

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung in die Elektromobilität – Kritische Infrastrukturen und Sektorenkopplung	1
1.1 Kritische Infrastrukturen im 21. Jahrhundert	1
1.1.1 Definition und Überblick	1
1.1.2 Transport und Verkehr	3
1.1.3 Energieversorgung	5
1.1.4 Informations- und Kommunikationstechnologien	7
1.2 Energie zur Sicherung der kritischen Infrastrukturen	8
1.2.1 Elektrische Energie – Anführer des Fortschritts	8
1.2.2 Energieverbrauch im Verkehr- und Transportsektor	15
1.3 Geschichte des Verkehrs	15
1.3.1 Elektroauto	15
1.3.2 Fahrzeug als Verkehrsmittel	17
1.4 Neue Herausforderungen für Elektromobilität	19
1.4.1 Erneuerbare Energien und Smart Grid in der Zukunft	19
1.4.2 Flexibilitätsoptionen des Smart Grid	26
1.4.3 Verkehrssektor im Wandel	30
1.5 Sektorenkopplung	31
Literatur	35
2 Physikalisch-technische Beschreibung des E-Kraftfahrzeugs	39
2.1 Einführung	39
2.2 Aufbau von Elektrofahrzeugen	40
2.2.1 Antrieb und Antriebsstrang	40
2.2.2 Energiespeicher	42
2.3 Leistungsbedarf des Fahrzeugs	45
2.3.1 Grundlagen	45
2.3.2 Energiewandlungskette im konventionellen Fahrzeug	46
2.3.3 Energiewandlungskette im Elektrofahrzeug	48
2.3.4 Energiewandlungskette im Brennstoffzellenauto	49
2.4 Leistungsberechnung	49

2.5	Fahrenergiebedarf	51
2.6	Nebenverbraucher	53
2.6.1	Einleitung	53
2.6.2	Niederspannungsverbraucher	53
2.6.3	Hochspannungsverbraucher	55
2.6.4	Fahrsituationen	57
2.6.5	Leistungsbedarf der Nebenaggregate	58
	Literatur	60
3	Elektrische Komponenten des E-Kfz	61
3.1	Einführung	61
3.2	Ladetechnik	63
3.3	Design	65
3.4	Leistungselektronik im E-Kraftfahrzeug	66
3.4.1	Halbleiter	66
3.4.2	Leistungsdioden	67
3.4.3	Thyristoren	68
3.4.4	Transistoren	70
3.5	Grundsaltungen	71
3.5.1	Anleitung	71
3.5.2	Wechsel- und Drehstromsteller	72
3.5.3	Gleichstromsteller (Chopper)	74
3.5.4	Gleichrichter	76
3.5.5	Wechselrichter	79
3.5.6	Umrichter	82
3.6	Antriebssysteme im E-Kraftfahrzeug	82
3.6.1	Anleitung	82
3.6.2	Gleichstrommaschinen	85
3.6.3	Asynchronmaschinen	86
3.6.4	Synchronmaschinen	89
3.6.5	Zusammenfassung	90
3.7	Antrieb im Elektrofahrzeug/BLDC-Motor	91
3.7.1	Wirkungsgrad und Aufbau	91
3.7.2	Drehzahl-Drehmoment-Verhalten	92
3.8	Batteriesysteme	94
3.8.1	Lithium-Ionen-Zellen	94
3.8.2	Ladung und Kapazität	97
3.8.3	Alterung von Lithium-Ionen-Batterien	98
3.9	Brennstoffzellensysteme	99
3.9.1	Grundlagen	99
3.9.2	Leerlaufspannung der PEM-Brennstoffzelle	102
3.9.3	Reversible Zellspannung	102

3.9.4	Temperaturabhängigkeit der Leerlaufspannung	103
3.9.5	Druckabhängigkeit der Leerlaufspannung	104
3.9.6	Nernst-Gleichung	105
3.10	Brennstoffzellensysteme im Elektrofahrzeug	106
3.11	Wasserstoffspeicher im Elektrofahrzeug	107
	Literatur	108
4	Standards und Rahmenbedingungen	111
4.1	Technische Richtlinien – Einführung und Hintergrund	111
4.2	Normungsrelevante Komponenten und technische Einrichtungen in der Elektromobilität	115
4.2.1	Übersicht und Normungsarbeit	115
4.2.2	Komponenten im Fahrzeug	116
4.2.3	Komponenten der Ladeinfrastruktur	121
4.2.4	Anforderung an die Netzanbindung	131
	Literatur	134
5	Elektromobilität als technisches System	137
5.1	Einführung	137
5.2	Elektromobilität als Teil des Elektroenergieversorgungssystems	139
5.2.1	Allgemeine Bemerkungen	139
5.2.2	Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeuge	146
5.2.3	Informations- und Kommunikationstechnik als notwendiges Bindeglied von Sektoren und Komponenten	149
5.3	Elektromobilität als Teilelement des Verkehrssystems	160
5.3.1	Grundlagen des Verkehrssystems	160
5.3.2	Verortung der Elektromobilität im Verkehrssystem	162
5.3.3	Verkehrsinfrastruktur	168
5.3.4	Verkehr in Deutschland	169
5.3.5	Nutzergruppen der Elektromobilität	172
5.3.6	Planungsinstrumente zur Förderung der Elektromobilität und Ladeinfrastruktur	175
5.3.7	Verkehrliche Wirkungen von E-Mobilität	178
5.4	Geschäftsmodelle für Elektromobilitätsbranche	180
5.5	Umsetzung des Gesamtsystems	183
5.5.1	Gesamtarchitektur und Anforderungen	185
5.5.2	Hardware- und Softwarekomponenten für die Systemumsetzung	192
	Literatur	208
	Sachverzeichnis	213