



ELEKTROMOBILITÄT

Anforderungen, mögliche Gefahren und Schutzmaßnahmen in der Praxis

Die Elektromobilität ist inzwischen in aller Munde, doch es fällt nicht immer leicht, aufgrund der mannigfaltigen Informationsquellen, den Überblick zu bewahren.

Immer mehr Menschen mit jeweils unterschiedlichen Intentionen und Bedürfnissen beschäftigen sich mit den Themen der Errichtung, dem Betrieb und der Nutzung von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge. Angefangen bei Unternehmen, welche für ihre Mitarbeiter oder Kunden eine Lademöglichkeit bereitstellen wollen, über Städte, Gemeinden und Kommunen für die Schaffung öffentlicher Ladepunkte bis hin zu Privatpersonen, die in der heimischen Garage ihr Elektrofahrzeug aufladen möchten, bestehen unterschiedliche Anforderungen an die Ladeinfrastruktur. Dieser Artikel versucht dem Leser einen allgemeinen Überblick zu verschaffen. Insbesondere werden die wichtigsten Begrifflichkeiten erläutert, die möglichen Gefahren bei den unterschiedlichen Ladevarianten bzw. Ladebetriebsarten aufgezeigt, die wesentlichen Anforderungen an die bauseitige ortsfeste Elektroinstallation erläutert und Empfehlungen für Schutzmaßnahmen ausgesprochen, insbesondere um das Risiko eines Brandes durch eine nicht bestimmungsgemäße Nutzung zu minimieren.

Im ersten Abschnitt geht es zunächst um die sogenannten **LEVs** – **Light Electric Vehicles** – hierbei handelt es sich um „leichte“ Elektrofahrzeuge, welche ein Gesamtgewicht von weniger als 100 kg aufweisen. Beispielsweise fallen in diese Kategorie E-Bikes, Pedelecs und viele andere. Im weiteren Sprachgebrauch dieses Artikels wird nicht zwischen E-Bike und Pedelec unterschieden, es wird für beide Fahrzeugarten der Begriff E-Bike verwendet. Im zweiten Abschnitt wird auf die sogenann-

ten **EVs** – **Electric Vehicles** – eingegangen, unter diese Kategorie fallen alle Elektrofahrzeuge mit mehr als 100 kg Gesamtgewicht, wie beispielsweise Elektroautos.

Egal ob es sich um ein LEV (E-Bike) oder um ein EV (Elektroauto) handelt, die Gruppe der Elektrostraßenfahrzeuge hat u. a. die Gemeinsamkeit, dass diese i. d. R. über einen Lithium-Ionen-Akkumulator (Li-Ion-Akku) als Energiespeicher verfügen. Li-Ion-Akkus haben eine sehr hohe Energiedichte

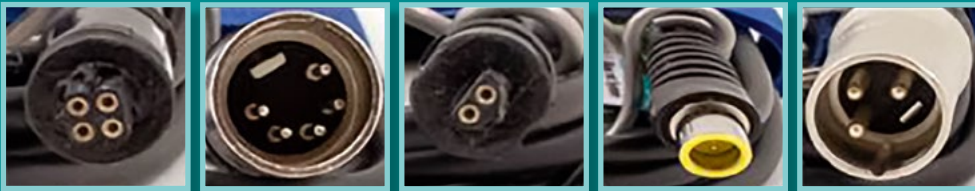
und reagieren sehr empfindlich bei einer falschen Handhabung. Um ein thermisches Durchgehen (thermal runaway), welches oftmals in Form einer Explosion stattfindet, zu vermeiden, sind entsprechende Sicherheitseinrichtungen vorhanden.

Hierbei spielt das sogenannte **BMS** – **Battery Management System** – eine zentrale, übergeordnete Rolle. Das BMS überwacht wichtige Parameter wie u. a. Temperatur, Ladespannung, Ladestrom, Ladezustand und leitet bei Überschreitung einzelner Grenzwerte Gegenmaßnahmen wie z. B. die Reduktion des Ladestroms ein. Bei den Aufgaben des BMS handelt es sich um sogenannte reversible Maßnahmen, welche ähnlich wie in einem Regelkreis ablaufen.

