

Inhaltsverzeichnis

23 Stirn-Schraubradgetriebe	1
23.1 Eigenschaften und Verwendung	1
23.2 Zeichen und Einheiten	2
23.3 Geometrie der Schraubräder	2
23.3.1 Grundelemente eines Schraubradpaars	2
23.3.2 Berührverhältnisse der Schraubräder mit Evolventenverzahnung	4
23.3.3 Gleitgeschwindigkeiten	5
23.3.4 Sonstige Verzahnungsdaten	8
23.3.5 Graphische Ermittlung der Schräglungswinkel für gegebene z_1, z_2, a und $\Sigma = 90^\circ$	9
23.3.6 Profilverschiebung bei Schraubräder	9
23.4 Zahnkräfte, Kraftverteilung, Lagerkräfte	10
23.5 Verlustleistung und Wirkungsgrad	11
23.5.1 Gesamtverlustleistung und -wirkungsgrad	11
23.5.2 Verzahnungsverlustleistung P_{Vz} und -wirkungsgrad η_z	12
23.6 Tragfähigkeitsberechnung und Auslegung	12
23.6.1 Nachrechnung auf Gleitverschleiß	13
23.6.2 Nachrechnung auf Fressen	15
23.6.3 Nachrechnung der Zahnfußtragfähigkeit	16
23.6.4 Überschlägige Auslegung bei $\Sigma = 90^\circ$	16
23.7 Werkstoffe, Bearbeitung, Schmierung	17
23.8 Berechnungsbeispiel	18
23.9 Literatur zu 23	19
24 Kegelrad-, Hypoid-, Kronenradgetriebe	20
24.1 Eigenschaften, Bauarten, Verwendung	20
24.1.1 Kegelräder	21
24.1.2 Hypoidräder (Kegel-Schraubräder)	22
24.1.3 Kronenräder (Stirnplanräder)	22
24.1.4 Kegelige Stirnräder	23
24.2 Zeichen und Einheiten	23
24.3 Geometrie der Kegelradverzahnung	25
24.3.1 Paarung der Kegelräder	25
24.3.2 Zahnformen der Kegelräder	26
24.3.3 Bezugsprofil, Profilverschiebung und Änderungen am Bezugsprofil	27
24.3.4 Flankenlinienverlauf, Schräglungswinkel (bei Bogenverzahnung Spiralwinkel)	29
24.3.5 Kegelflächen	30
24.3.6 Mittlere Ersatz-Stirnräder	31
24.3.7 Modul	33
24.3.8 Gleit- und Wälzbewegung der Zahnflanken	33
24.4 Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Verzahnungsprüfung, Flankenspiel	34
24.4.1 Radkörper- und Einbautoleranzen	34
24.4.2 Tragbild, Verzahnungstoleranzen	35
24.4.3 Zahndicke, Flankenspiel	36
24.5 Kegelradherstellung	38
24.5.1 Spanlose Formgebung	38
24.5.2 Spanende Formgebung	38
24.6 Werkstoffe und Wärmebehandlung für Kegelräder	40
24.7 Gestaltung, Schmierung, Lagerkräfte	41
24.8 Verlustleistung und Wirkungsgrad	41
24.9 Auslegen und Entwerfen eines Kegelradgetriebes	41
24.9.1 Gegebene Größen, Pflichtenheft	43

24.9.2	Überschlägige Bestimmung von Durchmesser und Breite bei $\Sigma = 90^\circ$	43
24.9.3	Wahl von Zähnezahl z_1 und Modul	43
24.9.4	Entwurfsskizze, weitere Verzahnungsdaten	44
24.10	Nachweis der Tragfähigkeit, Rechenschema, Beispiele	44
24.10.1	Berechnungsverfahren	45
24.10.2	Allgemeine Einflußgrößen	48
24.10.3	Grübchentragfähigkeit	52
24.10.4	Zahnfußtragfähigkeit	53
24.10.5	Freßtragfähigkeit (Warmfressen)	54
24.10.6	Beurteilung der Kaltfreßgefahr (s. Abschn. 21.6.6a)	56
24.10.7	Verschleißtragfähigkeit	56
24.11	Hypoidgetriebe (Kegelschraubgetriebe)	56
