

Johannes Looman

# Zahnradgetriebe

Grundlagen, Konstruktionen,  
Anwendungen in Fahrzeugen

Dritte, neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 479 Abbildungen



Springer

# 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 Relativedrehzahlen (für Lagerberechnung) . . . . .	7
2.3.3 Übersetzung (Übersetzungsverhältnis) . . . . .	8
2.3.4 Übersetzungsbereich, Verstellbereich, Spreizung . . . . .	9
2.3.5 Übersetzungssprung (Übersetzungsstufe, Stufensprung) . . . . .	9
2.3.6 Drehzahl der Vorgelegewelle . . . . .	11
2.3.7 Relativedrehzahlen 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 Merkmale . . . . .	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 Relativedrehzahlen . . . . .	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 . . . . .	58
3.3.2.3	Zusammengesetztes Planetengetriebe mit Blindleistung . . . . .	58
3.3.2.4	Reihenplanetengetriebe . . . . .	60
3.3.2.5	Parallelplanetengetriebe . . . . .	61
3.3.2.6	Reduziertes Planetengetriebe, Wolfrom-Satz . . . . .	62
3.3.2.7	Reduziertes Planetengetriebe, Ravigneaux-Satz . . . . .	74
3.4	Planetenüberlagerungsgetriebe . . . . .	79
3.4.1	Leistungsverhältnisse . . . . .	79
3.4.2	Wirkungsgrad . . . . .	80
3.4.3	Verstellbereich . . . . .	82
3.5	Planeten-Stellkoppelgetriebe . . . . .	86
3.5.1	Planeten-Stellkoppelgetriebe, Grundlagen — Beispiel . . . . .	86
3.5.2	Leistungsverzweigtes Zweibereichsgetriebe . . . . .	92
3.5.3	Reduzierte Planeten-Stellkoppelgetriebe . . . . .	100
3.6	Synthese von Planetengetrieben . . . . .	115
3.7	Belastungsausgleich in Planetengetrieben . . . . .	118
<b>4</b>	<b>Vergleich verschiedener Getriebesysteme . . . . .</b>	<b>126</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenarbeit Kraftmaschine — Getriebe — Arbeitsmaschine . . . . .</b>	<b>134</b>
5.1	Fahrwiderstandslinien . . . . .	134
5.2	Motorkennlinie . . . . .	135
5.3	Ideale Zugkrafthyperbel . . . . .	137
5.4	Motor und Schaltgetriebe . . . . .	137
5.5	Motor, Föttinger-Wandler (Trilok) und Nachschaltgetriebe . . . . .	139
5.6	Zahl der Gänge . . . . .	142
<b>6</b>	<b>Getriebe für Personen-, Sport- und Rennsportwagen sowie leichte Lastkraftwagen . . . . .</b>	<b>146</b>
6.1	Vorgelegegetriebe — Handschaltgetriebe . . . . .	147
6.1.1	Zweistufige Vorgelegegetriebe ohne Achsantrieb . . . . .	147
6.1.2	Einstufige Vorgelegegetriebe mit Achsantrieb . . . . .	160
6.2	Planetengetriebe — Automatgetriebe . . . . .	184
6.2.1	Strömungswandler und Zweigang-Planetengetriebe . . . . .	186
6.2.2	Strömungswandler und Dreigang-Planetengetriebe . . . . .	189
6.2.3	Strömungswandler und Viergang-Planetengetriebe . . . . .	197
6.2.4	Strömungswandler und Fünfgang-Planetengetriebe . . . . .	222
6.2.5	PKW-Automatgetriebe für Frontantrieb . . . . .	228

