

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1. Pumpen – Allgemeine Grundlagen	15
1.1 Wirkungsweise	16
1.2 Förderverhalten, Kennlinien	17
1.2.1 Förderhöhe	17
1.2.2 Leistungsbedarf, Wirkungsgrad	21
1.3 Saugverhalten	21
1.3.1 Pumpenentlüftung	21
1.3.2 Saugbedingungen	23
1.4 Pumpenauswahl	24
1.4.1 Lebenszykluskosten	24
1.4.2 Pumpenauswahl nach Energieverbrauch bzw. Wirkungsgrad	25
1.4.3 Pumpenauswahl nach Förderkennlinien	28
1.4.4 Weitere Auswahlkriterien	31
1.4.4.1 Fluideigenschaften	31
1.4.4.2 Prozessanforderungen	31
1.4.4.3 Emissionen	31
1.4.4.4 Pumpeninstallation	31
1.4.4.5 Standardisierung, Normen	32
2. Allgemeines zu Rotierenden Verdrängerpumpen	33
2.1 Bezeichnungen und Begriffe	34
2.2 Grundeigenschaften	35
2.3 Fördereigenschaften – Allgemeines	36
2.3.1 Arbeitsraum und Förderfunktion	36
a) Treibender Eingriff	36
b) Eingriff, nicht treibend	39
c) Gleitende Dichtungslinien	39
d) Quetschspalt	41
2.3.2 Wellendichtungen und leckfreie Pumpenausführung	41
2.3.3 Rotierende Verdrängerpumpen als Dosierpumpen	42
3. Theorie Rotierender Verdrängerpumpen	43
3.1 Förderstrom und Förderstropmpulsion – Allgemeines	44
3.2 Geometrische Verdrängungsintensität – Umdrehungsvolumen und Ungleichförmigkeitsgrad	47
3.2.1 Zahnradpumpen	48
3.2.1.1 Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	48
a) Spielfreie Verzahnung	50
b) Verzahnung mit Flankenspiel	51

3.2.1.2	Ungleichförmigkeitsgrad	52
a)	Spelfreie Verzahnung	52
b)	Verzahnung mit Flankenspiel	52
3.2.1.3	Erregung von Druckschwingungen	54
3.2.2	Drehkolbenpumpen	54
3.2.2.1	Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	55
3.2.2.2	Ungleichförmigkeitsgrad	58
3.2.2.3	Erregung von Druckschwingungen	59
3.2.3	Flügelzellenpumpen	59
3.2.3.1	Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	60
3.2.3.2	Ungleichförmigkeitsgrad	61
3.2.3.3	Erregung von Druckschwingungen	61
3.2.4	Exzentrerschneckenpumpen	61
3.2.4.1	Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	63
3.2.4.2	Ungleichförmigkeitsgrad, Erregung von Druckschwingungen	65
3.2.5	Schraubenspindelpumpen	65
3.2.5.1	Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	65
3.2.5.2	Ungleichförmigkeitsgrad, Erregung von Druckschwingungen	68
3.2.6	Schlauchpumpen	68
3.2.6.1	Fördervorgang, Umdrehungsvolumen	69
3.2.6.2	Ungleichförmigkeit, Erregung von Druckschwingungen	69
3.2.7	Sonstige	70
a)	Drehflügelradpumpe	70
b)	Schneckenpumpen	71
c)	Wälz- und Ringkolbenpumpen	72
3.3	Leistungsbedarf und Wirkungsgrad	73
3.4	Pumpenkennlinien	76
3.4.1	Stell- und Drosselkennlinien	76
3.4.2	Leistungs- und Wirkungsgradkennlinien	80
3.4.3	Bauformspezifische Pumpenkennlinien	83
3.4.3.1	Zahnradpumpen	83
3.4.3.2	Drehkolbenpumpen	86
3.4.3.3	Flügelzellenpumpen	89
3.4.3.4	Exzentrerschneckenpumpen	90
3.4.3.5	Schraubenspindelpumpen	96
3.4.3.6	Schlauchpumpen	97
3.4.3.7	Sonstige	102
a)	Wälzkolbenpumpen	102
b)	Schnecken („Sinus“-)pumpen	102
c)	Ringkolbenpumpen	102
3.5	Dosierkonstanz	110
3.6	Saugverhalten	112
3.6.1	NPSHA (Net Positive Suction Head Available)	112
a)	NPSHA bei pulsationsfreier Förderung	112
b)	NPSHA bei pulsierender Förderung	112
c)	Unterkritische Erregung	113
d)	Überkritische Erregung	116
e)	Gas-/Dampfkavitation	117

