

G1-PAH 01-28 01

Konstruktionsbücher

Herausgegeben von Professor Dr.-Ing. K. Kollmann
Band 28

Die Umlaufgetriebe

Berechnung Anwendung Auslegung

Herbert W. Müller

**Allgemeiner Studentenausschuß
- Fachschaft Maschinenbau -**

ULB Darmstadt



18676516



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1971

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen und Begriffe	VIII
--------------------------------------	------

I. Kennzeichnung der Umlaufgetriebe

A. Abgrenzung gegen Standgetriebe	1
§ 1. Allgemeine Grundlagen und Vorzeichenregeln	1
§ 2. Umlaufgetriebe und Standgetriebe	4
§ 3. Freiheitsgrade der Getriebe	8
B. Einfache Umlaufgetriebe, Bezeichnungen, Grundbegriffe, Bauarten	10
§ 4. Bezeichnungen der Getriebe, Räder und Wellen der Planetengetriebe	10
§ 5. Standübersetzung und Standwirkungsgrad	10
§ 6. Die Ermittlung des Standwirkungsgrades η_0 von Planetengetrieben	12
§ 7. Plusgetriebe und Minusgetriebe	17
§ 8. Bauformen einfacher Planetengetriebe	17
§ 9. Bestimmung der Standübersetzung i_0	21

II. Einfache Umlaufgetriebe

A. Die Grundgesetze der einfachen Umlaufgetriebe	23
§ 10. Allgemeines und Bezeichnungen der Drehzahlen	23
§ 11. Drehzahlen und Übersetzungen	24
a) Das Drehzahlverhalten von Dreiwellengetrieben	24
b) Übersetzungen der Zweiwellengetriebe	25
c) Die Relativedrehzahlen der Planetenräder	27
d) Verallgemeinerung der Willis-Formel	27
e) Kinematisch gleichwertige Umlaufgetriebe	28
§ 12. Drehmomente	29
§ 13. Bestimmung der Summenwelle aus i_0	31
§ 14. Leistungen und Leistungsfluß	33
a) Vorzeichen	33
b) Leistungsteilung	33
c) Leistungssummierung	34
d) Wälzleistung und Kupplungsleistung	34
e) Veranschaulichung der Leistungsübertragung innerhalb eines einfachen Umlaufgetriebes	37
f) Innere Blindleistung bei Plusgetrieben	39
g) Leistungsverhalten von Plusgetrieben und Minusgetrieben	39
h) Berücksichtigung der Leistungsflüsse in der Berechnung	40
§ 15. Wirkungsgrade und Selbsthemmungsfähigkeit	41
a) Allgemeine Hinweise zum Wirkungsgrad	41
b) Wirkungsgrade der Dreiwellengetriebe	41
c) Bestimmung des äußeren Leistungsflusses	45
d) Wirkungsgrade der Zweiwellengetriebe	49
e) Selbsthemmung	50
f) Teilhemmung	52
g) Verallgemeinerung der Wirkungsgradgleichungen	54

