

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einleitung	1
2 Treiber für Veränderungen	3
2.1 Legislative	3
2.1.1 Globale Umweltbelastung	4
2.1.2 Lokale Umweltbelastung	13
2.1.2.1 Lokale Umweltbelastung in Europa	13
2.1.2.2 Lokale Umweltbelastung in Kalifornien	18
2.1.2.3 Lokale Umweltbelastung in Asien	23
2.1.2.4 Kundenanforderungen in China	23
2.2 Kundenanforderungen	24
2.3 Ressourcenverfügbarkeit	26
2.3.1 Rohstoffmarkt	26
2.3.2 Ölressourcen	27
2.3.3 Ölförderung	28
2.3.4 Ölbedarf	29
2.3.5 Ölpreis	31
2.3.6 Politische Aspekte der Ölverfügbarkeit	34
2.4 Fazit	37
3 Zunehmende Elektrifizierung des Antriebstranges	38
3.1 Optimierung des konventionellen Verbrennungsmotors	39
3.1.1 Optimierung des Verbrauchs	40
3.1.1.1 Benzindirekteinspritzung	40
3.1.1.2 Aufladung und Downsizing	42
3.1.1.3 Zylinderabschaltung	48
3.1.1.4 Variabler Ventiltrieb	48
3.1.1.5 Variable Kompression	51
3.1.1.6 Nutzung der thermischen Abgasenergie	52
3.1.1.7 Neue Brennverfahren	53
3.1.2 Reduktion der Abgasemissionen	54
3.1.2.1 Drei-Wege-Katalysator	54
3.1.2.2 NO _x -Speicherkatalysator	56
3.1.2.3 SCR-Katalysator	56
3.1.2.4 Rußpartikelfilter	57
3.1.2.5 Abgasrückführung	57
3.1.3 Zwischenfazit	58

3.2	Hybridantriebe	58
3.2.1	Mikro-Hybrid	61
3.2.2	Mild Hybrid	62
3.2.3	Vollhybride	63
3.2.3.1	Parallele und leistungsverzweigte Hybride	65
3.2.3.2	Serielle Hybride	68
3.2.4	Plug-In Hybride	70
3.3	Elektrofahrzeuge	71
3.3.1	Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge	71
3.3.2	Brennstoffzellenbetriebene Elektrofahrzeuge	75
3.3.2.1	Bauweisen der Brennstoffzellen	76
3.3.2.2	Leistungsmerkmale	78
3.4	Marktbedeutung und Bewertung der Antriebssysteme	83
3.5	Fazit	87
4	Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge und deren Dimensionierung ...	90
4.1	Erforderliche Schlüsseltechnologien	90
4.1.1	Elektromotoren als Energiewandler	90
4.1.1.1	Gleichstrommotoren	94
4.1.1.2	Asynchronmaschine	96
4.1.1.3	Synchronmaschine	100
4.1.1.4	Reluktanzmaschine	101
4.1.2	Übersicht erforderlicher Schlüsseltechnologien	102
4.1.3	Batterie als Energiespeicher	104
4.1.4	Batterie-Ladetechniken	115
4.2	Dimensionierung der Schlüsselkomponenten	119
4.2.1	Fahrwiderstände	120
4.2.1.1	Radwiderstand	120
4.2.1.2	Luftwiderstand	121
4.2.1.3	Steigungswiderstand	122
4.2.1.4	Beschleunigungswiderstand	124
4.2.2	Gesamtwiderstand	125
4.2.2.1	Nebenverbraucher	126
4.2.3	Betrachtete Fahrzeugklassen	127
4.2.4	Relevante Fahrzyklen	128
4.2.5	Auslegung des Elektromotors und der Steuerung	130
4.2.6	Auslegung der Batterie	135
4.3	Fazit	137
5	Kostenbetrachtung der Antriebstechnologie	139
5.1	Ansätze zur Entwicklung eines Elektrofahrzeugs	140
5.2	Kostenentwicklung der Schlüsselkomponenten	142
5.2.1	Komponenten des Antriebs	142
5.2.2	Energiespeicher – Batterie	149
5.3	Kostenmodell der verschiedenen Antriebssysteme	155
5.4	Fazit Kostenentwicklung	158

6	Implikationen für die Automobilindustrie	159
6.1	Übersicht veränderter Fahrzeugkomponenten	159
6.1.1	Änderungen am Gesamtfahrzeug	159
6.1.2	Übersicht der entfallenden Komponenten	161
6.1.3	Übersicht der neuen Fahrzeugkomponenten	163
6.1.3.1	Komponenten des Antriebsstrangs	164
6.1.3.2	Komponenten des Bordnetzes	165
6.1.3.3	Thermomanagement	165
6.1.3.4	Komponenten des Fahrwerks	166
6.1.4	Konsequenzen für Automobilzulieferer	171
6.1.5	Kernkompetenzen und Differenzierungsmerkmale der Fahrzeughersteller	176
6.2	Kooperationen auf dem Gebiet des elektrischen Antriebsstrangs	178
6.2.1	Grundlagen von Kooperationsmodellen	178
6.2.2	Chancen und Risiken von Kooperationen	179
6.2.3	Beispiele für Kooperationen im Bereich der Elektromobilität	180
6.3	Geschäftsmodelle zur Elektromobilität	184
6.3.1	Definition von Geschäftsmodellen	185
6.3.2	Geschäftsmodell „Fahrzeugkauf“	186
6.3.3	Geschäftsmodell „Fahrzeugleasing“	186
6.3.4	Geschäftsmodell „Batterieleasing“	187
6.3.5	Geschäftsmodell „CarSharing“	189
6.3.6	Geschäftsmodell „Better Place“	189
6.3.7	Bewertung der Geschäftsmodellvarianten	190
6.4	Fazit	192
7	Zusammenfassung	193
	Literatur	197
	Sachwortverzeichnis	209