

Auf einen Blick

Über den Autor	7
Einleitung	19
Teil I: Spezialisierte Problemlöser: Was Maschinenelemente können	23
Kapitel 1: Maschinen und Maschinenelemente	25
Kapitel 2: Aufgabenteilung macht stark: Die funktionale Sichtweise	31
Teil II: Das hält zusammen: Maschinenelemente zum Verbinden	41
Kapitel 3: Arten von Verbindungen – ein erster Überblick	43
Kapitel 4: Reibschlüssige Verbindungen	49
Kapitel 5: Formschlüssige Verbindungen	73
Kapitel 6: Stoffschlüssige Verbindungen	89
Kapitel 7: Elastische Verbindungen: Federn	105
Teil III: Unterstützung geben: Maschinenelemente zum Abstützen von Bewegungen	119
Kapitel 8: Arten von Lagern und Führungen – ein Überblick	121
Kapitel 9: Gleitlager und Gleitführungen	129
Kapitel 10: Wälzlager und Wälzführungen	157
Kapitel 11: Tribologie: Reibung, Schmierung und Verschleiß von bewegten Teilen	185
Kapitel 12: Noch ganz dicht? Maschinenelemente zum Abdichten	205
Teil IV: Wandlungsfähige Getriebe: Maschinenelemente zum Umwandeln von Bewegungsformen	215
Kapitel 13: Arten von Getrieben im Überblick	217
Kapitel 14: Rädergetriebe: Gleichförmige Übersetzung von Drehbewegungen ohne Zwischenelement	225
Kapitel 15: Zugmittelgetriebe: Gleichförmige Übersetzung von Drehbewegungen mit Zwischenelement	247
Kapitel 16: Hubgetriebe: Umwandlung von Drehbewegung in Linearbewegung	259
Kapitel 17: Kupplungen und Bremsen	269

10 Auf einen Blick

Teil V: Der Top-Ten-Teil	279
Kapitel 18: Zehn interessante Daten zur wirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus.	281
Lösungen der Aufgaben	287
Abbildungsverzeichnis	305
Stichwortverzeichnis	311

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 – Spezialisierte Problemlöser: Was Maschinenelemente können	20
Teil II – Das hält zusammen: Maschinenelemente zum Verbinden	20
Teil III – Unterstützung geben: Maschinenelemente zum Abstützen von Bewegungen	21
Teil IV – Wandlungsfähig: 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 SPEZIALISIERTE PROBLEMLÖSER: 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
Aufgaben	29
 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	34
2. Betrachtungsebene	34
3./4..../X. Betrachtungsebene	35
Eine funktionsorientierte Ordnungsstruktur der Maschinenelemente	36
Aufgaben	39

TEIL II DAS HÄLT ZUSAMMEN: MASCHINENELEMENTE ZUM VERBINDEN 41

Kapitel 3 Arten von Verbindungen – ein erster Überblick 43

Warum die Einheiten einer Maschine oft nicht aus einem einzigem Teil bestehen	44
Innig verbunden, aber wie? Verbindungsarten	45
Starr oder nur als starr getarnt?	47
Klassifizierung von Verbindungen	47
Aufgaben	48

Kapitel 4 Reibschlüssige Verbindungen 49

Schraubenverbindungen	49
Der Einfluss des Steigungswinkels	50
Der Einfluss des Flankenwinkels	52
Gewindeprofile	53
Grundgleichungen eines Schraubengewindes	54
Hält die das aus? – Belastung und Beanspruchung von Schraubenverbindungen	56
Fazit zur Berechnung von Schraubenverbindungen	63
Festigkeitsklassen für Befestigungsschrauben	63
Grobdimensionierung von Schraubenverbindungen	65
Pressverbindungen	66
Funktionsprinzip einer Pressverbindung	67
Montage einer Pressverbindung	68
Arten von Pressverbindungen	69
Dimensionierung einer Pressverbindung	70
Stärken und Schwächen von Pressverbindungen	70
Aufgaben	71

Kapitel 5 Formschlüssige Verbindungen 73

Stiftverbindungen	74
Formen von Stiften	74
Ausführungen von Stiftverbindungen	76
Berechnung von Stiftverbindungen	77
Nut-Feder-Verbindungen	81
Allgemeine Nut-Feder-Verbindung mit Nutenstein	82
Nut-Feder-Verbindungen zwischen Welle und Nabe	82
Berechnung von Nut-Feder-Verbindungen	83
Profilverbindungen	84
Nietverbindungen	85
Anwendungsbereiche für Nietverbindungen	86
Kalt- und Warmnieten	86
Aufgaben	87

