

Johannes Volmer  
Herausgeber

# GETRIEBETECHNIK

## Leitfaden

Erarbeitet von zahlreichen Autoren

Mit einem Anhang: Gegenüberstellung der im Buch  
genannten Normblätter nach TGL und DIN.

3., bearbeitete Auflage

**Vieweg**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einführung</b> .....	13
1.1. Aufgaben und Inhalt der Getriebetechnik .....	13
1.2. Grundbegriffe .....	15
1.3. Hinweise zur Arbeit mit dem Leitfaden und getriebetechnischer Literatur	21
<b>2. Systematik der Getriebe</b> .....	23
2.1. Getriebeglieder .....	23
2.2. Gelenke .....	24
2.2.1. Begriffe und Ordnung .....	24
2.2.2. Bewegungs- und Berührungsverhältnisse in Gelenken .....	24
2.2.3. Gelenkfreiheitsgrad .....	27
2.2.4. Gelenkkombinationen .....	30
2.2.5. Überbestimmungen an Gelenken .....	31
2.3. Getriebeorgane .....	34
2.4. Ordnung der Getriebe .....	35
2.5. Zwanglauf und Getriebefreiheitsgrad .....	38
2.6. Struktur ebener Getriebe .....	42
2.6.1. Schematische Getriebedarstellung .....	42
2.6.2. Kinematische Kette .....	44
2.6.3. Entwicklung ebener Drehgelenkketten .....	45
2.6.4. Mathematische Beschreibung ebener Getriebestrukturen .....	47
2.6.5. Abwandlung von Getriebestrukturen .....	49
2.6.6. Strukturanalyse ebener Getriebe .....	50
2.7. Systementwurf von Getrieben (Struktursynthese) .....	53
2.8. Methoden zur Umformung von Getrieben .....	54
2.8.1. Gelenkelement-Erweiterung .....	57
2.8.2. Gelenkelement-Umkehrung .....	58
2.8.3. Formenwechsel .....	58
2.8.4. Kinematische Umkehr .....	59
2.9. Sonderabmessungen in Getrieben (übergeschlossene Getriebe) .....	60
<b>3. Grundlagen der Getriebeanalyse</b> .....	63
3.1. Überblick .....	63
3.1.1. Aufgaben .....	63
3.1.2. Maßstäbe .....	63
3.1.3. Vektoralgebra .....	64
3.2. Getriebekinematik .....	65
3.2.1. Bewegung eines Punktes .....	65
3.2.1.1. Grundbegriffe .....	65
3.2.1.2. Diagrammatische Darstellungen .....	68
3.2.2. Drehung (Rotation) einer Ebene um einen festen Drehpunkt .....	71
3.2.3. Schiebung (Translation) einer Ebene .....	74
3.2.4. Allgemeine ebene Bewegung einer Ebene .....	75

