

# Inhaltsverzeichnis

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Vorwort . . . . .               | VII  |
| Abbildungsverzeichnis . . . . . | XIII |
| Tabellenverzeichnis . . . . .   | XV   |
| Abkürzungsverzeichnis . . . . . | XVII |
| Symbolverzeichnis . . . . .     | XIX  |
| Kurzfassung . . . . .           | XXI  |
| Abstract . . . . .              | XXV  |

## **1 Einleitung . . . . . 1**

## **2 Theoretische Grundlagen und Stand der Technik . . . 3**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Effizienz auf Fahrzeugebene . . . . .                        | 3  |
| 2.2 Getriebe und Triebstränge . . . . .                          | 7  |
| 2.2.1 Konventionelle Fahrzeuggetriebe . . . . .                  | 8  |
| 2.2.2 Kenngrößen von Getrieben . . . . .                         | 10 |
| 2.2.3 Bewegungsgleichungen . . . . .                             | 18 |
| 2.2.4 Vereinfachte Darstellung von Getrieben nach Wolf . . . . . | 20 |
| 2.2.5 Fahrleistungsanforderungen . . . . .                       | 22 |
| 2.2.6 Entwicklungsmethodiken für Getriebe . . . . .              | 23 |
| 2.2.7 Mechanische Verluste . . . . .                             | 24 |
| 2.3 Hybridfahrzeuge . . . . .                                    | 25 |
| 2.3.1 Einteilung von Hybridfahrzeugen . . . . .                  | 26 |
| 2.3.2 Hybride Betriebsarten . . . . .                            | 30 |
| 2.3.3 Kraftstoff einsparung durch Hybridisierung . . . . .       | 31 |
| 2.3.4 Bekannte Konzepte für Hybridantriebe . . . . .             | 32 |
| 2.3.5 Konzeptentwicklungen für Triebstränge . . . . .            | 35 |
| 2.4 Simulative Methoden für Hybridfahrzeuge . . . . .            | 37 |
| 2.4.1 Betriebsstrategien . . . . .                               | 38 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.5 Handlungsbedarf . . . . .  | 44        |
| <b>3 Konzepte für hybride Triebstränge . . . . .</b>                 | <b>47</b> |
| 3.1 Konzeptbildung durch mechanische Kopplungen . . . . .            | 50        |
| 3.1.1 Systemgrenzen und Energiewandler . . . . .                     | 50        |
| 3.1.2 Konzeptbildung . . . . .                                       | 51        |
| 3.1.3 Besonderheiten des Kraftfahrzeugtriebstranges . . . . .        | 56        |
| 3.1.4 Bedeutung des Systemfreiheitsgrades . . . . .                  | 60        |
| 3.2 Konzepte in Kopplungsdarstellung . . . . .                       | 61        |
| 3.2.1 Drehzahlkopplungen . . . . .                                   | 61        |
| 3.2.2 Drehmomentkopplungen . . . . .                                 | 64        |
| 3.2.3 Kombinierte Kopplungen . . . . .                               | 66        |
| 3.3 Konzeptbildung durch die Kombination von Betriebsarten . . . . . | 70        |
| 3.3.1 Systemgrenzen und Übertragungswege . . . . .                   | 70        |
| 3.3.2 Konzeptbildung . . . . .                                       | 71        |
| 3.3.3 Besonderheiten des Kraftfahrzeugtriebstranges . . . . .        | 73        |
| 3.3.4 Darstellung und Verwendung . . . . .                           | 77        |
| 3.4 Vergleich und Zusammenhang . . . . .                             | 79        |
| <b>4 Eignung von Konzepten . . . . .</b>                             | <b>81</b> |
| 4.1 Konzeptvergleich . . . . .                                       | 81        |
| 4.2 Simulation von Konzepten . . . . .                               | 86        |
| 4.2.1 Definition der Simulation und der Parameter . . . . .          | 87        |
| 4.2.2 Iterative Dynamische Programmierung . . . . .                  | 101       |
| 4.2.3 Das Fahrzeugmodell . . . . .                                   | 109       |
| 4.2.4 Einschränkung der Betriebsarten . . . . .                      | 112       |
| 4.3 Ergebnisse . . . . .   | 113       |
| 4.3.1 Parameter der iDP . . . . .                                    | 113       |
| 4.3.2 Benchmark . . . . .  | 115       |
| 4.3.3 Zahl der Elektromaschinen . . . . .                            | 119       |
| 4.3.4 Kapazität der Batterie . . . . .                               | 120       |
| 4.3.5 Idealer Energiespeicher . . . . .                              | 123       |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3.6 Betriebsarten . . . . .                                    | 124        |
| 4.3.7 Elektrischer Leistungspfad . . . . .                       | 132        |
| 4.3.8 Einschränkung des Leistungsflusses . . . . .               | 134        |
| 4.3.9 Zusammenfassung . . . . .                                  | 136        |
| <b>5 Konzeptvarianten . . . . .</b>                              | <b>139</b> |
| 5.1 Ableitung von Varianten . . . . .                            | 139        |
| 5.2 Simulation von Varianten . . . . .                           | 142        |
| 5.3 Berechnungsansatz für verbrauchsoptimale Übersetzungen . . . | 145        |
| 5.3.1 Analogie zum PMP . . . . .                                 | 147        |
| 5.3.2 Berechnung des Äquivalenzfaktors . . . . .                 | 149        |
| 5.4 Ablauf der Simulation . . . . .                              | 151        |
| 5.4.1 Übersetzungsberechnung . . . . .                           | 152        |
| 5.5 Ergebnisse . . . . .   | 157        |
| 5.5.1 Parallelhybrid mit zwei Antriebsmaschinen . . . . .        | 157        |
| 5.5.2 Konzeptvarianten mit drei Antriebsmaschinen . . . . .      | 160        |
| <b>6 Schlussfolgerung und Ausblick . . . . .</b>                 | <b>171</b> |
| <b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>                            | <b>173</b> |
| <b>Anhang . . . . .</b>  | <b>183</b> |

Konzepte für effiziente hybride Triebstränge

Haag, A.

2017, XXVII, 195 S. 66 Abb., 23 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-19966-1