Auf einen Blick

Über den Autor **7**
Einleitung **19**

Teil I: Was Maschinenelemente können **23**
Kapitel 1: Maschinen und Maschinenelemente 25
Kapitel 2: Aufgabenteilung macht stark: Die funktionale Sichtweise 31

Teil II: Maschinenelemente zum Verbinden **39**
Kapitel 3: Arten von Verbindungen – ein erster Überblick 41
Kapitel 4: Reibschlüssige Verbindungen 47
Kapitel 5: Formschlüssige Verbindungen 71
Kapitel 6: Stoffschlüssige Verbindungen 85
Kapitel 7: Elastische Verbindungen: Federn 101

Teil III: Maschinenelemente zum Abstützen von Bewegungen **115**
Kapitel 8: Arten von Lagern und Führungen – ein Überblick 117
Kapitel 9: Gleitlager und Gleitführungen 123
Kapitel 10: Wälzlager und Wälzführungen 149
Kapitel 11: Reibung, Schmierung und Verschleiß 177
Kapitel 12: Noch ganz dicht? Maschinenelemente zum Abdichten 197

Teil IV: Maschinenelemente zum Umwandeln von Bewegungsformen **207**
Kapitel 13: Arten von Getrieben im Überblick 209
Kapitel 14: Rädergetriebe 217
Kapitel 15: Zugmittelgetriebe 239
Kapitel 16: Hubgetriebe 251
Kapitel 17: Kupplungen und Bremsen 261

Teil V: Der Top-Ten-Teil **271**
Kapitel 18: Zehn interessante Daten zur wirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus 273

Lösungen der Übungsaufgaben **279**
Stichwortverzeichnis **287**

Haberkern710515_ftoc.indd 10 3/9/2018 6:07:27 PM

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor **7**
Über den Fachkorrektor 7
Einleitung **19**
Über dieses Buch 19
Konventionen in diesem Buch 19
Was Sie nicht lesen müssen 20
Törichte Annahmen über die Leser 20
Wie dieses Buch aufgebaut ist 20
Teil I – Was Maschinenelemente können 20
Teil II – Maschinenelemente zum Verbinden 20
Teil III – Maschinenelemente zum Abstützen von Bewegungen 21
Teil IV – Maschinenelemente zum Umwandeln von Bewegungsformen 21
Teil V – Der Top-Ten-Teil 21
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden 21
Jetzt geht es los 22

TEIL I
WAS MASCHINENELEMENTE KÖNNEN **23**

Kapitel 1
Maschinen und Maschinenelemente **25**
Die kleinsten Teilchen im Maschinenbau 25
Das ist ja alles so schön gleich hier 28

Kapitel 2
Aufgabenteilung macht stark: Die funktionale Sichtweise . . **31**
Der Funktionsbegriff 31
Die klassischen Maschinenelemente 33
Die Gestaltung technischer Systeme mithilfe von Funktionen 33
1. Betrachtungsebene 33
2. Betrachtungsebene 34
3. / 4. ... / X. Betrachtungsebene 35
Eine funktionsorientierte Ordnungsstruktur der Maschinenelemente 36

TEIL II
MASCHINENELEMENTE ZUM VERBINDEN **39**

Kapitel 3
Arten von Verbindungen – ein erster Überblick **41**
Warum die Einheiten von Maschinen oft nicht aus einem Teil bestehen 42
Alles verbindet, aber wie? Verbindungsarten 43
Starr oder nur als starr getarnt? 45
Klassifizierung von Verbindungen 45

Kapitel 4
Reibschlüssige Verbindungen **47**
Schraubenverbindungen 47
Der Einfluss des Steigungswinkels 48
Der Einfluss des Flankenwinkels 50
Gewindeprofile 51
Grundgleichungen eines Schraubengewindes 52
Hält die das aus? Belastung und Beanspruchung von Schraubenverbindungen 54
Fazit zur Berechnung von Schraubenverbindungen 61
Festigkeitsklassen für Befestigungsschrauben 61
Grobdimensionierung von Schraubenverbindungen 63
Pressverbindungen 65
Funktionsprinzip einer Pressverbindung 65
Montage einer Pressverbindung 66
Arten von Pressverbindungen 67
Dimensionierung einer Pressverbindung 68
Stärken und Schwächen von Pressverbindungen 69