3.6.2	NPSHR (Net Positive Suction Head Required)	117
a)	Experimentelle NPSHR-Bestimmung	118
b)	Rechnerische NPSHR-Ermittlung	121
c)	Bauformspezifische NPSHR-Kennlinien	127
3.6.3	Selbstentlüftendes Ansaugen	132
3.7	Förderung von Flüssigkeits-Gas-Gemischen	134
3.7.1	Unplanmäßige Gasanteile im Förderfluid	134
3.7.2	Planmäßige Förderung von Gasanteilen in Flüssigkeiten	135
3.8	Trockenlauf	139
3.9	Einige Betrachtungen zur realen Volumenstropmpulsion	139
3.9.1	Zahnradpumpen	140
3.9.2	Drehkolbenpumpen	142
3.9.3	Exzentrerschneckenpumpen	144
3.9.4	Schraubenspindelpumpen	147
3.9.5	Schlauchpumpen	149
3.10	Auslegung des Pumpenantriebs	151
4.	Ausführung, Eigenschaften, Anwendung	155
4.1	Gemeinsamkeiten	156
4.1.1	Wellendichtungen	156
a)	Gleitringdichtungen	156
b)	Packungsringdichtungen	159
c)	Radialdichtringe	161
4.1.2	Hermetische Pumpenausführung	163
	Spaltrohrmotorantrieb	163
	Spaltrohrmagnetantrieb	163
4.1.3	Hygiene- und reinigungsgerechte Ausführung	165
4.1.3.1	Grundbegriffe	166
a)	Mikroorganismen	166
b)	Kampf den schädlichen Mikroorganismen	166
c)	Sterilität und Reinigung	169
d)	Leckagesicherheit	171
4.1.3.2	Gestaltungsrichtlinien	172
	3A Sanitary Standards	172
	US Food and Drug Association (FDA)	173
	Europäisches Regelwerk (CEN)	173
	Unilever SHE Standard	173
4.1.3.3	Tests zur Validierung der CIP/SIP-Fähigkeit	178
a)	Getrennte Prüfung	179
b)	EHEDG-Prüfung	180
c)	Sonstige	181
4.1.3.4	Ausführungsbeispiele	181
	Rotierende Verdrängerpumpen	181
	Wellendichtungen	183
4.1.4	Explosionsschutz	186
	Grundliegende Prinzipien	187
	Kennzeichnung	187

	Konformitätsbewertung	188
4.1.5	Hydroabrasiver Verschleiß	190
4.1.5.1	Verschleißorte und Tribosystem	190
	a) Pumpenbauarten ohne treibenden Eingriff mit Spaltdichtungen	191
	b) Pumpenbauarten ohne treibenden Eingriff mit gleitenden oder quetschenden Dichlinien	192
	c) Pumpenbauarten mit treibendem Eingriff	194
4.1.5.2	Einflußgrößen	194
	a) Eingriffsverhältnis	194
	b) Grundsätzliches Verschleißverhalten harter Werkstoffe	195
	c) Einflußgrößen bei dominantem Spaltverschleiß	197
	d) Einflußgrößen bei dominantem Gleitverschleiß	203
4.1.5.3	Praktische Pumpenauslegung	205
4.2	Zahnradpumpen	207
4.2.1	Außenverzahnungspumpen	207
4.2.1.1	Leistungsbereich und Anordnung	208
4.2.1.2	Konstruktionskonzepte	208
	Gehäuse	208
	Belastung – Verzahnung, Lager	210
4.2.1.3	Pumpenauslegung	213
	Werkstoffwahl	213
	Heizung, Kühlung	215
	Sicherheit	215
4.2.1.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	216
	a) Mikro-Zahnradpumpen	217
	b) Chemie-Zahnradpumpen	221
	c) Industrie-Zahnradpumpen	221
	d) Zahnradpumpen für die Polymerförderung	223
4.2.2	Innenverzahnungspumpen	229
4.2.2.1	Leistungsbereich und Anordnung	230
4.2.2.2	Konstruktionskonzepte	230
	Gehäuse	230
	Belastung – Verzahnung, Lager	231
4.2.2.3	Pumpenauslegung	233
	Heizung, Kühlung	234
	Sicherheit	235
4.2.2.4	Ausführung und Anwendungsbeispiele	235
4.2.2.5	Sonderausführungen	236
	Mischpumpen	236
	Mikrozahnringpumpen	236
	Hydraulik-Innenverzahnungspumpen	237
4.3	Drehkolbenpumpen	239
4.3.1	Leistungsbereich und Anordnung	239
4.3.2	Konstruktionsmerkmale	241
	Gehäuse	241
	Belastungen – Lagerung, Getriebe, Rotoren	241
4.3.3	Pumpenauslegung	244
	Werkstoffwahl	244

