

Getriebetechnik

Grundlagen

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. E. h. Johannes Volmer,
Chemnitz



Verlag Technik Berlin

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Aufgaben und Inhalt der Getriebetechnik	1
1.2. Grundbegriffe	3
1.3. Hinweise zur Arbeit mit dem Lehrbuch und getriebetechnischer Literatur	10
2. Getriebesystematik	11
2.1. Aufbau der Getriebe	11
2.1.1. Getriebeglieder	11
2.1.2. Gelenke	12
2.1.2.1. Begriffe und Ordnung	12
2.1.2.2. Bewegungs- und Berührungsverhältnisse	13
2.1.2.3. Methoden zur Änderung der Bauform	16
2.1.2.4. Gelenkfreiheitsgrad	19
2.1.2.5. Überbestimmungen	22
2.1.2.6. Gelenkkombinationen	24
2.1.3. Getriebeorgane	25
2.2. Ordnung der Getriebe	26
2.2.1. Ordnungskriterien	26
2.2.2. Ordnung der Übertragungsgetriebe	27
2.2.3. Ordnung der Führungsgetriebe	30
2.3. Laufbedingungen in Getrieben	30
2.3.1. Zwanglauf und Getriebefreiheitsgrad	30
2.3.2. Sonderabmessungen in Getrieben	33
2.3.3. Kinematische Umkehr	35
2.4. Struktursystematik der Getriebe	36
2.4.1. Schematische Darstellung der Getriebe	37
2.4.2. Kinematische Ketten	38
2.4.3. Ebene Drehgelenkketten	39
2.4.4. Beschreibung ebener Getriebestrukturen	40
2.4.5. Abwandlung ebener Getriebestrukturen	42
2.4.6. Offene kinematische Ketten	44
2.4.7. Strukturanalyse ebener Getriebe	45
2.4.8. Struktursynthese ebener Getriebe	49
3. Getriebeanalyse kinematischer Parameter	54
3.1. Überblick	54
3.1.1. Aufgaben	54
3.1.2. Maßstäbe	54
3.1.3. Vektoralgebra	55
3.2. Bewegung eines Punktes	56
3.2.1. Grundbegriffe	56
3.2.2. Diagrammatische Darstellungen	59

3.3.	Bewegung einer Ebene	62
3.3.1.	Drehung (Rotation) einer Ebene um einen festen Drehpunkt	62
3.3.2.	Schiebung (Translation) einer Ebene	65
3.3.3.	Allgemeine ebene Bewegung einer Ebene	66
3.3.-3.1.	Geometrische Zusammenhänge	66
3.3.3.2.	Geschwindigkeitszustand	67
3.3.3.3.	Beschleunigungszustand	70
3.3.3.4.	Krümmungsverhältnisse	75
3.4.	Relative Bewegung von 3 Ebenen	77
3.4.1.	Grundlagen	77
3.4.2.	Winkelgeschwindigkeitsplan	79
3.4.3.	Geschwindigkeitszustand	81
3.4.4.	Beschleunigungszustand	82
3.4.5.	Ermittlung von Momentanpolen ebener Getriebe	84
3.4.6.	Übersetzung	87
3.4.7.	Drehschubstrecke	89
3.5.	Rechnerische kinematische Analyse	90
3.6.	Räumliche Bewegung von Körpern	98
3.6.1.	Räumliche Bewegung eines Körpers in einem Bezugssystem	98
3.6.2.	Relative räumliche Bewegung dreier Körper	98
3.6.3.	Grundlagen der rechnerischen Analyse	99
4.	Getriebeanalyse von Kraftgrößen	104
4.1.	Ordnung der Kraftgrößen	104
4.2.	Grundaufgaben	107
4.3.	Ermittlung kinetostatischer Parameter	110
4.3.1.	Grundlagen	110
4.3.2.	Masseparameter und ihre Bestimmung	115
4.3.3.	Trägheitskräfte der Glieder ebener Getriebe	116
4.3.4.	Kraft- und Massenreduktion	119
4.3.4.1.	Kraftreduktion	119
4.3.4.2.	Massenreduktion	120
4.4.	Dynamische Grundgleichung	122
4.5.	Kinetostatische Analyse ebener Getriebe	124
4.5.1.	Kraftanalyse	124
4.5.1.1.	Kraftanalyse nach dem Gelenkkraftverfahren	124
4.5.1.2.	Kraftanalyse nach dem Leistungsprinzip	127
4.5.1.3.	Antriebs- und Abtriebsmomentenermittlung	130
4.5.2.	Wittenbauersche Grundaufgaben	134
4.5.2.1.	I. Wittenbauersche Grundaufgabe	134
4.5.2.2.	II. Wittenbauersche Grundaufgabe	136
4.6.	Ausgleich von Kräften	139
4.6.1.	Lastausgleich	139
4.6.2.	Leistungsausgleich	141
4.6.3.	Massenausgleich	141
5.	Kurvengetriebe	144
5.1.	Einführung	144
5.2.	Ordnung der Kurvengetriebe	144
5.2.1.	Ebene Kurvengetriebe	144
5.2.2.	Räumliche Kurvengetriebe	144
5.2.3.	Kombinierte Kurvengetriebe	146
5.3.	Zwanglauf Sicherung und Ausbildung der Getriebeglieder	146

