



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>XI</b>
<b>SYMBOLVERZEICHNIS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MOTIVATION.....</b>	<b>3</b>
<b>3 BESCHREIBUNG DES NEUEN PFI FÜR ELEKTRISCHE ANTRIEBE.....</b>	<b>5</b>
3.1 Stand der Technik für die Beurteilung eines Elektrofahrzeugs.....	5
3.1.1 Conversion Design und Purpose Design.....	7
3.1.2 Vor- und Nachteile von Elektrofahrzeugen .....	10
3.2 Die elektrischen Antriebskomponenten eines Elektrofahrzeugs.....	11
3.2.1 Elektrische Maschine (EM) .....	11
3.2.2 Leistungselektronik.....	18
3.2.3 Batterie .....	19
<b>4 VORAUSSETZUNGEN UND UMFANG VON AUSLEGUNG UND SIMULATION .....</b>	<b>23</b>
4.1 Auslegungs- und Simulationsprämissen.....	23
4.1.1 Gesamtfahrzeugprämissen.....	23
4.1.2 Antriebsprämissen .....	23
4.1.3 Batteriesystemprämissen .....	24
4.1.4 Simulationsprämissen.....	24
4.2 Berechnung der Fahrwiderstände .....	24
4.2.1 Steigungswiderstand .....	24
4.2.2 Rollwiderstand .....	25
4.2.3 Luftwiderstand .....	26
4.2.4 Beschleunigungswiderstand.....	27
4.2.5 Kurvenwiderstand.....	27



## Inhaltsverzeichnis

---

4.3	Bisheriger Fahrleistungseindruck eines Elektrofahrzeugs.....	28
4.3.1	Berechnung bei Getrieben mit festen Übersetzungsstufen .....	29
4.3.2	Berechnung bei stufenlosen Getrieben .....	30
<b>5</b>	<b>VERBRAUCHSSIMULATION DES ELEKTROFAHRZEUGS.....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>PROBANDENERPROBUNG ZUR ERMITTLUNG DES PFI VON ELEKTROFAHRZEUGEN .....</b>	<b>35</b>
6.1	Durchführung der Probandenerprobung.....	35
6.2	Auswertung der Probandenerprobung .....	41
6.2.1	Berechnung der Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) der Messwerte .....	42
6.2.2	Vergleich der Bewertungen des Aggregateträgers.....	45
<b>7</b>	<b>BERECHNUNG DES PFI VON ELEKTROFAHRZEUGEN.....</b>	<b>49</b>
7.1	Berechnung des Beschleunigungsverlaufs .....	49
7.2	Berechnungsvorschrift für den Fahrleistungseindruck von Elektrofahrzeugen.....	50
<b>8</b>	<b>ANWENDUNG DES PFI FÜR DEN ELEKTRISCHEN ANTRIEBSSTRANG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES VERBRAUCHS.....</b>	<b>57</b>
8.1	Antriebsstrangauslegung auf Basis des Referenzfahrzeugs bei gleichem PFI .....	57
8.1.1	Änderungen am Referenzfahrzeug aufgrund der Elektrifizierung des Antriebsstrangs.....	58
8.1.2	PFI-Bestimmung des Referenzfahrzeugs.....	59
8.1.3	Elektrifizierung des Referenzfahrzeugs .....	60
8.2	Drehmomentbestimmung anhand des vorgegebenen PFIs .....	61
8.3	Fahrzyklen .....	62
8.3.1	NEFZ .....	63
8.3.2	Ausblick WLTP .....	63
8.3.3	Artemis Zyklen .....	64
8.3.4	Verlustleistung der elektrischen Maschine .....	66
8.3.5	Verlustleistung des Getriebes.....	70
<b>9</b>	<b>ANWENDUNG DES PFI BEI DER ENERGIEVERBRAUCHSANALYSE DES REFERENZFAHRZEUGS.....</b>	<b>73</b>



---

9.1	Ermittlung des Energieverbrauchs in der Simulation.....	73
9.1.1	Energieverbrauch im NEFZ .....	74
9.1.2	Energieverbrauch in den Artemis-Zyklen.....	76
9.2	Ermittlung des Energieverbrauchs anhand eines Wichtungskennfelds.....	81
<b>10</b>	<b>EINFLUSS DES PFI AUF DIE OPTIMIERUNG DES ELEKTRISCHEN ANTRIEBSSTRANGS .....</b>	<b>85</b>
10.1	Kosten der elektrischen Antriebskomponenten eines Elektrofahrzeugs.....	86
10.1.1	Elektrische Maschine.....	86
10.1.2	Batterie .....	88
10.1.3	Leistungselektronik.....	92
10.2	Entwicklung einer Kostenfunktion für die elektrischen Antriebskomponenten.....	94
10.3	Kostenbetrachtung anhand der gewichteten Verlustleistung.....	94
10.3.1	Kostenszenarien Überblick .....	94
10.3.2	Kostenszenario heutige Kosten .....	98
10.3.3	Kostenszenarien für 2014.....	98
10.3.4	Kostenszenarien für 2018.....	99
10.4	Einfluss der Gesamtkostensituation auf die Antriebskomponenten im Jahr 2018	101
<b>11</b>	<b>DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>105</b>
11.1	Verallgemeinerung der Aussagen und Einschränkung der Änderungsmöglichkeiten und Bewertung .....	105
11.2	Weitere mögliche technologische und wirtschaftliche Änderungen und deren Auswirkung.....	106
<b>12</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>109</b>
	<b>LITERATUR .....</b>	<b>111</b>