

Peter Hofmann

Hybridfahrzeuge

SpringerWienNewYork

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Verkehr und seine Auswirkungen auf die Umwelt	1
1.2 Historie von Hybridfahrzeugen	6
1.3 Prognosen für Hybridfahrzeuge	12
2 Definitionen und Klassifizierung der Hybridkonzepte	17
2.1 Serieller Hybrid	18
2.2 Parallelhybrid	21
2.3 Leistungsverzweigter Hybrid	23
2.4 Micro-Hybrid	42
2.5 Mild-Hybrid	44
2.6 Full-Hybrid	45
2.7 Plug-In-Hybrid	46
2.8 Zusammenfassung – Hybridsysteme	52
3 Motivation zum Bau von Hybridantriebssystemen	55
3.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen	55
3.1.1 Situation in Kalifornien/USA	57
3.1.2 Situation in Europa	65
3.1.3 Zusammenfassung	70
3.2 Kraftstoffverbrauch	71
3.2.1 Lastpunktanhebung	72
3.2.2 Start/Stopp	75
3.2.3 Elektrisches Fahren	77
3.2.4 Rekuperation	82
3.2.5 Zusammenfassung Kraftstoffverbrauchseinsparungspotenzial	87
3.3 Emissionen und Lärm	89
3.3.1 Elektrisch emissionsfrei fahren	89
3.3.2 Lastpunktverschiebung	89
3.3.3 Start/Stopp	93
3.4 Funktionalität	94
3.4.1 E4WD – Elektrischer Allradantrieb	94
3.4.2 Torque Vectoring	94
3.4.3 Spannungsversorgung – Power Station	99
4 Hybridkomponenten	101
4.1 Verbrennungskraftmaschinen	101
4.1.1 Ottomotoren	101

4.1.2	Dieselmotoren	102
4.1.3	Zweitaktmotoren	102
4.1.4	Rotationskolbenmotoren	104
4.1.5	Stirlingmotor	106
4.1.6	Gasturbinen	109
4.1.7	Brennstoffzellen	110
4.2	Elektromaschinen	113
4.2.1	Betriebsgrenzen und Kennlinien	114
4.2.2	Gleichstrommaschinen	118
4.2.3	Drehstrommaschinen	119
4.2.4	Asynchronmaschine	121
4.2.5	Synchronmaschinen	122
4.2.6	Permanenterregte Synchronmaschinen	122
4.2.7	Geschaltete Reluktanzmaschine	124
4.2.8	Permanenterregte Transversalflussmaschinen	126
4.2.9	Vergleich der verschiedenen Elektromaschinen	129
4.2.10	Ausführungsformen	130
4.2.11	Getriebeintegration	132
4.3	Leistungselektronik (Stromrichter)	139
4.3.1	Halbleiter-Elemente	141
4.3.2	Leistungselektronische Schaltungen	142
4.4	Energiespeicher	146
4.4.1	Allgemeines	146
4.4.2	Sekundärelemente	151
4.4.3	Blei-Batterien (Pb/PbO ₂)	157
4.4.4	Nickel-Cadmium-Batterien	160
4.4.5	Nickel-Metallhydrid-Batteriesysteme	160
4.4.6	Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ion)	164
4.4.7	Na-NiCl-Batterie (Zebra)	168
4.4.8	Natrium-Schwefel-Batterie	168
4.4.9	Superkondensatoren	168
4.4.10	Schwungradspeicher	173
4.4.11	Hydropneumatische Speicher	176
4.4.12	Vergleich der Energiespeichersysteme	190
4.5	Nebenaggregate	195
4.5.1	Hydraulische Impulsspeicher HIS®	196
4.5.2	Elektrische Servolenkung	199
4.5.3	Heizung und Klimatisierung	202
5	Antriebsstrangmanagement	207
5.1	Betriebszustände von Hybridfahrzeugen	208
5.2	Betriebsstrategien	209
5.2.1	Einteilung von Betriebsstrategien	210
5.3	Simulation von Hybridfahrzeugen	213
5.3.1	Modellierung eines Hybridfahrzeugs	214
5.3.2	Beispiel Betriebsstrategie	223

5.3.3	Beispiel für Dimensionierung der E-Komponenten	233
5.3.4	Betriebsstrategien unter Einbeziehung des Thermomanagements	237
5.4	Betriebsstrategien mit Prognosefunktionen	243
6	Ausgeführte Pkw- und Motorrad-Hybridkonzepte	249
6.1	Toyota Prius	249
6.2	Lexus RX400h und RX450h	261
6.3	Lexus GS450h	266
6.4	Lexus LS600h	270
6.5	Integrated Motor Assist (IMA)-Hybridsystem von Honda	275
6.6	Mercedes-Benz S 400 HYBRID	285
6.7	Mercedes-Benz ML 450 Hybrid	292
6.8	BMW X6 ActiveHybrid	297
6.9	Magna HYSUV	303
6.10	VW Touareg Hybrid	305
6.11	AVL ECO Target	315
6.12	AVL Turbohybrid	318
6.13	Opel Flextreame und Ampera	325
6.14	VW twinDrive	328
6.15	Toyota Supra HV-R (Hybrid)	333
6.16	Piaggio MP3 Hybrid	334
7	Ausgeführte Lkw- und Bus-Hybridkonzepte	339
7.1	Hybridbusse	344
7.1.1	Orion VII HybriDrive	344
7.1.2	Mitsubishi Fuso Aero	346
7.1.3	Mercedes-Benz Citaro G BlueTec Hybrid	347
7.1.4	MAN Hybridbusse	349
7.1.5	Hess Doppelgelenk-Hybridbus	354
7.1.6	7700 parallel Hybrid Volvo I-SAM	355
7.1.7	IVECO – Irisbus Hynovis	357
7.1.8	Solaris Urbino 18	358
7.1.9	Scania Hybrid Concept Bus	359
7.2	Hybrid-Lkw	362
7.2.1	Mercedes-Benz Sprinter Plug-In-Hybrid	362
7.2.2	MAN Verteiler-Lkw	365
7.2.3	Mitsubishi Fuso Canter Eco Hybrid	369
7.2.4	Mercedes-Benz Freightliner M2	372
7.2.5	Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid	373
7.2.6	Volvo FE Abfallentsorgungsfahrzeug	375
7.2.7	Abfallsammelfahrzeug mit hydrostatisch-regenerativem Bremsssystem (HRB)	376
8	Ausblick	379
9	Literatur	381
	Sachverzeichnis	391