Udo Mathiae · Ernst Schneider

Elektrosicherheit in der Elektromobilität

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Stand: Oktober 2021

Udo Mathiae · Ernst Schneider

Elektrosicherheit in der Elektromobilität

- Installation von Ladesystemen
- Ladeverfahren und Ladebetriebsarten
- Prüfung von Ladeeinrichtungen

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

IMPRESSUM

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© 2021 by WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wichtiger Hinweis
Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG ist bemüht, ihre Produkte jeweils nach neuesten Erkenntnissen zu erstellen. Deren Richtigkeit sowie inhaltliche und technische Fehlerfreiheit werden ausdrücklich nicht zugesichert. Die WEKA MEDIA GmbH & Co. KG gibt auch keine Zusicherung für die Anwendbarkeit bzw. Verwendbarkeit ihrer Produkte zu einem bestimmten Zweck. Die Auswahl der Ware, deren Einsatz und Nutzung fallen ausschließlich in den Verantwortungsbereich des Kunden.

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRA 13940

Persönlich haftende Gesellschafterin:
WEKA MEDIA Beteiligungs-GmbH
Sitz in Kissing
Registergericht Augsburg
HRB 23695
Vertretungsberechtigte Geschäftsführer:
Stephan Behrens, Michael Bruns, Jochen Hortschansky, Kurt Skupin

WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Römerstraße 4, D-86438 Kissing
Fon 0 82 33.23-40 00
Fax 0 82 33.23-74 00
service@weka.de
www.weka.de

Umschlag geschützt als Geschmacksmuster der
WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Satz: WEKA MEDIA GmbH & Co. KG
Druck: Elanders GmbH, Anton-Schmidt-Straße 15, D-71332 Waiblingen

978-3-8111-6923-4

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Vorwort

Die Elektromobilität nimmt Fahrt auf. Laut einer aktuell veröffentlichten Studie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) erklären schon 24 % der Bevölkerung, dass sie ein E-Auto kaufen würden; ein Hybrid käme für 31 % infrage. Die Mehrheit erwartet übrigens, dass die Elektromobilität immer wichtiger wird. Auch die Automobilindustrie setzt auf E-Autos. Dort rechnet man mit einem erheblichen Anstieg der Verkaufszahlen: Allein im Juni sind rund 65.000 neue E-Autos hinzugekommen. Der Verband der Automobilindustrie (VDA) geht für 2030 von einem Bestand von 10 bis 14 Millionen E-Pkws aus. Dafür werden dann laut VDA mehr als 1 Million öffentliche und private Ladepunkte für E-Pkws und E-Transporter benötigt.

Anhand dieser Zahlen wird deutlich, was auf Elektrofachkräfte in naher Zukunft zukommen wird. Der massive Ausbau einer zuverlässigen nutzerorientierten Ladeinfrastruktur ist die entscheidende Grundvoraussetzung für den Erfolg der Elektromobilität. Dazu gehört neben der öffentlichen Ladeinfrastruktur vor allem das Laden im privaten Zuhause – sei es in der eigenen Garage oder auf dem eigenen Stellplatz.

Der vorliegende Praxiskompass Elektromobilität beschäftigt sich deshalb mit der norm- und praxisgerechten Errichtung von Ladeeinrichtungen durch die Elektrofachkraft. Er dient darüber hinaus als unverzichtbare Vertiefung und Ergänzung zu unserem E-Learning-Kurs „Elektrosicherheit in der Elektromobilität".

Inhaltlich orientiert sich der Praxiskompass verständlicherweise an der Struktur des E-Learning-Kurses. Nach einer kurzen Einführung werden die technischen Anforderungen für den Netzanschluss und dessen Betrieb behandelt. Anschließend geht es um Ladeverfahren und Ladebetriebsarten, um die jeweiligen Anforderungen an die Installation und den Betrieb. Das Schlusskapitel ist den Prüfungen gewidmet – insbesondere der notwendigen Erstprüfung von Ladeeinrichtungen durch die zur Prüfung befähigte Elektrofachkraft nach DIN VDE 0100-600.

