
Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitsmethoden in der Produktentwicklung	1
1.1	Wirtschaftliche Bedeutung der Konstruktion und Folgerungen	1
1.2	Phasen der Produktentwicklung	3
1.2.1	Planen	3
1.2.2	Konzipieren	3
1.2.3	Entwerfen und Gestalten des gewählten Konzepts	7
1.2.4	Ausarbeiten und Gestalten der Einzelteile	7
1.3	Konstruktionsarten	8
1.4	Versagensursachen – Berechnungen	9
1.4.1	Berechnungen in der Konstruktion	9
1.4.2	Definitionen	9
1.4.3	Entwurfsrechnung, Dimensionierung	9
1.4.4	Nachrechnung/Festigkeitsnachweis	9
1.4.5	Numerische Berechnungsverfahren	10
1.4.6	Belastungen, Beanspruchungen	10
1.4.7	Bewertung der Rechenergebnisse	12
1.4.8	Bauteilsicherheit	13
1.5	Rechnergestütztes Konstruieren	15
1.6	Modelle	15
1.7	Versuche	16
	Literatur	16
2	Gestaltung – Formgebung	17
2.1	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	17
2.1.1	Beanspruchung, Festigkeit	17
2.1.2	Verformung	18
2.1.3	Verschleiß und Korrosion	19
2.2	Schwingungsverhalten und Geräuschabstrahlung	19
2.2.1	Schwingungs- und geräuschanregende Betriebskräfte	21
2.2.2	Abhilfemaßnahmen – allgemein	21
2.2.3	Mindern der Körperschall-Entstehung	21
2.2.4	Mindern der Körperschall-Übertragung/Weiterleitung	21
2.2.5	Mindern der Schallabstrahlung	22
2.3	Ergonomie	24
2.3.1	Arbeits- und Umweltsicherheit	24
2.3.2	Ergonomiegerechte Handhabung	25
2.4	Fertigung und Werkstoff	26
2.4.1	Gussformteile	27
2.4.2	Schmiedeformteile	31
2.4.3	Blechteile und Rohre	32
2.4.4	Press- und Spritzgussteile aus Kunststoffen	32
2.4.5	Spanabhebend bearbeitete Teile	34

VII

2.5	Montagegerechte Gestaltung	36
2.6	Inspektion, Wartung, Instandhaltung	37
2.7	Recycling	37
2.7.1	Recycling-Verfahren	37
2.7.2	Gestaltung recyclinggerechter Produkte nach VDI 2243 [30] . .	38
2.8	„Schöne“ Form, Design	38
	Literatur	39
3	Praktische Festigkeitsberechnung	41
3.1	Belastungen (Kräfte, Momente)	41
3.1.1	Krafteinleitung und Oberflächenbelastung	41
3.1.2	Prinzip von de Saint Venant	41
3.2	Beanspruchungen	42
3.2.1	Innere Kräfte und Momente	42
3.2.2	Spannungszustände im Inneren eines belasteten Bauteils (Mohr'scher Spannungskreis)	43
3.2.3	Berechnung der Nennspannungen	44
3.2.4	Beanspruchungsfälle – zeitlicher Verlauf	53
3.2.5	Örtliche Spannungen	53
3.2.6	Eigenspannungen	56
3.2.7	Stabilität: Knick- und Beulspannungen	56
3.3	Festigkeitsnachweis – allgemein	58
3.3.1	Konzepte der Festigkeitsberechnung	58
3.3.2	Sicherheit und Bauteilfestigkeit	58
3.3.3	Festigkeitsgrenzen	59
3.3.4	Härtewerte	60
3.3.5	Kerbschlagzähigkeit	61
3.4	Festigkeit von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen bei statischer Beanspruchung	61
3.4.1	Statische Werkstofffestigkeitskennwerte für Normabmessungen .	62
