



70

Maschinenelemente 1

Festigkeit, Wellen, Verbindungen,
Federn, Kupplungen

2., aktualisierte Auflage

Berthold Schlecht

EXTRAS
ONLINE

ALWAYS LEARNING

PEARSON

Maschinenelemente 1

Maschinenelemente 1

Inhaltsverzeichnis

Maschinenelemente 1

Impressum

Inhaltsverzeichnis

Zum Geleit 15

Vorwort zur 2. aktualisierten Auflage 17

Kapitel 1

Kapitel 1 - Maschinenelemente und Konstruktion 19

1.1 Einführung Formulierung der konstruktiven Aufgabe 20

1.2 Ausgewählte Beispiele technischer Systeme 22

1.3 Versagensursachen von Maschinenelementen 26

1.4 Berechnung von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit 30

1.4.1 Lastannahmen bei dynamischer Beanspruchung (Schwingbeanspruchung) 33

1.4.2 Lastannahmen bei statischer Beanspruchung (Maximalbeanspruchung) 42

1.5 Wirtschaftliche Bedeutung der Konstruktion und Methodisches Konstruieren 44

1.6 Literatur 48

Kapitel 2 - Normen, Toleranzen, Passungen und Oberflächen 53

2.1 Einführung 54

2.2 Normen, Richtlinien und Standards 55

2.3 Normzahlen 56

2.4 Toleranzen und Abweichungen 57

2.4.1 Maßtoleranzen 58

2.4.2 Form- und Lagetoleranzen 62

2.4.3 Allgemeintoleranzen 65

2.4.4 Tolerierungsgrundsätze 67

2.5 Passungen 69



Inhaltsverzeichnis

2.5.1 System Einheitsbohrung (EB) 70
2.5.2 System Einheitswelle (EW) 71
2.5.3 Beispiele zur Passungsauswahl 71
2.6 Oberflächen technischer Körper 73
2.7 Literatur 82
Kapitel 3 - Grundlagen der Festigkeitslehre 85
3.1 Einführung 86
3.2 Gang und Schema einer Festigkeitsberechnung 89
3.3 Ermittlung von Lasten und Beanspruchungen 92
3.3.1 Linear-elastisches Werkstoffverhalten 94
3.3.2 Normalspannungen in Bauteilen Zug, Druck und Biegung 100
3.3.3 Normalspannungen zwischen Flächen Flächenpressung 107
3.3.4 Hertzsche Pressung 108
3.3.5 Schubspannungen aus Querkräften Scheren und Schub 114
3.3.6 Schubspannungen aus Drehmomenten Torsion 116
3.3.7 Knickspannungen 119
3.3.8 Wärmespannungen 123
3.3.9 Eigenspannungen 126
3.4 Behandlung zusammengesetzter Beanspruchungen 130
3.4.1 Der lineare oder einachsige Spannungszustand 131
3.4.2 Der ebene oder zweiachsige Spannungszustand 134
3.4.3 Der räumliche oder dreiaachsige Spannungszustand 136
3.4.4 Festigkeitshypothesen bei zusammengesetzter Beanspruchung 137
3.5 Ermittlung der Beanspruchbarkeit 144
3.5.1 Beanspruchbarkeit bei statischer Belastung 144
3.5.2 Beanspruchbarkeit bei dynamischer Belastung 151
3.6 Festigkeitsmindernde Einflüsse Kerbwirkung, Oberflächen- und Größeneinfluss 165
3.6.1 Die Kerbformzahlen as und at 166
3.6.2 Die Kerbwirkungszahlen bs und bt 176
3.6.3 Oberflächen- und Größeneinfluss 184
3.6.4 Weitere schwingfestigkeitsmindernde Einflüsse 187
3.7 Festigkeitsberechnung Vergleich von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit 188

Inhaltsverzeichnis

3.7.1 Statischer Festigkeitsnachweis	191
3.7.2 Dauerfestigkeitsnachweis	191
3.7.3 Kritische Anmerkungen zur Sicherheitszahl	195
3.7.4 Betriebsfestigkeitsnachweis	197
3.7.5 Zulässige Flächenpressung und Hertzsche Pressung	209
3.8 Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie	213
3.8.1 Statischer Festigkeitsnachweis	223
3.8.2 Ermüdungsfestigkeitsnachweis	264
3.8.3 Kerbformzahlen und Kerbwirkungszahlen	324
3.8.4 Werkstofftabellen	337
3.8.5 FAT-Bauteilklassen	364
3.9 Festigkeitsnachweise in Normen und Richtlinien	379
3.10 Literatur	383
Kapitel 4 - Kleben	395
4.1 Einführung	396
4.2 Funktion und Wirkung Adhäsion und Kohäsion	398
4.3 Herstellen von Klebverbindungen	399
4.3.1 Einteilung der Klebstoffe	400
4.3.2 Klebtechnik und Oberflächenvorbehandlung	402
4.4 Gestaltung von Klebverbindungen	403
4.5 Festigkeit von Klebverbindungen	405
4.5.1 Berechnung der Beanspruchung in einer einschnittigen Verbindung	407
4.5.2 Berechnung der Beanspruchung in Rundverbindungen und Welle-Nabe-Verbindungen	413
4.5.3 Beanspruchbarkeit einer Klebverbindung	414
4.5.4 Einflüsse auf die Festigkeit	417
4.6 Literatur	419
Kapitel 5 - Löten	421
5.1 Einführung	422
5.2 Funktion und Wirkung	424
5.3 Herstellen und Prüfen von Lötverbindungen	424
5.3.1 Lötverfahren	426
5.3.2 Lotarten und Flussmittel	427

Inhaltsverzeichnis

- 5.4 Gestaltung von Lötverbindungen 429
- 5.5 Festigkeit von Lötverbindungen 432
 - 5.5.1 Berechnung der Beanspruchung in einer Lötverbindung 433
 - 5.5.2 Beanspruchbarkeit einer Lötverbindung 434
- 5.6 Literatur 437

