

The background of the entire page is a blue-tinted aerial view of a city with various digital icons overlaid, such as cars, Wi-Fi signals, location pins, and battery levels.

Ladeinfrastruktur & E-Ladestationen

© iStock: metamaorworks

Ladeinfrastruktur & E-Ladestationen

Ladestationen – Lademodi – Steckertypen
Errichtung – Wartung – Prüfung

Barbara Streimelweger

Inhaltsverzeichnis

Ladeinfrastruktur & E-Ladestationen3

1. Abstract.....	3
2. Arten von Ladestationen für Elektrofahrzeuge.....	3
2.1. AC- und DC-Ladestationen	3
2.2. Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den privaten und öffentlichen Verkehr.....	4
2.2.1. Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den privaten Verkehr	4
2.2.2. Ladestationen für Elektrofahrzeuge des öffentlichen Verkehrs	5
2.3. Ladestationen für Elektrofahrzeuge des öffentlichen Verkehrs – Akku-Züge.....	6
3. Wesentliche Aspekte bei der Errichtung von Ladestationen	6
3.1. Anforderungen und wesentliche Aspekte bei der Errichtung	6
3.2. E-Ladestationen und Brandschutz	8
4. Unterschiedliche Lademodi bei E-Ladestationen.....	8
5. Steckertypen bei Ladestationen	9
5.1. Ladestecker für Wechselstrom – Typ-1 und Typ-2.....	9
5.2. Ladestecker für Gleichstrom CCS (Combo-Stecker) und CHAdeMo	10
5.3. Tesla Supercharger	10
5.4. Schuko-Steckdose & CEE-Stecker – Laden aus dem Haushalt.....	10
5.5. Ladestecker für E-Autos – Übersicht von Ladesteckertypen.....	11
5.6. Ladezeiten bei E-Autos	11
6. Planung, Errichtung und Prüfung von E-Ladestationen in Österreich.....	12
6.1. Erstprüfung.....	12
6.2. Wiederkehrende Prüfung	13
6.3. Besondere Anforderungen an die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen	14
7. Literatur- / Quellenverzeichnis	15

Ladeinfrastruktur & E-Ladestationen

1. Abstract

Ladestationen und eine flächendeckende Ladeinfrastruktur sind entscheidend für die Verbreitung und Akzeptanz von Elektrofahrzeugen. Sie ermöglichen das bequeme und schnelle Aufladen der Fahrzeuge, fördern die Elektromobilität im Alltag und unterstützen den Übergang zu nachhaltigeren Transportmitteln. Eine flächendeckende Infrastruktur erhöht die Reichweitenflexibilität, verringert die Angst vor leeren Akkumulatoren und trägt zur Reduzierung von CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bei, insbesondere wenn Grünstrom zum Aufladen verwendet wird. Dies wäre durch die Integration erneuerbarer Energien und Nutzen des Stromes aus Photovoltaik oder Windkraft möglich, was zur Schaffung einer umweltfreundlichen Verkehrsgestaltung beitragen würde. Eine gut ausgelegte Ladeinfrastruktur mit E-Ladestationen spielt damit eine Schlüsselrolle in der Elektromobilität.

Keywords: Elektromobilität, E-Mobilität, Ladestationen, Ladeinfrastruktur, Elektrofahrzeuge

2. Arten von Ladestationen für Elektrofahrzeuge

Es gibt verschiedene Arten von Ladestationen für Elektrofahrzeuge, die sich in ihrer Leistung, ihrer Anwendung und ihrer Verfügbarkeit unterscheiden.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Verfügbarkeit und die technischen Spezifikationen von Ladestationen je nach Region und Hersteller variieren können. Elektrofahrzeugnutzer sollten sich daher über die örtlichen Gegebenheiten informieren und sicherstellen, dass ihre Fahrzeuge mit den verfügbaren Ladestationen kompatibel sind. Im September 2023 wurde die EU Verordnung 2023/1804 „über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU“ ^[1] erlassen.

