

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrofahrzeuge	11
1.1	Eisenbahn.....	12
1.2	E-Bikes.....	13
1.3	Elektro-Scooter	15
1.4	Elektronutzfahrzeuge	16
1.5	Oberleitungsbusse.....	17
1.6	Experimentelle Fahrzeuge	19
1.7	Elektroautos.....	20
1.8	Hybridfahrzeuge	22
1.9	EU-Fahrzeugklassen.....	24
1.10	Elektroantriebe und Nachhaltigkeit.....	25
2	Energiehaushalt	27
2.1	Wirkungsgrade.....	28
2.1.1	Wirkungsgrade des Verbrennungsmotors.....	30
2.1.2	Wirkungsgrad des Elektromotors.....	37
2.1.3	Getriebe und Wirkungsgrad.....	42
2.1.4	Batterie und Leistungselektronik.....	44
2.1.5	Wirkungsgrad des Stromnetzes.....	45
2.2	Rekuperationsenergie	52
2.3	Temperatureinfluss	54
2.4	Physik der Bewegung	57
2.4.1	Beschleunigung und Geschwindigkeit.....	58
2.4.2	Kraft und Drehmoment.....	60
2.4.3	Einfluss auf den Kraftbedarf	63
2.4.4	Leistung und Arbeit.....	67
2.4.5	Getriebe.....	73
2.5	Einfluss zusätzlicher Verbraucher	81
2.6	Restreichweitenkalkulation.....	82
2.6.1	Bedeutung der Restreichweitenkalkulation	83
2.6.2	Programmierung einer Restreichweitenkalkulation.....	84
2.7	Ökologische Aspekte	84
2.7.1	Emissionen im Straßenverkehr.....	84
2.7.2	Lärmbelastung durch den Straßenverkehr.....	86
2.7.3	Rohstoffbedarf in der Fertigung	87
2.7.4	Wartungsintervalle.....	87
3	Leistungselektronik für Elektrofahrzeuge.....	89
3.1	Bauelemente der Leistungselektronik	90
3.1.1	Diode	90

3.1.2	Leistungsdiode	94
3.1.3	Bipolare Transistoren	95
3.1.4	Transistorgrundschaltungen	103
3.1.5	Transistor als Schalter.....	115
3.1.6	Bipolarer Leistungstransistor	125
3.1.7	Leistungs-MOSFET.....	126
3.2	Integrierte Transistorschaltungen.....	130
3.2.1	Thyristoren.....	130
3.2.2	TRIAC	135
3.2.3	DIAC.....	140
3.2.4	IGBT	142
3.3	Beanspruchung im Fahrzeubau	144
3.3.1	Mechanische Belastungen	144
3.3.2	Thermische Wechsellaisten.....	144
3.4	Systeme im Elektroauto	148
3.4.1	Hochsetzsteller	150
3.4.2	Tiefsetzsteller	153
3.4.3	Ungünstige Betriebszustände bei Gleichstromstellern	155
3.4.4	Gleichrichterschaltung	156
3.4.5	Vierquadrantensteller	165
3.4.6	Wechselrichter.....	170
3.5	Regelungstechnik	174
3.5.1	Der Regelkreis.....	175
3.5.2	Reglertypen.....	176
4	Elektrische Antriebsmotoren.....	181
4.1	Grundlagen des Elektromagnetismus	181
4.1.1	Magnetisches Feld	182
4.1.2	Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	183
4.1.3	Magnetfeld einer Spule	185
4.1.4	Grundgrößen des Elektromagnetismus	185
4.1.5	Spule mit Kern	187
4.1.6	Wirbelströme und Skin-Effekt.....	189
4.1.7	Induktion	189
4.1.8	Gegeninduktion – Lenz'sche Regel.....	192
4.1.9	Selbstinduktion	192
4.1.10	Hall-Effekt	194
4.1.11	Das Motorprinzip	194
4.1.12	Drehbare Spule im Magnetfeld.....	197
4.2	Gleichstrommotor	199
4.2.1	Aufbau	199
4.2.2	Motor oder Generator	203
4.2.3	Fremd erregte Maschine.....	206
4.2.4	Reihenschlussmaschine und Universalmaschine	207
4.2.5	Nebenschlussmaschine	210

