

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
Bezeichnungen.....	XIV
Indizes und Abkürzungen	XVI
1 Einleitung	1
2 Kläranlagen und Abwasseranlagen.....	2
2.1 Natürlicher und Urbaner Wasserkreislauf.....	2
2.2 Klärbecken und Wasseroberflächen von Klärbecken	4
2.3 Abwasserzufluss zur Kläranlage.....	9
3 Pumpenbauarten und Pumpenanlagen zur Abwasserförderung	12
3.1 Tauchmotorpumpen für die Nassinstallation	13
3.2 Abwasserpumpen für die Nass- und die Trockeninstallation.....	13
3.3 Tauchgeneratorturbinen und Hydrokinetische Turbinen	17
3.3.1 Dimensionslose Kennzahlen Hydrokinetischer Turbinen.....	19
3.3.2 Kennlinien von Tauchgeneratorturbinen und Hydrokinetischen Turbinen.....	21
3.3.3 Ausgeführte Wasserturbinenanlagen	22
3.4 Pumpenanlagen für die Abwasserförderung.....	24
3.5 Rührwerke für Abwasserbecken	30
3.6 Strahlreiniger für Klärbecken	34
4 Laufräder für Abwasserpumpen.....	35
4.1 Ein- und Mehrkanallaufräder	37
4.2 Freistromlaufräder	39
4.3 Abwasserpumpen mit Kanalrad bis Axialrad	45
4.4 Axiallaufräder für Rührwerke.....	52
5 Kennfelder und Kennlinien von Abwasserpumpen	54
5.1 Kennfelder	54
5.2 Kennlinien	58
5.3 Kennlinien für Kanallaufräder	59
5.4 Kennlinien für Axialpumpen	62
5.5 Anlagenkennlinien und Betriebspunkt.....	64
5.6 Kennlinien für Parallel- und Reihenschaltung von Abwasserpumpen.....	66
5.7 Kennlinien und Leistungskennlinien bei Parallelbetrieb	68
6 Berechnung von Anlagenkennlinien	71
6.1 Reynoldszahl der Anlagenströmung	72
6.2 Geometriegröße in der Reynoldszahl	73
6.3 Druckverlustbeiwerte und äquivalente gerade Rohrlängen	76

6.4	Rohr- und Pumpenwerkstoffe und Rohrrauigkeiten	79
6.5	Lösung der Bewegungsgleichung für ein Binghamfluid im Rohr	80
6.6	Berechnung der Druckverluste und der Anlagenkennlinien	81
6.7	Auswahlberechnung für eine Tauchmotorpumpe	83
7	Strömungstechnische Grundlagen	85
7.1	Physikalische Beschreibung von Abwasser, Schlamm und Papierstoff.....	85
7.2	Geschwindigkeitsgradienten und Reynoldszahlen von Suspensionen.....	87
7.3	Strömungseigenschaften von Abwasser, Schlamm und Papierstoff	89
7.4	Binghamflüssigkeiten	89
7.5	Sinkgeschwindigkeit, Pumpenströmung und kritische Geschwindigkeit	92
7.5.1	Sinkgeschwindigkeit von Feststoffpartikeln	95
7.5.2	Kritische Geschwindigkeit.....	96
8	Auslegungsberechnung von Pumpen für Flüssigkeits-Feststoffgemische	98
8.1	Auslegungs- und Betriebskriterien	99
8.2	Berechnung von Laufrädern	100
8.3	Ein- und Mehrkanallaufräder.....	109
8.4	Freistromlaufräder	121
8.5	Diagonallaufräder und Inducer	127
8.5.1	Diagonallaufräder	127
8.5.2	Inducer	129
8.6	Schneidlaufräder	131
8.7	Korrekturkoeffizienten für Volumenstrom, Förderhöhe und Wirkungsgrad	133
9	Berechnung von Leiteinrichtungen	140
9.1	Spiralgehäuse	140
10	Berechnung von Axialpumpen und Axialrührern	145
10.1	Axiale ebene Schaufelgitter	145
10.2.	Schaufelprofile und Auftrieb	148
10.2.1	Schaufelprofil mit unendlicher Spannweite	150
10.2.2	Auftrieb von Schaufelgittern.....	151
10.2.3	Auftrieb und Profilwiderstand unter Berücksichtigung der Reibung.....	152
10.3	Induzierter Widerstand an Axialschaufeln.....	153
10.4	Profilpolare für Schaufelprofile	154
10.5	Einfluss der Reynoldszahl auf die Schaufelumströmung.....	158
10.6	Entwicklung von Schaufelprofilen von Axialpumpen und Axialrührern	160
10.7.	Berechnung von Axialrührern.....	165
10.7.1	Berechnung der Schaufeln in 10 Koaxialschnitten von $r/r_2 = 0,15$ bis 1,0	166
10.7.2	Berechnung der Geschwindigkeiten im Laufschaufelgitter für eine Axialschaufel mit drallbehafteter Zuströmung und drallfreier Abströmung	166
11	Axial- und Radialkräfte.....	167
11.1	Spaltströme am Laufrad.....	167

