

Inhalt

1	Motivation und Zielsetzung.....	8
2	Stand der Technik.....	11
2.1	Antriebsstrangtopologien von Elektrofahrzeugen.....	11
2.2	Wirkungsgradbestimmung.....	16
2.2.1	Wirkungsgradmessung von Getrieben.....	17
2.2.1.1	Wirkungsgradermittlung aus Eingangs- und Verlustleistung.....	19
2.2.1.2	Wirkungsgradermittlung aus Eingangs- und Ausgangsleistung.....	22
2.2.2	Wirkungsgradberechnung von Getrieben.....	24
2.2.2.1	Berechnungsgrundlagen.....	26
2.2.2.2	Vorhandene Berechnungsverfahren.....	37
2.2.3	Wirkungsgradmessung von Elektromotoren.....	39
2.2.4	Wirkungsgradberechnung von Asynchronmaschinen.....	40
2.3	Getriebeentwicklungsprozess.....	46
3	Forschungsansatz.....	48
3.1	Problemstellung.....	48
3.2	Bewertung des Standes der Technik.....	48
3.3	Forschungsbedarf und Anforderungen.....	51
3.4	Angewandte Werkzeuge im Entwicklungsprozess.....	54
3.4.1	Leistungsprüfstände zur Wirkungsgradmessung.....	54
3.4.2	Berechnungsprogramme zur Wirkungsgradbestimmung.....	56
4	Entwicklung und Umsetzung eines ganzheitlichen Simulationsmodells.....	57
4.1	Aufbau des Simulationsmodells.....	57
4.1.1	Funktionsstruktur.....	57
4.1.2	Ablauf der Berechnung.....	59
4.2	Umsetzung der zu simulierenden Bauteile.....	64
4.2.1	Verlustanteile Getriebe.....	65
4.2.2	Verlustanteile Asynchronmaschine.....	79

5	Validierung des Simulationsmodells	84
5.1	Wirkungsgradbestimmung	85
5.1.1	Beschreibung von Getriebe und Elektromotor.....	85
5.1.2	Wirkungsgradmessung des Lkw-Achsgetriebes	87
5.1.3	Fehler in den Messergebnissen	89
5.1.4	Wirkungsgradberechnung	92
5.2	Vergleich der Ergebnisse.....	95
5.2.1	Getriebe	95
5.2.2	Asynchronmotor.....	97
5.2.3	Diskussion der Ergebnisse.....	100
6	Entwicklungsprozess unterstützt durch Wirkungsgradsimulation	104
6.1	Exemplarische Konzeption einer Elektrofahrzeug-Antriebseinheit	104
6.1.1	Anforderungen, Funktionen und Wirkprinzipien	104
6.1.2	Konzepte	105
6.1.3	Produktgestaltung	112
6.1.4	Absicherung	116
6.2	Einbindung in den Entwicklungsprozess.....	116
6.2.1	Auswirkungen auf den Produktentwicklungsprozess	117
6.2.2	Grenzen der Wirkungsgradsimulation.....	121
6.2.3	Weiterführende Möglichkeiten.....	122
7	Diskussion der Ergebnisse und Ausblick.....	124
7.1	Diskussion der Ergebnisse	124
7.2	Ausblick	126
8	Zusammenfassung/Summary	128
9	Formelzeichen und Indizes	130
10	Literatur	136
11	Anhang	154

11.1	Ölstandsänderung	154
11.2	Maschinenparameter ASM	155
11.3	Durchgeführte Versuche	156
11.4	Wirkungsgrad ASM	157
11.5	Verlustleistungsaufteilung LKW-Achsgetriebe	158
11.6	Ausgabe Kraftberechnung	159
11.7	Wirkungsgrad der Konzepte I und II	160