3.4.2	Statische Festigkeitskennwerte für den Werkstoff im Bauteil . . .	63
3.4.3	Statische Bauteilfestigkeit	66
3.4.4	Nachweis der statischen Festigkeit	72
3.4.5	Mindestsicherheiten bei statischer Beanspruchung	73
3.5	Festigkeit von Bauteilen aus metallischen Werkstoffen bei dynamischer Beanspruchung	74
3.5.1	Dauerfestigkeit, Zeitfestigkeit – Grundlagen	74
3.5.2	Werkstoffwechselfestigkeitskennwerte für Normabmessungen .	78
3.5.3	Wechselfestigkeitskennwerte für den Werkstoff im Bauteil	78
3.5.4	Bauteilwechselfestigkeit	79
3.5.5	Bauteilausschlagfestigkeit (Amplitude der Bauteildauerfestigkeit)	86
3.5.6	Nachweis der Bauteildauerfestigkeit	89
3.5.7	Mindestsicherheiten bei Ermüdungsbeanspruchung	90
3.5.8	Sicherheit gegen Gewaltbruch bei dynamischer Beanspruchung .	90
3.6	Tragfähigkeit von Kunststoffbauteilen	90
3.6.1	Kurzzeitige Beanspruchung	91
3.6.2	Langzeitig ruhende Beanspruchung	92
3.6.3	Schwingbeanspruchung	92
3.6.4	Hinweise	93
3.6.5	Berechnungsbeispiel	93
3.7	Betriebsfestigkeit	94
3.7.1	Beanspruchungs-Zeit-Verlauf, Kollektivbildung	94
3.7.2	Berechnung der Lebensdauer	95
3.7.3	Experimentelle Betriebsfestigkeitsbestimmung	96

3.8	Bruchmechanik	96
3.8.1	Anwendung, Möglichkeiten der Bruchmechanik	97
3.8.2	Statische Festigkeit – das K_{Ic} -Konzept	97
3.8.3	Statische Festigkeit – Fließbruchmechanik (FBM)	100
3.8.4	Dynamische Festigkeit – das ΔK -Konzept	100
3.8.5	Hinweise	102
	Literatur	102
4	Leichtbau	105
4.1	Leichtbauarten	105
4.2	Bedingungs-Leichtbau	106
4.3	Stoff-Leichtbau	106
4.3.1	Werkstoffkenngrößen	106
4.3.2	Leichtbau mit Leichtmetallen	108
4.3.3	Leichtbau mit Kunststoffen und Verbundwerkstoffen	110
4.4	Form-Leichtbau	111
4.4.1	Artnutzgrad η_A	111
4.4.2	Wahl der Querschnitte	112
4.5	Allgemeine Leichtbauregeln, Hinweise für die Konstruktion	116
	Literatur	117
5	Werkstoffe, Wärmebehandlung, Oberflächenbehandlung	119
5.1	Werkstoffauswahl	119
5.1.1	Welche Eigenschaften sind wichtig?	119
5.1.2	Überlegungen zu den Kosten (Kostenfaktoren)	120
5.1.3	Sondererfahrungen, analytische Methoden	121
5.2	Eisenwerkstoffe und Wärmebehandlungen	121
5.2.1	Wärmebehandlungen	121
5.2.2	Stahl	125
5.2.3	Stahlguss (GS)	133
5.2.4	Gusseisen	137
5.2.5	Sinter-Eisenwerkstoffe	142
5.3	Nichteisenmetalle	143
5.3.1	Aluminium und Aluminiumlegierungen	143
5.3.2	Aluminium-Sinterwerkstoffe	145
5.3.3	Magnesium-Legierungen	145
5.3.4	Titan und Titan-Legierungen	147
5.3.5	Kupfer und Kupfer-Legierungen	147
5.3.6	Sonstige Nichteisenmetalle	149
5.4	Oberflächenbehandlungen – Überzüge auf Metallen	151
5.4.1	Metallische Überzüge	151
5.4.2	Nichtmetallische Überzüge	151
5.5	Kunststoffe (Polymere)	152
5.5.1	Kunststoffarten – Übersicht	152
5.5.2	Eigenschaften der Kunststoffe	152
5.5.3	Faserverbundwerkstoffe	156