3.2.4.1. Geometrische Zusammenhänge .....	75
3.2.4.2. Geschwindigkeitszustand .....	76
3.2.4.3. Beschleunigungszustand .....	79
3.2.4.4. Aufgaben .....	82
3.2.4.5. Krümmungsverhältnisse .....	86
3.2.5. Relative Bewegung von 3 Ebenen .....	87
3.2.5.1. Grundlagen .....	87
3.2.5.2. Winkelgeschwindigkeitsplan .....	89
3.2.5.3. Geschwindigkeitszustand .....	91
3.2.5.4. Beschleunigungszustand .....	93
3.2.5.5. Ermittlung von Momentanpolen ebener Getriebe .....	94
3.2.5.6. Übersetzungsverhältnisse .....	97
3.2.5.7. Drehschubstrecke .....	100
3.2.6. Rechnerische kinematische Analyse .....	101
3.2.7. Räumliche Bewegung von Körpern .....	103
3.2.7.1. Räumliche Bewegung eines Körpers in einem Bezugssystem .....	103
3.2.7.2. Relative räumliche Bewegung dreier Körper .....	104
3.3. Getriebedynamik (Kinetik) .....	105
3.3.1. Überblick .....	105
3.3.2. Ordnung der Kräfte .....	105
3.3.3. Grundlagen der Kinetostatik .....	106
3.3.4. Kraftanalyse .....	113
3.3.4.1. Kraftanalyse durch Zerlegen in Gliedergruppen .....	113
3.3.4.2. Kraftanalyse nach dem Leistungsprinzip .....	116
3.3.5. Kinetik .....	120
3.3.5.1. Dynamische Parameter und ihre Bestimmung .....	120
3.3.5.2. Trägheitskräfte der Glieder ebener Getriebe .....	121
3.3.5.3. Antriebsmomentenbestimmung in Getrieben mit Trägheitsbelastung am Abtriebsglied .....	124
3.3.5.4. Kraft- und Massenreduktion .....	126
3.3.5.5. Dynamische Grundgleichung .....	128
3.3.6. Dynamische Analyse ebener Mechanismen .....	130
3.3.6.1. I. Wittenbauersche Grundaufgabe .....	130
3.3.6.2. II. Wittenbauersche Grundaufgabe .....	131
3.3.7. Dynamischer Ausgleich .....	132
4. Koppelgetriebe .....	135
4.1. Aufbauelemente und Klassifizierung der ebenen Koppelgetriebe .....	135
4.2. 4gliedrige Koppelgetriebe .....	136
4.2.1. Viergelenkgetriebe .....	136
4.2.2. Getriebe der Schubkurbelkette .....	139
4.2.3. Getriebe der Kreuzschubkurbelkette .....	142
4.2.4. Schubschleifen .....	143
4.2.5. Aufgaben .....	143
4.3. 6gliedrige Koppelgetriebe .....	145
4.4. Koppelkurven .....	146
4.5. Analyse von Koppelgetrieben .....	149
4.5.1. Zeichnerische Analyse von Koppelgetrieben .....	149
4.5.1.1. Kurbelschwinge .....	149
4.5.1.2. Schubkurbel .....	151
4.5.1.3. Antrieb des Druckformträgers eines Druckautomaten .....	153
4.5.1.4. Tiefziehpresse .....	155

4.5.1.5. Waagerechte .....	
4.5.1.6. Typenhebel .....	
4.5.1.7. Baggergetriebe .....	
4.5.1.8. Scheibenwischer .....	
4.5.2. Rechnerische Synthese .....	
4.5.2.1. Zentrische Synthese .....	
4.5.2.2. Rechtwinklige Synthese .....	
4.5.2.3. Zentrische Koppelgetriebe .....	
4.5.2.4. Bewegung von Koppelgetrieben .....	
4.5.3. Analyse von Koppelgetrieben .....	
4.6. Synthese der Koppelgetriebe .....	
4.6.1. Einführung .....	
4.6.1.1. Aufgabenstellung .....	
4.6.1.2. Verfahren (Typen) .....	
4.6.2. Synthese von Koppelgetrieben .....	
4.6.2.1. Viergelenkgetriebe .....	
4.6.2.2. Schubkurbelgetriebe .....	
4.6.2.3. Kurbelschleifen .....	
4.6.2.4. Koppelgetriebe .....	
4.6.3. Synthese von Koppelgetrieben .....	
4.6.3.1. Ebene Führung .....	
4.6.3.2. Ebene Führung .....	
4.7. Räumliche Koppelgetriebe .....	
5. Kurvengetriebe .....	
5.1. Einführung .....	
5.2. Ordnung der Kurvengetriebe .....	
5.2.1. Ebene 3gliedrige .....	
5.2.2. Ebene mehrgliedrig .....	
5.2.3. Räumliche .....	
5.3. Zwanglaufsicherung .....	
5.3.1. Zwanglaufsicherung .....	
5.3.2. Kurvenglied .....	
5.3.3. Eingriffsglied .....	
5.4. Übertragungsfunktion .....	
5.4.1. Kurvengetriebe .....	
5.4.2. Bewegungsgang .....	
5.4.3. Bewegungsgang .....	
5.4.4. Symmetrische Übertragung .....	
5.4.4.1. Normierte Übertragung .....	
5.4.4.2. Auswahl der Übertragung .....	
5.4.4.3. Ermittlung der Übertragung .....	
5.4.5. Übertragung .....	
5.5. Ermittlung der Abmessungen .....	
5.5.1. Kinematische Abmessungen .....	
5.5.1.1. Bezeichnungen .....	
5.5.1.2. Grundlagen der Abmessungen .....	
5.5.1.3. Zeichnerische Abmessungen .....	

