

SEMITSCHASTNOW · BÜTTNER



HYDRAULISCHE GETRIEBE

für Schienenfahrzeuge



Inhaltsverzeichnis

1 Kraftübertragung bei Dieseltriebfahrzeugen	9
1.1 Allgemeines	9
1.2 Umfang der Darstellung	12
1.3 Forderungen an hydraulische Getriebe	12
2 Grundlagen für hydraulische Getriebe	13
2.1 Kurze Betrachtung aus der Hydrostatik	13
2.2 Kurze Betrachtung aus der Hydrodynamik	14
2.3 Stoffeigenschaften	16
2.31 Zähigkeit	16
2.32 Wichte	17
2.33 Dehnungskoeffizient	17
2.34 Enthalpie und Wärmeleitfähigkeit der Erdölprodukte	18
2.35 Energieverluste bei der Bewegung einer realen Flüssigkeit	19
2.4 Betriebsflüssigkeiten für hydraulische Getriebe	23
3 Hydrostatische Getriebe	28
3.1 Charakteristik, Allgemeines	28
3.2 Getriebe mit rotierendem An- und Abtrieb	28
3.21 Getriebe mit Flügelzellen	28
3.22 Kolbengetriebe mit Flügelzellenmotor	32
3.23 Getriebe mit Kolbenzellen	34
3.3 Grundlagen für hydrostatische Getriebe	37
3.31 Getriebe mit Flügelzellen	37
3.311 Pumpe	37
3.312 Hydraulischer Motor	38
3.313 Zugkraft und Leistung	40
3.32 Getriebe mit Kolbenzellen	40
3.321 Pumpe	42
3.322 Hydraulischer Motor	42
3.323 Zugkraft und Leistung	44
4 Hydrodynamische (Föttinger-) Getriebe	44
4.1 Kurzer Abriss der Entwicklung hydrodynamischer Getriebe	44
4.11 Föttinger-Wandler	46
4.12 Föttinger-Kupplung	48
4.13 Föttinger-Getriebe	51
4.2 Berechnung der Föttinger-Wandler und -Kupplungen	54
4.21 Grundgleichung der Strömungsmaschine	54
4.211 Momentengleichung	55
4.212 Gleichung der Energieübertragung	56
4.213 Einfluß der endlichen Schaufelzahl	57
4.22 Einteilung der einstufigen Föttinger-Wandler	59

4.23	Festlegung der Hauptabmessungen einstufiger Wandler erster Klasse	60
4.231	Berechnung des Pumpenlaufrades	61
4.232	Berechnung des Turbinenlaufrades	70
4.233	Berechnung des Leitrades	75
4.24	Festlegung der Hauptabmessungen von Wandlern zweiter Klasse	77
4.241	Berechnung des Leitrades	77
4.242	Berechnung des Turbinenlaufrades	79
4.25	Bestimmung der Hauptabmessungen der Laufräder des Föttinger-Wandlers nach den Modellgesetzen	80
4.26	Berechnung der Föttinger-Kupplung	81
5	Energiebilanz des Föttinger-Wandlers und der Föttinger-Kupplung ...	86
5.1	Energiebilanz des Föttinger-Wandlers erster Klasse	86
5.11	Förderhöhe des Pumpenlaufrades	89
5.12	Förderhöhe des Turbinenlaufrades	89
5.2	Verluste im Föttinger-Wandler	90
5.201	Stoßverluste am Pumpenlaufradeintritt	91
5.202	Verluste bei plötzlicher Einengung des Pumpenlaufradkanals	92
5.203	Verluste durch Reibung im Pumpenlaufradkanal	93
5.204	Verluste infolge Krümmung der Schaufelkanäle des Pumpenlaufrades	94
5.205	Spaltverluste in der Pumpe	95
5.206	Stoßverluste beim Eintritt in das Turbinenlaufrad	97
5.207	Verluste durch Reibung im Turbinenlaufradkanal	98
5.208	Verluste durch Krümmung der Schaufelkanäle des Laufrades	99
5.209	Verluste durch plötzliche Erweiterung beim Austritt aus dem Turbinenlaufrad	99
5.210	Verluste durch plötzliche Einengung beim Eintritt in das Leitrad	99
5.211	Stoßverluste am Leitradeintritt	100
5.212	Verluste durch Reibung im Leitradkanal	101
5.213	Verluste infolge Krümmung der Schaufelkanäle des Leitrades	101
5.214	Verluste durch plötzliche Erweiterung des Leitradkanals	102
5.215	Mechanische Verluste im Föttinger-Wandler	102
5.3	Energiebilanz des Föttinger-Wandlers zweiter Klasse	107
5.4	Energiebilanz der Föttinger-Kupplung	107
6	Aufbau der Kennlinien für Föttinger-Wandler und Föttinger-Kupplungen	108
6.1	Kennlinien der Föttinger-Wandler	108
6.2	Kennlinien der Föttinger-Kupplungen	117
7	Profilgebung für die Laufradschaufeln des Föttinger-Wandlers	120
7.1	Konforme Abbildung	120
7.2	Profilgebung der Schaufeln des Pumpenlaufrades eines Föttinger-Wandlers	123
7.3	Aufbau der Modellschnitte (Schreinerschnitte) der Schaufel	128
7.4	Herstellung des Kernkastens für das Pumpenlaufrad eines Föttinger-Wandlers	130

