3.1 Einteilung der Druckflüssigkeiten | 87 |
| 3.2 Physikalische Eigenschaften und Kennwerte von Druckflüssigkeiten | 89 |
| 3.2.1 Einflussgrößen auf die Viskosität | 89 |
| 3.2.2 Dichte | 96 |
| 3.2.3 Luft in der Druckflüssigkeit | 98 |
| 3.2.4 Kompressionsmodul | 99 |
| 3.2.5 Wassergefährdung durch Druckflüssigkeiten | 103 |
| 3.2.6 Biologische Abbaubarkeit von Druckflüssigkeiten | 103 |
| 3.2.7 Weitere wichtige Eigenschaften | 105 |
| 3.3 Druckflüssigkeiten auf Mineralölbasis | 108 |
| 3.4 Schwerentflammbare Druckflüssigkeiten | 111 |
| 3.5 Biologisch schnell abbaubare Druckflüssigkeiten | 114 |
| 3.6 Sonstige Druckflüssigkeiten | 120 |
| 3.7 Wichtige Normen, Gesetze und Verordnungen für Druckflüssigkeiten | 125 |

| | Seite |
|---|----------------|
| 4 Hydraulikgeräte zur Energieumformung | 129 |
| 4.1 Hydrostatische Verdrängereinheiten (Hydropumpen und -motoren) | 129 |
| 4.1.1 Funktionsweise und Aufbauprinzipien von Verdrängereinheiten | 129 |
| 4.1.2 Berechnungsgrundlagen | 134 |
| 4.1.3 Konstruktive Ausführungen von Verdrängereinheiten | 146 |
| 4.1.4 Steuerungen und Regelungen | 165 |
| 4.2 Hydrozylinder | 172 |
| 4.2.1 Berechnungsgrundlagen | 172 |
| 4.2.2 Bauformen von Hydrozylindern | 175 |
| 4.2.3 Endlagendämpfung | 180 |
| 4.2.4 Dichtsysteme für Hydrozylinder | 182 |
| 4.3 Schwenkantriebe | 189 |
| 5 Steuerung der hydraulischen Leistung durch Ventile | 191 |
| 5.1 Wegeventile | 188 |
| 5.1.1 Wegeventile in Schieberbauweise | 189 |
| 5.1.2 Wegeventile in Sitzbauweise | 197 |
| 5.2 Elektromagnetische Betätigung von Wegeventilen | 199 |
| 5.2.1 Gleichstrommagnete | 199 |
| 5.2.2 Wechselstrommagnete | 206 |
| 5.3 Sperrventile | 208 |
| 5.4 Druckventile | 210 |
| 5.4.1 Druckbegrenzungsventile | 210 |
| 5.4.2 Druckreduzierventile | 218 |
| 5.5 Stromventile | 221 |
| 5.5.1 Methoden der Geschwindigkeitssteuerung mit Stromventilen | 221 |
| 5.5.2 Drosselventile | 223 |
| 5.5.3 Stromregelventile | 225 |
| 5.5.4 Volumenstromteiler-Ventile | 228 |
| 5.6 Steuerungs- und Schaltungstechnik mit 2-Wege-Einbauventilen | 232 |
| 5.6.1 Vergleich der Schaltungskonzepte | 230 |
| 5.6.2 Funktionseinheiten aus 2-Wege-Einbauventilen | 231 |
| 5.6.3 Einsatz der Schaltungstechnik mit 2-Wege-Einbauventilen | 236 |
| 5.7 Steuerungstechnik mit Stetigventilen | 239 |
| 5.7.1 Elektromagnetische Umformer | 241 |
| 5.7.2 Direktgesteuerte Proportional-Wegeventile und Regelventile | 250 |
| 5.7.3 Vorgesteuerte Proportional-Wegeventile, Regelventile und Servoventile | 254 |
| 5.7.4 Statisches Verhalten von Proportional-Wegeventilen | 260 |
| 5.7.5 Dynamisches Verhalten | 268 |
| 5.7.6 Geschwindigkeitssteuerungen mit Proportional-Wegeventilen | 271 |
| 5.7.7 Proportional-Druckventile | 272 |
| 5.8 Energieeffizienz elektrohydraulischer Antriebe | 275 |

| | | |
|-----------------|---|--------------|
| | | Seite |
| 6 | Hydrostatische Getriebe | 277 |
| 6.1 | Prinzipieller Aufbau und Bauformen | 277 |
| 6.2 | Übertragungseigenschaften | 280 |
| 6.2.1 | Statisches Verhalten | 280 |
| 6.2.2 | Dynamisches Verhalten | 281 |
| 6.3 | Stufenlose hydrostatische Getriebe mit Leistungsverzweigung | 283 |
| 6.3.1 | Innere Leistungsverzweigung | 284 |
| 6.3.2 | Äußere Leistungsverzweigung mit 3-welligem Planetengetriebe | 285 |
| 6.3.3 | Anwendungsbeispiel mit 3-welligem Planetengetriebe | 294 |
| 6.3.4 | Äußere Leistungsverzweigung mit 4-welligem Planetengetriebe | 295 |
| 7 | Hydrospeicher | 301 |
| 7.1 | Aufgaben und Bauarten von Hydrospeichern | 301 |
| 7.2 | Auslegung von Hydrospeichern | 304 |
| 7.3 | Richtlinien für den Einsatz von Hydrospeichern | 310 |
| 8 | Flüssigkeitsaufbereitung und -wartung | 313 |
| 8.1 | Verschmutzung in Hydraulikanlagen | 313 |
| 8.2 | Reinheitsklassen für Druckflüssigkeiten | 315 |
| 8.3 | Filter | 320 |
| 8.3.1 | Reinigungsfilter | 320 |
| 8.3.2 | Schutzfilter | 321 |
| 8.3.3 | Belüftungsfilter | 322 |
| 8.3.4 | Filteraufbau | 325 |
| 8.3.5 | Auswahl eines Filters | 327 |
| 8.4 | Flüssigkeitsbehälter | 330 |
| 8.5 | Kühlung und Heizung | 332 |
| 9 | Sicherheit von Maschinen | 335 |
| 9.1 | Maschinenrichtlinie 2006/98/37/EG | 335 |
| 9.2 | Verfahren zur Risikominderung | 336 |
| 9.3 | Funktionale Sicherheit | 338 |
| | Literaturverzeichnis | 343 |
| Anhang 1 | Graphische Symbole nach DIN ISO 1219 | 351 |
| Anhang 2 | Formelsammlung | 357 |
| Anhang 3 | Elektrisch-hydraulische Analogien | 361 |
| Anhang 4 | Momentenbilanz einer Axialkolben-Verdrängereinheit | 363 |
| Anhang 5 | Eigenschaften verschiedener Energieträger | 364 |
| Anhang 6 | Schaltungsbeispiel Werkzeugmaschine | 366 |
| | Sachwortverzeichnis | 371 |