

Johannes Looman

# Zahnradgetriebe

Grundlagen, Konstruktionen,  
Anwendungen in Fahrzeugen

Zweite, völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 434 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg NewYork  
London Paris Tokyo 1988

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einordnung und Definition der Getriebe</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen der Vorgelegegetriebe</b>	<b>4</b>
2.1 Aufbau, Definition	4
2.2 Bezeichnungen	5
2.3 Berechnungsgrundlagen von Vorgelegegetrieben	5
2.3.1 Drehzahlen	6
2.3.2 Relatvdrehzahlen (für Lagerberechnung)	7
2.3.3 Übersetzung (Übersetzungsverhältnis)	8
2.3.4 Übersetzungsbereich	9
2.3.5 Übersetzungssprung (Übersetzungsstufe, Stufensprung)	9
2.3.6 Drehzahl der Vorgelegewelle	11
2.3.7 Relatvdrehzahlen der Losräder	11
2.3.8 Drehmomente	12
2.3.9 Leistungen	14
2.3.10 Wirkungsgrad	18
<b>3 Grundlagen der Planetengetriebe</b>	<b>19</b>
3.1 Begriffsbestimmungen und Bezeichnungen	20
3.1.1 Definition der Planetengetriebe	20
3.1.2 Benennung der Planetengetriebe nach verschiedenen Merkmalen	22
3.1.3 Besondere Begriffe bei Planetengetrieben	23
3.1.4 Benennung der Bauteile einfacher Planetengetriebe	24
3.1.5 Bezeichnung der Anschlußwellen, Stege und Räder	26
3.2 Symbolische Darstellung von Planetengetrieben	26
3.2.1 Symbole für einfache Planetengetriebe	26
3.2.2 Symbole für Standgetriebe und Zwischengetriebe	27
3.2.3 Symbole für zusammengesetzte Planetengetriebe	27
3.3 Berechnungsgrundlagen von Planetengetrieben	31
3.3.1 Berechnung einfacher Planetengetriebe	31
3.3.1.1 Drehzahlen, Übersetzung (graphisch)	32
3.3.1.2 Drehzahlen, Übersetzung (rechnerisch)	32
3.3.1.3 Weitere Verfahren zur Drehzahlermittlung	33
3.3.1.4 Relatvdrehzahlen	34
3.3.1.5 Drehmomente	36

3.3.1.6	Leistungen . . . . .	38
3.3.1.7	Wirkungsgrad . . . . .	40
3.3.1.8	Einbaubedingungen . . . . .	43
3.3.1.9	Planeten-Plusgetriebe . . . . .	46
3.3.1.10	Selbsthemmung . . . . .	50
3.3.2	Berechnung zusammengesetzter Planetengetriebe . . . . .	51
3.3.2.1	Zusammengesetztes Planetengetriebe mit Leistungsverzweigung . . . . .	52
3.3.2.2	Zusammengesetztes Planetengetriebe, Simpson-Satz . . . . .	57
3.3.2.3	Zusammengesetztes Planetengetriebe mit Blindleistung . . . . .	57
3.3.2.4	Reihenplanetengetriebe . . . . .	59
3.3.2.5	Parallelplanetengetriebe . . . . .	60
3.3.2.6	Reduziertes Planetengetriebe, Wolfrom-Satz . . . . .	60
3.3.2.7	Reduziertes Planetengetriebe, Ravigneaux-Satz . . . . .	67
3.4	Planetenüberlagerungsgetriebe . . . . .	71
3.4.1	Leistungsverhältnisse . . . . .	72
3.4.2	Wirkungsgrad . . . . .	73
3.4.3	Verstellbereich . . . . .	74
3.5	Planeten-Stellkoppelgetriebe . . . . .	78
3.5.1	Planeten-Stellkoppelgetriebe, Grundlagen — Beispiel . . . . .	79
3.5.2	Leistungsverzweigtes Zweibereichgetriebe . . . . .	85
3.5.3	Reduziertes Planeten-Stellkoppelgetriebe . . . . .	93
3.6	Synthese von Planetengetrieben . . . . .	98
3.7	Belastungsausgleich in Planetengetrieben . . . . .	100
<b>4</b>	<b>Vergleich verschiedener Getriebesysteme . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenarbeit Kraftmaschine — Getriebe — Arbeitsmaschine . . . . .</b>	<b>117</b>
5.1	Fahrwiderstandslinien . . . . .	117
5.2	Motorkennlinie . . . . .	118
5.3	Ideale Zugkrafthyperbel . . . . .	120
5.4	Motor und Schaltgetriebe . . . . .	120
5.5	Motor, Föttinger-Wandler (Trilok) und Nachschaltgetriebe . . . . .	122
5.6	Zahl der Gänge . . . . .	125
<b>6</b>	<b>Getriebe für Personen-, Sport- und Rennsportwagen sowie leichte Lastkraftwagen . . . . .</b>	<b>129</b>
6.1	Vorgelegegetriebe — Handschaltgetriebe . . . . .	129
6.1.1	Zweistufige Vorgelegegetriebe ohne Achsantrieb . . . . .	130
6.1.2	Einstufige Vorgelegegetriebe mit Achsantrieb . . . . .	139
6.2	Planetengetriebe — Automatgetriebe . . . . .	159
6.2.1	Strömungswandler und Zweigang-Planetengetriebe . . . . .	160
6.2.2	Strömungswandler und Dreigang-Planetengetriebe . . . . .	163
6.2.3	Strömungswandler und Viergang-Planetengetriebe . . . . .	171
6.2.4	PKW-Automatgetriebe für Frontantrieb . . . . .	196