Kapitel 6 - Nieten 439

- 6.1 Einführung 440
- 6.2 Funktion und Wirkung 441
 - 6.2.1 Nietformen und Werkstoffe 442
 - 6.2.2 Herstellung einer Nietverbindung 443
 - 6.2.3 Verbindungsarten und Schnittigkeit 446
- 6.3 Gestaltung von Nietverbindungen 447
 - 6.3.1 Maschinen- und Gerätebau 449
 - 6.3.2 Stahl- und Kranbau 450
 - 6.3.3 Leichtbau, Fahrzeug- und Flugzeugbau 451
 - 6.3.4 Korrosionsschutz 452
- 6.4 Festigkeit von Nietverbindungen 452
 - 6.4.1 Kräfte in Nietverbindungen 454
 - 6.4.2 Berechnung der Beanspruchungen in Nietverbindungen 457
 - 6.4.3 Beanspruchbarkeit einer Nietverbindung 458
- 6.5 Literatur 462

Kapitel 7 - Schweißen 465

- 7.1 Einführung 466
- 7.2 Funktion und Wirkung 468
- 7.3 Herstellen und Prüfen von Schweißverbindungen 469
 - 7.3.1 Schweißverfahren 470
 - 7.3.2 Schweißeignung der Werkstoffe 476
 - 7.3.3 Schweißpositionen 479
 - 7.3.4 Stoß- und Nahtarten sowie Nahtformen beim Schmelzschweißen 479
 - 7.3.5 Stoß- und Nahtarten sowie Nahtformen beim Pressschweißen 485
 - 7.3.6 Gütesicherung von Schweißnähten 487
- 7.4 Gestaltung von Schweißverbindungen 489
 - 7.4.1 Allgemeine Gestaltungsregeln 490



Inhaltsverzeichnis

7.4.2 Gestaltungsregeln im Stahlhoch-, Kran- und Brückenbau	499
7.4.3 Gestaltungsregeln im Kessel- und Druckbehälterbau	502
7.4.4 Gestaltungsregeln für Pressschweißverbindungen	503
7.5 Festigkeit von Schweißverbindungen	504
7.5.1 Festigkeitsnachweis im allgemeinen Maschinenbau	507
7.5.2 Festigkeitsnachweis nach der alten DIN 15018	520
7.5.3 Festigkeitsnachweis von Pressschweißverbindungen	529
7.6 Literatur	533
Kapitel 8 - Schrauben und Schraubenverbindungen	539
8.1 Einführung	540
8.2 Funktion und Wirkung	541
8.2.1 Gewindearten und Gewindebezeichnungen	542
8.2.2 Schrauben- und Mutternwerkstoffe sowie Herstellung	546
8.2.3 Grundformen von Schrauben, Muttern und Sicherungen	550
8.3 Kräfte und Momente im Gewinde	557
8.4 Gestaltung und Beanspruchung von Schraubenverbindungen	561
8.4.1 Gestaltung der Gewindeteile	562
8.4.2 Gestaltung der Schraubenverbindungen	564
8.4.3 Grundlagen zur Berechnung von Schraubenverbindungen	570
8.4.4 Kräfte und Verformungen bei statischer Betriebskraft als Längskraft	574
8.4.5 Kräfte und Verformungen bei dynamischer Betriebskraft als Längskraft	576
8.4.6 Einfluss der Krafteinleitung in die Verbindung	577
8.4.7 Kräfte und Verformungen bei Verwendung von Dehnschrauben	580
8.4.8 Setzen der Verbindung	580
8.4.9 Kräfte und Verformungen bei statischer oder dynamischer Querkraft	582
8.4.10 Sichern von Schraubenverbindungen	588
8.5 Montage von Schraubenverbindungen	590
8.5.1 Streuung der Montagevorspannkraft beim Anziehen	590
8.5.2 Kräfte und Momente beim Anziehen und Lösen	593
8.6 Festigkeit von Schraubenverbindungen	595
8.6.1 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Berechnung	596
8.6.2 Überschlägige Schraubenberechnung nach VDI 2230	597
8.6.3 Schraubenauswahl und Beanspruchbarkeit im Maschinenbau	597
8.6.4 Einhaltung der maximal zulässigen Schraubenkraft	602

Inhaltsverzeichnis

8.6.5 Einhaltung der maximal zulässigen Dauerschwingbeanspruchung	602
8.6.6 Einhaltung der Flächenpressung an der Schraubenkopf- und Mutterauflagefläche sowie im Gewinde	605
8.6.7 Beanspruchbarkeit von Schrauben im Kran- und Stahlbau	607
8.6.8 Konstruktive Maßnahmen zur Steigerung der Dauerfestigkeit	609
8.7 Bewegungsschrauben und Spindeln	611
8.7.1 Kinematik der Bewegungsschraube	613
8.7.2 Auslegung und Berechnung von Spindel und Mutter	614
8.8 Literatur	617
Kapitel 9 - Stift-, Bolzenverbindungen und Sicherungselemente	623
9.1 Einführung	624
9.2 Funktion und Wirkung	624
9.2.1 Stifte Bauformen, Werkstoffe, Normen und Einsatzbeispiele	624
9.2.2 Bolzen Bauformen, Werkstoffe, Normen und Einsatzbeispiele	630
9.2.3 Sicherungselemente Bauformen, Werkstoffe, Normen und Einsatzbeispiele 631	
9.3 Beanspruchung von Stift-, Bolzenverbindungen sowie Sicherungselementen	634
9.3.1 Stiftverbindungen	634
9.3.2 Bolzenverbindungen	637
9.3.3 Sicherungselemente	642
9.4 Festigkeit von Stift-, Bolzenverbindungen sowie Sicherungselementen	643
9.4.1 Beanspruchbarkeit von Stift- und Bolzenverbindungen	643
9.4.2 Beanspruchbarkeit von Sicherungselementen	646
9.5 Literatur	646
Kapitel 10 - Federn	649
10.1 Einführung	650
10.2 Funktion und Wirkung von Federn	653
10.2.1 Federkennlinie und Federrate	655
10.2.2 Arbeitsvermögen und Wirkungsgrad	656
10.2.3 Nutzungsgrad	657