Ladestationen können nach unterschiedlichen Aspekten und Gesichtspunkten differenziert werden, beispielsweise nach

- Ladestationen für AC-Laden oder DC-Laden (Abschnitt 2.1)
- Ladestationen nach Lademodi (Abschnitt 4)
- Ladestationen nach Steckertypen (Abschnitt 5)
- Ladestationen für Elektrofahrzeuge allgemein für den privaten (Abschnitt 2.2.1) und öffentlichen Verkehr (Abschnitt 2.2.2)

2.1. AC- und DC-Ladestationen

Eine der gängigsten Unterscheidung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge ist jene für AC-Laden oder DC-Laden.

- **AC-Ladestationen**, AC-Laden

AC steht für Alternating Current (Wechselstrom). Beim AC-Laden wird von Wechselstromladen oder auch vom regulären Laden gesprochen.

Bei AC-Ladestationen fließt Wechselstrom aus der Steckdose in das Elektrofahrzeug und wird dort vom On-Board-Netzumwandler in Gleichstrom umgewandelt. Diese Umwandlung ist wichtig, da der verbaute Akkumulator nur Gleichstrom speichern kann.

AC-Ladestationen sind kompakte Ladestationen und werden zu Hause für das private Elektrofahrzeug, am Arbeitsplatz für den Flottenbetrieb oder im öffentlichen Bereich beispielsweise vor Einkaufszentren, Parkplätzen zum Einsatz kommen. Durch eine übliche Ausgangsleistung von 11 - 22 kW benötigen Sie für einen vollständigen Ladevorgang, das heißt der Akkumulator ist vollständig aufgeladen, mehrere Stunden. Das bietet sich vor allem in der Nacht oder während Ihrer Arbeitszeit an. ^[2]

Der wesentliche Vorteil einer AC-Ladestation gegenüber einer DC-Ladestation ist gleichzeitig auch ihr Nachteil, nämlich die Größe und damit die zumeist geringere Leistung ^[2].

Der Preis von AC-Ladestationen bewegt sich je Hersteller im Bereich zwischen EUR 500 bis 2.000 ^[2].

- **DC-Ladestationen, DC-Laden**

DC steht für Direkt Current (Gleichstrom). Unter DC-Laden versteht man Gleichstromladen oder auch Schnellladen.

Der Wechselstrom aus dem Stromnetzwerk wird direkt innerhalb der DC-Ladestation in Gleichstrom umgewandelt und fließt direkt in den Akkumulator des Elektrofahrzeuges.

Die übliche Ladeleistung von DC-Ladestationen liegt zwischen 50 - 240 kW, wodurch ein schneller Ladeprozess innerhalb weniger Minuten möglich ist und sind daher als Schnellladestationen bekannt. Derartige Ladestationen benötigen mehr Platz und haben einen höheren Installations-Aufwand. Der Preis von DC-Ladestationen bewegt sich im 5-stelligen Bereich. ^[2]

Bevorzugt werden sie bei Autobahnen platziert.

2.2. Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den privaten und öffentlichen Verkehr

Im Folgenden eine Übersicht über einige gängige Arten von Ladestationen, wobei hier unterschieden wird zwischen der Infrastruktur von

- Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den privaten Verkehr
- Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den öffentlichen Verkehr

2.2.1. Ladestationen für Elektrofahrzeuge für den privaten Verkehr

(1) Heimpladestationen

- AC-Ladestationen

Diese Stationen verwenden Wechselstrom (AC) und sind für den Einsatz zu Hause konzipiert. Sie sind in der Regel mit Standard-Haushaltssteckdosen kompatibel, erfordern jedoch eine Installation durch eine befugte Elektrofachkraft, das heißt durch einen konzessionierten Elektriker für eine optimale Leistung.

- Wandladestationen (Wallboxen)

Speziell für die Installation an privaten Parkplätzen entwickelt, bieten Wandladestationen eine schnellere Ladegeschwindigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Steckdosen. Sie können fest an einer Wand installiert werden.

(2) Öffentliche Ladestationen

- AC-Ladestationen

Diese sind an öffentlichen Orten wie Einkaufszentren, Parkhäusern und Stadtplätzen installiert. Sie verwenden Wechselstrom und bieten eine höhere Ladegeschwindigkeit als herkömmliche Steckdosen.

