

Stand: Oktober 2021

Udo Mathiae · Ernst Schneider

# Elektrosicherheit in der Elektromobilität

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

# 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](mailto:service@weka.de)  
[www.weka.de](http://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

## 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*

## 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.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>Die Autoren</b> .....	6
<b>Elektrofachkräfte und Elektromobilität</b> .....	13
Privates Laden von Elektrofahrzeugen .....	13
Installation der Ladeeinrichtung nur durch Elektrofachkräfte .....	14
Die wichtigsten Normen für die Ladeinfrastruktur .....	14
<b>Installation von Ladesystemen für Elektrofahrzeuge</b> .....	17
Technische Anforderungen an Netzanschluss und Betrieb .....	18
Netzurückwirkungsproblematik berücksichtigen .....	20
Netzqualitätskriterien nach DIN EN 50160 .....	22
Oberschwingungen (Harmonische) .....	22
Passive Oberschwingungsfilter .....	25
Aktive Oberschwingungsfilter .....	26
Vergleich der Filtereigenschaften .....	27
Flickerkompensation .....	28
<b>VDE-Anforderungen an den Betrieb von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge</b> .....	31
Teilnahme am Lastmanagement .....	31
Blindleistungs- und Wirkleistungsregelung .....	31
Symmetrischer Betrieb .....	32
<b>Ladeverfahren und Ladebetriebsarten</b> .....	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

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
Ornungsgemäßer Anschluss des Elektrofahrzeugs an die Ladesäule .....	42
Komponentenschutz .....	42
Wegfahrerschutz .....	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

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 Kurzschlusschutz .....	67
Überlastschutz der Leitungsgarnitur .....	67
Automatisches Wiedereinschalten von Schutzeinrichtungen .....	68
<b>Anforderungen an Installation und Betrieb der Ladeinfrastruktur .....</b>	<b>69</b>
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

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
<b>Prüfungen von Ladesäulen und Wallboxen .....</b>	<b>85</b>
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



Funktionsprüfungen .....	107
Prüfung des Spannungsfalls .....	108
Prüfbericht der Erstprüfung .....	108
Prüfprotokoll für die Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600:2017-06 .....	110
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>129</b>



## 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<sub>2</sub>. 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.

### **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)

- ▶ 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.



## **Anforderungen an Installation und Betrieb der Ladeinfrastruktur**

Die genauen Anforderungen für Stromkreise zur Energieversorgung bzw. der Rückspeisung von elektrischer Energie von Elektrofahrzeugen und zur sicheren Installation von Ladeeinheiten werden in der DIN VDE 0100-722:2019-06 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-722: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen“ beschrieben.

Im Vergleich zur klassischen Elektroinstallation stellt die DIN VDE 0100-722 die spezifischen Besonderheiten, die bei der Installation von Ladeeinrichtungen zu beachten sind, heraus. Dabei ist das Thema „Schutz gegen elektrischen Schlag“ von großer Bedeutung.

Dieser Normenteil stellt das Bindeglied zwischen der Niederspannungsinstallation und der Anwendung der Ladeinfrastruktur dar. Dabei werden die Anforderungen der Normenreihe DIN VDE 0100 durch die besonderen Anforderungen der VDE 0100-722 ergänzt, geändert und ersetzt. Dieses betrifft nicht nur die Stromkreise für die Energieversorgung, sondern auch die Stromkreise für die Rückspeisung von elektrischer Energie von Elektrofahrzeugen.

### **Verteilungssysteme nach DIN VDE 0100-100**

Die elektrischen Verteilungssysteme unterscheiden sich anhand folgender Kriterien:

- ▶ Art der Erdverbindung
- ▶ Spannungsform (Gleich- oder Wechselspannung)
- ▶ Art und Anzahl der aktiven Leiter (2-, 3- oder 4-Leiter-Netz)

Die Art der Erdverbindung beschreibt die Erdungsverhältnisse im Netzsystem sowie der Verbraucheranlage. Sie legt die erforderlichen Notwendigkeiten für die Präferenzen der Schutzleiter-Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen gefährliche Körperströme fest.

Dabei kennzeichnet der erste Buchstabe der Bezeichnung des Stromversorgungssystems die Beziehung zur Erde.

T → direkte Verbindung von einem Punkt zur Erde

I → Alle aktiven Teile des Systems sind von Erde getrennt oder über einen Punkt mit hoher Impedanz mit Erde verbunden.