LEV – Light Electric Vehicle

Bei den **LEVs** hat sich nach heutigem Stand noch kein Stecker-Kupplungssystem zur Aufladung der Akkus herstellerübergreifend etabliert. Daher gibt es viele unterschiedliche Varianten, welche untereinander nicht kompatibel sind. In der **Bildserie 1** ist ein Teil der gängigsten Ladestecker von LEV-Akkus abgebildet.

Es ist für Unternehmen, Einzelhändler oder auch Städte und Kommunen, insbesondere für die Errichtung öffentlicher Ladepunkte, gerade in Bezug auf die Fahrzeuggruppe der LEVs schwierig abzuwägen, was für eine Ladeeinrichtung man dem Nutzerkreis idealerweise zur Verfügung stellt. Nachfolgend werden die beiden



Bildserie 1 | Übersicht
Ladesteckervarianten
(Quelle: bike-energy)

Bild 2 | LEV-Ladestation
(Quelle: bike-energy)



Möglichkeiten mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen aufgezeigt.

LEV – Ladung per Ladestation

Es gibt einige Hersteller auf dem Markt, welche Ladestationen speziell für LEVs, also hauptsächlich für die inzwischen schon stark verbreiteten E-Bikes, anbieten. Auf **Bild 2** ist exemplarisch eine Ladestation für LEVs dargestellt.

Die Ladestation erkennt mittels Datenprotokoll den mit einem Ladekabel angeschlossenen Akkutyp und stellt die jeweils akkuspezifische Ladespannung (DC-Gleichspannung) sowie den Ladestrom zur effizienten und sicheren Aufladung des Akkus bereit. Ebenso erfolgt über das Datenprotokoll die Kommunikation zwischen Ladestation und dem Batteriemanagementsystem (BMS) des Akkus,

um beim Überschreiten von sicherheitsrelevanten Grenzwerten gegenzusteuern.

Es bedarf zur Aufladung keines externen (Heim-)Ladegerätes. Dies hat zum einen den Vorteil für den Nutzer, dass dieser sein privates, meist unhandliches Heimpladegerät nicht im Gepäck mitführen muss. Auch der Betreiber profitiert, da er somit ausschließen kann, dass private Heimpladegeräte, von denen er nicht weiß, in welchem Zustand sich diese befinden (z. B. Gehäuse defekt, Kabelquetschung), an seiner ortsfesten Elektroinstallation betrieben werden.

Eine funktionierende Nutzung der Ladestation setzt allerdings voraus, dass vom Betreiber die passenden Ladekabel für die Akkus der unterschiedlichen Hersteller zur Verfügung gestellt werden, was – zumindest bei öffentlichen Ladepunkten – aus Gründen von Diebstahl und Vandalismus organisatorische Aufwände bedeutet, ins-

besondere für das Bereithalten, Ausleihen und die Rückgabe der Ladekabel. Ebenso ist die Errichtung einer Ladestation mit nicht unerheblichen Installationskosten und auch im Betrieb mit Instandhaltungskosten verbunden.

Aufgrund der o. g. Aufwände für eine LEV-Ladestation aufseiten des Betreibers, denen man sich im Vorfeld einer Errichtung bewusst sein sollte, gehen einige dazu über, gerade bei öffentlichen Ladepunkten lediglich Schuko-Steckdosen zur Aufladung von LEVs bereitzustellen.

LEV – Ladung per Schuko-Steckdose

Die Bereitstellung von Schuko-Steckdosen zur Aufladung der LEV-Akkus hat für den Betreiber zunächst den Vorteil, dass die Installations- und Instandhaltungskosten (im direkten Vergleich zu einer Ladestation) ▶



Bild 3 | Explosion eines E-Bike-Akkus (Quelle: IFS Report, 22. Jahrgang, März 2019)



wesentlich geringer sind, ebenso die organisatorischen Aufwände, da z. B. keine Ladekabel bereitgehalten werden müssen. Zur Aufladung der Akkus müssen die Nutzer allerdings ihr Heimpladegerät mitbringen und betreiben dieses an der bereitgestellten Schuko-Steckdose. Findet die Aufladung im Außenbereich statt, ist zu beachten, dass die Heimpladegeräte herstellereitig i. d. R. nicht für einen ungeschützten Betrieb im Freien zugelassen sind. Dies liegt daran, da die Heimpladegeräte normalerweise lediglich über eine Schutzart von IP40 verfügen, was bedeutet, dass kein Schutz vor Feuchtigkeit und Spritzwasser, wie z. B. Regen, gegeben ist. Gerade dieser Punkt ist vielen nicht bewusst und sollte insbesondere aus Personenschutzgründen Beachtung finden.

