

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung	1
2 Treiber für Veränderungen	3
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
3 Zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstranges	35
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 _x -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
4	Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge und deren Dimensionierung ...	71
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
5	Kostenbetrachtung der Antriebstechnologie	115
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
6	Implikationen für die Automobilindustrie	135
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	Zusammenfassung	169
	Literatur	173
	Sachwortverzeichnis	187