Inhaltsverzeichnis

10.2.4 Dämpfungsvermögen	659
10.2.5 Zusammenschaltung von Federn	660
10.2.6 Metallische Werkstoffe für Federn	662
10.2.7 Nichtmetallische Werkstoffe für Federn	663
10.3 Gestaltung und Beanspruchung von Federn	665
10.3.1 Zug-Druckfedern	666
10.3.2 Biegefedern	673
10.3.3 Torsions-(Dehnungs-)federn	687
10.3.4 Gummifedern	700
10.4 Festigkeit von Federn	707
10.4.1 Beanspruchbarkeit von Metallfedern	708
10.4.2 Beanspruchbarkeit von Gummifedern	715
10.5 Literatur	716
Kapitel 11 - Wellen und Achsen	719
11.1 Einführung	720
11.2 Funktion und Wirkung	721
11.2.1 Bauformen von Wellen und Achsen	723
11.2.2 Werkstoffe, Halbzeuge und Herstellung	728
11.3 Gestaltung und Berechnung von Wellen und Achsen	729
11.3.1 Beanspruchungs- und verformungsgerechte Gestaltung	731
11.3.2 Angreifende Kräfte und Momente	737
11.3.3 Entwurfsberechnung Überschlägiger Wellendurchmesser	742
11.4 Festigkeit von Wellen und Achsen	744
11.4.1 Nachweis der Sicherheit gegen Überschreiten der Dauerfestigkeit	746
11.4.2 Nachweis der Sicherheit im Zeitfestigungsbereich unter Verwendung von Lastkollektiven	760
11.4.3 Nachweis der Sicherheit gegen Überschreiten der Fließgrenze und Gewaltbruch	764
11.4.4 Nachweis der Einhaltung der zulässigen Flächenpressung und Scherspannung	771
11.4.5 Nachweis der Einhaltung der zulässigen Verformung	771
11.5 Dynamisches Verhalten von Wellen und Achsen	776
11.5.1 Biegeschwingungen	776
11.5.2 Torsionsschwingungen	780

Inhaltsverzeichnis

11.5.3 Auswuchten	784
11.6 Literatur	787
Kapitel 12 - Welle-Nabe-Verbindungen	793
12.1 Einleitung, Funktion und Wirkung	794
12.2 Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	798
12.2.1 Passfedern und Scheibenfedern	798
12.2.2 Keilwellen- und Zahnwellenverbindungen	801
12.2.3 Polygonwellenverbindungen	804
12.2.4 Stirnahnverbindung	807
12.3 Reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen	808
12.3.1 Zylindrische Pressverbindungen	811
12.3.2 Konische Pressverbindungen (Kegelpressverbindungen)	822
12.3.3 Gestaltung von Pressverbindungen	826
12.3.4 Klemmverbindungen	828
12.4 Vorgespannte Formschlussverbindungen	831
12.4.1 Längskeilverbindungen	832
12.4.2 Weitere Keilverbindungen	834
12.5 Spannelementverbindungen	834
12.5.1 Ringkegel-Spannelemente, Spannsätze und Schrumpfscheiben	835
12.5.2 Sternscheiben, Druckhülsen und Toleranzringe	839
12.5.3 Hydraulische Spannbuchsen	840
12.6 Festigkeitsabfall in Welle-Nabe-Verbindungen	841
12.7 Literatur	842
Kapitel 13 - Kupplungen und Bremsen	847
13.1 Einführung	848
13.2 Funktion und Wirkung	848
13.3 Berechnungsgrundlagen zur Auslegung von Kupplungen und Bremsen	854
13.3.1 Betriebsverhalten von Antriebsmaschine, Kupplung und Arbeitsmaschine	854
13.3.2 Auslegung von nicht schaltbaren Kupplungen	857
13.3.3 Auslegung von schaltbaren Kupplungen	863
13.3.4 Auslegung von mechanischen Bremsen	867
13.4 Bauarten von nichtschaltbaren Kupplungen	870

Inhaltsverzeichnis

- 13.4.1 Starre Kupplungen 870
- 13.4.2 Nachgiebige Wellenkupplungen 872
- 13.5 Bauarten von schaltbaren Kupplungen 892
 - 13.5.1 Fremdbetätigte Kupplungen 892
 - 13.5.2 Selbsttätig schaltende Kupplungen 895
- 13.6 Bauarten von Bremsen 899
 - 13.6.1 Trommelbremsen (Backenbremsen) 899
 - 13.6.2 Scheibenbremsen und Kegelbremsen 902
- 13.7 Literatur 905

Register 909

Zum Geleit

Vorwort zur 2. aktualisierten Auflage

Kapitel 1 - Maschinenelemente und Konstruktion

- 1.1 Einführung Formulierung der konstruktiven Aufgabe
- 1.2 Ausgewählte Beispiele technischer Systeme
- 1.3 Versagensursachen von Maschinenelementen
- 1.4 Berechnung von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit
 - 1.4.1 Lastannahmen bei dynamischer Beanspruchung
(Schwingbeanspruchung)
 - 1.4.2 Lastannahmen bei statischer Beanspruchung
(Maximalbeanspruchung)
- 1.5 Wirtschaftliche Bedeutung der Konstruktion und
Methodisches Konstruieren
- 1.6 Literatur

Kapitel 2 - Normen, Toleranzen, Passungen und Oberflächen

- 2.1 Einführung
- 2.2 Normen, Richtlinien und Standards
- 2.3 Normzahlen
- 2.4 Toleranzen und Abweichungen



Inhaltsverzeichnis

- 2.4.1 Maßtoleranzen
- 2.4.2 Form- und Lagetoleranzen
- 2.4.3 Allgemeintoleranzen
- 2.4.4 Tolerierungsgrundsätze

2.5 Passungen

- 2.5.1 System Einheitsbohrung (EB)
- 2.5.2 System Einheitswelle (EW)
- 2.5.3 Beispiele zur Passungsauswahl