- DC-Ladestationen (Schnellladestationen)

Diese Stationen verwenden Gleichstrom (DC) und sind auf eine deutlich schnellere Ladegeschwindigkeit ausgelegt, daher auch als Schnellladestationen bekannt. Sie sind an Autobahnen, Tankstellen und in städtischen Gebieten zu finden.

(3) Schnellladestationen

DC-Fast Charger (Gleichstrom-Schnellladestationen): Diese Ladestationen bieten eine hohe Leistung und ermöglichen eine schnelle Aufladung von Elektrofahrzeugen. Sie sind vor allem für Langstreckenfahrten und den Einsatz in stark frequentierten Bereichen geeignet.

(4) Tesla Supercharger

Diese speziellen Schnellladestationen sind exklusiv für Tesla-Fahrzeuge konzipiert. Sie bieten eine besonders schnelle Ladeleistung und sind oft an strategischen Standorten platziert.

(5) Induktive Ladestationen

Bei induktiven Ladestationen erfolgt die Übertragung von Energie drahtlos über elektromagnetische Felder. Fahrzeuge, die mit dieser Technologie ausgestattet sind, können einfach über der Ladestation geparkt werden, ohne dass ein physischer Anschluss erforderlich ist. Akkumulatoren müssen hierbei für induktives Laden ausgerichtet sein. Derzeit gibt es erste Versuche und Pilotprojekte. Für einen kommerziellen Einsatz ist noch Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig.

2.2.2. Ladestationen für Elektrofahrzeuge des öffentlichen Verkehrs

Elektrobusse oder E-Busse im öffentlichen Raum werden üblicherweise an speziellen **Ladestationen** aufgeladen, wobei verschiedene Ladesysteme je nach den Anforderungen des Betreibers und der Fahrzeugtechnologie zum Einsatz kommen.

Die **Ladestrategie** ist stark von individuellen betrieblichen Gegebenheiten, der Routenführung und den Bedürfnissen des Busbetreibers abhängig. Die Weiterentwicklung von Elektrobus-Flotten geht Hand in Hand mit Fortschritten in der Ladetechnologie, um die Effizienz und Praktikabilität der Elektromobilität weiter zu verbessern.

Im Folgenden sind einige mögliche Methoden zusammengefasst:

(1) Depotladung

E-Busse können während ihrer Abstellzeiten im Betriebshof oder Depot aufgeladen werden. Hierbei kommen oft leistungsstarke Ladestationen zum Einsatz. Für das Aufladen über Nacht oder während längerer Pausen wären auch leistungsschwächere Ladestationen denkbar.

(2) Schnellladestationen am Streckenende

An den Endhaltestellen oder strategischen Punkten entlang der Busstrecken können Schnellladestationen installiert werden. Dies ermöglicht eine schnelle **Zwischenladung** während kurzer Aufenthalte an den Endpunkten der Routen.

(3) Induktives Laden

Einige E-Busse nutzen induktive Ladetechnologien, bei denen die Energie drahtlos über elektromagnetische Felder übertragen wird. Dies erlaubt ein kontaktloses Aufladen, wenn der Bus über einer speziellen Ladestation steht. Wie für den privaten Verkehr, finden derzeit Versuche und Pilotprojekte statt.

(4) Pantografen-Systeme

Einige E-Busse sind zusätzlich mit Pantografen ausgestattet, die sich über definierte Haltepunkte, wie zum Beispiel an entsprechend ausgestatteten Haltestellen, mit einer Ladeinfrastruktur verbinden können und sich hier aufladen. Auf Autobahnen können sich beispielsweise E-LKWs oder E-Busse mit Stromabnehmer selbst koppeln und geladen werden.

(5) Batterietauschsysteme

In einigen Fällen wird auch über sogenannte Batterietauschsysteme nachgedacht, bei denen leere Akkumulatoren schnell gegen aufgeladene ausgetauscht werden können. Dies könnte den Busausfall minimieren und die Effizienz des Betriebs erhöhen. Ein Nachteil ist, dass Akkumulatoren von

unterschiedlichen Herstellern nicht eins-zu-eins getauscht werden können. Da die Ladekapazität über die Zeit sinkt, können ältere Akkumulatoren als Pufferspeicher herangezogen werden.

