

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Dimensionierungsgrundlagen</b>	<b>1</b>
	Frank Engelmann	
1.1	Allgemeines	1
1.2	Belastungs- und Beanspruchungsarten	2
1.2.1	Differenzierung Belastung und Beanspruchung	2
1.2.2	Beanspruchungsarten	2
1.3	Zusammengesetzte Beanspruchung	5
1.4	Statische und dynamische Beanspruchungen	7
1.5	Festigkeitskenngrößen	9
1.5.1	Statische Festigkeit	9
1.5.2	Dynamische Festigkeit	10
1.6	Festigkeitsmindernde Einflüsse	12
1.6.1	Kerbwirkung	13
1.6.2	Sonstige Einflüsse	14
1.7	Praktische Festigkeitsberechnung	15
1.7.1	Bauteildimensionierung	15
1.7.2	Vorgehen bei der Bauteildimensionierung	17
1.8	Weiterführende Literatur	18
<b>2</b>	<b>Verbindungselemente</b>	<b>19</b>
	Frank Engelmann und Thomas Guthmann	
2.1	Wirkprinzip	19
2.2	Formschlussverbindungen	19
2.2.1	Stiftverbindungen	20
2.2.2	Bolzenverbindungen	25
2.2.3	Weitere Formschlussverbindungen	28
2.3	Kraftschlussverbindungen	34
2.3.1	Schraubenverbindungen	34
2.4	Stoffschlussverbindungen	59
2.4.1	Kleben	59
2.4.2	Schweißen	64

V

2.4.3	Löten . . . . .	64
2.5	Weiterführende Literatur . . . . .	64
<b>3</b>	<b>Achsen und Wellen</b> . . . . .	<b>65</b>
	Frank Engelmann	
3.1	Bauformen und Werkstoffe . . . . .	65
3.1.1	Gängige Bauformen . . . . .	65
3.1.2	Sonderbauformen . . . . .	66
3.1.3	Werkstoffe für Achsen und Wellen . . . . .	67
3.2	Entwurfsberechnung . . . . .	69
3.2.1	Allgemeine Hinweise . . . . .	69
3.2.2	Ermittlung der Dreh- und Biegemomente . . . . .	70
3.2.3	Durchmesserbestimmung . . . . .	71
3.3	Kontrollberechnungen . . . . .	74
3.3.1	Festigkeitsnachweis . . . . .	74
3.3.2	Verformung durch Biegekräfte . . . . .	74
3.3.3	Verformung durch Torsionsmomente . . . . .	75
3.3.4	Kritische Drehzahl . . . . .	76
3.4	Weiterführende Literatur . . . . .	78
<b>4</b>	<b>Welle-Nabe-Verbindungen</b> . . . . .	<b>79</b>
	Frank Engelmann und Thomas Guthmann	
4.1	Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	79
4.1.1	Passfederverbindungen . . . . .	80
4.1.2	Scheibenederverbindungen . . . . .	82
4.1.3	Profilwellenverbindungen . . . . .	82
4.2	Kraftschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	85
4.2.1	Zylindrische Pressverbindungen . . . . .	88
4.2.2	Pressverbindungen durch Innenhochdruckfügen . . . . .	96
4.2.3	Kegelpressverbindungen . . . . .	97
4.2.4	Spannelementverbindungen . . . . .	98
4.2.5	Klemmverbindungen . . . . .	103
4.3	Vorgespannt formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	105
4.3.1	Keilverbindungen . . . . .	105
4.4	Stoffschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen . . . . .	108
4.5	Weiterführende Literatur . . . . .	108
<b>5</b>	<b>Wälzlager</b> . . . . .	<b>109</b>
	Frank Engelmann und Leo Siegle	
5.1	Aufbau und Eigenschaften . . . . .	110
5.1.1	Aufbau . . . . .	110
5.1.2	Lagerabmessungen und Bezeichnung . . . . .	111