5.3.1.	Zwanglaufsicherung	146
5.3.2.	Kurvenglieder	147
5.3.3.	Eingriffsglieder	147
5.4.	Übertragungsfunktionen	148
5.4.1.	Kurvengetriebe als Übertragungsgetriebe	148
5.4.2.	Bewegungsgleichungen	148
5.4.3.	Bewegungsaufgaben	150
5.4.4.	Normierte Übertragungsfunktion	152
5.4.4.1.	Definitionen und Kennwerte	152
5.4.4.2.	Potenzgesetze	155
5.4.4.3.	Trigonometrische Bewegungsgesetze	160
5.4.4.4.	Kombinierte und modifizierte Bewegungsgesetze	162
5.4.4.5.	Bewegungsgesetze für schwingungsbehaftete Kurvengetriebe	162
5.5.	Ermittlung der Abmessungen	163
5.5.1.	Kriterien und Kenngrößen	163
5.5.2.	Kinematische Abmessungen	164
5.5.3.	Auswahl lauffähiger Kurvengetriebe	166
5.5.3.1.	Ebene Kurvengetriebe	166
5.5.3.2.	Zylinderkurvengetriebe	167
5.5.4.	Ermittlung ebener Kurvenkörper	168
5.5.4.1.	Konstruktion der Führungskurve (Rollenmittelpunktsbahn) und der Kurvenflanke (Arbeitskurve)	168
5.5.4.2.	Konstruktion eines Kurvengetriebes mit Nutkurvenscheibe und Rollenstößel	169
5.5.4.3.	Rechnerische Ermittlung	172
5.5.4.4.	Wahl des Rollenradius	174
5.5.4.5.	Sonderformen von Kurvenscheiben	175
5.6.	Kräfte und Momente in ebenen Kurvengetrieben	175
5.6.1.	Normalkraft im Kurvengelenk	175
5.6.2.	Rückstellkraft und Federauslegung	177
5.6.3.	Antriebsmoment	178
5.6.4.	Massenausgleich an Kurvenscheiben	179
5.7.	Festigkeitsberechnung und Gestaltung ebener Kurvengetriebe	179
5.7.1.	Wellen, Bolzen, Rollen	179
5.7.2.	Wälzpressung im Kurvengelenk und Werkstoffpaarungen	180
5.8.	Fertigung und Qualitätskontrolle der Kurvenkörper	181
6.	Koppelgetriebe	184
6.1.	Aufbau und Systematik ebener Koppelgetriebe	184
6.1.1.	4gliedrige Koppelgetriebe	185
6.1.1.1.	Viergelenkgetriebe	185
6.1.1.2.	Koppelgetriebe mit Schubgelenken	188
6.1.1.3.	Aufgaben	192
6.1.2.	6gliedrige Koppelgetriebe	193
6.1.3.	Koppelkurven	195
6.2.	Analyse ebener Koppelgetriebe	198
6.2.1.	Zeichnerische Analyse von Koppelgetrieben	198
6.2.1.1.	Kurbelschwinge	198
6.2.1.2.	Schubkurbel	200
6.2.1.3.	Antrieb des Druckformträgers eines Druckautomaten	201
6.2.1.4.	Tiefziehpresse	204
6.2.1.5.	Baggergetriebe	207
6.2.2.	Rechnerische Analyse von Koppelgetrieben	209