4.2.6	Doppelschlussmaschine	212
4.2.7	Permanent erregte Maschine.....	213
4.2.8	Drehrichtung beim Gleichstrommotor	213
4.2.9	Anlassen eines Gleichstrommotors	214
4.3	Synchronmaschinen	216
4.3.1	Aufbau und Prinzip	217
4.3.2	Synchrongenerator.....	219
4.3.3	Synchronmotor	220
4.3.4	Permanent erregte Synchronmotoren	223
4.3.5	Fremd erregte Synchronmotoren	223
4.3.6	Bürstenloser Gleichstrommotor.....	224
4.4	Asynchronmotoren.....	225
4.4.1	Aufbau und Grundprinzip	226
4.4.2	Stromverdrängungsläufer.....	230
4.4.3	Anlauf des Asynchronmotors	232
4.4.4	Drehzahlregelung bei der Asynchronmaschine.....	236
4.4.5	Betriebszustände der Asynchronmaschine.....	240
4.4.6	Drehrichtungsänderung	240
4.4.7	Spezielle Schaltungen bei Asynchronmaschinen	242
4.5	Berechnung der Anlaufzeit	243
4.6	Betriebsarten und Belastbarkeit.....	244
4.6.1	Dauerbetrieb.....	247
4.6.2	Kurzzeitbetrieb.....	247
4.6.3	Aussetzbetrieb.....	248
4.6.4	Durchlaufbetrieb.....	248
4.7	International Protection Code.....	249
4.8	Bauformen	251
5	Ladestecker und Fahrzeugkabel.....	253
5.1	Querschnitte	254
5.2	Mantelstruktur und Werkstoffe.....	256
5.3	Sicherheit und Hochvoltkabel im Auto	258
5.4	Ladekabel	259
5.4.1	Anforderungen an das Ladekabel.....	260
5.4.2	Lademodi und Steckertypen.....	262
5.4.3	In Cable Control Box.....	267
5.4.4	Stark- und Signalstrom	268
6	Batterietechnik.....	275
6.1	Struktur einer Batterie	275
6.1.1	Kirchhoff'sche Sätze in der Batterietechnik.....	276
6.1.2	Problem: Fertigungstoleranzen.....	278
6.1.3	Batteriemanagement	279
6.1.4	Klimatisierung.....	282
6.2	Begriffe	283

6.2.1	Nennkapazität	284
6.2.2	Stromangaben	284
6.2.3	Spannungsangaben	285
6.2.4	Energiedichte	286
6.2.5	Leistungsdichte	286
6.2.6	Primär- und Sekundärzelle	287
6.2.7	Weitere Begriffe	287
6.3	Batterietechnologien	288
6.3.1	Blei- und Bleigelbatterien	291
6.3.2	Lithium-Batterien	293
6.3.3	Forschung und Ausblicke	296
6.4	Brennstoffzelle	301
6.4.1	Wasserstoff	302
6.4.2	Methan und Methanol	303
6.4.3	Brennstoffzelle und volatile Energien	304
6.5	Ladeverfahren	306
6.5.1	Konstantspannungsverfahren	306
6.5.2	Konstantstromverfahren	307
6.5.3	Pulsladung	308
6.5.4	CCCV- / IU-Verfahren	309
6.6	Drahtlose Ladetechnik	310
6.6.1	Transformator	310
6.6.2	Tesla-Transformator	314
6.7	Fahrzeugdesign	316
7	Unfallverhütung/Bergung von Elektroautos	319
7.1	Fünf Sicherheitsregeln	319
7.1.1	Freischalten	320
7.1.2	Gegen Wiedereinschalten sichern	320
7.1.3	Spannungsfreiheit feststellen	320
7.1.4	Erden und kurzschließen	320
7.1.5	Unter Spannung stehende Teile abdecken	320
7.2	Den Fahrzeugtyp erkennen	321
7.3	Signalfarbe Orange	322
7.4	Gefahr, wenn es schnell gehen muss	323
7.5	Schutzausrüstung	324
7.6	Brennende Elektroautos	326
7.7	Abschleppen eines Elektroautos	326
	Stichwortverzeichnis	329