	Heizung / Kühlung	245
	Sicherheit	246
4.3.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	247
4.4	Flügelzellenpumpen	249
4.4.1	Flügelzellenpumpen mit starren kraftschlussgesteuerten Flügelblättern	250
4.4.1.1	Leistungsbereich und Anordnung	250
4.4.1.2	Konstruktionskonzepte	250
	Gehäuse und Arbeitsraum	250
	Belastung – Lager, Flügelblätter	252
4.4.1.3	Pumpenauslegung	254
	Werkstoffwahl	254
	Heizung, Kühlung	254
	Sicherheit	254
	Hermetische Flügelzellenpumpen	254
4.4.1.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	254
4.4.2	Flügelzellenpumpen mit starren, formschlussgesteuerten Flügelblättern	255
4.4.2.1	Konstruktionskonzepte	255
4.4.2.2	Leistungsbereich und Anordnung	256
4.4.2.3	Anwendungsbeispiele	257
4.4.3	Flügelzellenpumpen mit Elastomerrotoren	258
4.4.3.1	Leistungsbereich und Anordnung	258
4.4.3.2	Konstruktionskonzepte	258
	Gehäuse	258
	Lagerung, Zugänglichkeit, Wellendichtungen	259
4.4.3.3	Pumpenauslegung	260
	Werkstoffwahl	260
4.4.3.4	Anwendungen	260
4.4.4	Sonstige	261
	a) Flügelzellenpumpen für geringe Leistung	261
	b) Flügelzellenpumpen in der Hydraulik	261
4.5	Schraubenspindelpumpen	262
4.5.1	Drei- bzw. Mehrspindelpumpen mit treibendem Eingriff und Innenlagerung	262
4.5.1.1	Leistungsbereich und Anordnung	263
4.5.1.2	Konstruktionskonzepte	263
	Gehäuse	263
	Belastung – Spindeln, Lager	263
4.5.1.3	Pumpenauslegung	268
	Werkstoffwahl	268
	Heizung / Kühlung	268
	Sicherheit	268
	Hermetische Dreispindelpumpen	269
4.5.1.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	269
4.5.2	Zweispindelpumpen ohne treibenden Eingriff und mit Außenlagerung ..	270
4.5.2.1	Leistungsbereich und Anordnung	271
4.5.2.2	Konstruktionskonzepte	271
	Gehäuse	272

	Belastung – Spindeln, Lager, Synchronisiergetriebe	273
	Wellendichtungen	275
4.5.2.3	Pumpenauslegung	275
	Werkstoffwahl	275
	Heizung / Kühlung	276
	Sicherheit	276
4.5.2.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	276
4.6	Exzenterschneckenpumpen	279
4.6.1	Leistungsbereich und Anordnung	279
4.6.2	Konstruktionskonzepte	280
	Rotor-/Stator-Profil-Geometrie	280
	Gehäuse, Lager Kupplung	281
	Rotor/ Stator-Ausführung	284
	Wellendichtungen	285
4.6.3	Pumpenauslegung	285
	Werkstoffwahl	285
	Heizung / Kühlung	287
	Sicherheit	287
	Zufördereinrichtungen	288
4.6.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	289
	a) Allgemeine Industrieanwendungen	289
	b) Umwelttechnik	290
	c) Dosieren, Applizieren, Abfüllen, Restlosentleeren	290
	d) Putztechnik	291
	e) Landwirtschaft	291
	f) Vertikal- und Bohrlochpumpen	291
4.7	Schlauchpumpen	295
4.7.1	Leistungsbereich und Anordnung	295
4.7.2	Konstruktionskonzepte	296
	Schlauch – Funktion, Belastung	296
	Verdrängerrotor und Gehäuse	298
4.7.3	Pumpenauslegung	300
	Werkstoffwahl	300
	Heizung / Kühlung, Schmiermittel	302
	Ansaughilfe, Sicherheit	302
	Pulationsdämpfung	303
4.7.4	Ausführungs- und Anwendungsbeispiele	303
	Laborschlauchpumpen	304
	Industrieschlauchpumpen	305
4.8	Sonstige Pumpen	306
4.8.1	Drehflügelradpumpen	306
	Leistungsbereich	306
	Pumpenanordnung	306
	Konstruktionskonzept	306
	Pumpenauslegung	307
	Absicherung	307
	Anwendungen	307

4.8.2	Schneckenpumpen	307
	a) Schnecken („Sinus“)-Pumpe	307
	Leistungsbereich	308
	Pumpenanordnung	308
	Konstruktionskonzept	308
	Pumpenauslegung	308
	Anwendungsbereich	309
	b) Taumelscheibenpumpe	309
	Leistungsbereich	310
	Pumpenanordnung	310
	Konstruktionskonzept	310
	Pumpenauslegung	310
	Anwendungsbereich	310
4.8.3	Wälz-/Rollkolben-Pumpen	311
	Leistungsbereich	311
	Pumpenanordnung	311
	Konstruktionskonzept	311
	Pumpenauslegung	312
	Anwendungsbereich	312
4.8.4	Ringkolbenpumpen	312
	Leistungsbereich	313
	Konstruktionskonzept	313
	Pumpenauslegung	314
	Anwendungsbereich	314
	Literatur	315
	Formelverzeichnis	321
	Stichwortverzeichnis	323