6.2.2.1.	Kurbelschwinge	209
6.2.2.2.	Schubkurbel	212
6.2.2.3.	Kreuzschubkurbel	213
6.2.2.4.	Kurbelschleife	214
6.2.2.5.	Schlittenantrieb einer Waagrechtstoßmaschine	215
6.2.2.6.	Scheibenwischergetriebe	216
6.3.	Synthese der Koppelgetriebe	219
6.3.1.	Einführung	219
6.3.1.1.	Aufgabenstellung	220
6.3.1.2.	Verfahren (Überblick)	221
6.3.2.	Synthese von Übertragungsgetrieben	222
6.3.2.1.	Viergelenkgetriebe	222
6.3.2.2.	Schubkurbel, Schubschwinge	228
6.3.2.3.	Kurbelschleife, Schwingschleife	231
6.3.2.4.	Koppelgetriebe mit 6 und mehr Gliedern	232
6.3.3.	Synthese von Führungsgetrieben	235
6.3.3.1.	Ebene Führung von Punkten	235
6.3.3.2.	Ebene Führung von Körpern	239
6.4.	Räumliche Koppelgetriebe	240
6.4.1.	Systematik	240
6.4.2.	Kinematische Analyse	242
7.	Rädergetriebe	247
7.1.	Ordnung	247
7.2.	Grundlagen der Verzahnung	249
7.2.1.	Grundgesetz der Verzahnung	249
7.2.2.	Evolventenverzahnung	250
7.2.3.	Eingriffsverhältnisse	253
7.3.	Standrädergetriebe	254
7.3.1.	Einstufige Stirnrädergetriebe	254
7.3.1.1.	Geometrie der Geradzahnräder	254
7.3.1.2.	Geometrie der Schrägzahnräder	257
7.3.1.3.	Beispiele	261
7.3.1.4.	Übersetzung	263
7.3.1.5.	Kräfte	263
7.3.1.6.	Tragfähigkeit	265
7.3.2.	Einstufige Kegelrädergetriebe	266
7.3.2.1.	Geometrie	267
7.3.2.2.	Übersetzung	270
7.3.2.3.	Kräfte	271
7.3.2.4.	Beispiel	272
7.3.3.	Schneckengetriebe	273
7.3.3.1.	Geometrie	274
7.3.3.2.	Übersetzung	276
7.3.3.3.	Kräfte	277
7.3.4.	Schraubenrädergetriebe	278
7.3.5.	Mehrstufige Zahnrädergetriebe	280
7.4.	Umlaufrädergetriebe	282
7.4.1.	Bauformen	283
7.4.2.	Übersetzung	284
7.4.3.	Beispiel	284
7.4.4.	Kräfte und Momente (ohne Verluste)	285
7.4.5.	Leistungen und Wirkungsgrad	286

7.4.6.	Umlaufrädergetriebe mit hoher Übersetzung	286
7.4.6.1.	Aufbau.	286
7.4.6.2.	Übersetzung	286
7.4.6.3.	Wellgetriebe.	287
7.5.	Reibkörpergetriebe.	288
7.5.1.	Grundformen und Ordnung.	288
7.5.2.	Kräfte.	290
7.5.3.	Beanspruchung	291
7.6.	Radlinien	292
7.6.1.	Erzeugung und Ordnung.	292
7.6.2.	Technische Anwendung.	294
8.	Zug- und Druckmittelgetriebe.	295
8.1.	Ordnung und Eigenschaften.	295
8.2.	Riemengetriebe.	296
8.2.1.	Geometrische Parameter.	296
8.2.2.	Flachriemengetriebe.	297
8.2.3.	Keilriemengetriebe.	298
8.2.3.1.	Aufbau und Wirkungsweise.	298
8.2.3.2.	Berechnung	300
8.3.	Kettengetriebe.	306
8.3.1.	Aufbau und Wirkungsweise.	306
8.3.2.	Kettenarten.	306
8.3.3.	Bewegungsübertragung	307
8.3.4.	Berechnung	308
8.4.	Zahnriemengetriebe.	312
8.5.	Bandgetriebe.	314
8.6.	Druckmittelgetriebe.	315
9.	Schraubengetriebe.	317
9.1.	Aufbau.	317
9.2.	Systematik	318
9.3.	Berechnungsgrundlagen.	319
9.3.1.	Bezeichnungen.	319
9.3.2.	Kräfte im Schraubgelenk.	320
9.3.3.	Wirkungsgrad des Schraubgelenks.	321
9.3.4.	Belastbarkeit von Schraubengetrieben.	322
9.4.	Besondere Schraubenformen.	322
10.	Kombinierte Getriebe.	323
10.1.	Kombinationsarten.	323
10.2.	Kombinationen mit Kurvengetrieben.	325
10.3.	Räderkoppelgetriebe.	325
11.	Schrittgetriebe.	327
11.1.	Bewegungscharakteristik.	327
11.2.	Malteserkreuzgetriebe.	328
11.2.1.	Aufbau und Typen.	328
11.2.2.	Abmessungen.	328
11.3.	Sternradgetriebe.	331
11.4.	Räderkurvenschrittgetriebe.	332
11.5.	Kurvenschrittgetriebe.	333
11.5.1.	Ebene Kurvenschrittgetriebe.	333

11.5.2. Räumliche Kurvenschrittgetriebe.	334
11.6. Schrittgetriebe mit momentanen Stillständen.	335
12. Werke.	337
12.1. Begriffe und Ordnung.	337
12.2. Schrittwerke.	337
12.3. Spannwerke.	338
12.4. Sprungwerke.	339
Literaturverzeichnis.	341
Sachwörterverzeichnis.	349