2.6 Oberflächen technischer Körper

2.7 Literatur

Kapitel 3 - Grundlagen der Festigkeitslehre

3.1 Einführung

3.2 Gang und Schema einer Festigkeitsberechnung

3.3 Ermittlung von Lasten und Beanspruchungen

- 3.3.1 Linear-elastisches Werkstoffverhalten
- 3.3.2 Normalspannungen in Bauteilen Zug, Druck und Biegung
- 3.3.3 Normalspannungen zwischen Flächen Flächenpressung
- 3.3.4 Hertzsche Pressung
- 3.3.5 Schubspannungen aus Querkräften Scheren und Schub
- 3.3.6 Schubspannungen aus Drehmomenten Torsion
- 3.3.7 Knickspannungen
- 3.3.8 Wärmespannungen
- 3.3.9 Eigenspannungen

3.4 Behandlung zusammengesetzter Beanspruchungen

- 3.4.1 Der lineare oder einachsige Spannungszustand
- 3.4.2 Der ebene oder zweiachsige Spannungszustand
- 3.4.3 Der räumliche oder dreiachsige Spannungszustand
- 3.4.4 Festigkeitshypothesen bei zusammengesetzter Beanspruchung

3.5 Ermittlung der Beanspruchbarkeit

- 3.5.1 Beanspruchbarkeit bei statischer Belastung



Inhaltsverzeichnis

3.5.2 Beanspruchbarkeit bei dynamischer Belastung

3.6 Festigkeitsmindernde Einflüsse Kerbwirkung, Oberflächen- und Größeneinfluss

3.6.1 Die Kerbformzahlen as und at

3.6.2 Die Kerbwirkungszahlen bs und bt

3.6.3 Oberflächen- und Größeneinfluss

3.6.4 Weitere schwingfestigkeitsmindernde Einflüsse

3.7 Festigkeitsberechnung Vergleich von Beanspruchung und Beanspruchbarkeit

3.7.1 Statischer Festigkeitsnachweis

3.7.2 Dauerfestigkeitsnachweis

3.7.3 Kritische Anmerkungen zur Sicherheitszahl

3.7.4 Betriebsfestigkeitsnachweis

3.7.5 Zulässige Flächenpressung und Hertzche Pressung

3.8 Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie

3.8.1 Statischer Festigkeitsnachweis

3.8.2 Ermüdungsfestigkeitsnachweis

3.8.3 Kerbformzahlen und Kerbwirkungszahlen

3.8.4 Werkstofftabellen

3.8.5 FAT-Bauteilklassen

3.9 Festigkeitsnachweise in Normen und Richtlinien

3.10 Literatur

Kapitel 4 - Kleben

4.1 Einführung

4.2 Funktion und Wirkung Adhäsion und Kohäsion

4.3 Herstellen von Klebverbindungen

4.3.1 Einteilung der Klebstoffe

4.3.2 Klebtechnik und Oberflächenvorbehandlung

4.4 Gestaltung von Klebverbindungen

4.5 Festigkeit von Klebverbindungen



Inhaltsverzeichnis

4.5.1 Berechnung der Beanspruchung in einer einschnittigen Verbindung

4.5.2 Berechnung der Beanspruchung in Rundverbindungen und
Welle-Nabe-Verbindungen

4.5.3 Beanspruchbarkeit einer Klebverbindung

4.5.4 Einflüsse auf die Festigkeit

4.6 Literatur

Kapitel 5 - Löten

5.1 Einführung

5.2 Funktion und Wirkung

5.3 Herstellen und Prüfen von Lötverbindungen

5.3.1 Lötverfahren

5.3.2 Lotarten und Flussmittel

5.4 Gestaltung von Lötverbindungen

5.5 Festigkeit von Lötverbindungen

5.5.1 Berechnung der Beanspruchung in einer Lötverbindung

5.5.2 Beanspruchbarkeit einer Lötverbindung

5.6 Literatur

Kapitel 6 - Nieten

6.1 Einführung

6.2 Funktion und Wirkung

6.2.1 Nietformen und Werkstoffe

6.2.2 Herstellung einer Nietverbindung

6.2.3 Verbindungsarten und Schnittigkeit

6.3 Gestaltung von Nietverbindungen

6.3.1 Maschinen- und Gerätebau

6.3.2 Stahl- und Kranbau

6.3.3 Leichtbau, Fahrzeug- und Flugzeugbau

6.3.4 Korrosionsschutz

6.4 Festigkeit von Nietverbindungen

Inhaltsverzeichnis

- 6.4.1 Kräfte in Nietverbindungen
- 6.4.2 Berechnung der Beanspruchungen in Nietverbindungen
- 6.4.3 Beanspruchbarkeit einer Nietverbindung

6.5 Literatur

Kapitel 7 - Schweißen

- 7.1 Einführung
- 7.2 Funktion und Wirkung
- 7.3 Herstellen und Prüfen von Schweißverbindungen
 - 7.3.1 Schweißverfahren
 - 7.3.2 Schweißeignung der Werkstoffe
 - 7.3.3 Schweißpositionen
 - 7.3.4 Stoß- und Nahtarten sowie Nahtformen beim Schmelzschweißen
 - 7.3.5 Stoß- und Nahtarten sowie Nahtformen beim Pressschweißen
 - 7.3.6 Gütesicherung von Schweißnähten
- 7.4 Gestaltung von Schweißverbindungen
 - 7.4.1 Allgemeine Gestaltungsregeln
 - 7.4.2 Gestaltungsregeln im Stahlhoch-, Kran- und Brückenbau
 - 7.4.3 Gestaltungsregeln im Kessel- und Druckbehälterbau
 - 7.4.4 Gestaltungsregeln für Pressschweißverbindungen

7.5 Festigkeit von Schweißverbindungen

- 7.5.1 Festigkeitsnachweis im allgemeinen Maschinenbau
- 7.5.2 Festigkeitsnachweis nach der alten DIN 15018
- 7.5.3 Festigkeitsnachweis von Pressschweißverbindungen

7.6 Literatur

Kapitel 8 - Schrauben und Schraubenverbindungen

- 8.1 Einführung
- 8.2 Funktion und Wirkung
 - 8.2.1 Gewindeformen und Gewindeformbezeichnungen
 - 8.2.2 Schrauben- und Mutternwerkstoffe sowie Herstellung
 - 8.2.3 Grundformen von Schrauben, Muttern und Sicherungen

