

j  
!  
Kurt Luck

Karl-Heinz Modler

# Getriebetechnik

Analyse

Synthese

Optimierung

Springer-Verlag Wien New York

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	1
2.	Getriebesystematik	5
2.1.	Gelenke und deren Freiheitsgrade	5
2.1.1.	Einteilung der Gelenke	5
2.1.2.	Gelenkfreiheitsgrad	8
2.1.3.	Elementerweiterung und Formenwechsel	12
2.2.	Glieder und Organe	14
2.3.	Ordnung der Getriebe	15
2.4.	Aufbauregeln für Getriebe	17
2.4.1.	Zwanglaufbedingung und Getriebefreiheitsgrad	17
2.4.2.	Kinematische Ketten	21
2.4.2.1.	Kinematische Ketten mit Drehgelenken	21
2.4.2.2.	Kinematische Ketten mit Mehrfachgelenken	25
2.4.2.3.	Kinematische Ketten mit Dreh- und Schubgelenken	25
2.4.2.4.	Kinematische Ketten mit Kurvgelenken	26
2.4.2.5.	Übergeschlossene kinematische Ketten	26
2.5.	Güte der Bewegungsübertragung	27
2.6.	Viergliedrige Koppelgetriebe	30
2.6.1.	Viergelenkkette	30
2.6.2.	Schubkurbelkette	35
2.6.3.	Kreuzschleifenkette	37
2.6.4.	Schubschleifenkette	37
2.6.5.	Koppelkurven von Viergelenkgetrieben	39
2.6.6.	Mehrfache Erzeugung von Koppelkurven	42
3.	Grundlagen der ebenen Kinematik	52
3.1.	Ebene Bewegung	52
3.1.1.	Momentanpol und Polkette	53
3.1.2.	Polbahnen	54
3.1.2.1.	Die Polbahnen des Doppelschiebers	57
3.1.2.2.	Die Polbahnen der Kurbelschwinge	57
3.1.2.3.	Anwendung der Polbahnen beim Wälzhebelgetriebe	58
3.1.3.	Krümmungsmittelpunkte der Bahnkurven	59

3.1.4.	Die EITLER-SAVARYsche Gleichung . . . . .	60
3.1.5.	Der Satz von BOBILLIER . . . . .	62
3.1.6.	Wendekreis und Rückkehrkreis, quadratische Verwandtschaft . . .	67
3.1.6.1.	Wendekreis und Wendepol . . . . .	67
3.1.6.2.	Rückkehrkreis und Rückkehrpol . . . . .	71
3.1.6.3.	Quadratische Verwandtschaft zugeordneter Punkte. . . . .	73
3.1.7.	Vier unendlich benachbarte Ebenenlagen. . . . .	76
3.1.7.1.	Kreispunkt- und Mittelpunktkurve. . . . .	76
3.1.7.2.	BALLscher Punkt. . . . .	77
3.2.	Kinematische Analyse der ebenen Bewegung. . . . .	79
3.2.1.	Bewegung eines Punktes. . . . .	79
3.2.2.	Bewegung einer Ebene. . . . .	85
3.2.2.1.	Drehung einer Ebene. . . . .	86
3.2.2.2.	Schiebung einer Ebene. . . . .	89
3.2.2.3.	Bewegung im Bezugssystem. . . . .	89
3.2.2.4.	Relativbewegung. . . . .	105
3.2.3.	Relativbewegung mehrerer Ebenen. . . . .	108
3.2.3.1.	Momentanpole und Polkonfigurationen. . . . .	108
3.2.3.2.	Übersetzungsverhältnisse. . . . .	112
3.2.3.3.	Dreh Schubstrecken. . . . .	117
3.2.3.4.	Winkelgeschwindigkeitsplan. . . . .	119
3.2.3.5.	Drehzahlplan. . . . .	124
4.	Maßsynthese ebener Koppelgetriebe — Burmestersche Theorie . . . .	139
4.1.	Vorgabe von Ebenenlagen. . . . .	139
4.1.1.	Zwei Ebenenlagen. . . . .	140
4.1.2.	Drei Ebenenlagen. . . . .	146
4.1.2.1.	Poldreieck und Grundpunkt. . . . .	146
4.1.2.2.	Kreispunkt und Mittelpunktkurve. . . . .	149
4.1.3.	Vier Ebenenlagen und die Mittelpunktkurve. . . . .	160
4.1.3.1.	Konstruktion und rechnerische Bestimmung der Mittelpunktkurve . .	162
4.1.3.2.	Analytische Erfassung der Mittelpunktkurve. . . . .	165
4.1.3.3.	Eigenschaften der Mittelpunktkurve. . . . .	166
4.1.3.4.	Arten der Mittelpunktkurve. . . . .	168
4.1.3.5.	Reihenfolge der homologen Punkte. . . . .	172
4.1.4.	Fünf Ebenenlagen und die BURMBSTERschen Punkte. . . . .	176
4.2.	Relativlagen. . . . .	177
4.2.1.	Zeichnerische und rechnerische Ermittlung der Relativpole. . . . .	177
4.2.2.	Relativpole bei drehbar gelagerten Ebenen P und Q. . . . .	184
4.2.2.1.	Zeichnerische Ermittlung der Relativpole. . . . .	184
4.2.2.2.	Rechnerische Ermittlung der Relativpole. . . . .	186
4.2.3.	Relativpole bei dreh- und schiebbar gelagerten Ebenen P und Q . . .	187
4.2.3.1.	Zeichnerische Ermittlung der Relativpole. . . . .	187
4.2.3.2.	Rechnerische Ermittlung der Relativpole. . . . .	188
4.3.	Einfache Konstruktionsverfahren. . . . .	189
4.3.1.	Totlagenkonstruktion. . . . .	189
4.3.2.	Lenkergeradfürungen. . . . .	197