2.3. Ladestationen für Elektrofahrzeuge des öffentlichen Verkehrs – Akku-Züge

Elektrisch betriebene schienengebundene Fahrzeuge wie Züge und Straßenbahnen beziehen ihre Energie vorwiegend aus dem öffentlichen oder eigenen Stromnetz wie dem Oberleitungssystem (Kettenwerk, Deckenstromschiene) oder einer sogenannten 3. Schiene wie bei den U-Bahnen.

Das österreichische Eisenbahnnetz ist zu ca. 75% elektrifiziert ^[3]. In Regionen mit wenig oder keinem elektrifizierten Schienenstreckennetz ist die Elektrifizierung von Strecken bereits in Planung und Umsetzung, womit der Einsatz der dieselbetriebenen Triebfahrzeuge reduziert werden kann.

Eine weitere Möglichkeit auf nicht elektrifizierten Strecken ist der Einsatz von Akku-Zügen oder auch Wasserstoff-Zügen, um Emissionen zu reduzieren und dieselbetriebene Triebfahrzeuge auf lange Sicht vollständig zu ersetzen.

Die Ladung von **Akku-Zügen** auf nicht elektrifizierten Strecken erfolgt in der Regel an den sogenannten Ladepunkten.

Grundsätze mit Bezug auf die mögliche Ausführung von infrastrukturellen Anlagen im Eisenbahnwesen als Ladeinfrastruktur für elektrische Triebfahrzeuge und wie diese umgesetzt werden können, sollen durch einen eigens dafür entwickelten Standard geregelt werden (derzeit als Draft vorliegend, prCLC/TS 50729). Dieser Standard gilt jedoch nur für jene elektrische Triebfahrzeuge, die mit bordeigenen Traktionsenergiespeichern und Stromabnehmern ausgerüstet sind. ^[4]

Zu den möglichen Ladesystemen gehören:

- **Pantografen-Ladesysteme**
Einige Akku-Züge sind mit Pantografen ausgestattet, die automatisch mit einer Ladeinfrastruktur verbunden werden können. Diese Pantografen können an Ladepunkten entlang der nicht elektrifizierten Strecke oder an Endhaltestellen verwendet werden, um die Akkus während des Betriebs aufzuladen.
- **Batteriewechsel-Systeme**
Einige Züge verwenden Batteriewechsel-Systeme, bei denen leere Batterien durch aufgeladene ersetzt werden können. Dies kann an speziell dafür vorgesehenen Stationen oder Depots durchgeführt werden, um die Betriebsunterbrechungen zu minimieren.

3. Wesentliche Aspekte bei der Errichtung von Ladestationen

3.1. Anforderungen und wesentliche Aspekte bei der Errichtung

Die Errichtung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge unterliegt verschiedenen Vorschriften und Anforderungen, die je nach Standort, Region und Art der Ladestation variieren. Im Folgenden eine Übersicht über grundlegende Aspekte, die bei der Errichtung von Ladestationen zu beachten sind, von rechtlichen, baulichen und sicherheitstechnischen Anforderungen bis hin zu Wartungskonzepten und Abrechnungsmodi von Ladestationen.

(1) Baurechtliche Bestimmungen

Die Einhaltung der baurechtlichen Vorschriften und die Erlangung der erforderlichen Genehmigungen sind notwendig, um die Errichtung der Ladestationen zu ermöglichen. Dabei sind lokale Bauordnungen und baurechtliche Regularien ebenso zu berücksichtigen (Bund, Länder, Gemeinden) wie gesetzliche Bestimmungen hinsichtlich gewerberechtl. Nutzung und für Betriebsstätten.

Maßnahmen für den Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks insbesondere für Ladestationen für Elektrofahrzeuge sind beispielsweise in der OIB-Richtlinie 2.2 aus Mai 2023 geregelt (Abschnitt 3.2).

(2) Gesetzliche und normative Regulatorien

Relevante elektrische Normen und Standards für die Installation von elektrischen Anlagen und Ladestationen sind zu evaluieren und einzuhalten. Dies umfasst internationale und nationale Normen, Verordnungen sowie Vorschriften für die Planung, Errichtung und Prüfung von elektrischen Anlagen.