Inhaltsverzeichnis

- 8.3 Kräfte und Momente im Gewinde
- 8.4 Gestaltung und Beanspruchung von Schraubenverbindungen
 - 8.4.1 Gestaltung der Gewindeteile
 - 8.4.2 Gestaltung der Schraubenverbindungen
 - 8.4.3 Grundlagen zur Berechnung von Schraubenverbindungen
 - 8.4.4 Kräfte und Verformungen bei statischer Betriebskraft als Längskraft
 - 8.4.5 Kräfte und Verformungen bei dynamischer Betriebskraft als Längskraft
 - 8.4.6 Einfluss der Krafteinleitung in die Verbindung
 - 8.4.7 Kräfte und Verformungen bei Verwendung von Dehnschrauben
 - 8.4.8 Setzen der Verbindung
 - 8.4.9 Kräfte und Verformungen bei statischer oder dynamischer Querkraft
 - 8.4.10 Sichern von Schraubenverbindungen
- 8.5 Montage von Schraubenverbindungen
 - 8.5.1 Streuung der Montagevorspannkraft beim Anziehen
 - 8.5.2 Kräfte und Momente beim Anziehen und Lösen
- 8.6 Festigkeit von Schraubenverbindungen
 - 8.6.1 Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Berechnung
 - 8.6.2 Überschlägige Schraubenberechnung nach VDI 2230
 - 8.6.3 Schraubenauswahl und Beanspruchbarkeit im Maschinenbau
 - 8.6.4 Einhaltung der maximal zulässigen Schraubenkraft
 - 8.6.5 Einhaltung der maximal zulässigen Dauerschwingbeanspruchung
 - 8.6.6 Einhaltung der Flächenpressung an der Schraubenkopf- und Mutterauflagefläche sowie im Gewinde
 - 8.6.7 Beanspruchbarkeit von Schrauben im Kran- und Stahlbau
 - 8.6.8 Konstruktive Maßnahmen zur Steigerung der Dauerfestigkeit
- 8.7 Bewegungsschrauben und Spindeln
 - 8.7.1 Kinematik der Bewegungsschraube
 - 8.7.2 Auslegung und Berechnung von Spindel und Mutter
- 8.8 Literatur