Ernst Schneider und Udo Mathiae, Zusmarshausen, Oktober 2021

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Die Autoren

Ernst Schneider

ist Jurist und Experte für technisches Recht. Er eröffnete 2001 ein Fachredaktionsbüro und veröffentlichte seitdem eine Vielzahl von Büchern und Beiträgen in Fachzeitschriften sowie elektronischen Informationsdiensten. Ernst Schneider ist Mitglied im ANP-Arbeitskreis Sektorgruppe Elektrotechnik (ANP-SGE) und im Ausschuss Normenpraxis (ANP-TGP) des DIN e.V.

Udo Mathiae

ist Leiter für elektrische Instandhaltung bei einem internationalen Elektrotechnikunternehmen (Glasfaserproduktion) in Augsburg. Er absolvierte eine Ausbildung zum Elektroinstallateur und ist Meister im Elektrotechniker-Handwerk. Seit 2009 ist er geprüfter Technischer Betriebswirt IHK.

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 5

Die Autoren 6

Elektrofachkräfte und Elektromobilität 13
Privates Laden von Elektrofahrzeugen 13
Installation der Ladeeinrichtung nur durch Elektrofachkräfte 14
Die wichtigsten Normen für die Ladeinfrastruktur 14

Installation von Ladesystemen für Elektrofahrzeuge 17
Technische Anforderungen an Netzanschluss und Betrieb 18
Netzrückwirkungsproblematik berücksichtigen 20
Netzqualitätskriterien nach DIN EN 50160 22
Oberschwingungen (Harmonische) 22
Passive Oberschwingungsfilter 25
Aktive Oberschwingungsfilter 26
Vergleich der Filtereigenschaften 27
Flickerkompensation 28

VDE-Anforderungen an den Betrieb von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge 31
Teilnahme am Lastmanagement 31
Blindleistungs- und Wirkleistungsregelung 31
Symmetrischer Betrieb 32

Ladeverfahren und Ladebetriebsarten 33
Ladeverfahren 33
Konduktives Laden 33
AC-Laden: Laden mit Wechselstrom 33
DC-Laden: Laden mit Gleichstrom 34
Induktives Laden 34
Sonderfall Batteriewechsel 34
Anschlussarten des Elektrofahrzeugs an die Ladevorrichtung 35

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Allgemeine Anforderungen an konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge nach DIN EN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) . . . 36
Einteilung der Stromversorgungseinrichtungen nach Merkmalen . . . 36
Konduktive Ladebetriebsarten von Elektrofahrzeugen . . . 37
Ladebetriebsart 1 . . . 38
Ladebetriebsart 2 . . . 39
Ladebetriebsart 3 . . . 41
Ladebetriebsart 4 . . . 41
Wichtige Funktionen der Ladebetriebsarten 2, 3 und 4 (mehrstufiges Sicherheitskonzept) . . . 42
Ordnungsgemäßer Anschluss des Elektrofahrzeugs an die Ladesäule . . . 42
Komponentenschutz . . . 42
Wegfahrschutz . . . 42
Mechanischer Schutz . . . 43
Schutz gegen elektrischen Schlag . . . 43
Kontinuierliche Überwachung der Durchgängigkeit des Schutzleiters . . . 43
Maximal zulässiger Strom . . . 44
Optionale Funktionen der Ladebetriebsarten 2, 3 und 4 . . . 45
Kommunikation zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug . . . 46
Schutz gegen elektrischen Schlag an Ladestationen . . . 46
IP-Schutzarten . . . 46
IP-Schutzarten bei Ladesäulen (Zugang zu gefährlichen Teilen) . . . 51
IP-Schutzarten bei Ladesäulen (feste Fremdkörper und Wassereintritt) . . . 51
IP-Schutzarten bei Ladesäulen (feste Fremdkörper und Wassereintritt bei Basis-, Universal-, Gleichstrom- und kombinierten Schnittstellen) . . . 51
Gespeicherte Energie nach dem Trennen . . . 52
Fehlerschutz bei Stromversorgungsanlagen für Elektrofahrzeuge . . . 52
Schutzerdungsleiter und Schutzleiter . . . 53
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen . . . 53
Sicherheitsanforderungen an Signalgebungsstromkreise . . . 55
IEC 62196-1 Anforderungen an (AC-)Ladesteckvorrichtungen: Steckertyp 2 . . . 55
Anforderungen an Leitungsgarnituren . . . 56
Konstruktive Anforderungen an Leitungsgarnituren . . . 57

