

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einordnung und Definition der Getriebe . . . . .</b>               | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>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    | Relativdrehzahlen (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    | Relativdrehzahlen der Losräder . . . . .                              | 11        |
| 2.3.8    | Drehmomente . . . . .   | 12        |
| 2.3.9    | Leistungen . . . . .  | 14        |
| 2.3.10   | Wirkungsgrad . . . . .  | 18        |
| <b>3</b> | <b>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  | Relativdrehzahlen . . . . .   | 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<br>Leistungsverzweigung . . . . .                            | 52         |
| 3.3.2.2  | Zusammengesetztes Planetengetriebe, Simpson-Satz . . . . .  | 58         |
| 3.3.2.3  | Zusammengesetztes Planetengetriebe mit<br>Blindleistung . . . . .                                   | 58         |
| 3.3.2.4  | Reihenplanetengetriebe . . . . .  | 60         |
| 3.3.2.5  | Parallelplanetengetriebe . . . . .  | 61         |
| 3.3.2.6  | Reduziertes Planetengetriebe, Wolfson-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<br/>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        |

**7 Getriebe für Nutzfahrzeuge, schwerere Lastkraftwagen und Omnibusse 241**

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

**8 Getriebe für Baumaschinen und Traktoren . . . . . 329**

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

**9 Verteilergetriebe, Achsgetriebe . . . . . 368**

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

**10 Schnellganggetriebe . . . . . 398**

10.1 Integrierte Schnellganggetriebe . . . . . 399

10.2 Schnellgang-Zusatzgetriebe . . . . . 399

**11 Differentialsperren und Selbstsperrdifferentialle . . . . . 404**

11.1 Differentialsperren . . . . . 405

11.2 Selbstsperrdifferentialle, Querdifferentialle . . . . . 408

11.2.1 Lastabhängige Selbstsperrdifferentialle mit Anpressung  
über Druckringe . . . . . 411

11.2.2 Lastabhängige Selbstsperrdifferentialle mit Anpressung  
über die Verzahnungen der Achskegelräder . . . . . 413

11.2.3 Federbelastete Selbstsperrdifferentialle . . . . . 416

11.2.4 Fahreigenschaften . . . . . 417

11.2.5 Auslegungsspielraum . . . . . 418

11.2.6 Lastabhängige Selbstsperrdifferentialle mit vorgespannten  
Reibungskupplungen . . . . . 419

|  |            |
|--|------------|
| 11.2.7 Wirkungsgrad . . . . .  | 419        |
| 11.2.8 Belastung der Achswellen . . . . .                            | 422        |
| 11.2.9 Unsymmetrische Selbstsperrdifferentiale . . . . .             | 422        |
| 11.3 Längsdifferentiale, Stirnrad-Selbstsperrdifferentiale . . . . . | 428        |
| 11.4 Ausgeführte Konstruktionen . . . . .                            | 431        |
| 11.4.1 Sperrdifferentiale mit symmetrischem Aufbau . . . . .         | 432        |
| 11.4.2 Sperrdifferentiale mit unsymmetrischem Aufbau . . . . .       | 437        |
| 11.4.3 Weitere Konstruktionen . . . . .                              | 447        |
| <b>12 Schaltungselemente, Synchronisierungen . . . . .</b>           | <b>449</b> |
| 12.1 Unsynchronisierte Schaltelemente . . . . .                      | 450        |
| 12.2 Synchronisierte Schaltelemente . . . . .                        | 451        |
| 12.3 Sperrsynchronisierte Schaltelemente . . . . .                   | 452        |
| <b>13 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 Schraubenpumpen . . . . .                                       | 463        |
| <b>14 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> |