5.6	Verbundwerkstoffe mit Rissstop-Effekt	156
5.7	Keramische Werkstoffe	158
	Literatur	158
6	Allgemeines über Normen, Toleranzen, Passungen und Oberflächen	161
6.1	Normen	161
6.2	Normzahlen	161

6.3	Toleranzen, Abweichungen	161
6.3.1	Maßtoleranzen	162
6.3.2	Form- und Lagetoleranzen	164
6.3.3	Allgemeintoleranzen (Freimaßtoleranzen)	166
6.3.4	Tolerierungsgrundsätze	166
6.4	Passungen	169
6.4.1	System Einheitsbohrung (EB)	170
6.4.2	System Einheitswelle (EW)	170
6.5	Einfluss der Toleranzen und Passungen auf die Fertigungskosten	170
6.6	Gestaltabweichungen	170
6.6.1	Allgemeines, Grundbegriffe	173
6.6.2	Oberflächenmaße für die Feingestalt	173
6.6.3	Oberflächenmessung	174
6.6.4	Beispiel für die Aussagefähigkeit der Kennwerte	176
6.6.5	Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen nach DIN EN ISO 1302 [13]	177
	Literatur	179
7	Schweißverbindungen	181
7.1	Schweißverfahren	181
7.2	Schmelzschweißverbindungen	181
7.2.1	Anwendungen und Eigenschaften	181
7.2.2	Werkstoffe	182
7.2.3	Schweißverfahren, Schweißsicherheit	183
7.2.4	Stoß- und Nahtarten	193
7.2.5	Zeichnungsangaben	195
7.3	Tragfähigkeit und Betriebsverhalten von Schmelzschweißverbindungen	195
7.3.1	Dimensionierung, Schweißnahtabmessungen	195
7.3.2	Festigkeitsnachweis	196
7.3.3	Sprödbruchgefahr	202
7.3.4	Steifigkeit und Schwingungen von Schweißkonstruktionen	203
7.3.5	Gestaltung	203
7.4	Punkt- und Nahtschweißverbindungen	206
7.4.1	Dimensionierung	206
7.4.2	Festigkeitsnachweis für Punktschweißverbindungen	208
7.4.3	Festigkeitsnachweis für Rollennahtschweißverbindungen	210
7.4.4	Gestaltung	210
7.5	Buckelschweißverbindungen	211
7.6	Press- und Abbrennstumpfschweißverbindungen	211
7.7	Reibschweißverbindungen	212
7.8	Schweißverbindungen für Anwendungen außerhalb des Maschinenbaus	212
7.8.1	Schweißverbindungen im Stahl- und Kranbau	212
7.8.2	Schweißverbindungen im Behälter- und Kesselbau	212
7.8.3	Schweißverbindungen im Flugzeugbau	212
7.9	Berechnungsbeispiele	212
	Literatur	214
8	Löt-, Kleb- und kombinierte Verbindungen	217
8.1	Lötverbindungen	217
8.1.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktionen	217
8.1.2	Herstellung, Lötverfahren	218
8.1.3	Werkstoffe	220
8.1.4	Ausführung und Tragfähigkeit	221

	8.1.5	Gestaltung	226
	8.1.6	Berechnungsbeispiele	228
8.2		Klebverbindungen	228
	8.2.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktionen	228
	8.2.2	Herstellung	229
	8.2.3	Werkstoffe	230
	8.2.4	Tragfähigkeit von Flächenklebverbindungen	232
	8.2.5	Gestaltung	236
8.3		Kombinierte Fügeverfahren (Punktschweiß-, Niet-, Schraubklebverbindungen)	236
		Literatur	238
9		Nietverbindungen und Spezialverbindungen	239
	9.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktionen	239
	9.2	Herstellung	239
