

GETRIEBETECHNIK

Leitfaden

Johannes Volmer
Herausgeber

GETRIEBETECHNIK

Leitfaden

Erarbeitet von zahlreichen Autoren

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

Vieweg

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Getriebetechnik: Leitf./Johannes Volmer, Hrg.

Erarb. von zahlr. Autoren. [Autoren: Rolf Bauer ...]. Mit e. Anh.:

Gegenüberstellung der im Buch genannten Normblätter nach TGL und DIN.

1. Aufl. – Braunschweig: Vieweg, 1978.

(Viewegs Fachbücher der Technik)

ISBN 978-3-528-04096-3 ISBN 978-3-322-93799-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-93799-5

NE: Volmer, Johannes [Hrg.]

Autoren:

Dipl.-Ing. *Rolf Bauer*, Zwickau (Abschnitte 7., 9. und 12.3.)

Dipl.-Ing. *Reimar Brock*, Karl-Marx-Stadt (Abschnitte 3.1., 3.2. und 4.5.)

Dr.-Ing. *Christian Hammerschmidt*, Karl-Marx-Stadt (Abschn. 13.)

Dipl.-Ing. *Winfried Hirsch*, Karl-Marx-Stadt (Abschn. 6.)

Dr.-Ing. *Bernhard Hüther*, Karl-Marx-Stadt (Abschn. 5.)

Dr.-Ing. *Peter Jacobi*, Karl-Marx-Stadt (Abschnitte 3.2.6., 3.3. und 4.5.)

Dipl.-Ing. *Friedrich-Wilhelm Jeute*, Karl-Marx-Stadt (Abschn. 1.)

Dipl.-Ing. *Günter Just*, Karl-Marx-Stadt (Abschn. 5.)

Ing. *Wolfgang Müller*, Görlitz (Abschnitte 2., 4. 1. bis 4.3.)

Obering. *Walter Neßler*, Magdeburg (Abschn. 6.)

Dipl.-Ing. *Gert Thiel*, Dresden (Abschnitte 8., 10., 11., 12. und 14.)

Prof.-Dr.-Ing. habil. *Johannes Volmer*, Karl-Marx-Stadt (Abschnitte 1., 4.4., 4.6. und 4.7.)

unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. *Horst Bütow*, Magdeburg

Dipl.-Ing. *Manfred Holland*, Magdeburg

Studiendirektor Dipl.-Ing. *Gerhard Jokisch*, Leipzig

Dipl.-Ing. *Rudolf Klesse*, Magdeburg

Lizenzausgabe der Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1978
© VEB Verlag Technik, Berlin, 1978

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza

VORWORT

Unter den Bauelementen, die am Energie- und Informationsfluß in den Maschinen und Geräten beteiligt sind, nehmen die Getriebe einen besonderen Platz ein. Von ihrer Leistungsfähigkeit hängen meist Produktivität, Zuverlässigkeit und Gebrauchswert der Erzeugnisse ab. Die Getriebetechnik beschäftigt sich mit den Eigenschaften der Getriebe und stellt wissenschaftlich begründete Verfahren für ihre Auslegung bereit. Sie ist eine der grundlegenden Ingenieurwissenschaften mit Querschnittscharakter und hat als Lehrfach ihren festen Platz in den Studienplänen für die Ausbildung von Konstrukteuren und Technologen vieler Fachrichtungen des Maschinen- und Gerätebaus.

Erstmalig ist mit dem vorliegenden Buch ein Lehrwerk geschaffen worden, in dem alle Getriebe als eine einheitliche Klasse von Bauelementen, d. h. in dem alle quantitativen mechanischen Wandler als eine Gruppe der technischen Systeme behandelt werden. Das erfolgt in geschlossener Form und auf gemeinsamer Grundlage der Struktur- und Funktionsanalyse. Damit kann der Zustand überwunden werden, die einzelnen Getriebearten in verschiedenen Lehrfächern zu behandeln. Sicherlich gereicht das dem Studierenden zum Vorteil und entspricht dem Streben nach höherem Niveau und größerer Effektivität in der Ausbildung und Erziehung.

Der Umfang des Buches entspricht den Grundlagen, die der zukünftige Konstrukteur des Maschinenbaus an der Fachschule studiert. Der Aufbau des Buches ist so gestaltet, daß für Studierende anderer Fachrichtungen eine Stoffauswahl vorgenommen werden kann. Für tiefergehende Studien muß auf das Getriebetechnik-Lehrbuch verwiesen werden. In diesem Sinn ist dieses Buch ein Leitfaden, der den Studierenden zu den grundlegenden Erkenntnissen des weitreichenden Wissenschaftsgebiets führt und dessen Studium ihm hilft, die für eine erfolgreiche Ingenieurtätigkeit in der Volkswirtschaft notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu erwerben. Auf ausführliche Literaturangaben für den Erwerb spezieller Kenntnisse ist bewußt verzichtet worden. Dafür sei auf die anderen Titel der Buchreihe Getriebetechnik und auf die Informationsmöglichkeiten bei der Dokumentationsstelle „Getriebetechnik“ an der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt hingewiesen.

