

Prof. Dr.-Ing. Waldemar Steinhilper
Dr.-Ing. Horst Hennerici/Dr.-Ing. Stefan Britz

Kinematische Grundlagen ebener Mechanismen und Getriebe

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1 Einleitung	13
1.1 Gliederung der Getriebetechnik	13
1.1.1 Gleichförmig übersetzende Getriebe	15
1.1.2 Ungleichförmig übersetzende Getriebe	17
1.2 Disziplinen der Getriebetechnik	23
1.2.1 Getriebesystematik	23
1.2.2 Getriebeanalyse	24
1.2.3 Getriebesynthese	24
2 Grundbegriffe	25
2.1 Freiheitsgrad	25
2.1.1 Freie und gebundene Bewegung eines Punktes	25
2.1.2 Freie und gebundene Bewegung eines starren Körpers	27
2.2 Element und Elementenpaar	29
2.2.1 Unterteilung der Elementenpaare	30
2.2.1.1 Unterteilung nach der Kraftweiterleitung	30
2.2.1.2 Unterteilung nach der Art der Kontaktstelle	31
2.2.1.3 Unterteilung nach dem Freiheitsgrad	32
2.2.2 Kinematische Kette, Mechanismus, Getriebe, Maschine	34
2.3 Freiheitsgrad oder Laufgrad und Zwanglauf eines Getriebes	36
2.3.1 Beeinflussung des Freiheitsgrades durch spezielle Anforderungen an die Lage der Drehachsen	38
2.3.2 Beeinflussung des Freiheitsgrades durch spezielle Geometrieigenschaften von Getriebegliedern	42
2.3.3 Beeinflussung des Freiheitsgrades durch Elastizitäten innerhalb des Systems	43
2.4 Vertiefende Übungen und Beispiele zur Freiheitsgradanalyse	45
2.5 Klassifikation der Getriebe	51
2.6 Allgemeine ebene Bewegung eines Systems	52
2.6.1 Bewegung zweier Ebenen	52
2.6.2 Bewegung dreier Ebenen	57
3 Einfache Koppelgetriebe, Gelenkvierecke	61
3.1 Bewegungsmöglichkeiten im Gelenkviereck, Satz von GRASHOF	62
3.2 Gelenkvierecke als Positioniergetriebe	66
3.2.1 Systemlagen der Koppel	66
3.2.2 Stellungszuordnung zweier Hebel	68
3.3 Verwirklichung von Koppelkurven	71
3.3.1 Satz von ROBERTS	72
3.3.2 Anwendungsbeispiele	73

3.4	Vertiefende Übungen und Beispiele zur Lagekonstruktion bei ebenen Getrieben	76
3.4.1	Aufgabenstellungen zur Lagekonstruktion bei ebenen Getrieben	77
3.4.2	Lösungen zu den Lagekonstruktionen	80
4	Grundlegende Betrachtungen zur Bewegungsbeschreibung in ebenen Getrieben	85
4.1	Bahntangente und Bahnnormale	85
4.2	Momentanpol der Bewegung, Geschwindigkeitspol, Pol	86
5	Relativpole und Polbahnen	91
5.1	Anzahl und Lage der Relativpole	91
5.2	Satz von ARONHOLD und KENNEDY	93
5.2.1	Beispiele zur Polermittlung	94
5.3	Polbahnen, Rastpolbahn, Gangpolbahn	97
5.4	Lagezuordnungen mit Rollgetrieben	102
5.4.1	Diskrete Lagenfolgen	102
5.4.2	Kontinuierliche Lagenfolgen	104
6	Geschwindigkeiten von Systempunkten	105
6.1	Längen- und Geschwindigkeitsmaßstab	106
6.2	Gedrehte Geschwindigkeiten	108
6.3	Zusammengesetzte Geschwindigkeiten	114
6.4	Zusammensetzung der Geschwindigkeiten nach dem Satz von EULER	117
6.5	Polwechselgeschwindigkeit und Polbahntangente	124
6.6	Vertiefende Übungen und Beispiele zur Geschwindigkeitsanalyse	127
7	Beschleunigungen von Systempunkten	135
7.1	Einfache Kreisbewegung und Beschleunigungsmaßstab	135
7.2	Bewegung auf einer Ersatzkreisbahn	138
7.2.1	Konstruktion des Krümmungsmittelpunktes mit Hilfe der Polwechselgeschwindigkeit, Hartmannscher Kreis	140
7.2.2	Konstruktion des Krümmungsmittelpunktes mit Hilfe von Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Systempunktes	142
7.3	Zusammengesetzte Beschleunigungen	143
7.4	Zusammensetzung der Beschleunigungen nach dem Satz von EULER	146
7.4.1	Grafische Ermittlung der Coriolisbeschleunigung bei ebenen Mechanismen	147
7.4.2	Übungen und Beispiele zur Beschleunigungszusammensetzung an der Kurbelschleife	150
8	Beschleunigungsverhalten von Getriebegliedern	155
8.1	Satz von BURMESTER	155
8.1.1	Polbeschleunigung	160
8.2	Systempunkte mit besonderem Beschleunigungsverhalten – Bressische Kreise (Wendekreis und Wechselkreis)	161
8.2.1	Systempunkte ohne Normalbeschleunigungsanteil, Wendekreis, Wendepol	161
8.2.2	Systempunkte ohne Tangentialbeschleunigungsanteil, Wechselkreis	165
8.2.3	Bressische Kreise und Beschleunigungspol	166
8.3	Vertiefende Übungen und Beispiele zur Beschleunigungsanalyse	170
8.3.1	Aufgaben	170
8.3.2	Kommentierung der Lösungen	171