24.11.1	Geometrie der Hypoidverzahnung	57
24.11.2	Reibungszahl, Verlustleistung und Wirkungsgrad	60
24.11.3	Lagerung, Gestaltung, Schmierung	60
24.11.4	Auslegen und Entwerfen von Hypoidgetrieben	62
24.11.5	Nachweis der Tragfähigkeit, Rechenschema, Beispiele	62
24.11.6	Beispiel: Nachrechnung eines Pkw-Achsgesetriebes (Hypoidgetriebe)	63
24.12	Literatur zu 24	65
25	Schneckengetriebe	67
25.1	Übersicht	67
25.1.1	Eigenschaften und Verwendung	67
25.1.2	Paarungsarten, Flankenformen	68
25.1.3	Tragfähigkeitsgrenzen und Betriebsverhalten	70
25.2	Zeichen und Einheiten	72
25.3	Zylinderschneckengeometrie (für Achsenwinkel $\Sigma = 90^\circ$)	74
25.3.1	Hauptmaße und Verzahnungsdaten	74
25.3.2	Eingriffsgeometrie – Gleichung der Schneckenflanke	76
25.3.3	Ermittlung der Berührlinien	77
25.4	Zahnkräfte, Kraftverteilung, Lagerkräfte	79
25.4.1	Äußere Kräfte, Anwendungsfaktor K_A	79
25.4.2	Innere Kräfte und Kraftverteilung	79
25.4.3	Zahnkraftkomponenten für Achsenwinkel $\Sigma = 90^\circ$	79
25.4.4	Lagerkräfte	80
25.5	Verlustleistung und Wirkungsgrad	80
25.5.1	Gesamtverlustleistung und -wirkungsgrad	80
25.5.2	Verzahnungsverlustleistung P_{Vz} und -wirkungsgrad η_z bei $\Sigma = 90^\circ$	81
25.5.3	Zahnreibungszahl $\mu_z = \tan \varrho_z$	82
25.5.4	Leerlaufverlustleistung P_{V0}	83
25.5.5	Verlustleistung durch Lagerbelastung P_{VLP}	83
25.6	Auslegung und Nachrechnung der Tragfähigkeit	84
25.6.1	Überschlägige Auslegung	84
25.6.2	Nachrechnung der Temperatursicherheit S_T	86
25.6.3	Nachrechnung der Grübchensicherheit S_H und der Verschleißsicherheit S_W	88
25.6.4	Nachrechnung der Zahnbruchsicherheit S_F	92
25.6.5	Nachrechnung der Durchbiegesicherheit S_δ	92
25.7	Gestaltung, Herstellung, Genauigkeit, Werkstoff, Schmierung, Montage	93
25.7.1	Gestaltung von Bauelementen der Schneckengetriebe	93
25.7.2	Herstellung	97
25.7.3	Genauigkeit, Prüfung, Tragbild, Flankenspiel	97
25.7.4	Werkstoffe	99
25.7.5	Schmierung	100
25.8	Beispiele und Rechenschema	101
25.9	Literatur zu 25	102
26	Kettengetriebe	105
26.1	Überblick, Eigenschaften	105
26.2	Bauarten, Anwendung	106
26.3	Zeichen und Einheiten	111
26.4	Kinematik	112
26.4.1	Polygoneffekt, momentane Übersetzung	112
26.4.2	Bewegung der gelängten Kette, maximale Zähnezahl	113
26.4.3	Schwingungen der Kettengetriebe	114

26.5	Kräfte an Kette und Kettenrad, Lagerkräfte	116
26.5.1	Umfangskraft aus der übertragenen Leistung (Nenn-Umfangskraft)	116
26.5.2	Äußere Zusatzkräfte, Betriebsfaktor f_B	116
26.5.3	Vorspannkraft F_V	117
26.5.4	Fliehkraftanteil F_f	117
26.5.5	Kräfte aus Kettenschwingungen, Polygonkraft	118
26.5.6	Aufschlagkraft F_A	118
26.5.7	Für die Berechnung maßgebende Kräfte	120
26.5.8	Lagerkräfte	120
26.6	Verlustleistung und Wirkungsgrad	120
26.6.1	Gelenkkreibung und Gelenkwirkungsgrad	120
