

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkung</b> .....	<b>13</b>
1.1	Geschichte der Elektromobilität.....	13
1.2	Energiebedarf durch Elektrofahrzeuge.....	16
1.3	Energieversorgungsbilanz in Deutschland .....	19
<b>2</b>	<b>Elektrofahrzeuge</b> .....	<b>25</b>
2.1	Allgemeine Überlegungen zur persönlichen Mobilität.....	25
2.2	Hybridfahrzeuge.....	26
2.3	Batterieelektrische Fahrzeuge .....	31
2.3.1	Batterietechnologien.....	32
2.3.2	Batteriemanagementsystem.....	38
2.3.3	Elektromotoren und -generatoren.....	41
2.4	Brennstoffzellenfahrzeuge.....	46
2.5	Fahrzeugangebote für das Handwerk.....	55
<b>3</b>	<b>Ladekonzepte von Elektrofahrzeugen</b> .....	<b>57</b>
3.1	AC-Laden .....	57
3.2	DC-Laden.....	61
3.3	HPC (High Power Charging) .....	64
3.4	Induktives Laden.....	66
3.5	Batteriewechsel.....	68
3.6	Elektrolytaustausch (Redox-Flow-Batterien) .....	69
<b>4</b>	<b>Sicheres Laden durch normative Vorgaben</b> .....	<b>71</b>
4.1	Rückblick: Steckervielfalt in Europa und der Welt.....	71
4.2	Ladeleistungen im Vergleich .....	72
4.3	Steckernormung nach IEC 62196 .....	76
4.3.1	Stecksysteme für das AC-Laden .....	76
4.3.2	Stecksysteme für das DC-Laden .....	80
4.4	Anforderungen an Ladesysteme und Elektrofahrzeuge nach VDE 0122 (IEC 61851).....	83
4.4.1	Ladebetriebsarten im Überblick .....	84
4.4.2	Ladebetriebsart 1 (Mode 1).....	84
4.4.3	Ladebetriebsart 2 (Mode 2).....	85
4.4.4	Ladebetriebsart 3 (Mode 3).....	88

4.4.4.1	Erkennung der Ladeleitung bei Ladebetriebsart 3 .....	90
4.4.4.2	Ladesteuerung mittels PWM-Signal .....	91
4.4.4.3	Prinzipieller Aufbau einer Ladestation Mode 3 .....	101
4.4.4.4	Zusammenfassung Ladebetriebsart 3 (Mode 3) .....	103
4.4.5	Ladebetriebsart 4 (Mode 4).....	104
4.5	Sondervarianten .....	108
4.6	Eichrechtskonformität .....	110
4.6.1	Ablauf einer eichrechtskonformen Abrechnung.....	111
4.6.2	Zertifizierte Verfahren der eichrechtskonformen Abrechnung .....	113
4.6.3	Erfüllung der Eichrechtskonformität auf anderen Wegen .....	114
4.6.4	Anforderung an eichrechtskonforme Ladestationen ..	115
4.6.5	Schlussbemerkung zu eichrechtskonformen Ladelösungen .....	117
4.7	Erweiterte Kommunikation nach ISO 15118.....	118
<b>5</b>	<b>Planung von Ladeinfrastruktur .....</b>	<b>125</b>
5.1	Planung anhand des Fahrzeugtyps.....	125
5.2	Vorgaben der Verteilnetzbetreiber (VNB) .....	126
5.3	Installation nach VDE 0100-722 .....	129
5.4	Anforderungen nach VDE-AR-N 4100 .....	134
5.5	Auswahl geeigneter Ladeinfrastruktur nach Anschluss- möglichkeit.....	137
5.6	Anforderungen an Zählerplätze und Stromkreisverteiler .....	144
5.7	Überspannungsschutz nach VDE 0100-443/534 und VDE 0185-305-1-4 .....	148
5.7.1	Wichtige Begriffe und Parameter im Blitz- und Überspannungsschutz .....	149
5.7.2	Überspannungskategorien .....	162
5.7.3	Eingruppierung von Störimpulsen und Wellen- formen .....	165
5.7.4	Umsetzung des Blitzzonenkonzeptes .....	172
5.7.5	Zusammenfassung der normativen Grund- anforderungen im Bereich der Elektromobilität .....	180
5.7.5.1	Generelle Anforderung für alle elektrischen Anlagen, die unter den Anwendungsbereich der DIN VDE 0100-443 fallen.....	180
5.7.5.2	Bei Gebäuden oder Anlagen mit äußerem Blitzschutz .....	181
5.8	Praxistipps für Elektro- und KFZ-Handwerk.....	181

