

Inhalt

Vorwort	9
1. Einführung	11
1.1. Grundlagen	11
1.1.1. Hydraulische Grundlagen	12
1.1.2. Elektrotechnische Grundlagen	14
1.1.3. Hinweise zu Auswahl und Dimensionierung	17
1.1.4. Bauformen von Kreiselpumpen	19
1.1.5. Abdichtungsarten Motor – Hydraulik	22
1.1.6. Abwasserpumpen	24
1.1.7. Elektrische Antriebe	24
1.1.8. Verschiedene Regelungsarten	28
2. Verschleiß	33
2.1. Ursachen und Auswirkungen von Verschleiß an Kreiselpumpen	33
2.1.1. Fremdkörper im System	33
2.1.2. Überlastung	35
2.1.3. Förderung von Flüssigkeiten mit Feststoffen	36
2.1.4. Förderung von harten Feststoffen	36
2.1.5. Fehlerhafte Betriebsweise	37
2.2. Verschleiß durch Abrasion	37
2.2.1. Laufrad	39
2.2.2. Spiralgehäuse	40
2.2.3. Lager	41
2.2.4. Rohrleitungen	43
2.2.5. Abrasion und Korrosion	45
2.3. Verschleiß durch Kavitation	50
2.4. Verschleiß an Gleitringdichtungen	52
2.4.1. Werkstoffbereiche	52
2.4.2. Gleitwerkstoffe	54

2.4.3.	Vergleich der Werkstoffkennndaten	55
2.4.4.	Schäden an Gleitringdichtungen – Schadensfälle	57
2.5.	Störungen erkennen, bewerten und Tendenzen ableiten	60
2.5.1.	Ursachenanalyse und Bewertung	60
2.5.2.	abzuleitende Tendenzen	64
2.5.3.	Maßnahmen zur Störungsvermeidung	64
2.5.4.	Strömungssimulation	65
2.6.	Schadensbilder	66
3.	Messtechnische Erfassung von Störungen und Verschleiß	69
3.1.	Schwingungsmessung	69
3.2.	Temperaturmessung	69
3.3.	Druckmessung	70
3.4.	Drehzahlmessung	70
3.5.	Strommessung	71
3.6.	Schadensdiagnose durch Zustandsüberwachung und Schwingungsanalyse	71
4.	Vorbeugung vor Kavitation und Verschleiß	73
4.1.	Vermeidung von Auslegungs- und Planungsfehlern	73
4.1.1.	Genaue Betriebspunktfestlegung	73
4.1.2.	Berücksichtigung von Strömungsverlusten	80
4.1.3.	Betriebspunktanpassung	80
4.2.	Ursachen für Kavitation	92
4.2.1.	Schäden infolge von Kavitation	93
4.2.2.	Kavitationsarten	94
4.2.3.	Kavitation und NPSH-Wert	95
4.2.4.	Kavitationsvermeidung	97
4.3.	Trockenlaufschutz	97
4.3.1.	Sperrkammersysteme	97
4.3.2.	Pump control	99
4.4.	Condition Monitoring Systeme (CMS)	99
4.4.1.	Fehlervermeidung	101
4.4.2.	Fehlererkennung	101
4.4.3.	Fehlermanagement	102
4.4.4.	Pump control 8	102

4.4.5.	Pump monitoring	105
4.4.6.	Contracting	107
4.5.	Strömungsoptimierung	109
4.5.1.	Verluste an Pumpenbauteilen	110
4.5.2.	Verluste in Rohren, Elementen und Armaturen	110
4.5.3.	Optimierung durch Strömungssimulation	112
4.5.4.	Strömungs- und Verschleißsimulation	114
5.	Maßnahmen an Bauteilen zur Reduzierung von Verschleiß	119
5.1.	Korrosionsschutz	119
5.1.1.	Verfahren der Oberflächenvorbereitung	120
5.1.2.	Klassifizierung der Korrosionsschutzschichten	121
5.1.3.	Materialauswahl	122
5.1.4.	Kunststoffbeschichtungen	122
5.1.5.	Korrosionsschutz bei Edelstahl	124
5.1.6.	andere Optionen	126
5.1.7.	Korrosionsschutz an Gleitringdichtungen	127
5.2.	Abrasionsschutz	128
5.2.1.	Verschleißanalyse	128
5.2.2.	Strömungsanalyse	130
5.3.	konstruktive Maßnahmen	130
5.3.1.	verschleißmindernde Einsätze	131
5.3.2.	Überwachung mittels Sensoren	132
5.3.3.	Gummierungen	134
5.3.4.	verschleißbeständige Gusseisenwerkstoffe	135
5.4.	Oberflächenvergütung	136
5.4.1.	Harte Schichten	137
5.5.	Sonderkonstruktionen	146
5.5.1.	Schneidradpumpe	146
5.5.2.	Pumpe mit Inducer	149
6.	Mobile und stationäre Schadensüberwachung	151
6.1.	Mobile Schadensüberwachung	151
6.2.	stationäre Zustandsüberwachung	152
6.2.1.	Aufbau der stationären Zustandsüberwachung	152
6.3.	praktische Beispiele der Schwingungsmessung	154
6.3.1.	Aufbau der Messtechnik	154

6.3.2.	Vermeidung von Messfehlern	156
6.3.3.	Analyse der Messsignale	156
6.3.4.	Schadensdiagnose mithilfe der Schwingungsanalyse . .	157
7.	Hinweise zu Planung und Konzeption von vorausschauender Instandhaltung	165
7.1.	Pumpenüberwachung	165
7.2.	Diagnose-Systeme	166
7.3.	Datentransfer	167
7.3.1.	Digitalisierung – Industrie 4.0	168
7.3.2.	OPC-UA	169
7.4.	Fernwartung	170
7.5.	Diagnose und Wartung als Dienstleistung	171
8.	Wirtschaftlichkeit der vorausschauenden und zustandsorientierten Instandhaltung	173
8.1.	Optimale Betriebspunkt-Anpassung	173
8.2.	Energie-Effizienz	173
8.3.	Lebenszykluskosten	178
8.3.1.	Anschaffungskosten	180
8.3.2.	Energiekosten	180
8.3.3.	Wartung und Reparatur	182
8.3.4.	Sonstige Kosten	182
8.3.5.	Software zur LCC-Berechnung	182
8.3.6.	Zusammenfassende Betrachtung der LCC	183
8.4.	Kostensteigerung und Materialverknappung	183
8.4.1.	Energiekosten-Steigerung	184
8.4.2.	Materialkosten	185
8.4.3.	Recycling – Materialrückgewinnung	187
9.	Literaturverzeichnis	189
	Bildnachweis	192
10.	Verwendete Formelzeichen und Einheiten	193
	Register	195