Der zweite Buchstabe kennzeichnet die Beziehung der Körper (elektrische Betriebsmittel) des Systems zur Erde.

T → direkte elektrische Verbindung zur Erde

N → direkte elektrische Verbindung mit dem geerdeten Punkt des Stromversorgungssystems

### *Erläuterung der verwendeten Buchstaben und Bezeichnungen*

Buchstabe	Erläuterung
T	von terre (franz.: Erde)
I	isolated (engl.: isoliert)
N	neutral
PE	protection earth (engl.: Schutzerde)
S	separated (engl.: getrennt) Neutralleiter und Schutzleiter getrennt
C	combined (engl.: kombiniert) Neutralleiter und Schutzleiter sind im PEN-Leiter kombiniert.

### ***TN-Systeme***

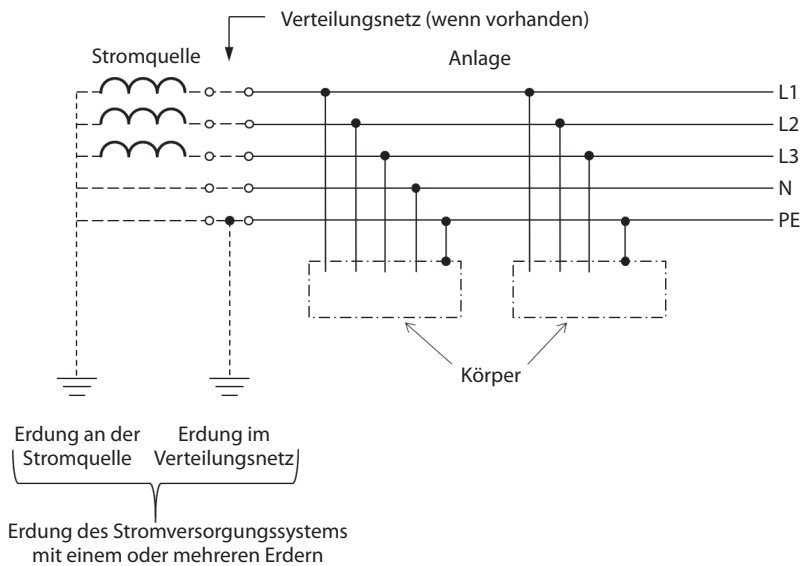
Ein Punkt des Stromversorgungssystems ist in TN-Systemen direkt geerdet. Alle Gehäuse der elektrischen Anlage sind mit diesem Punkt über Schutzleiter verbunden.



Hierbei werden je nach Anordnung des Neutral- und Schutzleiters drei Arten von TN-Systemen unterschieden:

## TN-S-System

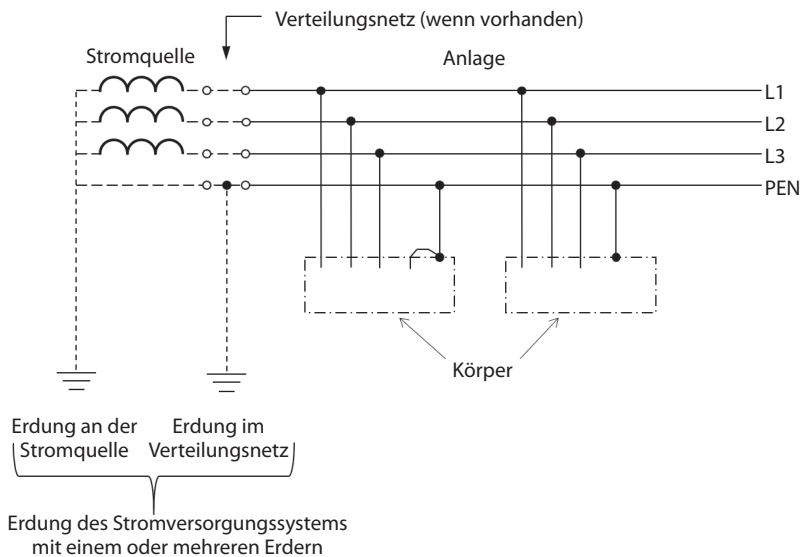
Im TN-S-System wird der Schutzleiter direkt vom geerdeten Punkt der Stromquelle und getrennt vom Neutraleiter (im gesamten System) zu den Gehäusen der elektrischen Betriebsmittel geführt.