4.5.1.5.	Waagrechtstoßmaschine .....	159
4.5.1.6.	Typenhebelgetriebe einer Schreibmaschine .....	161
4.5.1.7.	Baggergetriebe .....	163
4.5.1.8.	Scheibenwischergetriebe .....	165
4.5.2.	Rechnerische Analyse von Koppelgetrieben .....	167
4.5.2.1.	Zentrische Schubkurbel .....	168
4.5.2.2.	Rechtwinklige Kreuzschubkurbel .....	169
4.5.2.3.	Zentrische Kurbelschleife .....	169
4.5.2.4.	Bewegung von Koppelpunkten .....	170
4.5.3.	Analyse von Koppelgetrieben mit Hilfe von Rechenanlagen .....	172
4.6.	Synthese der Koppelgetriebe .....	175
4.6.1.	Einführung .....	175
4.6.1.1.	Aufgabenstellung .....	176
4.6.1.2.	Verfahren (Überblick) .....	177
4.6.2.	Synthese von Übertragungsgetrieben .....	178
4.6.2.1.	Viergelenkgetriebe .....	178
4.6.2.2.	Schubkurbel, Schubschwinde .....	184
4.6.2.3.	Kurbelschleife, Schwingschleife .....	187
4.6.2.4.	Koppelgetriebe mit 6 und mehr Gliedern .....	188
4.6.3.	Synthese von Führungsgetrieben .....	192
4.6.3.1.	Ebene Führung von Punkten .....	192
4.6.3.2.	Ebene Führung von Körpern .....	195
4.7.	Räumliche Koppelgetriebe .....	196
5.	Kurvengetriebe .....	201
5.1.	Einführung .....	201
5.2.	Ordnung der Kurvengetriebe .....	201
5.2.1.	Ebene 3gliedrige Kurvengetriebe .....	201
5.2.2.	Ebene mehrgliedrige Kurvengetriebe .....	202
5.2.3.	Räumliche Kurvengetriebe .....	202
5.3.	Zwanglaufsicherung und Ausbildung des Getriebeglieder .....	202
5.3.1.	Zwanglaufsicherung .....	202
5.3.2.	Kurvenglieder .....	204
5.3.3.	Eingriffsglieder .....	204
5.4.	Übertragungsfunktionen .....	205
5.4.1.	Kurvengetriebe als Übertragungsgetriebe .....	205
5.4.2.	Bewegungsgleichungen .....	206
5.4.3.	Bewegungsaufgaben .....	207
5.4.4.	Symmetrische Übertragungsfunktionen für die Rast-in-Rast-Bewegung .....	209
5.4.4.1.	Normierte Übertragungsfunktionen .....	209
5.4.4.2.	Auswahl der normierten Übertragungsfunktionen .....	211
5.4.4.3.	Ermittlung der Funktionswerte der Bewegungsgleichungen .....	213
5.4.5.	Übertragungsfunktionen für beliebige Bewegungsaufgaben .....	214
5.5.	Ermittlung der Abmessungen ebener Kurvengetriebe .....	215
5.5.1.	Kinematische Abmessungen .....	215
5.5.1.1.	Bezeichnungen und Festlegungen .....	215
5.5.1.2.	Grundlagen für die zeichnerische Ermittlung der kinematischen Abmessungen .....	216
5.5.1.3.	Zeichnerisches Verfahren nach <i>Flocke</i> .....	218