Kapitel 6	
Stoffschlüssige Verbindungen	89
Schweißverbindungen	91
Einteilung der Schweißverfahren	92
Schmelzschweißverfahren für Metalle	93
Pressschweißverfahren für Metalle	96
Pressschweißverfahren für Kunststoffe	97
Schweißnahtformen	98
Festigkeitsberechnung von Schweißverbindungen	99
Lötverbindungen	100
Lote	101
Flussmittel	102
Klebeverbindungen	102
Aufgaben	104

Kapitel 7	
Elastische Verbindungen: Federn	105
Federkennlinie	106
Federarbeit	107
Zusammengesetzte Systeme aus mehreren Federn	109
Fall a: Parallelschaltung von Federn	109
Fall b: Reihenschaltung von Federn	110
Fall c: Mischschaltung von Federn	110
Schwingungsverhalten	110
Bauarten von Federn	112
Metallfedern für geradlinige Bewegungen	112
Nichtmetallfedern für geradlinige Bewegungen	116
Metallfedern für Drehbewegungen	117
Nichtmetallfedern für Drehbewegungen	117
Aufgaben	118

TEIL III	
UNTERSTÜTZUNG GEBEN: MASCHINENELEMENTE	
ZUM ABSTÜTZEN VON BEWEGUNGEN	119

Kapitel 8	
Arten von Lagern und Führungen – ein Überblick	121
Gelagert oder geführt – Unterscheidung nach Bewegungsform	122
Anforderungen an Lager und Führungen in Maschinen	125
Einteilung von Lagern und Führungen nach der Kontaktart	125
Aufgaben	127

Kapitel 9	
Gleitlager und Gleitführungen	129
Hydrodynamische Lager und Führungen	129
Das Funktionsprinzip Hydrodynamik	129
Das Stribeck-Diagramm	131

14 Inhaltsverzeichnis

Der rotierende hydrodynamische Kontakt: Lager	132
Der lineare hydrodynamische Kontakt: Führung	133
Anwendungsbeispiele der Hydrodynamik	134
Werkstoffe für hydrodynamische Gleitkontakte	136
Tragfähigkeitsberechnung	138
Hydrostatische Lager und Führungen	139
Das Funktionsprinzip Hydrostatik	139
Druckverlauf an einer Hydrostatik-Tasche	141
Druckversorgung bei mehreren Hydrostatik-Taschen	143
Anwendungsbeispiele für hydrostatische Kontakte	145
Aerostatische Lager und Führungen	146
Das Funktionsprinzip Aerostatik	146
Vergleich aerodynamischer/aerostatischer Kontakt	147
Bereitstellung der Druckluft	147
Gestaltung aerostatischer Lager und Führungen	149
Anwendung der Aerostatik	149
Feststoffgeschmierte Lager und Führungen	151
Elektromagnetische Lager und Führungen	151
Das Funktionsprinzip der elektromagnetischen Abstützung	151
Magnetkräfte	152
Abstandsregelung	153
Adaptierbare Steifigkeit und Dämpfung	153
Anwendungsbeispiele für elektromagnetische Lager und Führungen	154
Aufgaben	155

Kapitel 10	
Wälzlager und Wälzführungen	157
Mögliche Bewegungsformenzwischen zwei Körpern	157
Gleiten	158
Rollen	158
Wälzen	158
Bohren	159
Die geometrischen Formen von Wälzkörpern	159
Herstellkosten verschiedener Wälzkörper-Geometrien	160
Das Berechnungsmodell Hertz'scher Kontakt	160
Die Schmiegun	160
Bauarten von Wälzlagern	161
Viel hilft viel: Kombinationen von mehreren Wälzlagern	162
Fest-Los-Lagerung	163
Schwimmende Lagerung	165
Angestellte Lagerung	166
Bauarten von Wälzführungen	167
Ohne interne Vorspannung	167
Mit interner Vorspannung	168

Ohne Wälzkörperrückführung	168
Mit Wälzkörperrückführung	169
Profilschienen-Wälzführungen	170
Wie lang machen's die noch? – die Lebensdauer von Wälzkontakten berechnen	171
Die Lebensdauergleichung für Wälzlager	172
Berücksichtigung veränderlicher Drehzahlen und Belastungen	174
Die modifizierte Lebensdauergleichung für Wälzlager	175
Die Lebensdauergleichung für Wälzführungen	177
Zulässige Belastung von Wälzlagern im Stillstand	178
Nur nicht nachgeben: Die Steifigkeit von Wälzkontakten	179
Werkstoffe für Wälzlager und Wälzführungen	180
Stahl	181
Keramik	182
Aufgaben	182