<b>7</b>	<b>Getriebe für Nutzfahrzeuge, schwerere Lastkraftwagen und Omnibusse</b>	<b>241</b>
7.1	Mechanische Handschaltgetriebe mit fünf und sechs Gängen . . . . .	248
7.2	Mechanische Handschaltgetriebe mit acht bis sechzehn Gängen . . . . .	257
7.3	Halbautomatische Schaltgetriebe . . . . .	274
7.4	Automatisierte Synchrongetriebe . . . . .	278
7.5	Vollautomatische Wandler-Schaltgetriebe . . . . .	281
7.6	Retarder . . . . .	322
7.7	Bremsenergie-Rückgewinnung . . . . .	325
7.8	Nebenabtriebe . . . . .	328
<b>8</b>	<b>Getriebe für Baumaschinen und Traktoren</b>	<b>329</b>
8.1	Baumaschinengetriebe . . . . .	329
8.1.1	Getriebe für Gabelstapler . . . . .	331
8.1.1.1	Hydrostatische Getriebe . . . . .	331
8.1.1.2	Hydrodynamische Getriebe . . . . .	334
8.1.2	Getriebe für schwere Baumaschinen. . . . .	339
8.1.2.1	Hydromechanische Vorgelegegetriebe. . . . .	339
8.1.2.2	Hydromechanische Planetengetriebe . . . . .	345
8.2	Traktorgetriebe. . . . .	356
<b>9</b>	<b>Verteilergetriebe, Achsgetriebe</b>	<b>368</b>
9.1	Verteilergetriebe . . . . .	370
9.2	Achsgetriebe . . . . .	382
9.2.1	Achseinsätze für PKW und LKW . . . . .	384
9.2.2	Achsen für LKW, Baumaschinen und Traktoren . . . . .	387
<b>10</b>	<b>Schnellganggetriebe</b>	<b>398</b>
10.1	Integrierte Schnellganggetriebe . . . . .	399
10.2	Schnellgang-Zusatzgetriebe . . . . .	399
<b>11</b>	<b>Differentialsperren und Selbstsperrdifferentialie</b>	<b>404</b>
11.1	Differentialsperren . . . . .	405
11.2	Selbstsperrdifferentialie, Querdifferentialie . . . . .	408
11.2.1	Lastabhängige Selbstsperrdifferentialie mit Anpressung über Druckringe . . . . .	411
11.2.2	Lastabhängige Selbstsperrdifferentialie mit Anpressung über die Verzahnungen der Achskegelräder . . . . .	413
11.2.3	Federbelastete Selbstsperrdifferentialie . . . . .	416
11.2.4	Fahreigenschaften . . . . .	417
11.2.5	Auslegungsspielraum . . . . .	418
11.2.6	Lastabhängige Selbstsperrdifferentialie mit vorgespannten Reibungskupplungen . . . . .	419

11.2.7	Wirkungsgrad . . . . .	419
11.2.8	Belastung der Achswellen . . . . .	422
11.2.9	Unsymmetrische Selbstsperrdifferentialie . . . . .	422
11.3	Längsdifferentialie, Stirnrad-Selbstsperrdifferentialie . . . . .	428
11.4	Ausgeführte Konstruktionen . . . . .	431
11.4.1	Sperrdifferentialie mit symmetrischem Aufbau . . . . .	432
11.4.2	Sperrdifferentialie mit unsymmetrischem Aufbau . . . . .	437
11.4.3	Weitere Konstruktionen . . . . .	447
<b>12</b>	<b>Schaltungselemente, Synchronisierungen . . . . .</b>	<b>449</b>
12.1	Unsynchronisierte Schaltelemente . . . . .	450
12.2	Synchronisierte Schaltelemente . . . . .	451
12.3	Sperrsynchrisonisierte Schaltelemente . . . . .	452
<b>13</b>	<b>Ölpumpen in Zahnradgetrieben . . . . .</b>	<b>457</b>
13.1	Zahnradpumpen . . . . .	458
13.1.1	Zahnradpumpen mit Außenverzahnung . . . . .	458
13.1.2	Zahnradpumpen mit Innenverzahnung (mit Sichel) . . . . .	459
13.1.3	Zahnradpumpen mit Innenverzahnung (ohne Sichel) . . . . .	460
13.1.4	Einige ausgeführte Zahnradpumpen . . . . .	462
13.2	Schraubepumpen . . . . .	463
<b>14</b>	<b>Zahnradschäden . . . . .</b>	<b>464</b>
14.1	Zahnbruch . . . . .	465
14.1.1	Gewaltbruch . . . . .	465
14.1.2	Dauerbruch oder Ermüdungsbruch . . . . .	466
14.2	Flankenschäden . . . . .	466
14.2.1	Grübchen, Grübchenbildung . . . . .	466
14.2.2	Abblätterungen . . . . .	467
14.2.3	Schaltschäden . . . . .	467
14.2.4	Verschleiß . . . . .	468
14.2.5	Riefen . . . . .	469
14.2.6	Fressen . . . . .	470
14.2.7	Risse . . . . .	470
14.2.8	Reibkorrosion (Passungsrost) . . . . .	472
14.2.9	Sonstige seltener vorkommende Flankenschäden . . . . .	472
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>474</b>
	<b>Firmenverzeichnis mit Getriebe-Eigennamen . . . . .</b>	<b>480</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>483</b>