

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Die moderne Hydraulik	6
2.1	Wärme- und Kälteabgabesysteme	6
2.2	Wärme- und Kälteverteilung nach Tichelmann	10
2.3	Messen und Einstellen des hydraulischer Abgleich in der Praxis	11
2.4	Einbaulage	12
2.5	Umwälzpumpen	13
2.6	Hauptverteilung und Wärmeerzeugung	15
3.	Die gebäudetechnische Hydraulik in der Zeitachse	20
4.	Grundlagen der Wärmelehre	22
4.1	Thermische Zustandsgrößen	22
4.2	Prozessgrößen	23
4.3	Kalorische Zustandsgrößen	23
4.4	Prozesse	24
5.	Grundlagen Strömungslehre	26
5.1	Kontinuitätsgleichung (Massenerhaltung)	26
5.2	Bernoulli-Gleichung (Energieerhaltung)	26
5.3	Reibungsverluste strömender Fluide	27
5.4	Druckverlust in geraden Rohrleitungen	28
5.5	Druckverlust in Formstücken und Armaturen	29
5.6	Druckverlust in Regelarmaturen	30
6.	Hydraulische Schaltungen	32
7.	Umwälzpumpen	36
7.1	Merkmale von Kreiselpumpen	37
7.2	Pumpenkennlinien	38
7.3	NPSH (Net Positive Suction Head)	39
7.4	Druckverlauf und Anschluss Ausdehnungsgefäß	42
8.	Anlagenkennlinie	46
8.1	Geschlossene Systeme	46
8.2	Offene Systeme	49
9.	Serie- und Parallelschaltung von Anlagenteilen	54
9.1	Serieschaltung	54
9.2	Parallelschaltung	58
9.3	Serie- und Parallelschaltung	62
10.	Hydraulischer Abgleich im Auslegezustand	68
11.	Pumpenschaltungen	74
11.1	Parallel geschaltete Pumpen	74
11.2	In Serie geschaltete Pumpen	81
12.	Pumpe und Energieeffizienz	86
12.1	Leistungsaufnahme und Wirkungsgrad	86
12.2	Jahreskosten einer Pumpe (konstante Drehzahl)	90
13.	Gebäude im Teillastbetrieb	94
14.	Heizflächen und Wassererwärmung in Teillast	96
14.1	Wärmeabgabesystem einer Raumheizung	96
14.2	Innenliegender Wärmeübertrager für die Wassererwärmung	99
14.3	Aussenliegender Wärmeübertrager zur Wassererwärmung	110

15.	Wärmeübertrager-Kennlinien	112
16.	Regelventil	118
16.1	Durchflusskennlinien von Ventilen	119
16.2	Auslegung von Regelventilen	122
16.3	Hysterese	124
17.	Strecken Kennlinie	126
18.	Wärmeübertrager Lüftung: Teillastverhalten	130
19.	Teillastverhalten von Wärmeerzeugern	138
19.1	1-stufiger Wärmeerzeuger	140
19.2	2-stufiger Wärmeerzeuger	164
19.3	Modulierender Wärmeerzeuger	175
20.	Systemeigenschaften von Wärmeerzeugern	184
20.1	Sonnenkollektoren	184
20.2	Wärmepumpe als Wärmeerzeuger	187
20.3	Wärme-Kraft-Kopplung als Wärmeerzeuger	191
20.4	Heizkessel als Wärmeerzeuger	194
21.	Zusammenspiel Gruppen- und Verteilerhydraulik	199
22.	Pumpenregulierung	200
22.1	Pumpenregulierungsarten	200
22.2	Drehzahlgeregelte Pumpen	204
23.	Auswirkungen der Hydraulik auf die Energieeffizienz	210
24.	Systemverhalten bei variablen Netzen	220
24.1	Statischer hydraulischer Abgleich einer Fernleitung	220
24.2	Statischer hydraulischer Abgleich Steigstrang	250
24.3	System Tichelmann	261
24.4	Hydraulischer Abgleich mit automatischen Differenzdruckregler	267
24.5	Hydraulischer Abgleich mit automatischem Differenzdruckregler Fernleitung	272
24.6	Hydraulischer Abgleich mit automatischem Differenzdruckregler Differenzdruck Steigstrang	290
24.7	Differenzdruckunabhängiges Regelventil	292
24.8	Hydraulischer Abgleich mit differenzdruckunabhängigem Regelventil Fernleitung (AB-QM/VPI)	301
24.9	Hydraulischer Abgleich für Heizkörper mit differenzdruckunabhängigem Thermostatventile (Siemens VPD / Danfoss RA-DV)	313
24.10	Vergleich der Systeme zum hydraulischen Abgleich	316
25.	Planungsvorgehen	318
26.	Montage, Inbetriebnahme und Betrieb	320
27.	Inbetriebnahme Hydraulik	321
28.	Anhang	322
	Tabelle Stoffwerte Wasser (VDI)	322
	Literatur und Quellen	323
	Autor, Mitarbeit, Projektleitung, Herausgeber	324
	Formelzeichenverzeichnis	326
	Stichwortverzeichnis	328