**TN-S-System mit getrennt verlegtem Neutral- und Schutzleiter im gesamten System**

## TN-C-System

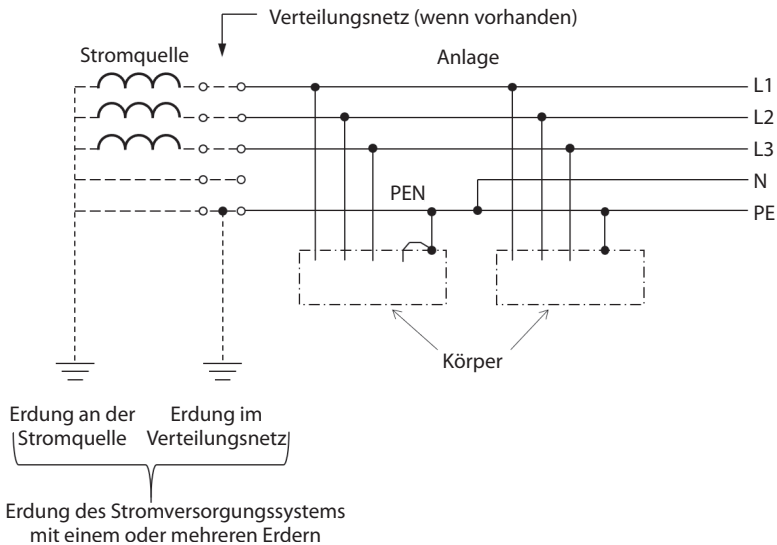
Im TN-C-System werden der Neutraleiter und der Schutzleiter im gesamten System kombiniert und als ein einziger Leiter geführt (PEN).



## TN-C-System mit kombiniertem Neutral- und Schutzleiter

### TN-C-S-System

Das TN-C-S-System stellt eine Kombination der beiden vorangegangenen Systeme dar. In einem Teil des Systems sind der Neutral- und der Schutzleiter zu einem einzigen Leiter zusammengefasst, in einem anderen Teil des Netzes sind sie getrennt geführt.



**Darstellung TN-C-S-System mit kombiniertem und getrenntem Neutral- und Schutzleiter**

### Versorgung von Ladestationen über TN-Versorgungssysteme

Im TN-Versorgungssystem ist ein Punkt direkt geerdet und über den Schutzleiter mit allen Körpern der elektrischen Betriebsmittel verbunden.

- ▶ TN-C-System  
Im TN-C-System kommt ein PEN-Leiter zum Einsatz, der gleichzeitig Schutzleiter (PE) und Neutraleiter (N) darstellt.
- ▶ TN-S-System  
Beim TN-S-System werden der Schutzleiter (PE) und der Neutraleiter (N) getrennt voneinander verlegt.
- ▶ TN-C-S-System  
Das TN-C-S-System stellt eine Kombination aus TN-C- und TN-S-System dar. Die Hauptstromversorgung erfolgt über das TN-C-System, wobei eine Aufteilung des PEN-Leiters in den Schutzleiter (PE) und den Neutraleiter (N) erfolgt. Dieser Punkt stellt den Übergang vom TN-C-System zum TN-C-S-System dar.

### **Bedeutung des Trennungspunkts**

Laut DIN VDE 0100-540 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter“ Abschn. 543.4.3 müssen ab diesem Trennungspunkt der Schutzleiter (PE) und der Neutralleiter (N) immer getrennt voneinander geführt werden. Sie dürfen nicht miteinander oder mit einem anderen geerdeten Teil der Anlage verbunden werden.

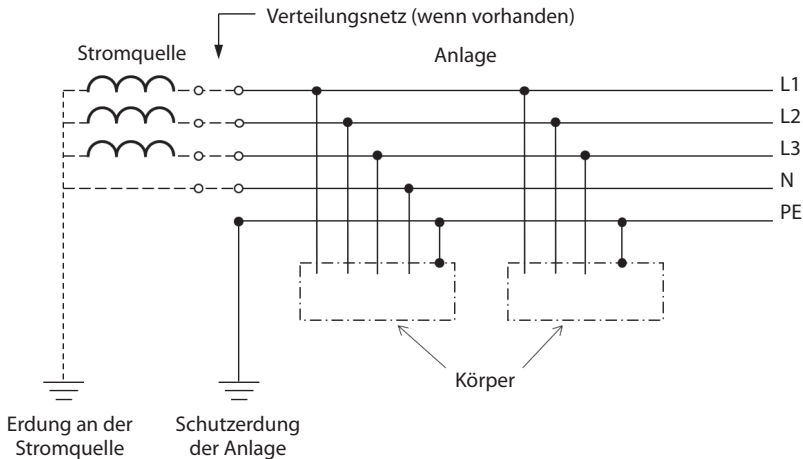
Die DIN VDE 0100-722:2019-06 ergänzt das TN-System insoweit, als dass Stromkreise zur Versorgung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge keinesfalls einen PEN-Leiter enthalten dürfen.