Der Leitfaden ist von einem Kollektiv erfahrener Hoch- und Fachschullehrer verfaßt worden. Sie sind darum bemüht gewesen, eine sinnvolle Auswahl des Stoffes zu treffen und diesen mit größter Anschaulichkeit darzustellen. Das ausgewählte Bildmaterial von praktisch ausgeführten Getrieben soll helfen, die Brücke zwischen der notwendigen Abstraktion in den schematischen Darstellungen und der Wirklichkeit zu schlagen. Die zahlreichen Lehrbeispiele und Aufgaben ermöglichen dem Studenten eine Stoffaneignung im Selbststudium. Der Leitfaden ist deshalb auch für das Fernstudium geeignet. Alle verwendeten Begriffe und Symbole entsprechen den verbindlichen Standards und Empfehlungen.

Autorenkollektiv und Herausgeber danken allen, die die Erarbeitung dieses Buches unterstützt haben. Besonderer Dank gilt dem Institut für Fachschulwesen für die Koordinierung und Betreuung des Projekts. Dem Verlag Technik ist besonders für die schnelle Herausgabe des Buches und dessen gute Ausstattung zu danken.

Hinweise und Vorschläge, die der Weiterentwicklung des Buches dienen, nehmen der Herausgeber und das Institut für Fachschulwesen immer dankbar entgegen.

Die vorliegende Lizenzausgabe für den Verlag Vieweg enthält im Anhang für den Leser in der Bundesrepublik Deutschland eine Gegenüberstellung der im Buch genannten Normblätter nach TGL und DIN.

Johannes Volmer

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung	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
2. Systematik der Getriebe	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
3. Grundlagen der Getriebeanalyse	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.	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, Schubschwinge	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.	Stirnrädergetriebe	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.	Kegelrädergetriebe	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.	Schraubenrädergetriebe	281

6.4. Mehrstufige Zahnradgerichte	283
6.5. Umlaufrädergetriebe	285
6.5.1. Bauformen	286
6.5.2. Übersetzungsverhältnisse	286
6.5.3. Beispiel	287
6.5.4. Kräfte und Momente (ohne Verluste)	288
6.5.5. Leistungen und Wirkungsgrade	289
6.6. Radlinien	290
6.6.1. Erzeugung und Ordnung	290
6.6.2. Technische Anwendung	293
7. Reibkörpergetriebe	295
7.1. Grundformen und Ordnung	295
7.2. Kräfte	297
7.3. Pressung	298
8. Schraubengerichte	301
8.1. Aufbau	301
8.2. Systematik	301
8.3. Berechnungsgrundlagen	302
8.3.1. Bezeichnungen	302
8.3.2. Kräfte im Schraubgelenk	303
8.3.3. Wirkungsgrad des Schraubgelenks	304
8.3.4. Belastbarkeit von Schraubengerichten	305
8.4. Besondere Schraubenformen	306
9. Zugmittelgetriebe	307
9.1. Ordnung und Eigenschaften	307
9.2. Riemengetriebe	308
9.2.1. Flachriemengetriebe	309
9.2.1.1. Umschlingungswinkel und Riemenlänge	309
9.2.1.2. Kräfte und Spannungen am Flachriemengetriebe	310
9.2.1.3. Berechnungsbeispiel	313
9.2.2. Keilriemengetriebe	314
9.2.2.1. Aufbau und Wirkungsweise	314
9.2.2.2. Kräfte	314
9.2.2.3. Berechnungstafel	315
9.2.2.4. Berechnungsbeispiel	315
9.3. Kettengerichte	322
9.3.1. Aufbau und Wirkungsweise	322
9.3.2. Kettenarten	324
9.3.3. Kinematik des Kettengerichtes	325
9.3.4. Berechnung der Kettengerichte	326
9.3.5. Berechnungsbeispiel	329
9.4. Zahnriemengetriebe	330
9.5. Bandgetriebe	330
10. Druckmittelgetriebe	333
11. Kombinierte Gerichte	335
11.1. Kombinationsarten	335
11.2. Räderkoppelgetriebe	336

11.3. Räderkurvengetriebe	336
11.4. Kettenkurvengetriebe	337
12. Stufenlos verstellbare Getriebe zur Drehzahl-Drehmoment-Wandlung	339
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
13. Schrittgetriebe	355
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
14. Werke	367
14.1. Begriffe und Ordnung	367
14.2. Schrittwerke	367
14.3. Spannwerke	368
14.4. Sprungwerke	368
Literaturverzeichnis	371
Sachwörterverzeichnis	379