Bringen Nutzer ihre privaten Ladegeräte mit, so gilt es auch zu bedenken, dass der Zustand der elektrischen Betriebsmittel unbekannt ist. Eine Kontrolle der genutzten privaten Betriebsmittel an öffentlichen Ladepunkten ist nicht praktikabel. Unternehmen, welche gestatten, dass die Mitarbeiter private Ladegeräte an einer Schuko-Steckdose zur Aufladung des Akkus betreiben, sollten diese vor der erstmaligen Nutzung einer elektrischen Prüfung nach DGUV V3 unterziehen und diese ebenso in die vorgeschriebenen wiederkehrenden Prüfungen einbinden.

Ebenso ist zu beachten, dass nur Ladegeräte verwendet werden dürfen, welche vom Hersteller für den jeweiligen Akkutyp freigegeben sind. Dies hat u. a. den Hintergrund, dass die für den Akku zugelassenen Parameter für die Ladespannung und den Ladestrom sowie die überwachten Sicherheitsfunktionen (wie z. B. eine Temperaturüberwachung) gewährleistet sind. Sollte einmal das originale Ladegerät oder der originale Akku defekt sein, ist oftmals aus Unwissenheit bei einem Nachkauf die Versuchung groß, auf ein kostengünstigeres Nachbauprodukt zurückzugreifen. Nachbauprodukte können oftmals nicht untereinander kommunizieren (Kommunikation zwischen Akku/BMS und Ladegerät) oder beinhalten nicht die eingangs erwähnten Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. eine Temperatur- oder Ladezustandsüberwachung, was im schlimmsten Fall zu einer Überhitzung einzelner Akkuzellen beim Ladevorgang und somit zu einem thermischen Durchgehen des Akkus bis hin zu einer Explosion führen kann. Die Tatsache, dass sich aus einer Explosion eines LEV-Akkus schnell ein Vollbrand entwickeln kann, wenn sich Brandlasten in unmittelbarer Umgebung befinden, kann aus **Bild 3** des IFS (Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V.) eindrucksvoll entnommen werden.



Im öffentlichen Raum werden oftmals Schuko-Steckdosen in einem Schließfach bereitgestellt, damit der Nutzer den Akku mit dem mitgebrachten Heimpladegerät aufladen kann. Dies hat den Vorteil, dass das Heimpladegerät vor Feuchtigkeit wie Spritzwasser und Regen geschützt wird und durch das Schließfach ebenso ein Schutz vor Diebstahl besteht (**Bildserie 4**).

Vom Errichter und Betreiber sollte allerdings beachtet werden, dass eine ausreichende Belüftung innerhalb des Schließfaches gewährleistet und dieses idealerweise vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt ist, damit sich beim Ladevorgang der Akku aufgrund eines Hitzestaus im geschlossenen Schließfach nicht überhitzt.



Bildserie 4 | Beispiel Schließfach mit Schuko-Steckdose zur Akkuaufladung in 76593 Gernsbach (Quelle Foto: C. Göhler)

und Tests durchführen, um die Erfüllung der Mindestanforderungen sicherzustellen bzw. zu belegen. Wichtig ist für den Endverbraucher beim Kauf, insbesondere von Ersatzakkus, dass diese die Mindestanforderungen nach EN 50604-1 und UN 38.3 erfüllen. Die genannte europäische Norm EN 50604-1 definiert einen europäischen einheitlichen Sicherheitsstandard für Li-Ion-Akkus, welche in LEVs eingesetzt werden.

