

<b>G Grundlagen .....</b>	<b>15</b>
1 Konstruktionstechnik .....	15
2 Maße, Toleranzen und Passungen.....	69
3 Gestaltabweichungen der Oberflächen .....	83
<b>N Nichtlösbare Verbindungen .....</b>	<b>91</b>
4 Schmelzschweißverbindungen.....	91
5 Pressschweißverbindungen.....	122
6 Lötverbindungen .....	138
7 Klebverbindungen .....	148
8 Nietverbindungen.....	161
<b>L Lösbare Verbindungen .....</b>	<b>177</b>
9 Reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen .....	177
10 Befestigungsschrauben .....	207
11 Bewegungsschrauben .....	251
12 Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen .....	259
13 Stift- und Bolzenverbindungen .....	275
14 Federn .....	284
<b>D Drehbewegungselemente .....</b>	<b>334</b>
15 Achsen und Wellen.....	334
16 Tribologie: Reibung, Schmierung und Verschleiß .....	391
17 Gleitlager .....	409
18 Wälzlager .....	462
19 Lager- und Wellendichtungen .....	488
20 Wellenkupplungen und -bremsen .....	498
<b>Z Zahnräder .....</b>	<b>557</b>
21 Grundlagen für Zahnräder und Getriebe .....	557
22 Abmessungen und Geometrie der Stirn- und Kegelräder .....	571
23 Gestaltung und Tragfähigkeit der Stirn- und Kegelräder.....	599
24 Zahnradpaare mit sich kreuzenden Achsen.....	645
<b>H Hülltriebe.....</b>	<b>667</b>
25 Kettentriebe .....	667
26 Flachriementriebe .....	684
27 Keilriementriebe.....	706
28 Synchron- oder Zahnriementriebe .....	720
<b>F Führungselemente für Flüssigkeiten und Gase.....</b>	<b>729</b>
29 Rohrleitungen.....	729
30 Armaturen.....	754

# Inhaltsverzeichnis

## G Grundlagen

<b>1 Konstruktionstechnik</b>	15
1.1 Normen und Richtlinien	15
1.2 Methodisches Konstruieren	16
1.3 Datenverarbeitung in der Konstruktion	19
1.4 Festigkeitsberechnung	23
1.5 Betriebsfestigkeit nach der FKM-Richtlinie 183	37
1.6 Einführung in die Finite-Elemente-Analyse	56
1.7 Literatur	67
<b>2 Maße, Toleranzen und Passungen</b>	69
2.1 Normzahlen und Normmaße	69
2.2 Geometrische Produktspezifikation	70
2.3 Maße, Abmaße und Toleranzen	72
2.4 ISO-Toleranzsystem	73
2.5 Passungsarten und Passungssysteme	75
2.6 Passungsauswahl	78
2.7 Tolerierungsgrundsätze	80
2.8 Literatur	81
<b>3 Gestaltabweichungen der Oberflächen</b>	83
3.1 Form- und Lagetoleranzen	84
3.2 Anwendung der Maximum-Material-Bedingung	85
3.3 Hinweise für die Praxis	86
3.4 Rauheit der Oberflächen	87
3.5 Literatur	90

## N Nichtlösbare Verbindungen

<b>4 Schmelzschweißverbindungen</b>	91
4.1 Verfahren	91
4.2 Werkstoffe, Schweißzusätze, Schweißpositionen	94
4.3 Nahtarten und -formen, Gütesicherung	97
4.4 Gestaltung	102
4.5 Berechnung der Spannungen in Schweißnähten	104
4.6 Schweißverbindungen im Maschinen- und Gerätebau	115
4.7 Literatur	120
<b>5 Pressschweißverbindungen</b>	122
5.1 Verfahren, Werkstoffe	122
5.2 Punktschweißverbindungen	126
5.3 Buckelschweißverbindungen	131
5.4 Abbreinn-Stumpfschweißverbindungen	133
5.5 Schweißen von Kunststoffen	134
5.6 Literatur	137
<b>6 Lötverbindungen</b>	138
6.1 Verfahren, Lote	138
6.2 Gestaltung von Lötverbindungen	143
6.3 Berechnung von Lötverbindungen	145
6.4 Literatur	147
<b>7 Klebverbindungen</b>	148
7.1 Wirkmechanismen	148

