

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	13
1.1	Geschichte der Elektromobilität.....	13
1.2	Energiebedarf durch Elektrofahrzeuge.....	16
1.3	Energieversorgungsbilanz in Deutschland	19
2	Elektrofahrzeuge	25
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
3	Ladekonzepte von Elektrofahrzeugen	57
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
4	Sicheres Laden durch normative Vorgaben	71
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
5	Planung von Ladeinfrastruktur	125
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
6	Errichten und Prüfen von Ladeinfrastruktur.....	193
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

7	Ladeinfrastruktur im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien	233
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
8	Lastmanagementlösungen	243
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
9	Netzdienliches Laden von Elektrofahrzeugen	261
9.1	Laden bei Energieüberschuss im Netz.....	261
9.2	Bidirektionales Laden	263
10	Arbeiten an Elektrofahrzeugen/Hochvoltssystemen	267
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

11 Zukunftsthemen	277
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
12 Schlussbemerkungen.....	285
Anhang	287
A Mustercheckliste zur Erhebung der Elektroinstallation	287
B Abkürzungsverzeichnis.....	292
C Dank an die Unterstützer.....	295
Literatur	297
Weiterführende Literatur	305
Stichwortverzeichnis	306