Inhaltsverzeichnis

Kapitel 9 - Stift-, Bolzenverbindungen und Sicherungselemente

9.1 Einführung

9.2 Funktion und Wirkung

9.2.1 Stifte Bauformen, Werkstoffe, Normen und Einsatzbeispiele

9.2.2 Bolzen Bauformen, Werkstoffe, Normen und Einsatzbeispiele

9.2.3 Sicherungselemente Bauformen, Werkstoffe, Normen und
Einsatzbeispiele

9.3 Beanspruchung von Stift-, Bolzenverbindungen sowie Sicherungselementen

9.3.1 Stiftverbindungen

9.3.2 Bolzenverbindungen

9.3.3 Sicherungselemente

9.4 Festigkeit von Stift-, Bolzenverbindungen sowie Sicherungselementen

9.4.1 Beanspruchbarkeit von Stift- und Bolzenverbindungen

9.4.2 Beanspruchbarkeit von Sicherungselementen

9.5 Literatur

Kapitel 10 - Federn

10.1 Einführung

10.2 Funktion und Wirkung von Federn

10.2.1 Federkennlinie und Federrate

10.2.2 Arbeitsvermögen und Wirkungsgrad

10.2.3 Nutzungsgrad

10.2.4 Dämpfungsvermögen

10.2.5 Zusammenschaltung von Federn

10.2.6 Metallische Werkstoffe für Federn

10.2.7 Nichtmetallische Werkstoffe für Federn

10.3 Gestaltung und Beanspruchung von Federn

10.3.1 Zug-Druckfedern

Inhaltsverzeichnis

10.3.2 Biegefedern

10.3.3 Torsions-(Dehnungs-)federn

10.3.4 Gummifedern

10.4 Festigkeit von Federn

10.4.1 Beanspruchbarkeit von Metallfedern

10.4.2 Beanspruchbarkeit von Gummifedern

10.5 Literatur

Kapitel 11 - Wellen und Achsen

11.1 Einführung

11.2 Funktion und Wirkung

11.2.1 Bauformen von Wellen und Achsen

11.2.2 Werkstoffe, Halbzeuge und Herstellung

11.3 Gestaltung und Berechnung von Wellen und Achsen

11.3.1 Beanspruchungs- und verformungsgerechte Gestaltung

11.3.2 Angreifende Kräfte und Momente

11.3.3 Entwurfsberechnung Überschlägiger Wellendurchmesser

11.4 Festigkeit von Wellen und Achsen

11.4.1 Nachweis der Sicherheit gegen Überschreiten der Dauerfestigkeit

11.4.2 Nachweis der Sicherheit im Zeitfestigkeitsbereich unter Verwendung von Lastkollektiven

11.4.3 Nachweis der Sicherheit gegen Überschreiten der Fließgrenze und Gewaltbruch

11.4.4 Nachweis der Einhaltung der zulässigen Flächenpressung und Scherspannung

11.4.5 Nachweis der Einhaltung der zulässigen Verformung

11.5 Dynamisches Verhalten von Wellen und Achsen

11.5.1 Biegeschwingungen

11.5.2 Torsionsschwingungen

11.5.3 Auswuchten



Inhaltsverzeichnis

11.6 Literatur

Kapitel 12 - Welle-Nabe-Verbindungen

12.1 Einleitung, Funktion und Wirkung

12.2 Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen

12.2.1 Passfedern und Scheibenfedern

12.2.2 Keilwellen- und Zahnwellenverbindungen

12.2.3 Polygonwellenverbindungen

12.2.4 Stirnzahlverbindung

12.3 Reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen

12.3.1 Zylindrische Pressverbindungen

12.3.2 Konische Pressverbindungen (Kegelpressverbindungen)

12.3.3 Gestaltung von Pressverbindungen

12.3.4 Klemmverbindungen

12.4 Vorgespannte Formschlussverbindungen

12.4.1 Längskeilverbindungen

12.4.2 Weitere Keilverbindungen

12.5 Spannelementverbindungen

12.5.1 Ringkegel-Spannelemente, Spannsätze und Schrumpfscheiben

12.5.2 Sternscheiben, Druckhülsen und Toleranzringe

12.5.3 Hydraulische Spannbuchsen

12.6 Festigkeitsabfall in Welle-Nabe-Verbindungen

12.7 Literatur

Kapitel 13 - Kupplungen und Bremsen

13.1 Einführung

13.2 Funktion und Wirkung

13.3 Berechnungsgrundlagen zur Auslegung von Kupplungen und Bremsen

13.3.1 Betriebsverhalten von Antriebsmaschine, Kupplung und Arbeitsmaschine

Inhaltsverzeichnis

- 13.3.2 Auslegung von nicht schaltbaren Kupplungen
- 13.3.3 Auslegung von schaltbaren Kupplungen
- 13.3.4 Auslegung von mechanischen Bremsen
- 13.4 Bauarten von nichtschaltbaren Kupplungen
 - 13.4.1 Starre Kupplungen
 - 13.4.2 Nachgiebige Wellenkupplungen
- 13.5 Bauarten von schaltbaren Kupplungen
 - 13.5.1 Fremdbetätigte Kupplungen
 - 13.5.2 Selbsttätig schaltende Kupplungen
- 13.6 Bauarten von Bremsen
 - 13.6.1 Trommelbremsen (Backenbremsen)
 - 13.6.2 Scheibenbremsen und Kegelbremsen
- 13.7 Literatur

Register

A

- Achse
- Achshalter 631
- Anforderungsliste 45
- Anisotropiefaktor 232, 236
- Anregung 217
- Anriss 27
- Anstrengungsverhältnis 142
- Antriebsmaschine 854
- Antriebsstrang
- Anwendungsfaktor 39, 43
- Arbeitsmaschine 854
- Arbeitsweise
- Ausfallhäufigkeit 195
- Ausfallwahrscheinlichkeit 159, 197, 207
- Auslastungsgrad 214, 231, 259, 263, 319, 321, 324

Inhaltsverzeichnis

Auslegung

Ausschlagdauerfestigkeit 193

Auswuchten 784

B

Bach, Carl von (18471931) 142

Bauteil 144

Bauteilauslegung

Bauteilbeanspruchung

Bauteilfestigkeit 214, 252, 291

Bauteilgestalt 27, 275

Bauteilkasse (FAT) 275

Bauteilver sagen 27, 144, 312

Beanspruchbarkeit 27, 31, 86, 144, 231, 271

Beanspruchung 31, 86, 144

Beanspruchungskollektiv 199

Beanspruchungs-Zeit-Funktion 33, 153, 201

Beanspruchungszustand

Belastung

Belastungsart

Belastungsfall 154, 299

Belastungshäufigkeit 152

Belastungsspektrum 197

Belastungszustand

Berührfläche 107

Betriebsfestigkeit 38, 304

Betriebsfestigkeitsnachweis 190, 194, 197, 214, 264, 304

Betriebsmessung 32, 215

Bewegungsschrauben 611

Biegedehngrenze 147

Biegef estigkeit 147

Biegefließgrenze 147



Inhaltsverzeichnis

Biegemoment
Biegemomentenverlauf 738, 742
Biegung
Blattfedern 673
Bolzenverbindungen
Bremse
Bruch
Bruchdehnung 146, 223, 246
Bruchlastwechselzahl 155
Bruchmechanik 208
Brücke

D

Dauerbruch 144, 152
Dauerfestigkeit 156, 176
Dauerfestigkeitsbereich 157
Dauerfestigkeitsnachweis 191, 194, 264, 304
Dauerfestigkeitsschaubild 32
Dauerschwellfestigkeit 156, 339
Dauerschwingbruch 152, 192
Dauerwechselfestigkeit 161, 339
De Saint Venant (17971886) 98
Dehgrenze 147, 338
Dehnschraube 580
Dehnung 93, 94
Dehnungsbehinderung 128
Dichte 96
Diesellokomotive 22
Dimensionierung 92
Drehmoment 116, 299
Drehstabfedern 687
Drehzahl



Inhaltsverzeichnis

Drillung 117

Druckfestigkeit 147, 221

Durchbiegung 773

E

Eigenfrequenz 24, 652, 721

Eigenspannung 287, 295

Eingriffsstörung 29

Ein-Stufen-Kollektiv 38

Eisenbahnachse 155

Elastizitätsgrenze 144

Elastizitätsmodul 96, 244, 246

Elastizitätstheorie 90

Entwurfsrechnung 31

Ermüdung 152

Ermüdungsbeanspruchung 27, 44, 214, 216

Ermüdungsfestigkeitsnachweis 215, 264

Euler, Leonhard (17071783) 120

Expansion 97

Extremwertverteilung 201

F

Faser, neutrale 100, 102

FAT-Bauteilkategorie 275, 289, 293, 309, 364

Federn 649

Federstecker 631

Feindehnungsdiagramm 146

Festigkeit

Festigkeitsbedingung 92, 190

Festigkeitsberechnung 86, 188, 217

Festigkeitsgrenze 137

Festigkeitshypothese 131, 138, 222, 229, 259, 260, 320

Festigkeitsmindernde Einflüsse 165, 289, 364



Inhaltsverzeichnis

Festigkeitsnachweis 86, 188, 392
Finite-Elemente-Methode 87, 217, 220, 225, 229, 267, 282, 285
FKM-Richtlinie 213
Flächenkennwert 93
Flächenpressung 107
Flächenschwerpunkt 101
Flächenträgheitsmoment 101, 103
Fliehkraft 27
Fließen 144, 256
Fließgrenze 231, 232, 236, 241, 242, 245, 248, 338
Formzahldiagramm 169, 170, 327, 328, 329, 330, 331
Freilauf
Fügeverfahren 396
Funktionsanalyse 45