4.3.3.	Koppelrastgetriebe	206
4.4.	Punktlagenreduktion für Führungsgetriebe	210
4.4.1.	Vorgabe von Punktlagen	211
4.4.2.	Vorgabe von Punktlagen-Winkelzuordnungen	213
5.	Synthese ebener Koppelgetriebe für Übertragungsfunktionen	218
5.1.	Aufgabenstellung	218
5.2.	Konstruktionsmethoden zur exakten Synthese und ihre rechnerische Behandlung	220
5.2.1.	Zuordnung von zwei Lagen	220
5.2.1.1.	Drehwinkel-Drehwinkel-Zuordnung	220
5.2.1.2.	Übersetzungsverhältnis $i_{12}$	222
5.2.1.3.	Drehwinkel-Schubweg-Zuordnung	224
5.2.1.4.	Drehschubstrecke $s'_{12}$	227
5.2.2.	Zuordnung von drei Lagen	229
5.2.2.1.	Drehwinkel-Drehwinkel-Zuordnung	229
5.2.2.2.	Drehwinkel-Schubweg-Zuordnung	232
5.2.3.	Zuordnung von vier Lagen	235
5.2.3.1.	Drehwinkel-Drehwinkel-Zuordnung	235
5.2.3.2.	Drehwinkel-Schubweg-Zuordnung	237
6.	Kurvengetriebe	240
6.1.	Grundbegriffe	240
6.2.	Getriebesystematik	242
6.3.	Bewegungsgesetze	243
6.3.1.	Bewegungsparameter	243
6.3.2.	Übertragungsfunktion, Bewegungsgleichung	245
6.3.2.1.	Potenzgesetze	248
6.3.2.2.	Trigonometrische Bewegungsgesetze	250
6.3.2.3.	Kombinationsgesetze	251
6.4.	Kinematische Abmessungen	251
6.4.1.	F-Kurvengetriebe und P-Kurvengetriebe	252
6.4.2.	Auswahlkriterium $//_{\min}$	253
6.4.3.	Hodografen verfahren'	255
6.4.4.	Näherungsverfahren nach FLOCKE	259
6.4.5.	Rollenmittelpunktkurve und Kurvenprofil	262
6.4.5.1.	Zeichnerische Methode	262
6.4.5.2.	Rechnerische Ermittlung der Rollenmittelpunktkurve	264
6.5.	Zylinderkurvengetriebe	268
6.6.	Fertigung von Kurvenkörpern	274
7.	Schrittgetriebe	276
7.1.	Grundbegriffe	276
7.2.	Maltserkreuzgetriebe	277
7.3.	Sternradgetriebe	280
7.4.	Räderkoppelschrittgetriebe	286
7.4.1.	Struktur und Aufbau	287