---

5.2	Bauarten, Eigenschaften, Verwendung . . . . .	113
5.2.1	Bauformen allgemein . . . . .	113
5.2.2	Standard-Bauformen . . . . .	113
5.3	Tragfähigkeit und Lebensdauer der Wälzlager . . . . .	117
5.3.1	Statische Tragfähigkeit nach ISO 76 . . . . .	117
5.3.2	Dynamische Tragfähigkeit . . . . .	119
5.3.3	Mindestlagerlast . . . . .	122
5.4	Konstruktive Gestaltung . . . . .	122
5.4.1	Lageranordnungen . . . . .	123
5.4.2	Einbaurichtlinien . . . . .	124
5.5	Schmierung der Wälzlager . . . . .	125
5.5.1	Grundlagen . . . . .	125
5.5.2	Auswahl des Schmierungsverfahrens . . . . .	125
5.6	Abdichtung von Wälzlagern . . . . .	126
5.7	Wälzlagerschäden . . . . .	126
5.8	Lagerüberwachung . . . . .	130
5.9	Weiterführende Literatur . . . . .	133
<b>6</b>	<b>Gleitlagerungen</b> . . . . .	<b>135</b>
	Thomas Guthmann und Leo Siegle	
6.1	Aufgaben und Einteilung . . . . .	135
6.1.1	Hydrostatische Gleitlager . . . . .	137
6.1.2	Hydrodynamische Gleitlager . . . . .	137
6.1.3	Hydrostatische Anfahrhilfen . . . . .	138
6.1.4	Wartungsfreie Gleitlager . . . . .	139
6.2	Lagerwerkstoffe . . . . .	139
6.3	Lagerbauformen . . . . .	141
6.3.1	Lagerschmierung . . . . .	141
6.4	Konstruktive Gestaltung . . . . .	143
6.4.1	Konstruktion und Schmierspaltausbildung . . . . .	143
6.5	Weiterführende Literatur . . . . .	144
<b>7</b>	<b>Dichtungen</b> . . . . .	<b>145</b>
	Frank Engelmann und Thomas Guthmann	
7.1	Definition und Einteilung . . . . .	145
7.2	Berührende Dichtungen . . . . .	146
7.2.1	Stoffschlüssige Dichtungen . . . . .	146
7.2.2	Flach- und Formdichtungen . . . . .	146
7.2.3	Rundringe . . . . .	147
7.2.4	Radialwellendichtringe . . . . .	148
7.2.5	Axialwellendichtringe . . . . .	150

7.2.6	Stopfbuchspackungen	150
7.2.7	Gleitringdichtungen	153
7.2.8	Membrane und Bälge	155
7.3	Berührungslose Dichtungen	156
7.3.1	Allgemeines	156
7.3.2	Spaltdichtungen	156
7.3.3	Fliehkraftdichtungen	157
7.4	Weiterführende Literatur	158
<b>8</b>	<b>Zahnräder und Zahnradgetriebe</b>	<b>159</b>
	Frank Engelmann und Thomas Guthmann	
8.1	Grundlagen und Einteilung	159
8.1.1	Einteilung der Zahnräder und der Zahnradgetriebe	160
8.1.2	Verzahnungsgesetz	160
8.1.3	Übersetzung und Zähnezahlnverhältnis	162
8.2	Verzahnungsgeometrie der Stirnradgetriebe	163
8.2.1	Zahnprofilformen	163
8.2.2	Geometrie der Verzahnung	166
8.2.3	Profilverschiebung	172
8.2.4	Geometrie der Stirnradpaarung	175
8.3	Kräfte am Stirnradpaar und übertragene Leistung	179
8.3.1	Festigkeitsnachweis	180
8.4	Auslegung und Gestaltung von Stirnradgetrieben	181
8.4.1	Festlegung der Getriebestufen und Getriebeübersetzungen	181
8.4.2	Teilkreisdurchmesser des Ritzels $d_1$	182
8.4.3	Zähnezahlen und Modul	183
8.4.4	Schmierung von Zahnradgetrieben	184
8.5	Weiterführende Literatur	185
<b>9</b>	<b>Federn</b>	<b>187</b>
	Frank Engelmann und Thomas Guthmann	
9.1	Eigenschaften	188
9.2	Schwingungsverhalten	191
9.3	Federsysteme	192
9.3.1	Parallelschaltung	192
9.3.2	Reihenschaltung	192
9.3.3	Mischschaltung	193
9.4	Federwerkstoffe	193
9.4.1	Metallische Werkstoffe	193
9.4.2	Nichtmetallische Werkstoffe	193
9.5	Zug- und druckbeanspruchte Federn	196
9.5.1	Zugfedern aus Draht	196

---

9.5.2	Ringfedern . . . . .	196
9.6	Biegebeanspruchte Federn . . . . .	198
9.6.1	Gewundene Schraubenbiegefedern . . . . .	200
9.6.2	Tellerfedern . . . . .	201
9.7	Drehbeanspruchte Federn . . . . .	203
9.7.1	Drehstabfedern . . . . .	203
9.7.2	Zylindrische Schraubenfedern mit konstantem Querschnitt . . . . .	204
9.8	Elastomerfedern . . . . .	209
9.9	Weiterführende Literatur . . . . .	210
<b>10</b>	<b>Rohrleitungen</b> . . . . .	<b>211</b>
	Thomas Guthmann	
10.1	Anwendung . . . . .	211
10.2	Materialien, Bauarten und Abmaße . . . . .	212
10.3	Berechnung . . . . .	215
10.3.1	Strömungsgeschwindigkeit . . . . .	215
10.3.2	Druckverlust . . . . .	216
10.3.3	Mechanische Spannungen in Rohrwand . . . . .	219
10.4	Weiterführende Literatur . . . . .	220
<b>11</b>	<b>Tabellen</b> . . . . .	<b>221</b>
	Frank Engelmann	
	<b>Literatur</b> . . . . .	<b>259</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	<b>265</b>