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Anforderungen an die Erdung 58
Schutz der Schutzkontakte 58
Zugentlastung 59
Mechanische Festigkeit 59
Konstruktive Anforderungen an Ladestationen für Elektrofahrzeuge 60
Elektrische Prüfungen von Ladestationen 61
Isolationswiderstand 61
Berührungsstrom 61
Prüfung der Spannungsfestigkeit 62
Elektrische Stehspannung 62
Stehstoßspannung 64
Funktionsprüfung mit feuchter Wärme 65
Prüfung der mechanischen Stoßfestigkeit 66
Überlast- und Kurzschlussschutz 67
Überlastschutz der Leitungsgarnitur 67
Automatisches Wiedereinschalten von Schutzeinrichtungen 68

Anforderungen an Installation und Betrieb der Ladeinfrastruktur 69
Verteilungssysteme nach DIN VDE 0100-100 69
TN-Systeme 70
TN-S-System 71
TN-C-System 71
TN-C-S-System 72
Versorgung von Ladestationen über TN-Versorgungssysteme 73
TT-Systeme 74
IT-Systeme 75
Stromversorgung 76
Aufbau der Anlage 77
Schutzmaßnahmen 77
Automatische Abschaltung der Stromversorgung 78
Schutztrennung 78
Störspannungsschutz und EMV 78
Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel 80
Einrichtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch automatische Abschaltung der Stromversorgung 81
Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) 81

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Einrichtungen zum Schutz bei Überstrom 82
Koordination der elektrischen Betriebsmittel zum Schutz, Trennen, Schalten und Steuern.....82
Einrichtungen zur Überwachung.....82
Erdungsanlagen und Schutzleiter.....83
Anforderungen an die Erdung.....83
Schutz der Schutzkontakte.....83
Prüfungen 84

Prüfungen von Ladesäulen und Wallboxen 85
Erstprüfungen nach DIN VDE 0100-600:2017-06.....85
DIN VDE 0100-600:2017-06.....85
Anwendungsbereich und normative Verweisungen.....87
Begrifflichkeiten der DIN VDE 0100-600:2017-06 87
Erstprüfung.....88
Allgemeines 88
Besichtigen.....90
Erproben und Messen.....92
Durchgängigkeit der Leiter.....94
Isolationswiderstand der elektrischen Anlage.....94
Isolationswiderstandsmessung zur Bestätigung des Schutzes durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung.....97
Schutz durch SELV.....97
Schutz durch PELV.....98
Schutz durch Schutztrennung 98
Isolationswiderstand/-impedanz von isolierenden Fußböden und Wänden.....98
Prüfung der Spannungspolarität 99
Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung 100
Prüfung im TN-System..... 100
Prüfungen im TT-System..... 102
Prüfungen im IT-System 103
Messung des Erderwiderstands 105
Messung der Fehlerschleifenimpedanz..... 105
Zusätzlicher Schutz 106
Prüfung der Phasenfolge..... 107

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Funktionsprüfungen 107
Prüfung des Spannungsfalls. 108
Prüfbericht der Erstprüfung 108
Prüfprotokoll für die Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600:2017-06. 110

Stichwortverzeichnis 129

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Elektrofachkräfte und Elektromobilität

Die Elektromobilität gilt weltweit als Schlüssel für klimafreundliche Mobilität und Innovation. Der Betrieb von Elektrofahrzeugen erzeugt vor allem in Verbindung mit regenerativ erzeugtem Strom deutlich weniger CO_2. Zusätzlich sollen Elektrofahrzeuge mit ihren Energiespeichern künftig die Schwankungen von Wind- und Sonnenkraft ausgleichen und so den Ausbau und die Integration dieser Energiequellen unterstützen. Zwingende Basis für eine funktionierende Elektromobilität ist die flächendeckende Ladeinfrastruktur. Dazu gehört neben öffentlich und halböffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge das Laden in und an privaten Gebäuden und Grundstücken.