G

Gasfeder 671
Gefährdungspotential 87, 90
Gelenkwelle 877
Gestaltänderungsenergie 140
Gestaltänderungsenergiehypothese 138, 140, 225, 229, 320, 322
Gestaltfestigkeit 178
Gestaltung
Getriebe
Gewaltbruch 144
Gleichgewicht 92
Gleitbrüche 138
Gleitmodul 98
Gleitung 93, 98, 100
Glockenkurve 195
Goodman-Gerade 163
Grenzlast



Inhaltsverzeichnis

Grenzlastwechselzahl 155, 156
Grenzspannungsausschlag 156
Größeneinfluss 144, 165, 184, 186, 272, 279, 334, 337
Größeneinflussfaktor 749
Größenfaktor 186
Grübchenbildung 28, 29
Grundbelastungsfälle 94
Gummifedern 700

H

Haigh-Diagramm 161, 298, 306
Hauptspannung 135, 136, 221, 225, 266
Herstellkosten 44
Hertz, Heinrich Rudolf (18571894) 108
Hertzsche Beiwerte 109
Hertzsche Pressung 28, 108
Hertzsche Theorie 108
Hooke, Robert (16351693) 95
Hookesches Gesetz 95
Hydraulikbagger 23
Hysteresen, geschlossene 199

K

Kegelstumpffedern 700
Keilwellenverbindung 801
Kennfunktion
Kennwert der Beanspruchbarkeit
Kerbempfindlichkeit 178, 179, 185, 752
Kerben
Kerbfall 170
Kerbform 167
Kerbformzahl 157, 166, 218, 276, 324, 747, 770
Kerbgeometrie 169



Inhaltsverzeichnis

- Kerbgrund 165
- Kerbgrundspannungskonzept 188, 218
- Kerbschärfe 151
- Kerbschlagbiegeversuch 151
- Kerbschlagzähigkeit 151
- Kerbspannung 170, 220, 229, 251, 254, 263, 267, 289, 365, 366
- Kerbunempfindlichkeit 177
- Kerbwirkung 165, 218, 275, 285
- Kerbwirkungszahl 166, 176, 266, 275, 276, 277, 324, 332, 753, 755
- Klassendurchgangsverfahren 198
- Klassengrenze 199
- Klassengrenzenüberschreitungszählverfahren 198
- Klassierung 38
- Klasserverfahren 198
- Klebverbindungen 397
- Klemmverbindung 828
- Knicken
- Kollektiv
- Kollektivhöchstwert 38
- Konische Pressverbindung
- Konstruktion
- Konstruktionskennwerte 214, 241, 275, 289
- Konstruktionsmethodik 20, 44
- Konstruktive Aufgabe 20
- Kontaktellipse 108
- Kontraktion 97
- Korrosion 26, 30
- Korrosionszeitfestigkeit 187
- Kraft
- Kran
- Kriechermüdung 187



Inhaltsverzeichnis

Kriechkurve 148
Kristallerholung 148
Kristallerholungstemperatur 148
Kupplung 848
Kurzzeitfestigkeit 157

L

Lagerung
Längenänderung 94
Längsdehnung 97
Längspressverband
Last
Lastannahme 32, 215, 255, 317
Lastbegrenzung 92, 216
Lastkollektiv 38, 39, 197, 292, 304
Lastspannung 123
Lastspiel 33
Lastwechsel 27, 153, 264, 323
Lastwechselzahl 32, 155, 268, 272, 304
Laufbahn 108
Lebensdauer 207
Lebensdauerabschätzung 38, 190, 198, 205
Lebensdauerberechnung 198
Lebensdauerlinie 205, 312
Lochleibungsdruck 209
Lokomotive 22
Lötverbindungen

M

Materialabtrag 30
Materialermüdung 111
Maximalbeanspruchung 42, 43, 44, 223, 283
Mehrkörper-Simulation 215



Inhaltsverzeichnis

Mehrkörper-Simulationsmodell 36
Mindestsicherheit 31
Mises, Richard von (18831953) 140, 225
Mittelspannungseinfluss 159
Mittelspannungsempfindlichkeit 163, 295, 298, 338, 756
Mittelspannungsfaktor 269, 294, 300
Mohr, Christian Otto (18351918) 133
Mohrscher Spannungskreis 133
Moment

N

Nachweis
Nennbetrieb 40
Nennmoment
Nennspannung 218
Nennspannungskonzept 188, 218, 747
Nietverbindung 440
Normalspannung 93, 97, 100
Normalspannungshypothese 138, 225, 320, 322
Normalverteilung, logarithmische 201, 216
Normung
Normzahlen 56
Nulllinie 107
Nutzungsdauer 194
Nutzungszeit 201

O

Oberflächen
Oberflächeneinfluss 165, 184
Oberflächenfaktor 185
Oberflächenrauheit 749
Örtliche Spannung 219
Örtliches Konzept 189, 219, 747



Inhaltsverzeichnis

P

- Passfederverbindung 798
- Passschraube 584
- Passungen 69
- Phasen der Konstruktionsarbeit 46
- Pittingbildung 28
- Plankerbverzahnung 807
- Plastifizierung, örtliche 127, 241, 246, 248
- Plastizitätstheorie 90
- Poisson (17811840) 97
- Poissonsches Gesetz 97
- Poissonzahl 97
- Polygonwellenverbindung 804
- Pressverband
- Produktentwicklung 44
- Proportionalitätsgrenze 144

Q

- Querdehnung 97
- Querdehnzahl 97
- Querkontraktionsbehinderung 167
- Querkontraktionszahl 96, 97
- Querkraftverlauf 738
- Querpressverband
- Querschnitt, kritischer 188, 214
- Quetschgrenze 147

R

- Rain-Flow-Matrix 200, 270
- Rain-Flow-Zählverfahren 199, 267
- Randentkohlung 187
- Randfaserabstand 104
- Rankine, William (18201872) 138