5.5.2.	Ermittlung der Kurvenscheibe .....	219
5.5.2.1.	Konstruktion der Führungskurve (Rollenmittelpunktsbahn) .....	219
5.5.2.2.	Ermittlung der Arbeitskurve .....	220
5.5.2.3.	Berechnung der Führungs- und Arbeitskurve .....	220
5.5.3.	Sonderformen von Kurvenscheiben .....	221
5.5.4.	Lehrbeispiele zur Synthese von ebenen 3gliedrigen Kurvengetrieben .....	221
5.5.4.1.	Ermittlung einer symmetrischen normierten Übertragungsfunktion .....	221
5.5.4.2.	Konstruktion eines Kurvengetriebes mit Nutkurvenscheibe und Rollenstößel .....	222
5.5.4.3.	Konstruktion eines Kurvengetriebes mit Nutkurvenscheibe und Rollenhebel .....	225
5.6.	Kräfte und Momente in ebenen Kurvengetrieben .....	226
5.6.1.	Normalkraft im Kurvengelenk .....	226
5.6.2.	Rückstellkraft .....	228
5.6.3.	Antriebsmoment .....	228
5.6.4.	Massenausgleich an Kurvenscheiben .....	228
5.6.5.	Lehrbeispiel zur Bestimmung des Antriebsmoments eines Kurvengetriebes .....	229
5.7.	Festigkeitsberechnung und Gestaltung ebener Kurvengetriebe .....	229
5.7.1.	Wellen, Bolzen, Rollen .....	229
5.7.2.	Wälzpressung im Kurvengelenk und Werkstoffpaarungen .....	230
5.8.	Fertigung der Kurvenscheiben .....	231
6.	Zahnradgetriebe .....	233
6.1.	Ordnung .....	233
6.2.	Grundlagen der Verzahnung .....	235
6.2.1.	Grundgesetz der Verzahnung .....	235
6.2.2.	Evolventenverzahnung .....	237
6.2.3.	Eingriffsverhältnisse .....	240
6.3.	Einstufige Zahnradgetriebe .....	241
6.3.1.	Stirnradgetriebe .....	241
6.3.1.1.	Geometrie der Geradzahnräder .....	241
6.3.1.2.	Geometrie der Schrägzahnräder .....	245
6.3.1.3.	Beispiele .....	248
6.3.1.4.	Kinematik .....	251
6.3.1.5.	Kräfte .....	252
6.3.1.6.	Tragfähigkeitsberechnung .....	254
6.3.1.7.	Konstruktive Gestaltung und Angaben auf den Zeichnungen .....	262
6.3.1.8.	Entwurfsberechnung .....	264
6.3.1.9.	Beispiel .....	266
6.3.2.	Kegelradgetriebe .....	269
6.3.2.1.	Geometrie .....	270
6.3.2.2.	Kinematik .....	273
6.3.2.3.	Kräfte .....	274
6.3.2.4.	Beispiel .....	275
6.3.3.	Schneckengetriebe .....	276
6.3.3.1.	Geometrie .....	277
6.3.3.2.	Kinematik .....	279
6.3.3.3.	Kräfte .....	280
6.3.4.	Schraubenradgetriebe .....	281