5.9	Beispielszenarien für verschiedene Anwendungsfälle .....	184
5.9.1	1-phasige Ladestation im Einfamilienhaus .....	184
5.9.2	3-phasige Ladestation im Einfamilienhaus .....	184
5.9.3	Drei 1-phasige Ladestationen an einem Netzanschluss .....	185
5.9.4	1-phasige Ladestation im Einfamilienhaus mit 1-phasiger PV-Anlage und 1-phasigem Stromspeicher..	185
5.9.5	Mehrere 3-phasige Ladestationen an einem Netz- anschluss .....	187
5.9.6	Schnellladepark mit DC-Ladestationen .....	189
5.10	Hinweis auf Landesbauordnungen .....	190
<b>6</b>	<b>Errichten und Prüfen von Ladeinfrastruktur.....</b>	<b>193</b>
6.1	Anordnung der Ladepunkte am Ladeplatz .....	193
6.2	Leitungsdimensionierung und Schutzorgane.....	196
6.2.1	Rahmenbedingungen für die Leitungsberechnung .....	196
6.2.2	Beispielrechnung zu einem Wohnhaus mit 11-kW-Ladestation.....	198
6.2.3	Beispielrechnung zu einem Wohnhaus mit 22-kW-Ladestation.....	200
6.2.4	Beispielrechnung zu einer Ladesäule mit 2 x 22 kW ..	202
6.2.5	Beispielrechnung zu einer DC-Ladestation .....	204
6.2.6	Warum einen größeren Querschnitt wählen? .....	205
6.2.7	Planung einer Industrieanlage .....	207
6.3	Erstprüfung von AC-Ladepunkten nach VDE 0100-600 .....	211
6.3.1	Sichtprüfung .....	212
6.3.2	Messung der Durchgängigkeit der Schutzleiter .....	212
6.3.3	Messung der Isolationswiderstände.....	213
6.3.4	Messung der Fehlerschleifenimpedanz und des Netzzinnenwiderstands .....	215
6.3.5	Messung der Fehlerstromschutzeinrichtung .....	217
6.3.6	Messung des Erdausbreitungswiderstands .....	220
6.3.7	Messung des Drehfeldes .....	221
6.3.8	Bewertung und Dokumentation .....	222
6.4	Funktionsprüfung nach VDE 0122-1 (IEC 61851-1) .....	223
6.5	Wiederkehrende Prüfung nach VDE 0105-100:2015-10.....	227
6.6	Vorgaben durch die DGUV Vorschrift 3.....	228
6.7	Prüfung von Mode 3 Ladekabeln.....	229
6.8	Prüfung von Mode 2 Ladekabeln.....	230
6.9	Prüfung von DC-Ladepunkten.....	231

<b>7</b>	<b>Ladeinfrastruktur im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien</b> .....	<b>233</b>
7.1	Laden mit PV-Überschuss.....	233
7.1.1	PV-Wechselrichter gibt durch Schaltkontakt frei.....	233
7.1.2	PV-ertragsabhängige dynamische Ladesteuerung.....	234
7.2	Wettervorhersageabhängiges Laden .....	235
7.3	Einbindung von Stromspeichern .....	237
<b>8</b>	<b>Lastmanagementlösungen</b> .....	<b>243</b>
8.1	Grundlegendes zum Lastmanagement .....	243
8.2	Einfache Energieverteilung in einer Ladesäule.....	245
8.3	Lokale Energieverteilung bei der Nutzung mehrerer Lade- punkte .....	247
8.4	Lokales Energiemanagement mit VIP-Funktion und Ladeendedetektion .....	248
8.5	Übergeordnetes Management über eine Cloud- oder Backend-Lösung .....	250
8.6	Aktives Lastmanagement mit lokaler Verbrauchsanalyse .....	252
8.7	Aktives Lastmanagement mit Schieflastausgleich .....	254
8.8	Lastmanagement mit variabler Anpassung an den aktuellen Gebäudeverbrauch .....	255
8.8.1	Lastmanagement mit variabler Anpassung im Einfamilienhaus.....	256
8.8.2	Lastmanagement mit variabler Anpassung im Mehrfamilienhaus/Wohnanlage .....	257
8.8.3	Lastmanagement mit variabler Anpassung bei einer Großanlage .....	258
8.9	Schlussbemerkungen zum Lastmanagement .....	259
<b>9</b>	<b>Netzdienliches Laden von Elektrofahrzeugen</b> .....	<b>261</b>
9.1	Laden bei Energieüberschuss im Netz.....	261
9.2	Bidirektionales Laden .....	263
<b>10</b>	<b>Arbeiten an Elektrofahrzeugen/Hochvoltssystemen</b> .....	<b>267</b>
10.1	DGUV Information 200-005 .....	268
10.2	HV-Qualifizierung nach Stufe 1: nichtelektrische Arbeiten .....	269
10.3	HV-Qualifizierung nach Stufe 2: Arbeiten im spannungs- freien Zustand .....	270
10.4	HV-Qualifizierung nach Stufe 3: Prüfen unter Spannung .....	275

---

<b>11 Zukunftsthemen .....</b>	<b>277</b>
11.1 Wohnungseigentumsmodernisierungsgesetz.....	277
11.2 Fahrerassistenzsysteme/autonomes Fahren.....	278
11.3 Flugtaxis .....	280
11.4 Weitere Ladesysteme.....	281
11.5 Energiemanagementsysteme der Zukunft .....	282
11.6 Batterieentwicklung .....	283
<b>12 Schlussbemerkungen.....</b>	<b>285</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>287</b>
A Mustercheckliste zur Erhebung der Elektroinstallation .....	287
B Abkürzungsverzeichnis.....	292
C Dank an die Unterstützer.....	295
Literatur .....	297
Weiterführende Literatur .....	305
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>306</b>