9	Ermittlung von Systempunkten mit Geradführungseigenschaften	179
9.1	Ermittlung einzelner Wendepunkte über die Polwechselgeschwindigkeit	179
9.1.1	Die Euler-Savary-Formel	183
9.2	Ermittlung einzelner Wendepunkte ohne Zuhilfenahme des Geschwindigkeitspols	186
9.2.1	Wendepunkt auf einer vorgegebenen Bahnnormalen	187
9.2.2	Wendepunkte bei unendlich fernem Geschwindigkeitspol	188
10	Synthese von Koppelgetrieben	195
10.1	Zahlsynthese	198
10.1.1	Einfache Beispiele zur Zahlsynthese	200
10.1.2	Allgemeine Betrachtungen zur Zahlsynthese	204
10.2	Die Maßsynthese von Gelenkvierecken in ausgewählten Beispielen	205
10.2.1	Synthese eines Stillstandsgetriebes	206
10.2.2	Synthese eines Mechanismus zur Geradführung eines Schreibstiftes	208
10.2.3	Synthese einer Geradführung nach WATT	210
10.2.4	Radaufhängung mit Geradführungseigenschaften	215
11	Zykloiden und Trochoiden	217
11.1	Begriffe und Definitionen	217
11.2	Mathematische Beschreibung von Zykloiden mit kreisförmiger Leitkurve	219
11.2.1	Formulierung der Größen in der Gaußschen Zahlenebene	221
11.3	Bahnen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen	224
11.4	Geschlossenheit und Überschneidungsfreiheit	227
11.5	Anwendungsbeispiele für Zykloiden und Trochoiden	228
11.5.1	Zykloidenverzahnung	229
11.5.2	Rotationskolbenmaschinen, Wankelmotor	229
12	Besondere Bauarten ungleichförmig übersetzender Getriebe	233
12.1	Nocken- oder Kurvengetriebe	233
12.1.1	Aufbau der Nockengetriebe	233
12.1.2	Ermittlung der Nockenkontur	234
12.1.3	Ruckfreie Nockenkonturen	236
12.2	Schrittgetriebe (Malteserkreuzgetriebe)	242
12.2.1	Aufbau und Funktion des Malteserkreuzgetriebes	245
12.2.2	Ermittlung der Geometrie des Malteserkreuzes	245
12.2.3	Kinematische Analyse	247
13	Stufengetriebe	253
13.1	Allgemeines über Stufengetriebe	254
13.1.1	Auswahl der Getriebeabstufung	255
13.1.2	Drehzahlnormung	258
13.1.3	Grundbegriffe	260
13.2	Schematische Darstellungen von Stufengetrieben	263
13.2.1	Getriebe- und Wellenplan	263
13.2.2	Kraftlaufplan und Schaltplan	264
13.2.3	Drehzahlbild und Aufbaunetz	265
13.2.4	Rechnerische Ermittlung der Aufbaunetzvariationen	268
13.2.5	Auslegung der Übersetzungen	277
13.2.6	Beispiele	282
13.3	Besondere Getriebebauarten	291
13.3.1	Getriebe der Vorgelegebauart	291
13.3.2	Gebundene Getriebe	295
13.3.3	Getriebe der Windungsform (Ruppert-Getriebe)	298
13.3.4	Getriebe mit polumschaltbaren Motoren	304

14 Planeten- oder Umlaufrädergetriebe	309
14.1 Grundbegriffe und Definitionen	309
14.2 Kinematik der Planetengetriebe	312
14.2.1 Grafisches Verfahren nach KUTZBACH	313
14.2.2 Analytische Verfahren zur Bestimmung der Übersetzungsverhältnisse	317
14.2.2.1 Drehzahlgleichung von WILLIS	317
14.2.2.2 Drehzahlberechnung mit Hilfe der Regel von SWAMP	320
14.3 Kinetik von Umlaufrädergetrieben	324
14.3.1 Ermittlung von Kräften und Momenten bei Umlaufrädergetrieben	324
14.3.2 Leistungsübertragung	328
14.4 Unterschiedliche Bauarten zusammengesetzter Planetengetriebe	337
14.4.1 Reihen-Planetengetriebe und Parallel-Planetengetriebe	339
14.4.2 Gekoppelte Planetengetriebe	341
14.4.3 Reduzierte gekoppelte Planetengetriebe	347
14.4.4 Planeten-Schaltgetriebe	353
14.4.5 Ausgleichsgetriebe oder Differentialgetriebe	358
 Literaturverzeichnis	 369
 Stichwortverzeichnis	 373