6.4.	Mehrstufige Zahnradgetriebe .....
6.5.	Umlaufzahnradgetriebe .....
6.5.1.	Bauformen .....
6.5.2.	Übersetzungsverhältnisse .....
6.5.3.	Beispiel .....
6.5.4.	Kräfte und Momente .....
6.5.5.	Leistungen .....
6.6.	Radlinien .....
6.6.1.	Erzeugung .....
6.6.2.	Technische Ausführung .....
7.	Reibkörpergetriebe .....
7.1.	Grundformen und Ordnungen .....
7.2.	Kräfte .....
7.3.	Pressung .....
8.	Schraubengetriebe .....
8.1.	Aufbau .....
8.2.	Systematik .....
8.3.	Berechnungsgrundlagen .....
8.3.1.	Bezeichnung .....
8.3.2.	Kräfte im Schraubengelenk .....
8.3.3.	Wirkungsgrade .....
8.3.4.	Belastbarkeit .....
8.4.	Besondere Schraubengetriebe .....
9.	Zugmittelgetriebe .....
9.1.	Ordnung und Eigenschaften .....
9.2.	Riemengetriebe .....
9.2.1.	Flachriemen .....
9.2.1.1.	Umschlingung .....
9.2.1.2.	Kräfte und Momente .....
9.2.1.3.	Berechnungen .....
9.2.2.	Keilriemengetriebe .....
9.2.2.1.	Aufbau und Eigenschaften .....
9.2.2.2.	Kräfte .....
9.2.2.3.	Berechnungen .....
9.2.2.4.	Berechnungen .....
9.3.	Kettengetriebe .....
9.3.1.	Aufbau und Eigenschaften .....
9.3.2.	Kettenarten .....
9.3.3.	Kinematik .....
9.3.4.	Berechnungen .....
9.3.5.	Berechnungen .....
9.4.	Zahnriemengetriebe .....
9.5.	Bandgetriebe .....
10.	Druckmittelgetriebe .....
11.	Kombinierte Getriebe .....
11.1.	Kombinationsarten .....
11.2.	Räderkoppelgetriebe .....

219	6.4. Mehrstufige Zahnradgetriebe .....	283
219	6.5. Umlaufrädergetriebe .....	285
220	6.5.1. Bauformen .....	286
220	6.5.2. Übersetzungsverhältnisse .....	286
221	6.5.3. Beispiel .....	287
221	6.5.4. Kräfte und Momente (ohne Verluste) .....	288
221	6.5.5. Leistungen und Wirkungsgrade .....	289
222	6.6. Radlinien .....	290
225	6.6.1. Erzeugung und Ordnung .....	290
225	6.6.2. Technische Anwendung .....	293
226	<b>7. Reibkörpergetriebe .....</b>	<b>295</b>
226	7.1. Grundformen und Ordnung .....	295
228	7.2. Kräfte .....	297
228	7.3. Pressung .....	298
228	<b>8. Schraubgetriebe .....</b>	<b>301</b>
229	8.1. Aufbau .....	301
229	8.2. Systematik .....	301
229	8.3. Berechnungsgrundlagen .....	302
230	8.3.1. Bezeichnungen .....	302
230	8.3.2. Kräfte im Schraubgelenk .....	303
231	8.3.3. Wirkungsgrad des Schraubgelenks .....	304
231	8.3.4. Belastbarkeit von Schraubgetrieben .....	305
233	8.4. Besondere Schraubenformen .....	306
233	<b>9. Zugmittelgetriebe .....</b>	<b>307</b>
235	9.1. Ordnung und Eigenschaften .....	307
235	9.2. Riemengetriebe .....	308
237	9.2.1. Flachriemengetriebe .....	309
240	9.2.1.1. Umschlingungswinkel und Riemenlänge .....	309
241	9.2.1.2. Kräfte und Spannungen am Flachriemengetriebe .....	310
241	9.2.1.3. Berechnungsbeispiel .....	313
241	9.2.2. Keilriemengetriebe .....	314
245	9.2.2.1. Aufbau und Wirkungsweise .....	314
248	9.2.2.2. Kräfte .....	314
251	9.2.2.3. Berechnungstafel .....	315
252	9.2.2.4. Berechnungsbeispiel .....	315
254	9.3. Kettengetriebe .....	322
262	9.3.1. Aufbau und Wirkungsweise .....	322
264	9.3.2. Kettenarten .....	324
266	9.3.3. Kinematik des Kettengetriebes .....	325
269	9.3.4. Berechnung der Kettengetriebe .....	326
270	9.3.5. Berechnungsbeispiel .....	329
273	9.4. Zahnriemengetriebe .....	330
274	9.5. Bandgetriebe .....	330
275	<b>10. Druckmittelgetriebe .....</b>	<b>333</b>
277	<b>11. Kombinierte Getriebe .....</b>	<b>335</b>
279	11.1. Kombinationsarten .....	335
280	11.2. Räderkoppelgetriebe .....	336
281		