Inhaltsverzeichnis

Rastlinie 27, 193

Reaktion

Reibkorrosion 187

Reibwerkstoffe 853

Reißfestigkeit 144

Rekristallisation 148

Residuum 200

Restbruchfläche 193

Restfestigkeit 208

Restlebensdauer 197

Restquerschnitt 27

Ringfeder 667

Risikofaktor 207

Rissfortschritt 27

Rissfortschrittskurve 208

R_{max} 82

Rollfedern 677

S

Satz von Steiner 104

Schadensakkumulation 206, 310

Schadensakkumulationshypothese 198, 264

Schadenshäufigkeit 195

Schadenssumme 206, 311

Schadenswahrscheinlichkeit 195

Schädigungsanteil 204

Schädigungsinhalt 200

Schädigungsrechnung 38, 190, 197, 205

Scheibenfederverbindung 798

Scherfestigkeit 147

Scherfließgrenze 147

Schiebung 98, 100

Inhaltsverzeichnis

- Schließringbolzen 446
- Schnittfindung 92
- Schrauben
- Schraubendrehfedern 677
- Schraubenfedern
- Schraubenverbindung
- Schubmodul 98, 99
- Schubspannung 114, 116, 118
- Schubspannungsbruch 138
- Schubspannungshypothese 138, 139
- Schweißeignung 476
- Schweißkonstruktion 220
- Schweißverbindung
- Schweißverfahren 470
- Schwingbeanspruchung 33, 151, 197
- Schwingbruch 198
- Schwingbruchfläche 193
- Schwinger
- Schwingfestigkeit
- Schwingfestigkeitsmindernde Einflüsse 187
- Schwingspiel 153, 198
- Schwingungen
- Schwingungssimulationsberechnung 87
- Schwingungsverhalten 197, 217
- Sicherheit 86
- Sicherheitsanalyse 92
- Sicherheitsfaktor 214, 233, 255, 256, 258, 316, 317, 318
- Sicherheitszahl
- Sicherungselemente
- Sicherungsringe 631
- Silentbuchse 701

Inhaltsverzeichnis

Simulation 36, 217
Smith-Diagramm 159, 292, 306
Sonderereignis 201, 216
Spannelementverbindung 834
Spannung 93
Spannungsarmglühen 129
Spannungs-Dehnungs-Diagramm 144, 146
Spannungsgefälle 179, 244, 276, 751
Spannungsgradient 180, 281
Spannungskennwerte 214, 223, 264, 291
Spannungskollektiv 222, 264, 267, 294, 305
Spannungskonzentration 138, 165, 220
Spannungsüberhöhung 167
Spannungsverhältnis 154, 265, 269, 290, 294, 297, 299, 301
Spannungsverteilung 101, 219, 242, 245
Spannungszustand 219, 266
Spindeln 611
Spiralfedern 677
Splint 631
Sprödbruch 150
Stabfeder 666
Stabilitätsproblem
Stauchgrenze 147
Steifigkeit
Steiner, Jacob (17961863) 104
Stellringe 631
Stifte
Stiftverbindungen
Stirnzahnverbindung 807
Stoßfaktor 43
Streckgrenze 144, 146, 231, 236, 239, 241, 338

Inhaltsverzeichnis

Streumaß 207
Streuung 206, 207, 308
Stützwirkung 166, 170, 242, 248, 279, 285, 366, 765
Stützzahl 280, 281, 284, 336, 338, 751
Stützziffer
Summenhäufigkeitskurve 199

T

Teilbeanspruchbarkeit 191
Tellerfedern 680
Temperaturbelastung 93
Temperaturdifferenz 123
Temperaturfaktor 150, 237, 273
Tetmajer, Ludwig (18501905) 122
Toleranzen 57
Tolerierungsgrundsätze 67
Torsionsdehngrenze 147
Torsionsfestigkeit 147
Torsionsmoment 116, 224, 228, 333, 334
Tragfähigkeit 27
Tragfähigkeitsnachweis 31, 213, 273, 308
Trägheitsmoment 105
Trennbruch 138
Tresca, Henri (18141884) 139

U

Überdimensionierung 195, 197
Überschreitungshäufigkeit 201
Umlaufbiegung 36, 155, 723

V

Verdrehwinkel 116, 774
Verformung 95
Verformungszustand 98



Inhaltsverzeichnis

Vergleichsausschlagsspannung 143
Vergleichsmittelspannung 143, 297
Vergleichsnormalspannung 137
Vergleichsspannung 89, 137
Versagenskriterium
Verschleiß 26, 30
Vorgespannte Formschlussverbindung 831

W

Wälzkörper 108
Wälzlager 108
Warmdehngrenze 237, 256
Wärmeausdehnungskoeffizient 123, 775
Wärmespannung 123
Warmfestigkeit 237, 256
Warmstreckgrenze 128, 148
Warmzugfestigkeit 148
Welle
Welle-Nabe-Verbindung
Wellendurchmesser
Werkstoffauswahl 92, 338
Werkstoffkennwert 147, 231, 271, 338
Werkstoffprobe 144, 231, 269, 339
Werkstoffschädigung 152
Werkstoffverhalten
Werkstoffversagen 139
Werkstoffwechselfestigkeit 339
Wertanalyse 45
Widerstandsmoment 103, 105
Wiederkehrperiode 201
Windenergieanlage
Wirkprinzip

Inhaltsverzeichnis

Wöhler, August (18191914) 32, 154
Wöhlerlinie 38, 155, 264, 269, 292, 308, 313
Wöhlerlinienschar 290

Y

Young (17731829) 95

Z

Zählverfahren
Zahnflankenbruch 28
Zahnfußbruch 28
Zahnwellenverbindung 802
Zeitdehngrenze 148, 237, 239, 240, 256
Zeitfestigkeit 156, 311, 318
Zeitfestigungsbereich 157, 198, 304
Zeitfestigkeitsgerade 157, 308, 310, 311, 761
Zeitstandfestigkeit 148, 237, 239, 240, 256
Zeitstandverhalten 148
Zugfestigkeit 144, 146, 231, 232, 239, 241, 256, 271, 272, 281, 286
Zugversuch 144
Zylindrische Pressverbindung

Copyright

Ins Internet: Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.



Pearson

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>