

Inhalt

1 Einleitung	15
2 Situation der E-Mobilität	17
2.1 Ursprünge	17
2.2 Gegenwärtige Situation – Treiber der Elektromobilität	18
2.3 Verwandte Anwendungen außerhalb der Kfz-Technik	23
2.3.1 <i>Elektrofahrräder/Pedelecs</i>	24
2.3.2 <i>Elektromotorräder</i>	25
2.3.3 <i>Marineanwendungen</i>	26
3 Rechtliche Grundsätze	29
3.1 Das Elektrotechnikgesetz (ETG)	29
3.2 Die Elektrotechnikverordnung (ETV)	30
3.3 Die Elektroschutzverordnung (ESV)	31
3.4 Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)	32
3.5 OVE E 8101 – Elektrische Niederspannungsanlagen (bzw. VDE 0100 für Deutschland)	33
3.6 EN 50110-1 – Betrieb von elektrischen Anlagen	33
3.7 OVE-Richtlinie R 16 – Ausbildungsrichtlinie für Arbeiten unter Spannung	36
3.8 OVE-Richtlinie R 19 – Sicheres Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-Systemen	40
3.9 DGUV 209-093 – Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystem	48
3.10 OVE E 8101-7-722 – Stromversorgung für Elektrofahrzeuge (bzw. VDE 0100-7-722 für Deutschland)	49
3.11 ECE R 100 – Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge	50
3.12 ECE R 136 – Krafträder mit Elektroantrieb	52

4 Elektrotechnische Grundlagen	53
4.1 Strom	53
4.2 Spannung	54
4.3 Widerstand	56
4.4 Das Ohmsche Gesetz	57
4.5 Die elektrische Arbeit	58
5 Wesentliche passive und aktive Bauteile	59
5.1 Passive Bauteile	59
5.1.1 Widerstände und deren Verschaltung	59
5.1.2 Kondensator	62
5.1.3 Spule	64
5.1.4 Relais	65
5.1.5 Sicherungen	66
5.1.6 Schalter und Taster	67
5.1.7 Kabel und Leitungsarten im Kfz	68
5.1.8 Stecksysteme	70
5.2 Aktive Bauteile	71
5.2.1 Halbleiterdioden	71
5.2.2 Gleichrichter	75
5.2.3 Thyristoren	82
5.2.4 Feldeffekttransistoren (MOS-FET)	83
5.2.5 DC/DC-Wandler	85
5.2.6 Wechselrichter (1-phasig)	87
6 Gefahren des elektrischen Stroms	89
6.1 Gleichspannung	91
6.2 Wechselspannung	91
6.3 Elektrounfälle in Österreich	94
6.4 Erste-Hilfe-Maßnahmen	95
6.4.1 Ablauf der Erste-Hilfe-Maßnahmen	95
6.4.2 Maßnahmen bei Verbrennungen	96
6.4.3 Einsatz des Defibrillators	97

7 Mögliche Fehler und Schutzeinrichtungen	99
7.1 Fehlerarten	99
7.2 Dreistufiges Schutzkonzept der Elektrotechnik	100
7.2.1 Basisschutz	100
7.2.2 Fehlerschutz	100
7.2.3 Zusatzschutz	101
7.3 Schutzelemente	101
7.3.1 Leitungsschutzschalter	101
7.3.2 Fehlerstromschutzschalter	103
7.3.3 Isolationswächter	106
7.4 Unterschiedliche Netzformen	107
7.4.1 TN-Netz (<i>Terre Neutre = Neutrale Erde</i>)	107
7.4.2 IT-Netz (<i>Isole Terre = Isoliert von Erde</i>)	108
7.5 Potentialausgleich	110
7.6 Netzformen von Elektrofahrzeugen, die an einer Ladestation angeschlossen sind	110
8 Antriebskonzepte in der E-Mobilität	111
8.1 Fahrzeug ausschließlich mit Verbrennungskraftmaschine	111
8.2 Hybridfahrzeuge	112
8.2.1 Einteilung der Hybridfahrzeuge nach elektrischer Leistung	113
8.2.2 Einteilung der Hybridfahrzeuge nach dem Energiefluss	117
8.2.3 Zusatzvarianten	121
8.3 Batterieelektrisches Fahrzeug	123
8.4 Brennstoffzellen-Fahrzeug	127
9 Grundsätzlicher Aufbau HV-System	131
10 Energiespeicher	133
10.1 Akkumulator-Typen	133
10.1.1 Unterschiedliche Verwendung	133
10.1.2 Blei-Akkus	134
10.1.3 Nickel-Metallhydrid-Batterie	137
10.1.4 Lithium-Ionen-Akku (<i>Li-Ion-Akku</i>)	139
10.1.5 Transportbestimmungen	162
10.1.6 Reparatur, Entsorgung und Recycling	164
10.2 Brennstoffzelle mit Wasserstoff	168
10.3 SuperCAP	172
10.4 Alternative Kraftstoffe (<i>E-Fuels</i>)	173