11.3. Räderkurvengetriebe .....	336
11.4. Kettenkurvengetriebe .....	337
<b>12. Stufenlos verstellbare Getriebe zur Drehzahl-Drehmoment-Wandlung .....</b>	<b>339</b>
12.1. Überblick .....	339
12.2. Grundbegriffe .....	340
12.3. Mechanische stufenlos verstellbare Getriebe .....	340
12.3.1. Wirkungsweise und Anwendung .....	340
12.3.2. Reibrädergetriebe .....	341
12.3.3. Zugmittelgetriebe .....	343
12.3.4. Freilaufgetriebe .....	343
12.4. Hydraulische stufenlos verstellbare Getriebe .....	345
12.4.1. Hydrostatische Getriebe .....	345
12.4.2. Hydrodynamische Getriebe .....	347
12.5. Kombinierte Getriebe zur Drehzahl-Drehmoment-Wandlung .....	391
<b>13. Schrittgetriebe .....</b>	<b>355</b>
13.1. Bewegungscharakteristik .....	355
13.2. Malteserkreuzgetriebe .....	356
13.2.1. Aufbau und Typen .....	356
13.2.2. Abmessungen .....	357
13.3. Sternradgetriebe .....	359
13.4. Räderkurvenschrittgetriebe .....	362
13.5. Kurvenschrittgetriebe .....	362
13.6. Schrittgetriebe mit momentanen Stillständen .....	364
<b>14. Werke .....</b>	<b>367</b>
14.1. Begriffe und Ordnung .....	367
14.2. Schrittwerke .....	367
14.3. Spannwerke .....	368
14.4. Sprungwerke .....	368
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>371</b>
<b>Sachwörterverzeichnis .....</b>	<b>379</b>

## I. EINFÜHRUNG

### 1.1. Aufgaben und Inhalt

Die schöpferische Tätigkeit ist die Aufgabe des Ingenieurs, neue oder verbesserte technische Stoffe zu hochwertigen Maschinen, Anlagen und Geräten zu schaffen. Dem Ingenieur steht dabei die Aufgabe der Konstruktion, der Fertigung und der Instandhaltung der be- oder verarbeitenden Maschinen, Anlagen und Geräte als logischen Parameter funktioneller Erprobung vorzunehmen und der Lösung dieser Aufgaben der Maschinenbauingenieurwissenschaften und der Maschinenbau-Technologien. Wichtige Vorarbeiten stellen neben anderen die Grundlagen- und Ingenieurwissenschaften dar. In der Getriebetechnik wird das Zusammenwirken einzelner Maschinen und Geräten erforscht und die Erscheinungsformen der Getriebe und Gesetzmäßigkeiten herausgefunden. Die Analyse der Eigenschaften und der gewonnenen Erkenntnisse werden zur Weiterentwicklung der Getriebe in der Ausbildung der Maschinenbauingenieure und Techniker im Lehrgebiet Getriebetechnik und im wissenschaftlichen Bereich der Getriebelehre insoweit vermittelt, daß sich der ausgebildete Ingenieur eine Aufgabe jederzeit durch Spezialkenntnisse lösen kann. Trotz der wachsenden Bedeutung der Getriebe bei Neuentwicklungen der Mechanisierung- und Automatisierung zum großen Teil mit mechanischen Mitteln, werden die Aufgaben der Getriebe und Gerätebaus eine Vielzahl von Varianten ermöglichen, systematisch die besten Varianten auszuwählen, getriebetechnische Aufgaben der besten Varianten zu lösen. Diese Schritte der Entwicklung der Getriebe sind wissenschaftlichen Arbeitsverfahren beim heutigen Stand der Technik und kostspielig. An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß die gefaßten Grundlagen über die bekannten *technischen Systeme*