26.6.2	Sonstige Reibungsverluste an Kettenelementen	121
26.6.3	Stoßverlust, Stoßverlustwirkungsgrad	121
26.6.4	Verlustleistung durch Lagerbelastung P_{VLP}	122
26.6.5	Leerlaufverluste P_{vo}	122
26.7	Tragfähigkeit, Festigkeitsnachweis	122
26.7.1	Kettenräder	122
26.7.2	Tragfähigkeit der Rollen-, Buchsen-, Hülsenkette	122
26.7.3	Beanspruchung der Zahnkette	124
26.8	Abmessungen, Auslegung, Konstruktion	124
26.8.1	Allgemeine Beziehungen für Kettengetriebe	125
26.8.2	Besonderheiten der Rollen-, Buchsen- und Hülsenketten-Getriebe	127
26.8.3	Besonderheiten der Zahnkettengtriebe	129
26.8.4	Werkstoffe, Schmierung, Kettengetriebe — Bauweisen	130
26.9	Auswahl und Bemessung, Beispiele	132
26.9.1	Pflichtenheft (Checkliste) für Kettengetriebe	133
26.9.2	Auslegung von Rollen- und Hülsenkettengetrieben	133
26.9.3	Auslegung von Zahnkettengtrieben mit Wiegegelenken	137
26.9.4	Tragfähigkeit der Förder- und Lastketten	138
26.10	Verstell-Kettengetriebe	142
26.10.1	Anwendung, Eigenschaften	142
26.10.2	Bauarten, Bauelemente	143
26.11	Literatur zu 26	144
27	Riemengebriebe	147
27.1	Überblick, Eigenschaften	147
27.2	Bauarten, Anwendung	148
27.3	Zeichen und Einheiten	151
27.4	Allgemeine Gleichungen, Kennwerte	152
27.4.1	Kinematik	152
27.4.2	Abmessungen	153
27.4.3	Kräfte, Dehnungen, Schlupf	154
27.4.4	Riemenspannungen, Beurteilung der Tragfähigkeit	157
27.4.5	Verlustleistung und Wirkungsgrad	158
27.5	Erzeugung und Kontrolle der Vorspannung	159
27.5.1	Auflegedehnung, Riemenkürzung bei festem Achsabstand	159
27.5.2	Starre Vergrößerung der Wirklänge	161
27.5.3	Spannwelle und Spannrolle mit konstanter Kraft	161
27.5.4	Selbstspannung	162
27.5.5	Kontrolle der Vorspannung	162
27.6	Auswahl und Bemessung, Beispiele	162
27.6.1	Pflichtenheft (Checkliste)	163
27.6.2	Flachriemengetriebe	163
27.6.3	Keilriemen- und Rundriemengetriebe	171
27.6.4	Zahnriemengetriebe	178
27.7	Verstellriemengetriebe	183
27.7.1	Stufenweise verstellbares Riemengebriebe	183
27.7.2	Stufenlos verstellbare Riemengebriebe — allgemein	184
27.7.3	Flachriemen-Verstellgetriebe	184
27.7.4	Keilriemen-Verstellgetriebe — allgemein	184
27.7.5	Keilriemen-Verstellgetriebe, Bauelemente und Bauarten	185
27.8	Literatur zu 27	186

28 Reibradgetriebe	189
28.1 Überblick, Eigenschaften	189
28.2 Bauarten und Verwendung	189
28.2.1 Reibradgetriebe mit konstanter Übersetzung	189
28.2.2 Schalt-Reibradgetriebe	191
28.2.3 Verstell-Reibradgetriebe	191
28.3 Zeichen und Einheiten	196
28.4 Werkstoffpaarung der Reibräder, Schmierstoffe	197
28.5 Reibkraft, Reibungszahl, Schlupf, Schmierstoffeinfluß	200
28.5.1 Entstehung der Reibkraft	200
28.5.2 Schlupf	201
28.5.3 Reibungszahlkurven (Wälz-Gleit-Reibungszahlen)	201
28.6 Erzeugen der Anpreßkräfte	202
28.7 Grundlagen der Berechnung	203
28.7.1 Grundelemente einer Reibradpaarung	203