11 Wirkungsgrade unterschiedlicher Energieformen	175
12 Elektrische Maschinen	177
12.1 Gleichstrommaschine	177
12.2 Drehstrommaschinen	180
12.2.1 Asynchron-Drehstrommaschine (ASM)	180
12.2.2 Synchron-Drehstrommaschine (SM)	182
13 Wechselrichter	185
14 HV-Heizer	189
15 AC-Ladegerät im Fahrzeug	191
16 Externe Ladeinfrastruktur	193
16.1 Ladestecker	194
16.1.1 230-V-Schuko-Haushaltsstecker	194
16.1.2 230-V-/400-V-CEE-Stecker	195
16.1.3 Typ-1-Stecker (SAE J 1772-2009)	196
16.1.4 Typ-2-Stecker (EU-Standard nach IEC 62196).	196
16.1.5 CCS-Stecker – Combo 2 (EU-Standard IEC 62196-3)	197
16.1.6 Tesla Supercharger	198
16.1.7 CHAdeMO-Stecker (Japanischer Standard).	199
16.1.8 ChaoJi DC-Stecker (zukünftige Steckermöglichkeit?)	199
16.2 Lademodus	200
16.2.1 Mode 1: 230 V/16 A ohne ICCB (In Cable Control Box).	200
16.2.2 Mode 2: 230 V/16 A mit ICCB (In Cable Control Box)	201
16.2.3 Mode 3: 400 V/63 A an externen Ladestationen	202
16.2.4 Mode 4: DC-Ladung an externen Ladestationen	203
16.3 Ladekabel	205
16.4 AC- und DC-Ladung	207
16.4.1 AC-Ladung.	207
16.4.2 DC-Ladung	207
16.5 Funktion der Diagnosekontakte CP, PP	208
16.6 Woher kommt der Strom für die Ladestationen?	211
16.6.1 Energie und Stromerzeugungsmix in Österreich	211
16.6.2 Strombedarf für die Elektromobilität.	213

17 Notwendige Werkzeuge und Persönliche Schutzausrüstung	215
17.1 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	215
17.1.1 <i>Sicherheitshandschuhe der Klasse 0</i>	215
17.1.2 <i>Schutzbrillen</i>	216
17.2 Werkzeuge	217
17.3 Sonstiges	217
17.3.1 <i>Warn- und Gefahrenschilder</i>	217
17.3.2 <i>Feuerlöscher</i>	218
18 Messen und Messgeräte	219
18.1 Spannungsprüfer	219
18.2 Installationsmessgerät	220
19 Arbeiten an HV-Systemen	223
19.1 Wie erkennt man ein Fahrzeug mit HV-Komponenten?	223
19.2 Fahrzeuge nach ECE 100	223
19.3 Sicheres Arbeiten – die fünf Sicherheitsregeln (5S)	224
19.3.1 <i>Sicheres Freischalten</i>	225
19.3.2 <i>Gegen Wiedereinschalten sichern</i>	231
19.3.3 <i>Auf Spannungsfreiheit prüfen</i>	232
19.3.4 <i>Überprüfung vor Wiederinbetriebnahme</i>	233
20 Mögliche Gefährdungen bei HV-Systemen	237
20.1 Elektrische Gefährdungen	237
20.2 Toxische Gefährdungen	238
20.3 Thermische Gefährdungen	238
21 Anforderungen an die Kfz-Werkstätte	239
22 Anforderungen an die Pannendienste	243
23 Anforderungen an die Blaulichtorganisationen	245
23.1 Feuerwehr-Einsatz-Szenarien	245
23.1.1 <i>Technische Hilfsleistung</i>	245
23.1.2 <i>Fahrzeugbrand</i>	246
23.1.3 <i>Fahrzeugbergung im Wasser</i>	247
23.1.4 <i>Austreten von Elektrolyten</i>	247
23.2 Rettungsdatenblatt	247
24 Ausblick – Wie entwickelt sich die E-Mobilität weiter?	251