Kapitel 5
Formschlüssige Verbindungen **71**
Stiftverbindungen 72
Formen von Stiften 72
Ausführungen von Stiftverbindungen 74
Berechnung von Stiftverbindungen 74
Nut-Feder-Verbindungen 79
Allgemeine Nut-Feder-Verbindung mit Nutenstein 79
Nut-Feder-Verbindungen zwischen Welle und Nabe 80
Berechnung von Nut-Feder-Verbindungen 80
Profilverbindungen 81
Nietverbindungen 83
Anwendungsbereiche für Nietverbindungen 83
Kalt- und Warmnieten 84

Kapitel 6
Stoffschlüssige Verbindungen **85**
Schweißverbindungen 87

Einteilung der Schweißverfahren . . . 88
Schmelzschweißverfahren für Metalle . . . 89
Pressschweißverfahren für Metalle . . . 91
Pressschweißverfahren für Kunststoffe . . . 93
Schweißnahtformen . . . 94
Festigkeitsberechnung von Schweißverbindungen . . . 94
Lötverbindungen . . . 96
Lote . . . 97
Flussmittel . . . 98
Klebeverbindungen . . . 98

Kapitel 7
Elastische Verbindungen: Federn . . . 101
Federkennlinie . . . 102
Federarbeit . . . 103
Zusammengesetzte Systeme aus mehreren Federn . . . 105
Fall a: Parallelschaltung von Federn . . . 105
Fall b: Reihenschaltung von Federn . . . 106
Fall c: Mischschaltung von Federn . . . 106
Schwingungsverhalten . . . 107
Bauarten von Federn . . . 108
Metallfedern für geradlinige Bewegungen . . . 110
Nichtmetallfedern für geradlinige Bewegungen . . . 113
Metallfedern für Drehbewegungen . . . 113
Nichtmetallfedern für Drehbewegungen . . . 114

TEIL III
MASCHINENELEMENTE ZUM ABSTÜTZEN VON BEWEGUNGEN . . . 115

Kapitel 8
Arten von Lagern und Führungen – ein Überblick . . . 117
Gelagert oder geführt – Unterscheidung nach der Bewegungsform . . . 118
Anforderungen an Lager und Führungen in Maschinen . . . 121
Einteilung von Lagern und Führungen nach der Kontaktart . . . 121

Kapitel 9
Gleitlager und Gleitführungen . . . 123
Hydrodynamische Lager und Führungen . . . 123
Das Funktionsprinzip Hydrodynamik . . . 123
Das Stribeck-Diagramm . . . 125
Der rotierende hydrodynamische Kontakt: Lager . . . 126
Der lineare hydrodynamische Kontakt: Führung . . . 127
Anwendungsbeispiele Hydrodynamik . . . 127
Werkstoffe für hydrodynamische Gleitkontakte . . . 130
Tragfähigkeitsberechnung von hydrodynamischen Gleitkontakten . . . 132
Hydrostatische Lager und Führungen . . . 133
Das Funktionsprinzip Hydrostatik . . . 133

Druckverlauf an einer Hydrostatik-Tasche 135
Druckversorgung bei mehreren Hydrostatik-Taschen 137
Anwendungsbeispiele für hydrostatische Kontakte 138
Aerostatische Lager und Führungen 140
Das Funktionsprinzip Aerostatik 140
Vergleich aerodynamischer/aerostatischer Kontakt. 141
Bereitstellung der Druckluft 141
Gestaltung aerostatischer Lager und Führungen 142
Anwendungen der Aerostatik. 143
Feststoffgeschmierte Lager und Führungen 144
Elektromagnetische Lager und Führungen 145
Das Funktionsprinzip der elektromagnetischen Abstützung. 145
Magnetkräfte 145
Abstandsregelung 146
Adaptierbare Steifigkeit und Dämpfung. 146
Anwendungsbeispiele für elektromagnetische Lager und Führungen. 148

Kapitel 10
Wälzlager und Wälzführungen 149
Mögliche Bewegungsformen zwischen zwei Körpern 149
Gleiten 150
Rollen 150
Wälzen 150
Bohren 151
Die geometrischen Formen von Wälzkörpern. 151
Herstellkosten verschiedener Wälzkörper-Geometrien. 152
Das Berechnungsmodell Hertz'scher Kontakt. 152
Die Schmiegung 153
Bauarten von Wälzlagern 153
Viel hilft viel: Anordnung von mehreren Wälzlagern 154
Fest-Los-Lagerung 154
Schwimmende Lagerung. 157
Angestellte Lagerung. 158
Bauarten von Wälzführungen 159
Ohne interne Vorspannung 159
Mit interner Vorspannung 160
Ohne Wälzkörperrückführung 160
Mit Wälzkörperrückführung 161
Profilschienen-Wälzführungen 162
Die Lebensdauer von Wälzkontakten berechnen. 163
Die Lebensdauergleichung für Wälzlager. 164
Berücksichtigung veränderlicher Drehzahlen und Belastungen 168
Die modifizierte Lebensdauergleichung für Wälzlager. 169
Die Lebensdauergleichung für Wälzführungen. 170
Zulässige Belastung von Wälzlagern im Stillstand 172
Nur nicht nachgeben: Die Steifigkeit von Wälzkontakten 173