28.7.2 Geometriebeziehungen	204
28.7.3 Übersetzung i bei Kraftübertragung	204
28.7.4 Wälzbewegung, Bohrbewegung	205
28.7.5 Verstellcharakteristik (s. Abschn. 20.4.2)	206
28.7.6 Kräfte, Momente, Leistungen	207
28.7.7 Lagerkräfte	207
28.7.8 Verlustleistung und Wirkungsgrad	207
28.8 Auswahl, Bemessung und Tragfähigkeit	209
28.8.1 Pflichtenheft (Checkliste) für Reibradgetriebe	210
28.8.2 Rutschsicherheit S_R , $S_{R,\min}$, Nutzreibungszahl μ_{uzul} und genutzte Reibungszahl μ_u	210
28.8.3 Oberflächenbeanspruchung	210
28.8.4 Verschleiß, Lebensdauer	213
28.8.5 Erwärmung	213
28.9 Berechnungsbeispiele	214
28.10 Literatur zu 28	215
29 Reibkupplungen und Reibbremsen	218
29.1 Überblick — Kupplungen und Bremsen	218
29.1.1 Reibkupplungen	218
29.1.2 Reibbremsen	220
29.2 Zeichen und Einheiten	221
29.3 Vorgänge beim Kuppeln und Bremsen	222
29.3.1 Betrieb mit einer Schaltkupplung	222
29.3.2 Betrieb mit einer Stoppbremse	227
29.4 Bauarten, Eigenschaften	228
29.4.1 Trommel-Kupplung/-Bremse	229
29.4.2 Kegel-Kupplung/-Bremse	233
29.4.3 Scheiben- und Lamellen-Kupplung/-Bremse	234
29.4.4 Band-Kupplung/-Bremse	238
29.5 Reibpaarungen, Reibbeläge bei Kupplungen und Bremsen	239
29.5.1 Trockene und geschmierte Reibpaarungen	240
29.5.2 Reibungszahl μ , Ratterneigung	241
29.5.3 Auswahl der Reibpaarungen	241
29.6 Bedieneinrichtungen	244
29.6.1 Bedienwerte	244
29.6.2 Nachstellen der Reibbeläge zum Ausgleich des Verschleißes	244
29.6.3 Schaltzeug, Bedienkräfte	244
29.7 Auswahl, Bemessung, Berechnung	247
29.7.1 Anforderungen (Pflichtenheft, Checkliste)	247
29.7.2 Überschlägige Bestimmung der Hauptabmessungen	248
29.7.3 Nachrechnung der Lebensdauer der Reibpaarung (Verschleiß) L_B	249
29.7.4 Nachrechnung der Erwärmung	250
29.8 Sonderausführungen	252
29.8.1 Fliehkraftkupplung oder -bremse	252
29.8.2 Sicherheits- oder Anfahrrutschkupplung	253
29.8.3 Magnetpulverkupplung, Magnetflüssigkeitskupplung	254

29.8.4 Haltebremse	255
29.8.5 Leistungsbremse	255
29.9 Rechenschema und Beispiele	257
29.10 Literatur zu 29	264
30 Freilaufkupplungen (Rücklaufsperren, Überholkupplungen, schaltbare Freiläufe)	267
30.1 Überblick: Verwendung, Bauarten, Benennungen	267
30.1.1 Arbeitsweise: Formschlüssig — Reibschlüssig	269
30.1.2 Benennung	270
30.2 Zeichen und Einheiten	270
30.3 Freiläufe mit Klinkensperrung	270
30.3.1 Ausführungsarten, Verwendung	270
30.3.2 Konstruktionsdaten	271
30.3.3 Kräfte, Beanspruchungen, Ausführung	273
30.3.4 Berechnungsbeispiel	274
30.4 Freiläufe mit Klemmsperrung	274
30.4.1 Ausführungsarten, Verwendung	274
30.4.2 Grundlagen der Berechnung von Klemmfreiläufen	280
30.4.3 Schadensgrenzen, Gegenmaßnahmen	282
30.4.4 Bemessung, Gestaltung, Schmierung	285
30.4.5 Berechnungsbeispiel	289
30.5 Literatur zu 30	289
Sachverzeichnis	291