Anforderungen an die (bauseitige) Elektroinstallation

Sowohl bei der Bereitstellung einer Schuko-Steckdose als auch einer Ladestation sollte bauseits im betreffenden Stromkreis ein RCD (Fehlerstromschutzschalter) vorhanden sein. Gerade bei Bestandsinstallationen älterer Gebäude ist dies nicht immer der Fall. Für Neuinstallationen oder Änderungen und Erweiterungen an bestehenden Elektroinstallationen ist dies in der **DIN VDE 0100-410** geregelt.

Allgemeiner Hinweis:

Die DIN VDE 0100-410:2018-10 weitet in ihrer jüngsten Fassung den erforderlichen Einsatz von Fehlerstromschutzschaltern u. a. auf Steckdosenstromkreise bis zu einem Nennstrom von 32 A (vorher 20 A) aus. ▶

Produktqualität/Sicherheit beim Li-Ion-Akku für LEVs

Um mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auszuschließen, dass Akkuzellen in einer minderwertigen Qualität vom Akkuhersteller verwendet wurden, sollte beim Kauf auf die Erfüllung bestimmter Qualitätsmerkmale geachtet werden.

Wie aber erkennt man einen qualitativ hochwertigen Akku?

Rein optisch sieht man es dem Akku i. d. R. nicht an, ob dieser den gängigen Qualitätsanforderungen entspricht. Idealerweise erfüllt der Akku den sogenannten **BATSO**-Standard bzw. weist eine BATSO-Zertifizierung auf. **BATSO** (**B**attery **S**afety **O**rga-

nisation) ist eine Organisation mit dem Ziel, Batteriesicherheit transparent zu machen. Das BATSO-Siegel auf einem LEV-Akku besagt, dass die Batteriesicherheit von einem autorisierten, unabhängigen Labor überprüft wurde und ebenso der Produktionsprozess überwacht wird. Es wird dadurch sichergestellt, dass der Akku den gesetzlichen Mindestanforderungen nach **EN 50604-1** und **UN 38.3** sowie darüber hinaus weiteren verschärften Anforderungen entspricht. Manche renommierten Hersteller lassen ihre Akkus nicht nach dem BATSO-Standard zertifizieren, dies bedeutet im Umkehrschluss nicht automatisch, dass es sich hierbei um eine schlechte Qualität handeln muss. Hintergrund hierfür ist, dass diese Hersteller in ihren eigenen Labors die Qualitätskontrolle



Schutzmaßnahmen für das Laden von LEV-Akkus

- In unmittelbarer Umgebung des Akkus sollten sich keine Brandlasten befinden, idealerweise wird der Akku auf einer feuerfesten Unterlage (Kachel/Fliese) zur Aufladung platziert.
- Ladung des Akkus idealerweise bei Zimmertemperatur
- Sicherstellen, dass Akku und verwendetes Ladegerät zueinander kompatibel sind und somit die Sicherheitseinrichtungen greifen können
- Kein Aufladen von mechanisch beschädigten Akkus (z. B. nach einem Sturz mit dem E-Bike)
- Beachtung der Herstellerinformationen, insbesondere was den Temperaturbereich und die Verwendung von Heimladegeräten im Außenbereich angeht
- Bei defekter Ladeinfrastruktur (Gehäuse oder Kabel beschädigt) ist diese durch Fachpersonal vor einer weiteren Verwendung instand zu setzen.
- Gewährleistung eines RCD (Fehlerstromschutzschalter) im Stromkreis der Ladeeinrichtung
- Tiefentladungen des Akkus bei langer, ungenutzter Lagerung (z. B. über die Wintermonate) vermeiden und regelmäßige Erhaltungsladungen durchführen

EVs – Electric Vehicles

Bei Elektroautos (EVs) gestaltet sich das Thema rund um die Errichtung, den sicheren Betrieb und die Nutzung der Ladeinfrastruktur – u. a. aufgrund der hohen Stromaufnahme während des Ladevorganges – etwas komplexer als im Vergleich zu den E-Bikes (LEVs). An dieser Stelle sei auf die Information **3471 des VdS** verwiesen, worin u. a. auf die unterschiedlichen Ladebetriebsarten (auch Mode genannt) eingegangen wird. Darauf aufbauend und mit Beispielen versehen erfolgen nachfolgende Ausführungen.