7.2	Klebstoffe	150
7.3	Gestaltung und Festigkeit der Klebverbindungen	152
7.4	Berechnung von Klebverbindungen	155
7.5	Literatur	159
<b>8</b>	<b>Nietverbindungen</b>	<b>161</b>
8.1	Nietformen, Werkstoffe, Herstellung der Verbindungen	161
8.2	Berechnung von Nietverbindungen	163
8.3	Nietverbindungen im Maschinen- und Gerätebau	167
8.4	Nietverbindungen im Leichtmetallbau	170
8.5	Stanznieten	174
8.6	Hybridfügen – Stanznietkleben	176
8.7	Literatur	176
 <b>L Lösbare Verbindungen</b>		
<b>9</b>	<b>Reibschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen</b>	<b>177</b>
9.1	Fügevorgang und Gestaltung	177
9.2	Grundlagen der Berechnung zylindrischer Pressverbände	179
9.3	Berechnung bei rein elastischer Beanspruchung	183
9.4	Berechnung bei elastisch-plastischer Beanspruchung	192
9.5	Einpresskraft und Fügetemperaturen	195
9.6	Spannelementverbindungen	196
9.7	Klemmverbindungen	203
9.8	Literatur	206
<b>10</b>	<b>Befestigungsschrauben</b>	<b>207</b>
10.1	Gewinde	207
10.2	Ausführung von Schrauben und Muttern	209
10.3	Werkstoffe	214
10.4	Korrosionsschutz	217
10.5	Herstellung der Schrauben und Muttern	218
10.6	Sichern von Schraubenverbindungen	218
10.7	Berechnung: Grundlagen und Verbindungsarten	221
10.8	Berechnung: Vordimensionierung und Überschlag	222
10.9	Berechnung: Kraftfluss, Kerbwirkungen, Gestaltung	223
10.10	Anziehverfahren	226
10.11	Berechnung: Schraubenanziehmoment, Schraubenbeanspruchung beim Anziehen, Anziehfaktor	227
10.12	Berechnung: Nachgiebigkeit von Schraube und Bauteilen	231
10.13	Berechnung: Bleibende Verformung durch Setzen	233
10.14	Wirkungen in vorgespannten Schraubenverbindungen durch eine Betriebslängskraft	235
10.15	Berechnung: Haltbarkeit der Schraubenverbindungen	240
10.16	Systematische Berechnung längsbeanspruchter Schraubenverbindungen	242
10.17	Gestaltung und Berechnung querbeanspruchter Schraubenverbindungen	245
10.18	Spezialschrauben	248
10.19	Literatur	249
<b>11</b>	<b>Bewegungsschrauben</b>	<b>251</b>
11.1	Bauformen	251
11.2	Gewinde, Werkstoffe	251
11.3	Kräfte, Reibung, Wirkungsgrad, Selbsthemmung	252
11.4	Berechnung der Haltbarkeit und der Stabilität	255
11.5	Kugelgewindetrieb	256
11.6	Literatur	258
<b>12</b>	<b>Formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen</b>	<b>259</b>
12.1	Längskeilverbindungen	259
12.2	Passfederverbindungen	262
12.3	Keilwellenverbindungen	265
12.4	Zahnwellenverbindungen	267
12.5	Polygonwellenverbindungen	268

12.6	Kegelverbindungen . . . . .	270
12.7	Stirnzahnverbindungen . . . . .	272
12.8	Literatur . . . . .	274
<b>13</b>	<b>Stift- und Bolzenverbindungen . . . . .</b>	<b>275</b>
13.1	Stifte . . . . .	275
13.2	Bolzen . . . . .	277
13.3	Festigkeitsberechnung . . . . .	278
13.4	Literatur . . . . .	283
<b>14</b>	<b>Federn . . . . .</b>	<b>284</b>
14.1	Kennlinien, Federarbeit . . . . .	284
14.2	Schwingverhalten . . . . .	285
14.3	Zusammenwirken mehrerer Federn . . . . .	286
14.4	Werkstoffe, Halbzeuge . . . . .	288
14.5	Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten oder Stäben . . . . .	288
14.6	Tellerfedern als Druckfedern . . . . .	300
14.7	Gewundene Schenkelfedern als Drehfedern . . . . .	309
14.8	Stabfedern als Drehfedern . . . . .	315
14.9	Spiralfedern als Drehfedern . . . . .	318
14.10	Blattfedern als Biegefedern . . . . .	320
14.11	Ringfedern als Druckfeder . . . . .	322
14.12	Luftfedern . . . . .	325
14.13	Weitere Metallfedern . . . . .	327
14.14	Gummifedern . . . . .	330
14.15	Literatur . . . . .	332