### ***TT-Systeme***

In TT-Systemen wird ein Punkt des Versorgungssystems direkt über einem oder mehreren Betriebserdern (vorwiegend dem Neutralleiter) niederohmig geerdet. Die Körper der elektrischen Betriebsmittel werden unabhängig von den Erdern des Versorgungssystems mit eigenen Erdern verbunden.

In Gebieten mit geschlossener Bebauung ist es sehr schwierig, die Erdungen der Verbraucheranlagen so anzuordnen, dass sie außerhalb des Einflussbereichs der Betriebserden des Versorgungssystems liegen. Deswegen schreibt die Norm DIN VDE 0100-100 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe“ vor, dass im Hinblick auf jede Erweiterung des Systems die geeignete Funktion der Schutzmaßnahmen berücksichtigt wird.

Des Weiteren wird empfohlen, dass bei TT-Systemen mit Mehrfacheinspeisung aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) die Mittelpunkte der verschiedenen Stromquellen untereinander und zentral mit Erde an einem Punkt verbunden werden.



## ***TT-System mit getrennten Betriebserden***

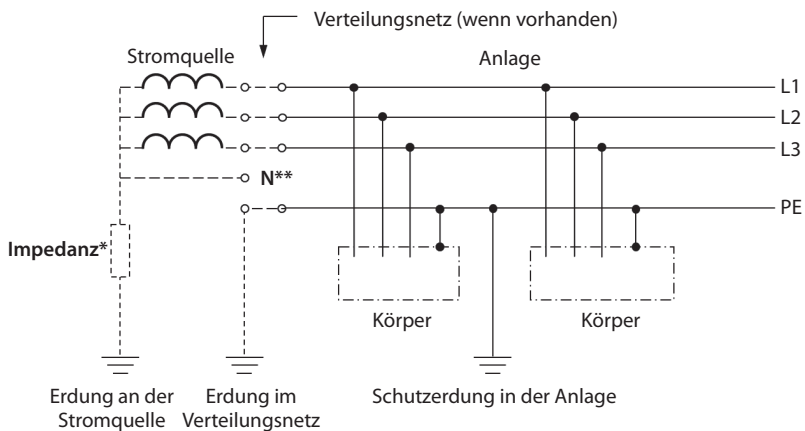
### ***IT-Systeme***

In IT-Systemen besteht keine direkte Verbindung zwischen geerdeten Leitern und den Außenleitern. Eine Verbindung zur Erde ist nur über hochohmige Impedanzen oder Überspannungsableiter bzw. Funkenstrecken zulässig. Der Neutralleiter darf, muss aber nicht mitgeführt werden. Er sollte wie ein aktiver Leiter angesehen werden.

Die Körper der Betriebsmittel einer elektrischen Anlage können einzeln geerdet oder gemeinsam mit der Erdung des Systems verbunden sein. Hier verweist die DIN VDE 0100-100 auf die Vorgaben der DIN VDE 0100-410.

Das von der Erde isolierte System begrenzt den Fehlerstrom so weit, dass die Berührung eines gegen Erde unter Spannung stehenden Leiters ungefährlich ist. Das IT-System kommt mit einer Isolationsüberwachung in der Praxis zum Einsatz. Der Vorteil besteht darin, dass beim ersten Körperschluss wichtige Betriebsmittel (Operationssaal eines Krankenhauses oder wichtige Industrieanlagen) weiter betrieben werden können.

Der Fehler wird von der Isolationsüberwachungseinrichtung angezeigt und gemeldet, ein zweiter Körperschluss führt zu einer Abschaltung der Anlage.



## IT-System

### Erdung des IT-Systems

Die Erdung des IT-Systems an der Stromquelle ist nur über eine ausreichend hohe Impedanz und nur zu Mess- oder Funktionszwecken erlaubt.

Der Neutraleiter darf, muss aber nicht mitverteilt werden.

## Stromversorgung

Bereits bei der Ermittlung des maximalen Leistungsbedarfs verweist die DIN VDE 0100-722 auf die Anforderungen des jeweiligen Netzbetreibers und dessen Technische Anschlussbedingungen (TAB) bezüglich der unsymmetrischen Belastung des Netzes.