	9.3	Elemente der Nietverbindung	240
		9.3.1 Nietformen und Spezialelemente	240
		9.3.2 Werkstoffe für Nietverbindungen	240
		9.3.3 Anzahl der Nietreihen und Schnittigkeit	240
	9.4	Dimensionierung, Gestaltung	242
	9.5	Besonderheiten im Flugzeugbau	244
	9.6	Beanspruchung und Festigkeitsnachweis	245
		9.6.1 Belastungsannahmen und wirkliche Beanspruchungen	245
		9.6.2 Festigkeitsnachweis für die vernieteten Bauteile	246
		9.6.3 Festigkeitsnachweis für Niete	247
		9.6.4 Tragfähigkeitsnachweis für Blindniete	248
	9.7	Spezialverbindungen	249
		9.7.1 Durchsetzfügeverbindungen (Clinchen)	249
		9.7.2 Schnappverbindungen	251
		9.7.3 Blechformverbindungen	251
	9.8	Berechnungsbeispiele	253
		Literatur	255
10		Schraubenverbindungen, Gewinde	257
	10.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktionen	257
		10.1.1 Befestigungsschrauben	257
		10.1.2 Bewegungsschrauben (Schraubgetriebe)	258
		10.1.3 Gewinde	259
	10.2	Befestigungsschrauben, Muttern, Zubehör (Bauarten, Auswahlkriterien, Bestelldaten)	259
		10.2.1 Schrauben	259
		10.2.2 Muttern	262
		10.2.3 Unterlegscheiben	263
		10.2.4 Schraubensicherungen	263
	10.3	Gewinde	263
		10.3.1 Kenngrößen von Gewinden	263
		10.3.2 Gebräuchliche Gewinde	264
		10.3.3 Sondergewinde	266
		10.3.4 Weg- und Kraft-Übersetzung im Gewinde, Wirkungsgrad	267
	10.4	Werkstoffe, Herstellung, Oberflächenbehandlung, Schmierung für Befestigungsschrauben	270
		10.4.1 Werkstoffe	270
		10.4.2 Herstellung, Genauigkeit	271

10.4.3	Oberflächenbehandlung	271
10.4.4	Schmierung, Schmierstoffe	272
10.5	Schraubenverbindungen für Befestigungsschrauben	272
10.5.1	Montage der Schraubenverbindungen	272
10.5.2	Kräfte und Verformungen – Verspannungsschaubild	274
10.6	Tragfähigkeit von Befestigungsschrauben	283
10.6.1	Gefahrenquellen – Abhilfemaßnahmen	283
10.6.2	Tragfähigkeitsberechnung – Vorgehensweise	283
10.6.3	Beanspruchung und Festigkeit der Schraube	284
10.6.4	Sicherheiten gegen Fließgrenze und Dauerfestigkeit der Schraube	285
10.6.5	Dimensionierung und Festigkeitsnachweis	286
10.7	Querbelastete Schraubenverbindungen	291
10.7.1	Kraftübertragung durch Reibschluss	291
10.7.2	Kraftübertragung durch Formschluss: Passschrauben, Scherbüchsen	293
10.7.3	Kraftübertragung durch Kraft- und Reibschluss	294
10.8	Gestaltung von Befestigungsschraubenverbindungen	294
10.9	Sichern von Befestigungsschraubenverbindungen	297
10.9.1	Lockern	297
10.9.2	Losdrehen	298
10.9.3	Verliersicherungen	300
10.10	Bewegungsschrauben	300
10.10.1	Bauarten, Gewinde	301
10.10.2	Kraft- und Wegübersetzung, Wirkungsgrad, Selbsthemmung – Hemmfaktor, Bremsfaktor	301
10.10.3	Werkstoffe, Herstellung	302
10.10.4	Schmierung, Schmierstoffe	302
10.10.5	Dimensionierung und Festigkeitsnachweis	302