Privates Laden von Elektrofahrzeugen

Von den Fahrzeugherstellern wird beim Kauf eines Fahrzeugs ein zum Laden des Fahrzeugs zugelassenes Ladekabel mitgeliefert. Dieses sollte vom Benutzer vor jedem Ladevorgang einer Sichtprüfung unterzogen werden. Die entsprechenden Herstellervorgaben befinden sich in der Bedienungsanleitung.

Schuko-Steckdosen nicht geeignet

Die in Privatgebäuden haushaltsüblichen Schutzkontaktsteckdosen und deren Zuleitungen sind nicht für die dauerhafte Belastung mit dem Bemessungsstrom von 16 Ampere geeignet. Das gilt sowohl für die blauen (230 Volt) wie auch die roten (400 Volt) CEE-Steckdosen!

Ein Ladevorgang mit reduziertem Ladestrom von z.B. 10 Ampere ist zwar in den meisten Fällen möglich, der benötigte Zeitaufwand aber auch beträchtlich. Für welchen Ladestrom die jeweilige Steckdose und die zu dieser führende Elektroinstallation geeignet sind, sollte grundsätzlich von einer Elektrofachkraft geprüft und bescheinigt werden, bevor diese genutzt werden. Dafür bietet das Elektrohandwerk den E-Check Elektromobilität an.

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

Installation der Ladeeinrichtung nur durch Elektrofachkräfte

Eine fachgerecht ausgeführte, geprüfte und instand gehaltene Elektroinstallation ist die Voraussetzung für die Installation von festen Ladeeinrichtungen wie Wallboxen und an Steckdosen betriebenen Geräten. Die Installation sollte deshalb nur von einer Elektrofachkraft ausgeführt und vor Inbetriebnahme immer geprüft werden. Die Elektrofachkraft muss sich hier selbstverständlich an das DIN-VDE-Regelwerk halten.

Die wichtigsten Normen für die Ladeinfrastruktur

Die Errichtung von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge gehört zwingend zum Anwendungsbereich der DIN VDE 0100 „Errichten von Niederspannungsanlagen". Die Stromkreise für Ladesäulen oder Steckdosen, die für das Laden von Elektrofahrzeugen vorgesehen sind, müssen so errichtet sein, dass sie der DIN VDE 0100-722:2019-06 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen" entsprechen. Außerdem gelten hier zwei aktuell verabschiedete VDE-Anwendungsregeln, und zwar die:

- VDE-AR-N 4100:2019-04 „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)" und
- VDE-AR-N 4105:2018-11 „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz – Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz"

Darüber hinaus sind beim Festanschluss ortsfester Ladeeinrichtungen auch die bekannten Installationsnormen der Reihe DIN VDE 0100 zu beachten. Dazu zählen vor allem:

- DIN VDE 0100-410:2018-10 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag"
- DIN VDE 0100-443:2016-10 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen" (zeigt die Entscheidungskriterien auf, wann Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) in einer Anlage installiert werden müssen)

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427

- DIN VDE 0100-534:2016-10 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-53: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Trennen, Schalten und Steuern – Abschnitt 534: Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs)“
- DIN VDE 0100-722:2019-06 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen“

Wenn die Ladeinfrastruktur an Anlagen mit bestehendem äußeren Blitzschutzsystem errichtet wird oder generell die Gefahr des direkten Blitzeinschlags zu erwarten ist, sind die Blitzschutznormen der Reihe DIN EN 62305-x (VDE 0185-305-x) einschlägig.

Die genannten Normen und ihr Bezug zur Installation und zum Betrieb ortsfester Ladeeinrichtungen werden in den nachfolgenden Kapiteln vertieft behandelt.

Aus "Elektrosicherheit in der Elektromobilität"- Mehr Infos unter weka.de/KO5427