<b>7</b>	<b>Getriebe für Nutzfahrzeuge, schwerere Lastkraftwagen und Omnibusse</b>	<b>207</b>
7.1	Mechanische Handschaltgetriebe mit fünf und sechs Gängen	214
7.2	Mechanische Handschaltgetriebe mit acht bis sechzehn Gängen	221
7.3	Halbautomatische Schaltgetriebe	235
7.4	Automatisierte Synchrongetriebe	239
7.5	Vollautomatische Wandler-Schaltgetriebe	241
7.6	Retarder	272
7.7	Bremsenergie-Rückgewinnung	274
7.8	Nebenabtriebe	275
<b>8</b>	<b>Getriebe für Baumaschinen und Schlepper</b>	<b>278</b>
8.1	Baumaschinengetriebe	280
8.1.1	Getriebe für Gabelstapler	280
8.1.1.1	Hydrostatische Getriebe	280
8.1.1.2	Hydrodynamische Getriebe	280
8.1.2	Getriebe für schwere Baumaschinen	286
8.1.2.1	Hydromechanische Vorgelegegetriebe	286
8.1.2.2	Hydromechanische Planetengetriebe	291
8.2	Schleppertriebwerke	302
<b>9</b>	<b>Verteilergetriebe, Achsgetriebe</b>	<b>313</b>
9.1	Verteilergetriebe	315
9.2	Achsgetriebe	327
9.2.1	Achseinsätze für PKW und LKW	329
9.2.2	Achsen für LKW, Baumaschinen und Schlepper	332
<b>10</b>	<b>Schnellganggetriebe</b>	<b>343</b>
10.1	Integrierte Schnellganggetriebe	344
10.2	Schnellgang-Zusatzgetriebe	344
<b>11</b>	<b>Differentialsperren und Selbstsperrdifferenziale</b>	<b>349</b>
11.1	Differentialsperren	350
11.2	Selbstsperrdifferenziale, Querdifferenziale	353
11.2.1	Lastabhängige Selbstsperrdifferenziale mit Anpressung über Druckringe	356
11.2.2	Lastabhängige Selbstsperrdifferenziale mit Anpressung über die Verzahnungen der Achskegelräder	358
11.2.3	Federbelastete Selbstsperrdifferenziale	361
11.2.4	Fahreigenschaften	362
11.2.5	Auslegungsspielraum	363
11.2.6	Lastabhängige Selbstsperrdifferenziale mit vorgespannten Reibungskupplungen	364

11.2.7 Wirkungsgrad . . . . .	364
11.2.8 Belastung der Achswellen . . . . .	367
11.2.9 Unsymmetrische Selbstsperrdifferentialie . . . . .	367
11.3 Längsdifferentialie, Stirnrad-Selbstsperrdifferentialie . . . . .	372
11.4 Ausgeführte Konstruktionen . . . . .	375
11.4.1 Sperrdifferentialie mit symmetrischem Aufbau . . . . .	375
11.4.2 Sperrdifferentialie mit unsymmetrischem Aufbau . . . . .	382
11.4.3 Weitere Konstruktionen . . . . .	389
<b>12 Schaltungselemente, Synchronisierungen . . . . .</b>	<b>391</b>
12.1 Unsynchronisierte Schaltelemente . . . . .	392
12.2 Synchronisierte Schaltelemente . . . . .	393
12.3 Sperrsynchrnisierte Schaltelemente . . . . .	394
<b>13 Ölpumpen in Zahnradgetrieben . . . . .</b>	<b>399</b>
13.1 Zahnradpumpen . . . . .	400
13.1.1 Zahnradpumpen mit Außenverzahnung . . . . .	400
13.1.2 Zahnradpumpen mit Innenverzahnung (mit Sichel) . . . . .	401
13.1.3 Zahnradpumpen mit Innenverzahnung (ohne Sichel) . . . . .	402
13.1.4 Einige ausgeführte Zahnradpumpen . . . . .	404
13.2 Schraubenpumpen . . . . .	405
<b>14 Zahnradschäden . . . . .</b>	<b>406</b>
14.1 Zahnbruch . . . . .	407
14.1.1 Gewaltbruch . . . . .	407
14.1.2 Dauerbruch oder Ermüdungsbruch . . . . .	408
14.2 Flankenschäden . . . . .	408
14.2.1 Grübchen, Grübchenbildung . . . . .	408
14.2.2 Ablätterungen . . . . .	409
14.2.3 Schaltschäden . . . . .	409
14.2.4 Verschleiß . . . . .	410
14.2.5 Riefen . . . . .	411
14.2.6 Fressen . . . . .	412
14.2.7 Risse . . . . .	412
14.2.8 Reibkorrosion (Passungsrost) . . . . .	414
14.2.9 Sonstige seltener vorkommende Flankenschäden . . . . .	414
<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>416</b>
<b>Firmen- und Namenverzeichnis . . . . .</b>	<b>421</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>423</b>