Dabei muss jeweils der maximale Ladestrom der einzelnen Ladestationen während des normalen Betriebs berücksichtigt werden. Die Konfiguration des maximalen Ladestroms darf nur mithilfe eines Schlüssels oder Werkzeugs und nur durch eine Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person durchgeführt werden!

Bei einer Anlage mit mehreren Anschlusspunkten muss für alle betroffenen Stromkreise (inklusive des Verteilungsstromkreises) gemeinsam ein Gleichzeitig-

keitsfaktor von 1 angenommen werden, da diese zeitgleich in Betrieb sein können. Eine Ausnahme kann bei einer integrierten Lastregelung gemacht werden, die in der Stromversorgungseinrichtung für das Elektrofahrzeug oder in einer vorgeschalteten Stelle untergebracht ist.

Bei der Leiteranordnung und dem System der Erdung verweist die Norm auf die drei Hauptversorgungssysteme nach Art der Erdverbindung, die in der DIN VDE 0100-100:2009-06 Abschn. 312.2 beschrieben sind:

- ▶ TN-System
- ▶ TT-System
- ▶ IT-System

### ***Aufbau der Anlage***

Bereits in der DIN VDE 0100-100 wird unter Abschnitt 314 auf die wichtigen Anforderungen zur Aufteilung der Anlage in mehrere Stromkreise hingewiesen.

#### **Eigener Stromkreis für jede Ladestation**

Ergänzt wird diese Voraussetzung durch die Anforderung der DIN VDE 0100-722, dass für jede Ladestation ein eigener Stromkreis vorgesehen werden muss.

### ***Schutzmaßnahmen***

Bei genauerer Untersuchung der allgemeinen Anforderungen erschließt sich, dass durch den Anschluss des Elektrofahrzeugs ein Betriebsmittel der Schutzklasse 1 durch einen elektrotechnischen Laien an das Netz angeschlossen wird. Des Weiteren wird ersichtlich, dass hier nur die Schutzmaßnahme „automatische Abschaltung der Stromversorgung“ angewendet werden kann. Deswegen wird in der DIN VDE 0100-722 die Schutzvorkehrung „Schutz durch Hindernisse“ nach DIN VDE 0100-410 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag“ Abschn. B.2 explizit ausgeschlossen.

Abschnitt B.3 „Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs“ ist ausschließlich für Ladegeräte mit automatischem Verbindungsaufbau nach DIN EN 61851-23-1 (VDE 0122-2-31) „Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 23-1: Gleichstromladestation für Elektrofahrzeuge mit Ladegerät mit automatischem Verbindungsaufbau“ zugelassen.

Die „Schutzvorkehrungen zur ausschließlichen Anwendung, wenn die Anlage nur durch Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen betrieben und überwacht wird“ nach Abschnitt C der DIN VDE 0100-410 sind komplett verboten.

### *Automatische Abschaltung der Stromversorgung*

Die „weiteren Anforderungen für Steckdosen in Endstromkreisen“ der DIN VDE 0100-410 Abschn. 411.3.3 werden komplett ersetzt durch die Anforderungen der DIN VDE 0100-722, die für jeden einzelnen AC-Anschlusspunkt eine eigene Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom  $\leq 30$  Milliampere fordert.

### *Schutztrennung*

Bei der Schutzmaßnahme Schutztrennung werden die Anforderungen der DIN VDE 010-410 Abschn. 413.3.2 ersetzt durch die neuen Anforderungen, die beim Einsatz der Schutzmaßnahme Schutztrennung einen Trenntransformator nach DIN EN 61558-2-4 (VDE 0570-2-4) sowie eine maximale Spannung von 500 Volt fordern.

### *Störspannungsschutz und EMV*

In Niederspannungsanlagen können aufgrund von elektrostatischen Entladungen oder Blitzschlägen transiente (vorübergehende) Überspannungen hervorgerufen werden. Um Brände, gefährliche Funkenbildung und daraus resultierende Brände durch transiente Überspannungen zu vermeiden, müssen nach DIN VDE 0100-443 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei transienten Überspannungen infolge atmosphä-



rischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen“ Abschn. 443.4 Überspannungsschutzeinrichtungen (SPDs) zur Spannungsbegrenzung vorgesehen werden.