10.11	Berechnungsbeispiele	304
	Literatur	307
11	Stift- und Bolzenverbindungen	311
11.1	Stiftverbindungen	311
11.2	Bolzenverbindungen	315
11.3	Dimensionierung und Festigkeitsnachweis für Stift- und Bolzenverbindungen	315
11.3.1	Dimensionierung	316
11.3.2	Festigkeitsnachweis	316
11.4	Berechnungsbeispiele	319
	Literatur	321
12	Elastische Federn	323
12.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktionen	323
12.2	Wahl der Federart	323
12.3	Kennwerte	325
12.3.1	Federkennlinien	325
12.3.2	Federrate	326
12.3.3	Dämpfung	326
12.3.4	Federungsarbeit	327
12.3.5	Parallel- und Reihenschaltung	327
12.3.6	Nutzgrade	327
12.4	Werkstoffe, zulässige Spannungen und Sicherheiten, allgemein	329
12.4.1	Werkstoffe	329

	12.4.2	Tragfähigkeit, zulässige Spannung und Sicherheiten	330
12.5		Metallfedern	331
	12.5.1	Zug- und druckbeanspruchte Federn	331
	12.5.2	Biegebeanspruchte Federn	334
	12.5.3	Torsionsbeanspruchte Federn	347
12.6		Gummifedern	355
	12.6.1	Gummi als Federwerkstoff	355
	12.6.2	Berechnung und Gestaltung	356
	12.6.3	Besonderheiten von schubbeanspruchten Gummifedern	362
12.7		Gasfedern	362
12.8		Flüssigkeitsfedern	363
12.9		Berechnungsbeispiele	363
		Literatur	366
13		Wälzpaarungen	369
	13.1	Anwendung, Funktionen, Wirkprinzipien	369
	13.2	Beanspruchung nach Hertz	370
	13.2.1	Oberflächenbeanspruchung nach Hertz	371
	13.2.2	Spannungen unter der Oberfläche nach Hertz	373
	13.2.3	Beanspruchung des technischen Wälzkontakts	374
	13.2.4	Der geschmierte Wälzkontakt nach der Theorie der Elastohydrodynamik (EHD)	376
	13.3	Praktische Berechnung der Tragfähigkeit	378
	13.3.1	Zulässige statische Belastung	378
	13.3.2	Zulässige dynamische Belastung	380
	13.3.3	Fresstragfähigkeit	384
	13.3.4	Verschleißtragfähigkeit	384
	13.4	Rollreibung	384
	13.5	Berechnungsbeispiele	385
		Literatur	386
14		Wälzlager	389
	14.1	Führungen	389
	14.1.1	Lager	389
	14.1.2	Geradführungen	391
	14.2	Aufbau der Wälzlager, Wirkprinzip	392
	14.2.1	Wälzkörper und Wälzbahnen	392
	14.2.2	Käfige	393
	14.2.3	Führung der Wälzkörper und Käfige	395
	14.2.4	Grundbegriffe (Schmiegun, Druckwinkel, Lagerluft, Betriebsspiel, Steifigkeit)	395
	14.3	Herstellung, Schmierung, Abdichtung	397
	14.3.1	Werkstoffe, Wärmebehandlung	397
	14.3.2	Genauigkeit, Toleranzen	398
	14.3.3	Schmierung	398
	14.4	Bauarten	401
	14.4.1	Eigenschaften und Auswahl der Normal-Bauformen	401
	14.4.2	Sonderbauarten	404
	14.4.3	Maße und Bezeichnungen	405
	14.5	Tragfähigkeit, Dimensionierung	406
	14.5.1	Übersicht: Tragfähigkeitsgrenzen, Berechnungsmethoden	406
	14.5.2	Statische Tragfähigkeit	407

14.5.3	Einflussgrößen für die dynamische Tragfähigkeit	408
14.5.4	Berechnung der dynamischen Tragfähigkeit	414
14.5.5	Grenzdrehzahlen	418
14.6	Einbau, Gestaltung	419