7.4.2.	Kenngrößen und Abmessungen	292
7.5.	Räderkurvenschrittgetriebe	300
7.6.	Kettenkurvenschrittgetriebe	307
7.7.	Kurvenschrittgetriebe	309
8.	Kraftanalyse in Koppel- und Kurvengetrieben	311
8.1.	Ordnung der Kräfte, Kraftfeld des Getriebes	311
8.2.	Aufgabenstellungen	312
8.3.	Kinetostatik	312
8.3.1.	Kräftebestimmung durch Zerlegung in Gliedergruppen	312
8.3.2.	Kräftebestimmung nach dem Prinzip der virtuellen Leistung	316
8.3.3.	Momentenbestimmung nach dem Prinzip der virtuellen Leistung	319
8.3.4.	Polkraftverfahren nach HAIN	321
8.3.5.	Kräftebestimmung unter Berücksichtigung der Reibung	323
8.3.6.	Ermittlung der resultierenden Trägheitskraft	328
9.	Räumliche Koppelgetriebe	331
9.1.	Aufbau räumlicher kinematischer Ketten	331
9.2.	Anwendung räumlicher Koppelgetriebe	336
9.2.1.	Wellengelenke	336
9.2.2.	Sphärische Koppelgetriebe	339
9.3.	Analyse und Synthese räumlicher Koppelgetriebe	342
9.3.1.	Übertragungsgleichung	343
9.3.2.	Übertragungskegelschnitte	345
9.3.3.	Umlauffähigkeit und Klassifikation	347
9.3.4.	Kinematische Analyse	349
9.3.5.	Übertragungswinkel $pt$	352
9.3.6.	Synthese bei vorgegebenen Lagenzuordnungen	353
10.	Optimale Auslegung von Koppelgetrieben	363
11.	Konstruktionstafeln und ihre praktische Anwendung	370
11.1.	Totlagenkonstruktion der Kurbelschwinge	370
11.1.1.	Die allgemeine Kurbelschwinge	371
11.1.2.	Die zentrische Kurbelschwinge	372
11.2.	Totlagenkonstruktion der Schubkurbel	377
11.3.	Konstruktion von übertragungsgünstigen Doppelkurbeln	379
11.4.	Konstruktion von Koppelrastgetrieben	383
11.5.	Konstruktion von Geradföhrungsgetrieben	385
11.6.	Konstruktion von Räderkoppelgetrieben	388
11.6.1.	Zweiräderkoppelgetriebe	388
11.6.1.1.	Zweiräderkoppelgetriebe mit Gelenkfünfeck als Grundgetriebe	388
11.6.1.2.	Zweiräderkoppelgetriebe mit Gelenkviereck als Grundgetriebe	396
Anhang		410
Mathematische Grundlagen		410

Komplexe Zahl. . . . .	410
Addition und Subtraktion komplexer Zahlen. . . . .	<b>411</b>
Komplexes Produkt. . . . .	<b>412</b>
Inneres Produkt. . . . .	<b>413</b>
Äußeres Produkt. . . . .	<b>414</b>
Weitere Rechenregeln. . . . .	<b>414</b>
Lineare Gleichungssysteme für zwei reelle Unbekannte in komplexer Darstellung	415
Geradendarstellungen. . . . .	416
Orthogonalität sowie lineare Abhängigkeit von Vektoren. . . . .	<b>417</b>
Kreisdarstellungen. . . . .	<b>418</b>
<b>Literaturverzeichnis. . . . .</b>	<b>420</b>
<b>I. Bücher, Dissertationen. . . . .</b>	<b>420</b>
<b>II. Abhandlungen in Zeitschriften und Tagungsmaterialien. . . . .</b>	<b>426</b>
<b>Sachverzeichnis. . . . .</b>	<b>439</b>