8	Regelung hydraulischer Getriebe	131
8.1	Regelung hydrostatischer Getriebe	132
8.11	Leistungsregelung	132
8.12	Druckregelung	134
8.2	Regelung der Föttinger-Wandler	135
8.21	Drehzahlregelung	135
8.22	Regelung durch Änderung der Füllung	137
8.23	Regelung durch mechanische Einwirkung auf die Flüssigkeitsströmung	138
8.3	Regelung der Föttinger-Kupplungen	140
8.31	Drehzahlregelung	140
8.32	Regelung der Füllung	141
8.33	Regelung durch mechanische Beeinflussung der Flüssigkeitsströmung	142
9	Ausgeführte Schienenfahrzeuge mit hydrostatischem Getriebe	145
10	Hydrodynamische Getriebe für Dieseltriebfahrzeuge	155
10.1	Zahnradgetriebe mit Föttinger-Kupplung	155
10.2	Zahnradgetriebe mit Föttinger-Wandler	166
10.3	Krupp-Strömungsgetriebe mit mechanischen Gangstufen	181
10.4	Föttinger-Getriebe mit Wandler und Kupplung	184
10.5	Föttinger-Getriebe mit einem Wandler und zwei Kupplungen ..	191
10.6	Föttinger-Getriebe mit zwei Wandlern	206
10.7	Föttinger-Getriebe mit drei Wandlern	211
10.8	Föttinger-Getriebe mit Kupplung und Wandlern in einem Kreislauf	215
11	Methodik der Berechnung eines Föttinger-Getriebes für Schienenfahrzeuge	216
11.1	Bestimmung der Übersetzung des mechanischen Übersetzungsgetriebes	216
11.2	Zahnradgetriebe mit Föttinger-Kupplung	219
11.21	Aufbau der Zugkraftkennlinien	221
11.3	Zahnradgetriebe mit Föttinger-Wandler	222
11.31	Bestimmung der Stufenzahl des mechanischen Stufengetriebes	224
11.4	Föttinger-Getriebe mit einem Wandler und zwei Kupplungen ..	226
11.41	Betrieb über den Föttinger-Wandler	227
11.42	Betrieb über die erste Föttinger-Kupplung	229
11.43	Betrieb über die zweite Föttinger-Kupplung	229
12	Berechnungsbeispiel eines Föttinger-Getriebes für Diesellokomotiven ..	231
12.1	Berechnung eines Föttinger-Getriebes mit zwei Wandlern und einer Kupplung	231
12.2	Berechnung eines Zahnradgetriebes mit Föttinger-Wandler	254
13	Literaturverzeichnis	258
14	Sachwörterverzeichnis	263
15	Rechentafel- und Bildanhang	267