

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Symbolverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Das Elektrofahrzeug	2
1.1.1 Konfigurationen des Antriebsstrangs	2
1.1.2 Überblick potenzieller Traktionsmaschinen	3
1.2 Die ISCAD Maschinen	4
1.2.1 ISCAD-ASM	5
1.2.2 ISCAD-SynRM	6
1.2.3 ISCAD-Hybrid	7
1.3 Zielformulierung und Gliederung der Arbeit	8
2 Betriebspunkte der Traktionsmaschine	11
2.1 Fahrzeugdaten und Anforderungen	12
2.2 Längsdynamisches Fahrzeugmodell	13
2.3 Charakteristische Betriebspunkte der Traktionsmaschine	15
2.3.1 Getriebeübersetzung	16
2.3.2 Betriebspunkt des Bemessungsbetriebs	16
2.3.3 Betriebspunkt des Dauerbetriebs	18
2.3.4 Resultierende charakteristische Kennlinien	19
2.4 Fahrzyklusanalyse	20
2.5 Referenzmaschine des BMW i3	24
3 Analytische Modellbildung	27
3.1 Analytischer Ansatz	27
3.2 Flussdichteverteilung im Luftspalt bei Leerlauf	29
3.3 Flussdichteverteilung im Luftspalt infolge des Statorfeldes	38
3.4 Arbeitspunkt der Permanentmagneten	46
3.5 Induktivitäten	49
3.5.1 Hauptinduktivität der Statorwicklung	50
3.5.2 Streuinduktivitäten	52
3.5.3 Selbstinduktivität der Erregerwicklung	56
3.5.4 Gegeninduktivität zwischen Stator- und Erregerwicklung	58
3.6 Induzierte Spannung, Spannungsgleichung und Ersatzschaltbild	61
3.7 Elektromagnetisches Drehmoment	64

3.8	Drehmomentwelligkeit	67
3.9	Raumzeigertransformation mehrphasiger Systeme	71
4	Elektromagnetischer Entwurf	75
4.1	Besonderheiten des Entwurfsprozesses	75
4.1.1	Stabzahl	75
4.1.2	Hybride Erregung	77
4.2	Grobentwurf	87
4.2.1	Entwurf mit Seltenerdmagneten	88
4.2.2	Entwurf mit Ferriten	93
4.3	Optimierung	96
4.3.1	Vorgehensweise	96
4.3.2	Resultierende Designs	97
5	Analyse der ISCAD-Hybrid	101
5.1	Charakteristische Kennlinien und Kennfelder	101
5.2	Betriebseigenschaften	105
5.2.1	Charakteristische Kennlinien	106
5.2.2	Kennfelder	109
5.2.3	Polumschaltung	113
5.3	Zusatzverluste der Schleifringe	115
5.4	Vergleich mit der Referenzmaschine	116
5.5	Entmagnetisierung	120
6	Fahrzyklussimulation	123
6.1	Energieverbrauch	123
6.2	Polumschaltung	126
6.3	Vergleich mit der Referenzmaschine	129
7	Fazit und Ausblick	133
7.1	Fazit	133
7.2	Ausblick	135
A	Gleichungssystem der hybriden Erregung	i
B	Exemplarische ISCAD-Hybrid	v
C	Strombelagsverteilung	vii
D	Gleichungssystem des Spannungsabfalls	xi
E	Verlustabschätzung der Grobentwürfe	xiii
E.1	Verlustabschätzung der ISCAD-Hybrid mit Seltenerdmagneten	xiii
E.2	Verlustabschätzung der ISCAD-Hybrid mit Ferriten	xiv
F	Zusätzliche Kennfelder	xvii
F.1	Kennfelder der ISCAD-Hybrid mit Seltenerdmagneten	xvii
F.2	Kennfelder der ISCAD-Hybrid mit Ferriten	xxi
F.3	Kennfelder der ISCAD-Hybrid bei Polumschaltung	xxiv

F.4 Kennfelder der Referenzmaschine	xxv
Literatur	xxvii