11.2	Axialkräfte	168
11.3	Radialkräfte.....	169
12	Drehkolbenpumpen	173
12.1	Bauarten und Wirkungsweise	174
12.2	Bauarten mit ruhender Nabe	175
12.3	Berechnung rotierender Verdrängerpumpen.....	178
12.4	Spezifische Nutzarbeit, Leistung und Wirkungsgrad.....	180
12.5	Spaltvolumenströme im radialen Umfangs- und Verdrängerspalt.....	184
12.6	Spaltvolumenstrom in den zwei Stirnspalten.....	185
12.7	Gesamtpaltpolumenstrom in einer dreiflügeligen Drehkolbenpumpe.....	186
12.8	Optimale Drehzahl.....	190
12.9	Kennfelder und untere Grenzdrehzahl	192
13	Wendekolbenpumpen.....	195
14	Exzinterschneckenpumpen.....	200
14.1	Aufbau und Wirkungsweise.....	201
14.2	Auslegungsberechnung von Exzinterschneckenpumpen.....	206
14.3	Bauarten von Exzinterschneckenpumpen	209
14.4	Kennlinien und Leistungen von Exzinterschneckenpumpen.....	213
14.5	Wirkungsgrade von Exzinterschneckenpumpen	222
14.6	Anfahrdrehmoment	223
15	Schneckenpumpen	224
15.1	Berechnung von Schneckenpumpen	225
16	Beanspruchung von Gehäuseflanschen.....	229
16.1	Rohrleitungskräfte	230
16.2	Diagnose an vertikalen Axialpumpen im Einlaufbauwerk	231
17	Wälzlager und Lagerschmierung	233
17.1	Einteilung von Wälzlagern	233
17.2	Aufbau von Wälzlagern	234
17.3	Auswahl von Wälzlagern.....	239
17.4	Überwachung von Wälzlagern.....	241
17.5	Wälzlagerschmierung	242
17.6	Einfluss der Lagerschmierung und des Schmierstoffes auf die Lagerzuverlässigkeit	243
18	Wellendichtungen	245
18.1	Radialdichtungen	245
18.2	O-Ringdichtungen.....	245
18.3	Gleittringdichtungen (GRD)	249
19	Einlaufbecken, Saugbecken und erforderliche Zulaufhöhe	259
19.1	Berechnung der erforderlichen Zulaufhöhe für Tauchmotorpumpen	259
19.2	Mindestzulaufhöhe für Tauchmotorpumpen.....	263
19.3	Einlaufbecken	266

19.4	Betonschächte	269
19.5	Stahlrohrpumpenschächte	270
19.6	Modulschächte	272
19.7	Einbaubeispiele für Tauchmotorpumpen	274
19.8	Geometrische Einflüsse	277
19.9	Hydraulische Einflüsse	277
20	Elektrische Antriebsmotoren	279
20.1	Unterwassermotoren, Tauchmotoren	279
20.2	Permanent-Magnetkupplung	280
20.3	Asynchronmotoren	282
20.4	Drehstrom-Asynchronmotoren mit Frequenzumrichter	286
20.4.1	Funktionsprinzip des Spannung zwischenkreisumrichters	287
20.5	Reluktanzmotor	288
20.6	Permanentmagnet-Motor	288
20.7	Line-Start-Permanentmagnet-Motor	289
21	Simulationsrechnungen von Abwasser- und Saugbecken	290
21.1	Arbeitsablauf des Vorbereitungsprozesses	291
21.2	Kontrolle der Modellqualität	295
21.3	Netzgenerierung für die CFD-Rechnung	297
21.4	Resultate und Berechnungsbeispiele	300
21.5	Luftziehende Wirbelströmung im Abwasser- und Saugbecken	310
22	Betriebsverhalten von Tauchmotorpumpen und Saugbecken	311
22.1	Betriebsverhalten von Abwasser- und Tauchmotorpumpen	311
22.2	Verstopfung von Abwasser- und Tauchmotorpumpen	315
22.3	Kavitationsverhalten von Abwasser- und Tauchmotorpumpen	321
22.3.1	Physikalische Grundlagen der Kavitation	321
22.3.2	Kavitationskriterien	321
22.3.3	Kavitation in Kreiselpumpen	325
22.3.4	Kavitationskennzahlen	326
22.3.5	Experimentelle Bestimmung des NPSH-Wertes	327
22.3.6	Kavitationserosion und Verschleißverhalten von Werkstoffen bei Kavitation	331
22.3.7	Schäden durch Kavitation	332
23	Automatisierung von Klär- und Abwasserpumpenanlagen	334
23.1	Forderungen an die Abwasserentsorgung	334
23.2	Ziele für die Automatisierung von Klär- und Abwasserpumpenanlagen	334
23.3	Messgrößen in Klär- und Abwasserpumpenanlagen	337
23.4	Geregelte Pumpenantriebe	339
23.5	WirelessHART Kommunikation und Software	342
24	Werkstoffe für Abwasserpumpen und Klärwerkspumpen	345
	Literaturverzeichnis	350

Anlage 1	Die größten Pumpenhersteller von Abwasser- und Klärwerkspumpen im deutschsprachigen Raum	353
Sachwort-verzeichnis	355