Mögliche Gefahren bei der Ladung

Wird bei den Ladebetriebsarten 1 und 2 zur Aufladung des E-Autos eine Schuko-Steckdose benutzt, sollten sich die Elek-

tromobilisten über die möglichen Gefahren bewusst sein. Es gab Vorfälle, bei denen es während des mehrstündigen Ladevorganges mittels Schuko-Steckdose zum Verschmoren des Schuko-Steckers und der Schuko-Steckdose kam. Hintergrund hierfür ist, dass die Schuko-Haushalts-Steckdosen i. d. R. der **DIN VDE 0620-1** entsprechen, welche **imbestimmungsgemäßen Gebrauch** keinen Dauerbetrieb über mehrere Stunden mit einem Strom von bis zu 16 A vorsieht. Bei einer solchen Dauerbelastung kommt das Schuko-System an seine Belastungsgrenzen, insbesondere wenn es sich um eine schon mehrere Jahre alte Bestandsinstallation handelt, bei der erhöhte Übergangswiderstände aufgrund von Verschleiß oder Materialermüdung an den Kontakten auftreten und sich dadurch die Kontaktübergänge sehr stark erhitzen können.

Daher sollte das Aufladen eines E-Autos an

einer Schuko-Steckdose vermieden und nur als Möglichkeit zur **Notladung** angesehen werden.

Schutzmaßnahmen

Bei der **Ladebetriebsart 1** findet keine Kommunikation zwischen Ladestromquelle (bauseitige Steckdose) und dem Fahrzeug statt. Es ist in der bauseitigen Elektroinstallation zwingend ein Fehlerstromschutzschalter (RCD) erforderlich, was gerade bei älteren Bestandsinstallationen nicht immer gegeben ist. Auf die Ladebetriebsart 1 sollte daher aus Sicherheitsgründen verzichtet werden, insbesondere wenn man die bauseitige Elektroinstallation nicht kennt. Daher wird diese Ladebetriebsart nur noch von wenigen Fahrzeugherstellern ermöglicht.

Für die Nutzung der **Ladebetriebsart 2** bedarf es eines Ladekabels mit einem sogenannten **In Cable Control and Protection Device (IC-CPD)**. Dieses beinhaltet neben einem Fehlerstromschutzschalter weitere Sicherheitseinrichtungen wie u. a. eine Schutzleiter- und Isolationsüberwachung. Je nach Ausführung ist der Ladestrom bereits herstellereitig begrenzt oder lässt sich durch den Nutzer manuell einstellen. Es gibt allerdings auch Ausführungen, bei denen der Ladestrom nicht begrenzt werden kann, was gerade bei einer Notladung per Schuko-Steckdose einen sicherheitsrelevanten Nachteil darstellt. Wird eine Schuko-Steckdose zur Notladung verwendet, so sollte darauf geachtet werden, dass der Ladestrom auf maximal $< 10 \text{ A}$ (2,3 kW) begrenzt werden kann. Lässt sich der Ladestrom am IC-CPD nicht begrenzen, sollte der Notladevorgang an einer Schuko-Steckdose nicht unbeaufsichtigt stattfinden. Als sichere Alternative zur Schuko-Steckdose kann auf eine sogenannte CEE-16/3-Steckdose (Gehäuse: blau, einphasig, 230 V, 16 A) oder CEE 16/5 (Gehäuse: rot, dreiphasig, 400 V, 16 A) oder CEE 32/5 (Gehäuse: rot, dreiphasig, 400 V, 32 A) zurückgegriffen werden, welche für die jeweilige Dauerstrombelastung herstellereitig ausgelegt ist (**Bild 5**). Die CEE-16/3-Steckdose ist einigen vielleicht aus dem Campingbereich bekannt.