B. Graphische Darstellungen	55
§ 16. Symbolische Darstellung von Umlaufgetrieben nach WOLF [13]	55
§ 17. Drehzahlplan nach KUTZBACH für Planetengetriebe	56
a) Allgemeines	56
b) Drehzahlplan für ein einfaches Minusgetriebe	57
c) Drehzahlplan für ein Getriebe mit kämmenden Planetenpaaren	59
d) Drehzahlplan für ein einfaches Plusgetriebe mit Doppelplanet	60
e) Getriebesynthese mit Hilfe des Kutzbach-Planes	61
f) Kutzbach-Plan für zusammengesetzte Planetengetriebe	63
§ 18. Drehzahlverhältnis-Diagramme	63
§ 19. Leistungsverhältnis-Diagramme	65
C. Ausführungsformen und Betriebsverhalten einfacher Planetengetriebe	72
§ 20. Praktisch verwirklichtbare Standübersetzungen	72
§ 21. Zweiwellengetriebe mit besonders hohem Wirkungsgrad?	72
a) Konstruktive Beeinflussung des Wirkungsgrades	72
b) Vergleich zwischen Planetengetriebe und einstufigem Standgetriebe	75
c) Vergleich der Planetengetriebe untereinander	77
§ 22. Zweiwellengetriebe mit extremen Übersetzungen	78
§ 23. Planetengetriebe mit Selbsthemmung	83
§ 24. Dreiwellengetriebe als Überlagerungsgetriebe zur Leistungsteilung und Leistungssummierung	84
a) Begriffsbestimmung	84
b) Betriebsfreiheitsgrad, kinematischer und statischer Freiheitsgrad	85
c) Voraussetzungen für stabilen Betrieb mit Überlagerungsgetrieben	87
d) Beispiele für Getriebe mit einem kinematischen Freiheitsgrad	88
α) Schiffsgetriebe für Twin-Anordnung 88 — β) Mehrspindel-Bohrkopf 89 — γ) Gemeinsamer Antrieb zweier Kreiselpumpen 89	
e) Beispiele für Umlaufgetriebe mit einem statischen Freiheitsgrad zur Leistungsteilung	91
α) Brechwerk mit Schwemmwasserpumpe 91 — β) Automatisches Fahrzeuggetriebe 93 — γ) Gemeinsamer Antrieb zweier Kreiselpumpen 95	
f) Beispiele für Umlaufgetriebe mit einem statischen Freiheitsgrad zur Leistungssummierung	97
α) Wahlweise Summierung der Leistungen zweier Elektromotoren 97 — β) Gleichlaufeinrichtung für Verladebrückenfahrwerk 98	
§ 25. Dreiwellengetriebe als Drehmoment-Meßgetriebe für Regelung und Überlastsicherung	99
a) Drehmomentregelung	100
b) Überlastungsschutz	100
c) Verspannungsprüfstand	101
§ 26. Dreiwellengetriebe als Phasenschieber	102
§ 27. Dreiwellengetriebe als Rechengetriebe	104
a) Summe oder Differenz zweier Drehwinkel	104
b) Konstanthaltung eines Drehzahlverhältnisses	106
§ 28. Dreiwellengetriebe zur Erzeugung ungleichförmiger Drehbewegung, Pilgerschrittgetriebe	106
§ 29. Einfache Dreiwellengetriebe als Schaltgetriebe	109
§ 30. Offene Planetengetriebe	113
a) Getriebe einer Zwirnmachine	113
b) Rührwerksgetriebe	114
c) Flaschenzüge	114
d) Selbstspannender Riementrieb	115

III. Zusammengesetzte Umlaufgetriebe

A. Bezeichnungen, Bauarten	117
§ 31. Bezeichnungen und Indizes	117
§ 32. Bauarten	119
a) Herleitung von den einfachen Umlaufgetrieben	119
b) Reihen-Umlaufgetriebe	121
c) Parallel-Umlaufgetriebe	121
d) Zweiläufige elementare Koppelgetriebe	122
e) Zwangläufige elementare Koppelgetriebe	122
f) Stellkoppelgetriebe	123
g) Reduzierte Koppelgetriebe	123
h) Symmetrische Koppelgetriebe	124
i) Vierwellen-Koppelgetriebe	125
k) Planeten-Wechselgetriebe	125
1. mit festen Koppelungen	125
2. mit schaltbaren Koppelungen	126
l) Höhere Koppelgetriebe	126
B. Das Betriebsverhalten der zusammengesetzten Umlaufgetriebe	127
§ 33. Die vollkommene Analogie zwischen den elementaren Koppelgetrieben und den einfachen Umlaufgetrieben	127
a) Herleitung der Analogie	127
b) Merkmale der Analogie	128
c) Drehzahlen	129
d) Drehmomente	130
e) Wirkungsgrade	130
f) Reihenleistung und Kupplungsleistung	131
g) Die inneren Leistungsflüsse	131
h) Summenwelle und Gesamtleistungswelle	132
i) Selbsthemmung und Teilhemmung	132
k) Anwendung der Analogie auf hydrostatische Umlaufgetriebe	134
§ 34. Das zweiläufige elementare Koppelgetriebe	135
a) Anzahl und Bezeichnungen der möglichen Koppelungen	135
b) Die Drehzahlen	137
c) Die Drehmomente	139
d) Die Wirkungsgrade	142
§ 35. Das zwangläufige elementare Koppelgetriebe	143
a) Behandlung als Sonderfall des zweiläufigen Koppelgetriebes	143
b) Hauptgetriebe und Nebengetriebe	143
c) Die Drehzahlen	144
d) Die Drehmomente	145
e) Wirkungsgrad und Selbsthemmung	146
f) Der Leistungsfluß im zwangläufigen Koppelgetriebe	146
g) Die Leistung im Nebengetriebe	149
h) Drehzahlkennfeld und Drehzahlgleichungen für die Auslegung	151
i) Optimale Koppelgetriebe	155
k) Erzeugung einer genauen Übersetzung	161
§ 36. Stellkoppelgetriebe	170
a) Anwendungen, Bezeichnungen, Aufbau	170
b) Verstellbereiche des Stellkoppelgetriebes und des Nebengetriebes	171
c) Die Leistung im Stellgetriebe	173
d) Verlagerung der Übersetzungsgrenzen durch Zwischengetriebe	177
e) Durchrechnung eines Beispiels zur Auslegung	180
f) Wirkungsgrad	183
§ 37. Reduzierte Koppelgetriebe	185
a) Ableitung vom elementaren Koppelgetriebe	185
b) Das wirkungsgleiche Koppelgetriebe	185
c) Die Analyse der reduzierten Koppelgetriebe	187
d) Beispiel einer Analyse	189

