

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	V
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Treiber für Veränderungen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Legislative .....	3
2.1.1 Globale Umweltbelastung .....	3
2.1.2 Lokale Umweltbelastung .....	12
2.1.2.1 Lokale Umweltbelastung in Europa .....	12
2.1.2.2 Lokale Umweltbelastung in Kalifornien .....	17
2.1.2.3 Lokale Umweltbelastung in Asien .....	20
2.2 Kundenanforderungen .....	22
2.3 Ressourcenverfügbarkeit .....	24
2.3.1 Rohstoffknappheit .....	24
2.3.2 Ölressourcen .....	25
2.3.3 Ölförderung .....	27
2.3.4 Ölbedarf .....	28
2.3.5 Ölpreis .....	29
2.3.6 Politische Instabilitäten und energiepolitische Unabhängigkeit .....	32
2.4 Fazit .....	34
<b>3 Zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstranges .....</b>	<b>35</b>
3.1 Optimierung des konventionellen Verbrennungsmotors .....	36
3.1.1 Optimierung des Verbrauchs .....	36
3.1.1.1 Benzindirekteinspritzung .....	37
3.1.1.2 Aufladung und Downsizing .....	38
3.1.1.3 Zylinderabschaltung .....	43
3.1.1.4 Variabler Ventiltrieb .....	44
3.1.1.5 Variable Kompression .....	46
3.1.1.6 Rückgewinnung der thermischen Abgasenergie .....	46
3.1.1.7 Neue Brennverfahren .....	47
3.1.2 Reduktion der Abgasemissionen .....	48
3.1.2.1 Drei-Wege-Katalysator .....	49
3.1.2.2 NO <sub>x</sub> -Speicherkatalysator .....	50
3.1.2.3 SCR-Katalysator .....	50
3.1.2.4 Rußpartikelfilter .....	50
3.1.2.5 Abgasrückführung .....	51
3.1.3 Zwischenfazit .....	51
3.2 Hybridantriebe .....	52
3.2.1 Micro Hybrid .....	54
3.2.2 Mild Hybrid .....	54

3.2.3	Vollhybride .....	55
3.2.3.1	Parallele und leistungsverzweigte Hybride .....	56
3.2.3.2	Serielle Hybride .....	57
3.2.4	Plug-In Hybride .....	58
3.3	Elektrofahrzeuge .....	58
3.3.1	Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge .....	59
3.3.2	Brennstoffzellenbetriebene Elektrofahrzeuge .....	61
3.3.2.1	Bauweisen der Brennstoffzellen .....	61
3.3.2.2	Leistungsmerkmale .....	63
3.4	Marktbedeutung und Bewertung der Antriebssysteme .....	65
3.5	Fazit .....	70
<b>4</b>	<b>Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge und deren Dimensionierung ...</b>	<b>71</b>
4.1	Erforderliche Schlüsseltechnologien .....	71
4.1.1	Elektromotoren als Energiewandler .....	71
4.1.1.1	Gleichstrommotoren .....	75
4.1.1.2	Asynchronmaschine .....	77
4.1.1.3	Synchronmaschine .....	81
4.1.1.4	Reluktanzmaschine .....	81
4.1.2	Übersicht erforderlicher Schlüsseltechnologien .....	83
4.1.3	Batterie als Energiespeicher .....	84
4.2	Dimensionierung der Schlüsselkomponenten .....	95
4.2.1	Fahrwiderstände .....	95
4.2.1.1	Radwiderstand .....	95
4.2.1.2	Luftwiderstand .....	96
4.2.1.3	Steigungswiderstand .....	97
4.2.1.4	Beschleunigungswiderstand .....	99
4.2.2	Gesamtwiderstand .....	101
4.2.2.1	Nebenverbraucher .....	102
4.2.3	Betrachtete Fahrzeugklassen .....	103
4.2.4	Relevante Fahrzyklen .....	103
4.2.5	Auslegung des Elektromotors und der Steuerung .....	105
4.2.6	Auslegung der Batterie .....	110
4.3	Fazit .....	113
<b>5</b>	<b>Kostenbetrachtung der Antriebstechnologie .....</b>	<b>115</b>
5.1	Ansätze zur Entwicklung eines Elektrofahrzeugs .....	116
5.2	Kostenentwicklung der Schlüsselkomponenten .....	118
5.2.1	Komponenten des Antriebs .....	118
5.2.2	Energiespeicher – Batterie .....	125
5.3	Kostenmodell der verschiedenen Antriebssysteme .....	131
5.4	Fazit Kostenentwicklung .....	134
<b>6</b>	<b>Implikationen für die Automobilindustrie .....</b>	<b>135</b>
6.1	Übersicht veränderter Fahrzeugkomponenten .....	135
6.1.1	Änderungen am Gesamtfahrzeug .....	135
6.1.2	Übersicht der entfallenden Komponenten .....	137

6.1.3	Übersicht der neuen Fahrzeugkomponenten .....	139
6.1.3.1	Komponenten des Antriebsstrangs .....	140
6.1.3.2	Komponenten des Bordnetzes .....	141
6.1.3.3	Thermomanagement .....	141
6.1.3.4	Komponenten des Fahrwerks .....	142
6.1.4	Konsequenzen für Automobilzulieferer .....	147
6.1.5	Kernkompetenzen und Differenzierungsmerkmale der Fahrzeughersteller .....	151
6.2	Kooperationen auf dem Gebiet des elektrischen Antriebsstrangs .....	154
6.2.1	Grundlagen von Kooperationsmodellen .....	154
6.2.2	Chancen und Risiken von Kooperationen .....	155
6.2.3	Beispiele für Kooperationen im Bereich der Elektromobilität .....	156
6.3	Geschäftsmodelle zur Elektromobilität .....	160
6.3.1	Definition von Geschäftsmodellen .....	160
6.3.2	Geschäftsmodell „Fahrzeugkauf“ .....	161
6.3.3	Geschäftsmodell „Fahrzeugleasing“ .....	162
6.3.4	Geschäftsmodell „Batterieleasing“ .....	163
6.3.5	Geschäftsmodell „CarSharing“ .....	164
6.3.6	Geschäftsmodell „Better Place“ .....	165
6.3.7	Bewertung der Geschäftsmodellvarianten .....	166
6.4	Fazit .....	167
7	<b>Zusammenfassung</b> .....	169
	Literatur .....	173
	Sachwortverzeichnis .....	187