Bild 5 | links: CEE 16/3 Aufputz-Steckdose, rechts: CEE-16/3-Stecker
(Quelle: Mennekes)



Bild 6 | IC-CPD-Ladekabel, Ausführung: CEE 32/5 auf Typ 2
(Quelle: NRGkick)



Bei einer Nachrüstung in der ortsfesten Elektroinstallation ist es i. d. R. nicht damit getan, einfach eine bestehende Schuko-Steckdose gegen eine CEE-16/3-Steckdose auszutauschen. Es sollte hierbei von einer Elektrofachkraft der gesamte Stromkreis überprüft werden. Wichtig ist auch, dass die Zuleitung einen ausreichend dimensionierten Leitungsquerschnitt aufweist sowie dass ebenso ein Fehlerstromschutzschalter (RCD) im Stromkreis vorhanden ist. Falls die Zuleitung der ortsfesten Installation z. B. aufgrund eines zu geringen Leitungsquerschnitts sowieso neu verlegt werden muss, so empfiehlt es sich, diese gleich für eine CEE-32/5-Drehstromsteckdose zu dimensionieren und zu installieren.

Das bei der Ladebetriebsart 2 erforderliche Ladekabel (IC-CPD) gibt es mit einem Typ-2-Stecker zum Anschluss an das E-Fahrzeug und auf der Gegenseite mit den jeweiligen benötigten CEE-16/3- oder CEE-16/5- oder CEE-32/5-Steckern zum Anschluss an die Steckdose der ortsfesten Elektroinstallation (Bild 6).

Neben den zuvor genannten Ladebetriebsarten 1 und 2 gibt es noch die **Ladebetriebsart 3** ([AC] Wechselstrom-Ladung an einer Wallbox oder Ladesäule) und die **Ladebetriebsart 4** ([DC] Gleichstrom-Ladung an einer Wallbox oder Ladesäule).

Diese beiden Ladebetriebsarten sind immer zu bevorzugen, da neben den enthaltenen Sicherheitseinrichtungen ebenso für den Nutzer der Vorteil besteht, dass aufgrund des möglichen höheren Ladestroms i. d. R. eine wesentlich kürzere Ladezeit realisierbar ist. Die Ladebetriebsart 3 lässt sich z. B. im privaten Bereich mit der Installation einer sogenannten Wallbox umsetzen. Natürlich muss an dieser Stelle, gerade für den Privatanwender in der heimischen Garage, der relativ hohe Anschaffungspreis einer Wallbox angemerkt werden. Daher wird im Privatbereich aus Kostengründen oftmals auf bestehende Steckdosen zurückgegriffen, was im Falle einer Nutzung der Schuko-Steckdose sicherheitsrelevante Nachteile haben kann.

Normative Vorgaben

Für die Ladebetriebsart 3 und 4 gibt es ebenso normative Vorgaben, welche es bei der Neuinstallation und Nachrüstung zu berücksichtigen gilt. Insbesondere ist die **DIN VDE 0100-722** (Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Stromversorgung von Elektrofahrzeugen) zu berücksichtigen. Darin ist u. a. definiert, dass jeder Ladepunkt durch einen eigenständigen Fehlerstromschutzschalter (RCD) sowie einen eigenständigen Leitungsschutzschalter (LSS) geschützt sein muss. Hierbei liegt die Beto-

nung auf Ladepunkt, was bedeutet, dass eine Wallbox oder eine Ladesäule mit zwei Ladepunkten daher für jeden Ladepunkt einen eigenständigen RCD und LSS in der ortsfesten Elektroinstallation aufweisen muss.

Fazit/ Schlussbetrachtung

Durch das sich Sichbewusstmachen der möglichen Gefahren sowie durch die Einhaltung der aufgezeigten normativen Vorgaben, Empfehlungen und Schutzmaßnahmen kann das Eintreten einer Gefahrensituation bzw. eines Schadens stark minimiert werden. Es ist notwendig, dass sich jeder in Abhängigkeit von seiner Funktion, ob als Hersteller, Errichter, Betreiber oder Endnutzer, in erforderlicher Tiefe mit den Hintergründen beschäftigt, da alle, insbesondere die Endnutzer, zur Sicherheit und Vermeidung von Schäden, z. B. verursacht durch Brände aufgrund nicht bestimmungsgemäßen Gebrauchs, erheblich beitragen können. ■

B.Eng. Elektrotechnik
Christian Göhler
SV Sparkassenversicherung
Stuttgart

QUELLEN

- VdS Information 3471
- Der Technische Leitfaden | Ladeinfrastruktur Elektromobilität (Herausgeber: DKE | bdew | ZVEI | ZVEH)