## D Drehbewegungselemente

<b>15</b>	<b>Achsen und Wellen . . . . .</b>	<b>334</b>
15.1	Werkstoffe, Gestaltung . . . . .	335
15.2	Biegemomente, Längskräfte und Torsionsmomente . . . . .	336
15.3	Überschlagsberechnung auf Torsion und Biegung . . . . .	340
15.4	Achsen und Wellen gleicher Biegebeanspruchung . . . . .	341
15.5	Berechnung auf Gestaltfestigkeit (Dauerhaltbarkeit) . . . . .	342
15.6	Durchbiegung . . . . .	350
15.7	Verdrehwinkel . . . . .	374
15.8	Kritische Drehzahlen . . . . .	375
15.9	Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen nach DIN 743 . . . . .	378
15.10	Literatur . . . . .	389
<b>16</b>	<b>Tribologie: Reibung, Schmierung und Verschleiß . . . . .</b>	<b>391</b>
16.1	Reibung . . . . .	391
16.2	Verschleiß . . . . .	393
16.3	Schmierstoffe (Übersicht) . . . . .	395
16.4	Schmieröle . . . . .	396
16.5	Schmierfette . . . . .	404
16.6	Schmierpasten . . . . .	405
16.7	Schmierwachse . . . . .	405
16.8	Festschmierstoffe . . . . .	406
16.9	Gleitlacke . . . . .	406
16.10	Literatur . . . . .	407
<b>17</b>	<b>Gleitlager . . . . .</b>	<b>409</b>
17.1	Hydrostatisch und hydrodynamisch geschmierte Gleitlager, Mehrflächenlager, Grenzschichtschmierung . . . . .	409
17.2	Schmierstoffzufuhr, Schmiersysteme . . . . .	413
17.3	Abweichungen von der Lagergeometrie . . . . .	418
17.4	Gleitwerkstoffe . . . . .	419
17.5	Wärmewirkungen, Kühlung . . . . .	428
17.6	Gestaltung der Radiallager . . . . .	429
17.7	Berechnung der hydrodynamisch geschmierten Radiallager . . . . .	433

17.8	Gestaltung der Axiallager	451
17.9	Berechnung der Axiallager	454
17.10	Wartungsfreie Gleitlager	459
17.11	Literatur	460
<b>18</b>	<b>Wälzlager</b>	<b>462</b>
18.1	Aufbau, Kennzeichen	462
18.2	Belastungsmöglichkeiten, Einbaurichtlinien	466
18.3	Besondere Ausführungen von Wälzlagern	472
18.4	Tragfähigkeit und Lebensdauer	474
18.5	Belastung von Kegelrollen- und Schrägkugellagern	478
18.6	Besondere Belastungsfälle	482
18.7	Grenzdrehzahl	482
18.8	Schmierung der Wälzlager	483
18.9	Literatur	486
<b>19</b>	<b>Lager- und Wellendichtungen</b>	<b>488</b>
19.1	Schleifende Dichtungen	488
19.2	Berührungsfreie Dichtungen	494
19.3	Literatur	497
<b>20</b>	<b>Wellenkupplungen und -bremsen</b>	<b>498</b>
20.1	Einteilung der Wellenkupplungen	498
20.2	Starre Kupplungen	498
20.3	Drehsteife Ausgleichkupplungen	499
20.4	Formschlüssig nachgiebige, drehelastische Wellenkupplungen	505
20.5	Kraftschlüssig drehnachgiebige Kupplungen	518
20.6	Formschlüssige Schaltkupplungen	520
20.7	Reibkupplungen als kraftschlüssige Schaltkupplungen	522
20.8	Fliehkraftkupplungen als drehzahlbetätigte Kupplungen	536
20.9	Momentbetätigte Kupplungen als Sicherheitskupplungen	537
20.10	Richtungsbetätigte Kupplungen als Freilaufkupplungen	540
20.11	Bremsen	545
20.12	Mehrmasse-Torsionsschwinger	550
20.13	Literatur	556
 <b>Z Zahnräder</b>		
<b>21</b>	<b>Grundlagen für Zahnräder und Getriebe</b>	<b>557</b>
21.1	Rad- und Getriebearten	557
21.2	Verzahnungsgesetz	560
21.3	Zykloidenverzahnung	564
21.4	Evolventenverzahnung	566
21.5	Literatur	570
<b>22</b>	<b>Abmessungen und Geometrie der Stirn- und Kegelräder</b>	<b>571</b>
22.1	Null-Außenverzahnung	571
22.2	Planverzahnung, Bezugsprofil	573
22.3	Null-Innenverzahnung	573
22.4	Null-Schrägverzahnung	575
22.5	Profilverschiebung	578
22.6	Geometrische Grenzen	583
22.7	Profilüberdeckung	586
22.8	Geradverzahnte Kegelräder	588
22.9	Schräg- und bogenverzahnte Kegelräder	594
22.10	Literatur	597
<b>23</b>	<b>Gestaltung und Tragfähigkeit der Stirn- und Kegelräder</b>	<b>599</b>
23.1	Zahnkräfte an Stirnrädern	599
23.2	Zahnkräfte an Kegelrädern	601
23.3	Reibung, Wirkungsgrad, Übersetzung	605
23.4	Gestaltung der Räder aus Stahl und aus Gusseisen	607