e)	Die möglichen Bauarten reduzierter Koppelgetriebe	190
f)	Anwendungen	193
§ 38.	Symmetrische Koppelgetriebe für genaue Übersetzungen	193
a)	Herstellung einer genauen Übersetzung	193
b)	Leistungsfluß und Wirkungsgrad	195
c)	Beispiele für die Auslegung	196
§ 39.	Vierwellen-Koppelgetriebe	198
§ 40.	Planeten-Wechselgetriebe mit festen Koppelungen	201
a)	Drehzahlanalyse	201
b)	Synthese	203
c)	Weitere Beispiele zur Getriebesynthese	206
§ 41.	Planeten-Wechselgetriebe mit schaltbaren Koppelungen	208
§ 42.	Höhere Koppelgetriebe	210
a)	Zweiläufige und zwangläufige höhere Koppelgetriebe	210
b)	Höhere Koppelgetriebe mit mehr als 2 Laufgraden	213

IV. Konstruktive Hinweise

§ 43.	Geometrische Bedingungen für den Zusammenbau von Planetengetrieben	214
a)	Die Zuordnung von Zähnezahlen und Durchmessern	214
b)	Die Aufteilung mehrerer Planeten am Umfang	218
α)	Kleinster Teilungswinkel bei Getrieben mit <i>einfachen</i> Planeten 219 —	
β)	Kleinster Teilungswinkel bei Getrieben mit Stufenplaneten 220 —	
γ)	Gleichmäßige Verteilung der Planeten am Umfang 221 — δ) Ungleich-	
δ)	mäßige Verteilung der Planeten am Umfang 222 — ϵ) Hinweis für zu-	
ϵ)	zusammengesetzte Planetengetriebe 223	
§ 44.	Die Zentrierung der Planetengetriebewellen	223
a)	Selbstzentrierung der Zentralräder	223
b)	Die Verlagerung eines Zentralrades infolge von Maßabweichungen	225
c)	Auswirkung einiger Maßfehler auf die Verlagerung eines Zentralrades	226
α)	„Wirksame“ Eingriffsteilungsabweichung f_{ew} 226 — β) Rundlauffehler	
β)	des gelagerten Zentralrades 227 — γ) Teilungsfehler am Steg 227 —	
γ)	Teilungsfehler am Steg 227 —	
δ)	Radiusabweichung am Steg 227	
d)	Verlagerungsgrenzen	228

Zusammenfassung der Merkgeltn	229
Arbeitsblätter	231
Literaturverzeichnis	236
Namen- und Sachverzeichnis	238