Der Schutz vor transienten Überspannungen muss an folgenden Anlagen vorgesehen werden:

- ▶ Anlagen für Sicherheitszwecke, medizinisch genutzte Bereiche
- ▶ öffentliche Einrichtungen und Kulturbesitz, z.B. öffentlicher Dienst, Telekommunikationszentren, Museen
- ▶ Gewerbe- oder Industrieaktivitäten, z.B. Hotels, Banken, Industriebetriebe, Gewerbemärkte, landwirtschaftliche Betriebe
- ▶ Ansammlungen von Personen, z.B. in großen Gebäuden, Büros, Schulen
- ▶ Einzelpersonen z.B. in Wohngebäuden und kleinen Büros, wenn in diesen Gebäuden Betriebsmittel der Überspannungskategorie I oder II errichtet sind
- ▶ feuergefährdete Betriebsstätten siehe DIN VDE 0100-420

Öffentlich zugängliche Ladestationen gelten nach DIN VDE 0100-722 als zu einer öffentlichen Einrichtung gehörig und müssen daher ebenfalls gegen transiente Überspannungen geschützt werden.

In sehr komplexen Anlagen, in denen mehr und mehr Energie-, Informations- und Kommunikationstechnik bzw. elektrische und elektronische Komponenten auf immer kleinerem Raum konzentriert werden, kommt es sehr oft zu einer gegenseitigen Beeinflussung und damit einhergehenden Störungen und Funktionsbeeinträchtigungen der Betriebsmittel.

Der elektromagnetischen Verträglichkeit wird deswegen eine immer größere Bedeutung zugesprochen. Sie definiert die Fähigkeit eines Geräts, einer Anlage oder eines Systems, in seiner elektromagnetischen Umgebung störungsfrei zu arbeiten, ohne andere Betriebsmittel in ihrer Funktion zu beeinträchtigen.

Aus diesem Grund sollten elektrische Anlagen heutzutage nur unter Berücksichtigung einer informationstechnischen Nutzung geplant und errichtet werden.

Die wichtigste Errichtungsnorm, die definierte Aussagen enthält, ist die DIN VDE 0100-444 „Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-444: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen“. Diese Norm schreibt vor bzw. empfiehlt Maßnahmen, die dabei helfen, den Einfluss von elektromagnetischen Störungen zu vermeiden oder verhindern.

Hier ergänzt die DIN VDE 0100-722 die Einleitung unter Abschnitt 444.0 und fordert, dass Betriebsmittel zur kontaktlosen Energieübertragung keinesfalls die Sicherheit und ordnungsgemäße Funktion der elektrischen Anlage beeinträchtigen dürfen – dies schließt daher den Schutz von elektromagnetischen Störgrößen von Ladestationen für Elektrofahrzeuge mit ein.

### **Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel**

In den allgemeinen Bestimmungen weist die VDE 0100-722 darauf hin, dass Ladestationen für Elektrofahrzeuge mit der konduktiven Energieübertragung, aber auch der kontaktlosen Übertragung den jeweiligen Teilen der Normenreihe DIN EN 61851 (VDE 0122) „Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ entsprechen müssen.

Je nach Standort und Art der Nutzung müssen Ladestationen bestimmte Anforderungen bezüglich der Umweltbedingungen erfüllen. Im Freien installierte Stromversorgungen für Elektrofahrzeuge müssen eine entsprechende Wetterfestigkeit bzw. mindestens einen Spritzwasserschutz von IPX4 vorweisen. Um das Eindringen sehr kleiner Fremdkörper zu verhindern, ist die Schutzart IP4X sicherzustellen.

Ebenso müssen Ladestationen, die in öffentlich zugänglichen Bereichen und auf öffentlich zugänglichen Parkplätzen errichtet werden, gegen mittlere mechanische Beanspruchung geschützt sein, beispielsweise durch eine oder mehrere der nachfolgenden Maßnahmen:

- ▶ Auswahl der Position bzw. des Standorts der Ladestation unter der Maßgabe, dass Beschädigungen durch jede angemessen vorhersehbare Beanspruchung vermieden werden
- ▶ Versehen der Ladestation mit einem örtlichen oder allgemeinen mechanischen Schutz

Bei der Auswahl und Errichtung der Schalt- und Steuergeräte im Bereich der Elektromobilität müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- ▶ Auswahl und Errichtung geeigneter Betriebsmittel in der ortsfesten Installation oder
- ▶ Auswahl einer EV-Ladestation, welche diese enthält, oder
- ▶ eine Kombination von beiden