14.6.1	Wahl der Passung	419
14.6.2	Lageranordnung	420
14.7	Reibung, Temperatur	422
14.7.1	Reibungsverluste	422
14.7.2	Lagertemperatur	423
14.8	Kosten, Liefermöglichkeit	423
14.9	Berechnungsbeispiele	424
	Literatur	425
15	Gleitlager	427
15.1	Allgemeines (Reibleistung, Stribeckkurve, Tragfähigkeit)	427
15.2	Grundlagen hydrodynamischer und hydrostatischer Schmierung	428
15.2.1	Druckströmung (Hagen-Poiseuille-Strömung)	428
15.2.2	Schleppströmung (Couette-Strömung)	429
15.2.3	Überlagerung aus Druck- und Schleppströmung	430
15.3	Hydrodynamische Radiallager (stationär belastete, zylindrische Radiallager)	430
15.3.1	Tragfähigkeit und Reibungskennzahl: Sommerfeldzahl	431
15.3.2	Einflussgrößen für Sommerfeldzahl und Reibungskennzahl	432
15.3.3	Kennwerte für den Betriebszustand	435
15.3.4	Erwärmung und Schmierstoffbedarf	436
15.3.5	Schwingungen, Stabilität	437
15.3.6	Gestaltung der hydrodynamischen Radiallager	438
15.4	Sonstige hydrodynamische Radiallager	440
15.4.1	Gleitlager bei instationärem Betrieb	440
15.4.2	Gleitlager mit nichtzylindrischem Schmierpalt	440
15.4.3	Fettgeschmierte Gleitlager	442
15.4.4	Schwimmbuchsenlager	442
15.4.5	Folienlager	443
15.5	Hydrodynamische Axiallager	443
15.5.1	Tragfähigkeit und Reibungszahl: Sommerfeldzahl bei kippbeweglichen Gleitschuhen	443
15.5.2	Einflussgrößen für Sommerfeldzahl und Reibungskennzahl	443
15.5.3	Kennwerte für den Betriebszustand	444
15.5.4	Erwärmung und Schmierstoffbedarf	445
15.5.5	Bauarten und Gestaltung der hydrodynamischen Axiallager	445
15.6	Hydrostatische Lager	447
15.6.1	Hydrostatische Radiallager	447
15.6.2	Hydrostatische Axiallager (Spurlager)	451
15.7	Werkstoffe und Herstellung der Gleitlager	454
15.7.1	Wellenwerkstoff	454
15.7.2	Lagerwerkstoff	454
15.8	Schmierstoff und Schmierstoffversorgung	457
15.8.1	Schmierölartern	457
15.8.2	Schmieröl-Kenngrößen	458
15.8.3	Schmierfett	458
15.8.4	Schmierstoffversorgung	458
15.9	Sonstige Gleitlager	460
15.9.1	Poröse Sintermetall-Lager	460

	15.9.2	Kunststofflager und Verbundlager mit Kunststoff-Laufschicht . .	461
	15.9.3	Luftlager – aerostatische Lager	465
	15.9.4	Magnetlager	465
	15.9.5	Kunstkohle-Lager	466
	15.9.6	Wartungsfreie Lager mit Festschmierstoffen	466
	15.10	Berechnungsbeispiele	467
		Literatur	470
16		Schmierung, Schmierstoffe, Reibung, Verschleiß, Korrosion	471
	16.1	Fachbegriffe	471
	16.2	Reibung, Reibungszahl	472
	16.3	Wirkmechanismus der Schmierung	473
	16.3.1	Vollschmierung	473
	16.3.2	Mischschmierung	473
	16.3.3	Festkörperschmierung	474
	16.3.4	Grenzschmierung	474
	16.3.5	Hydrostatische Schmierung	474
	16.4	Schmierstoffarten	475
	16.4.1	Schmieröle	475
	16.4.2	Schmierfette	481
	16.4.3	Festschmierstoffe	484
	16.4.4	Haftschmierstoffe	485