23.5	Gestaltung der Räder aus Kunststoffen	612
23.6	Verzahnpasssysteme, Verzahnungsqualität	614
23.7	Schmierung, Schmierstoffe	617
23.8	Begriffe der Tragfähigkeit	619
23.9	Allgemeine Einflussfaktoren	621
23.10	Zahnfußtragfähigkeit der Stirnräder	626
23.11	Flanken- bzw. Grübchentragfähigkeit der Stirnräder	628
23.12	Zahnfußtragfähigkeit der Kegelräder	631
23.13	Flanken- bzw. Grübchentragfähigkeit der Kegelräder	633
23.14	Berechnung der Räder aus thermoplastischen Kunststoffen auf Tragfähigkeit und Verformung	635
23.15	Laufgeräusche, Ausführung von Getrieben	640
23.16	Literatur	643
<b>24</b>	<b>Zahnradpaare mit sich kreuzenden Achsen</b>	<b>645</b>
24.1	Eingriffsverhältnisse von Schraub-Stirnradpaaren	645
24.2	Zahnkräfte und Wirkungsgrad an Schraub-Stirnradpaaren	646
24.3	Tragfähigkeit von Schraub-Stirnradpaaren, Schmierung	649
24.4	Hyperboloid- und Hypoid-Schraubradpaare	650
24.5	Geometrie der Schneckenradsätze	651
24.6	Zahnkräfte und Wirkungsgrad an Schneckenradsätzen	657
24.7	Gestaltung der Schnecken und Schneckenräder	659
24.8	Schmierung und Verzahnungsqualität von Schneckenradsätzen	661
24.9	Tragfähigkeit von Schneckenradsätzen	663
24.10	Ausführung von Schneckengetrieben	664
24.11	Literatur	665
<b>H Hülltriebe</b>		
<b>25</b>	<b>Kettentriebe</b>	<b>667</b>
25.1	Anordnung von Kettentrieben	667
25.2	Kettenarten, Endverbindung	669
25.3	Kettenräder	672
25.4	Spann- und Führungseinrichtungen	675
25.5	Auswahl von Rollenketten und deren Berechnung	677
25.6	Schmierung der Kettentriebe	681
25.7	Literatur	682
<b>26</b>	<b>Flachriementriebe</b>	<b>684</b>
26.1	Theoretische Grundlage für Riementriebe	684
26.2	Vorspannmöglichkeiten, Triebarten	687
26.3	Riemenwerkstoffe, Endverbindung	689
26.4	Riemenscheiben	690
26.5	Geometrie der Flachriementriebe	693
26.6	Übersetzung, Riemengeschwindigkeit, Biegefrequenz	695
26.7	Berechnung der Antriebe mit Leder- und Geweberiemen	696
26.8	Berechnung von Antrieben mit Mehrschichtriemen	700
26.9	Spannrollentrieb	704
26.10	Literatur	705
<b>27</b>	<b>Keilriementriebe</b>	<b>706</b>
27.1	Wirkungsweise, Ausführung genormter Keilriemen	706
27.2	Keilriemenscheiben	709
27.3	Berechnung der Antriebe mit Keilriemen und Keilrippenriemen	711
27.4	Weitere Ausführungen von Keilriemen und Keilriementrieben	717
27.5	Literatur	718
<b>28</b>	<b>Synchron- oder Zahnriementriebe</b>	<b>720</b>
28.1	Ausführung der Synchron- oder Zahnriemen und -scheiben	721
28.2	Übersetzung und Geometrie der Synchronriementriebe	723
28.3	Berechnung von Antrieben mit Synchron- oder Zahnriemen	724
28.4	Literatur	728

**F Führungselemente für Flüssigkeiten und Gase**

<b>29 Rohrleitungen</b>	<b>729</b>
29.1 Grundlagen	729
29.2 Rohrarten	731
29.3 Rohrformstücke	733
29.4 Rohrverbindungen	735
29.5 Dehnungsausgleicher	740
29.6 Rohrhalterungen	742
29.7 Darstellung von Rohrleitungen	745
29.8 Berechnung von Rohrleitungen	745
29.9 Literatur	752
<b>30 Armaturen</b>	<b>754</b>
30.1 Allgemeines	754
30.2 Ventile	755
30.3 Schieber	757
30.4 Hähne	759
30.5 Klappen	759
30.6 Armaturenantriebe	760
30.7 Literatur	761
<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>762</b>