Kapitel 11

Tribologie: Reibung, Schmierung und Verschleiß

von bewegten Teilen 185

Läuft ja wie geschmiert: Schmierstoffe	186
Schmieröle	187
Schmierfette	189
Festschmierstoffe	190
Das Funktionsprinzip von Festschmierstoffen	192
Zäh und schleimig: Die Viskosität	194
Viskosimeter	196
Viskositätsänderung mit der Temperatur	197
Unbeliebt, aber unvermeidbar: Der Verschleiß	198
Die Verschleißmechanismen	199
Maßnahmen zur Verschleißreduktion	202
Verschleißerkennung an der Bauteiloberfläche	203
Aufgaben	204

Kapitel 12

Noch ganz dicht? Maschinenelemente zum Abdichten 205

Was Dichtungen können	205
Hermetisch oder technisch dicht?	206
Arten von Dichtungen	206
Statische berührende Dichtungen	207
Statische berührungslose Dichtungen	209
Dynamische berührende Dichtungen	209
Dynamische berührungslose Dichtungen	212
Aufgaben	214

TEIL IV WANDLUNGSFÄHIGE GETRIEBE: MASCHINENELEMENTE ZUM UMWANDELN VON BEWEGUNGSFORMEN 215

Kapitel 13

Arten von Getrieben im Überblick 217

Wo Getriebe gebraucht werden	218
Klassifizierung von Getrieben	219
Aufgaben.....	223

Kapitel 14

Rädergetriebe: Gleichförmige Übersetzung von Drehbewegungen ohne Zwischenelement 225

Zahnradgetriebe: Formschlüssige Räder.....	227
Bauformen von Zahnradern.....	227
Richtung der Verzahnung.....	230
Profilform der Zähne.....	232
Kenngrößen von Stirnradgetrieben mit parallelen Achsen.....	234
Reibradgetriebe.....	243
Reibradgetriebe mit konstanter Übersetzung.....	244
Reibradgetriebe mit stufenlos veränderlicher Übersetzung.....	244
Aufgaben.....	245

Kapitel 15

Zugmittelgetriebe: Gleichförmige Übersetzung von Drehbewegungen mit Zwischenelement..... 247

Auswahl des Zugmittels	248
Formschlüssige Zugmittelgetriebe	250
Kettengetriebe	250
Zahnriemengetriebe	252
Reibschlüssige Zugmittelgetriebe	254
Flachriemengetriebe	254
Keilriemengetriebe.....	256
Aufgaben.....	257

Kapitel 16

Hubgetriebe: Umwandlung von Drehbewegung in Linearbewegung 259

Spindel-Hubgetriebe.....	260
Gleitgewindetrieb.....	261
Kugelgewindetrieb.....	262
Hydrostatischer Gewindetrieb.....	263
Zahnstangen-Hubgetriebe.....	264
Zugmittel-Hubgetriebe	266
Schubketten-Hubgetriebe	267
Aufgaben.....	268

Kapitel 17	
Kupplungen und Bremsen	269
Einteilung von Kupplungen	269
Nichtschaltbare starre Kupplungen	273
Nichtschaltbare nachgiebige Kupplungen	273
Schaltbare fremdbetätigte Kupplungen	274
Schaltbare momentbetätigte Kupplungen	275
Schaltbare drehzahlbetätigte Kupplungen	276
Schaltbare richtungsbetätigte Kupplungen	277
Bremsen	277
Aufgaben	278

TEIL V	
DER TOP-TEN-TEIL	279

Kapitel 18	
Zehn interessante Daten zur wirtschaftlichen Bedeutung des Maschinenbaus	281
Die größten Industriezweige in der EU	281
Bilanz des EU-Maschinenaußenhandels	282
EU-Maschinenexporte nach Regionen	282
EU-Maschinenexporte nach einzelnen Abnehmerländern	283
EU-Maschinenimporte nach Regionen	283
EU-Maschinenimporte nach einzelnen Lieferländern	284
Fachzweige in denen Deutschland weltweit Spitze ist	284
Die größten Maschinenproduzenten weltweit nach einzelnen Ländern	285
Exportweltmeister nach Maschinengruppen	285
Weltproduktion von Werkzeugmaschinen	286

Lösungen der Aufgaben	287
Kapitel 1	287
Kapitel 2	288
Kapitel 3	289
Kapitel 4	290
Kapitel 5	291
Kapitel 6	292
Kapitel 7	293
Kapitel 8	294
Kapitel 9	294
Kapitel 10	296
Kapitel 11	298
Kapitel 12	299
Kapitel 13	299
Kapitel 14	300
Kapitel 15	301

18 Inhaltsverzeichnis

Kapitel 16	302
Kapitel 17	303
Abbildungsverzeichnis	305
Stichwortverzeichnis	311