	16.4.5	Metallische und nichtmetallische Überzüge	485
	16.4.6	Gasschmierung	485
	16.5	Schmierstoffwahl	485
	16.6	Sonstiges	486
	16.6.1	Schmierungsarten	486
	16.6.2	Einlauf	486
	16.6.3	Entsorgung	486
	16.7	Schäden an Maschinenelementen	487
	16.7.1	Verschleiß	487
	16.7.2	Korrosion	487
		Literatur	489
17		Achsen und Wellen	491
	17.1	Anwendung, Eigenschaften, Funktion	491
	17.2	Belastung (Kräfte, Momente)	492
	17.3	Werkstoffe	492
	17.4	Herstellung	492
	17.5	Vorgehensweise bei Entwurf und Konstruktion	492
	17.6	Entwurfsrechnung, Dimensionierung	493
	17.7	Gestaltung	495
	17.7.1	Allgemeines	495
	17.7.2	Wellen und umlaufende Achsen	495
	17.7.3	Stillstehende Achsen	496
	17.8	Festigkeitsnachweis	496
	17.9	Nachweis der elastischen Verformung	497
	17.9.1	Durchbiegung und Neigung	497
	17.9.2	Torsion	498
	17.10	Schwingungsverhalten	499
	17.10.1	Kennwerte	499
	17.10.2	Biegeschwingungen	500
	17.10.3	Drehschwingungen	500
	17.10.4	Auswuchten	501

17.11	Sonderbauarten	501
17.12	Berechnungsbeispiele	502
	Literatur	514
18	Welle-Nabe-Verbindungen	515
18.1	Unterteilung von Welle-Nabe-Verbindungen	515
18.2	Reibschlussverbindungen	515
18.2.1	Übertragbare Kräfte und Drehmomente	515
18.2.2	Haftbeiwerte, Rutschsicherheit	518
18.2.3	Zylindrischer Pressverband – allgemeines	519
18.2.4	Kegeliger Pressverband	531
18.2.5	Spannelementverbindungen	533
18.3	Formschlussverbindungen – allgemein	536
18.3.1	Zentrierung – allgemein	537
18.3.2	Betriebszustände (Beanspruchung durch Drehmoment und Querkraft) – allgemein	539
18.3.3	Tragfähigkeitsberechnung – allgemein	539
18.3.4	Unmittelbare Formschlussverbindungen	542
18.3.5	Mittelbare Formschlussverbindungen	550
18.4	Vorgespannte Formschlussverbindungen	552
18.4.1	Längskeilverbindung	552
18.4.2	Sonstige Keilverbindungen	553
18.5	Geklebte Welle-Nabe-Verbindung	554
18.5.1	Geklebte Schiebesitzverbindung	554
18.5.2	Schrumpfkleb-Welle-Nabe-Verbindung	558
18.6	Kostenvergleich	561
18.7	Berechnungsbeispiele	562
	Literatur	569
19	Dichtsysteme	571
19.1	Anforderungen und Funktionen	571
19.2	Lösungsmöglichkeiten von Dichtungsproblemen unterschiedlicher Anforderungen	572
19.3	Statische Dichtsysteme	572
19.3.1	Stoffschlüssige statische Dichtungen	572
19.3.2	Kraftschlüssige statische Dichtungen	573
19.3.3	Membranen	576
19.3.4	Faltenbälge	576
19.3.5	Berechnung der Anpresskraft von Flanschdichtungen nach AD 2000-Merkblatt B 7	577
19.4	Dynamische Dichtsysteme	578
19.4.1	Dynamische Berührungsdichtungen für Längsbewegungen	578
19.4.2	Dynamische Berührungsdichtungen für Drehbewegungen – Wellendichtungen	581
19.4.3	Berührungsfreie dynamische Dichtungen	585
19.4.4	Magnetflüssigkeits-Dichtungen	588
19.4.5	Hermetische Dichtungen	588
	Literatur	588
	Sachverzeichnis	589