Werkstoffe für Wälzlager und Wälzführungen 174
Stahl 175
Keramik 176

Kapitel 11
Reibung, Schmierung und Verschleiß 177
Das läuft ja wie geschmiert: Schmierstoffe 178
Schmieröle 178
Schmierfette 181
Festschmierstoffe 182
Das Funktionsprinzip von Festschmierstoffen 184
Zäh und schleimig: Die Viskosität 186
Viskosimeter 187
Viskositätsänderung mit der Temperatur 188
Unbeliebt, aber unvermeidbar: Der Verschleiß 190
Die Verschleißmechanismen 190
Maßnahmen zur Verschleißreduktion 194
Verschleißerkennung aus der Bauteiloberfläche 194

Kapitel 12
Noch ganz dicht? Maschinenelemente zum Abdichten 197
Was Dichtungen können 197
Hermetisch dicht oder technisch dicht 198
Arten von Dichtungen 198
Statische berührende Dichtungen 199
Statische berührungslose Dichtungen 201
Dynamische berührende Dichtungen 201
Dynamische berührungslose Dichtungen 204

TEIL IV
MASCHINENELEMENTE ZUM UMWANDELN VON BEWEGUNGSFORMEN 207

Kapitel 13
Arten von Getrieben im Überblick 209
Wo Getriebe gebraucht werden 210
Klassifizierung von Getrieben 211

Kapitel 14
Rädergetriebe 217
Zahnradgetriebe: Formschlüssige Räder 219
Bauformen von Zahnrädern 219
Richtung der Verzahnung 222
Profilform der Zähne 224
Kenngrößen von Stirnradgetrieben mit parallelen Achsen 225

Reibradgetriebe 236
Reibradgetriebe mit konstanter Übersetzung 236
Reibradgetriebe mit stufenlos veränderlicher Übersetzung 236

Kapitel 15
Zugmittelgetriebe 239
Auswahl des Zugmittels 240
Formschlüssige Zugmittelgetriebe 242
Kettengetriebe 242
Zahnriemengetriebe 244
Reibschlüssige Zugmittelgetriebe 246
Flachriemengetriebe 246
Keilriemengetriebe 248

Kapitel 16
Hubgetriebe 251
Spindel-Hubgetriebe 252
Gleitgewindetrieb 253
Kugelgewindetrieb 254
Hydrostatischer Gewindetrieb 255
Zahnstangen-Hubgetriebe 256
Zugmittel-Hubgetriebe 258
Schubketten-Hubgetriebe 259

Kapitel 17
Kupplungen und Bremsen 261
Einteilung von Kupplungen 261
Nichtschaltbare starre Kupplungen 264
Nichtschaltbare nachgiebige Kupplungen 265
Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen 266
Schaltbare momentbetätigte Kupplungen 267
Schaltbare drehzahlbetätigte Kupplungen 268
Schaltbare richtungsbetätigte Kupplungen 269
Bremsen 270

TEIL V
DER TOP-TEN-TEIL 271

Kapitel 18
Zehn interessante Daten zur wirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus 273
Die größten Industriezweige 273
Bilanz des deutschen Maschinenaußenhandels 274
Deutsche Maschinenexporte nach Regionen 274
Deutsche Maschinenexporte nach einzelnen Abnehmerländern 275
Deutsche Maschinenimporte nach Regionen 275
Deutsche Maschinenimporte nach einzelnen Lieferländern 276

Deutscher Maschinenaußenhandel nach Fachzweigen. 276
Welthandelsanteile 277
Maschinenexporteure nach Maschinengruppen 277
Weltproduktion von Werkzeugmaschinen. 278

Lösungen der Übungsaufgaben. 279

Stichwortverzeichnis 287

Haberkern710515_ftoc.indd 18 3/9/2018 6:07:28 PM