Anforderungen für die Planung, Errichtung und Prüfung von elektrischen Niederspannungsanlagen sind in Österreich im nationalen Standard OVE E 8101 geregelt ^[5]. Ergänzende Anforderungen für die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen werden im Teil 7-722 dieser Norm geregelt. Für Ladestationen sind Elektrofahrzeug-Stecker und -Steckdosen, Fahrzeug-Kupplungen und -Gerätestecker sowie Leitungsgarnituren für Elektrofahrzeuge für den Einsatz in konduktiven Ladesystemen im internationalen Standard IEC 62196 geregelt ^[6], der in Österreich durch OVE EN IEC 62196-1 umgesetzt wird ^[7].

Für Anforderungen an Akkumulator-Triebfahrzeuge werden künftig in der CLC/TS 50729 geregelt werden, die sich derzeit in Entwicklung befindet ^[4].

(3) Netzanschluss und Energieversorgung

Die Klärung der Anforderungen für den Netzanschluss und die Energieversorgung ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Ladestation zuverlässig und effizient betrieben werden kann. Dies beinhaltet die Zusammenarbeit mit Energieversorgern beziehungsweise Netz-Betreibern und die Einhaltung ihrer Vorgaben.

Der zuständige Netz-Betreiber führt unter anderem die relevanten Netzberechnungen wie Netzauslastung, verfügbare Leistungskapazitäten und dergleichen durch. Ein stabiles Energieversorgungsnetz ist unerlässlich, daher sind etwaige durch das Laden von Elektrofahrzeugen verursachte Spannungsschwankungen zu unterbinden sowie Belastung des Netzes durch kurzfristige jedoch große Leistungsentnahmen.

(4) Abrechnungssysteme

Die Integration von zuverlässigen und sicheren Abrechnungssystemen ist maßgeblich, um eine transparente und korrekte Abrechnung der Ladevorgänge zu gewährleisten. Hierbei sind spezielle Anforderungen an IT-Systeme sowie deren Integration in die Ladeinfrastruktur zu beachten, dazu gehören auch Anforderungen an die IT- und OT-Sicherheit (Security).

(5) Sicherheitsbestimmungen

Es ist entscheidend, die Sicherheitsbestimmungen und Anforderungen für die unterschiedlichsten Spannungsniveaus von Nieder- bis Hochspannung und damit beispielsweise für Nieder- und Hochspannungsanlagen strikt zu befolgen. Diese Vorschriften tragen dazu bei, Unfälle zu vermeiden und gewährleisten einen sicheren Betrieb der Ladestation. Zu den Sicherheitsbestimmungen gehören Maßnahmen für den sicheren Betrieb, Brandschutz, Schutz vor Überlastung und kurzschlussfeste Installationen.

(6) Umweltauflagen

Es gibt eine Vielzahl an Umweltauflagen und Umweltschutzstandards, die es zu berücksichtigen gilt. Welche Anforderungen hier greifen, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, wie zum Beispiel eingesetzten Materialien, Abfallprodukten und deren Entsorgung und wie sich dies auf die Umwelt auswirken können. Damit lassen sich negative Auswirkungen auf die Umwelt durch gesetzte Maßnahmen minimieren.

(7) Barrierefreiheit und Zugänglichkeit

Die Barrierefreiheit und Zugänglichkeit der Ladestationen ist gemäß den relevanten Vorschriften für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen sicherzustellen.

(8) Kommunikation und Interoperabilität

Es ist wichtig, Kommunikationsstandards und Interoperabilität zu beachten, damit Ladestationen mit verschiedenen Fahrzeugtypen und Abrechnungssystemen kompatibel sind. Dies gewährleistet zudem Zugänglichkeit für alle Nutzer, einschließlich Menschen mit Mobilitätseinschränkungen.

(9) Genehmigungen und Meldungen

Es ist wichtig, alle notwendigen Genehmigungen und Meldungen bei den zuständigen Behörden fristgerecht einzuholen. Dies schließt neben der Baugenehmigung auch Meldungen zur Inbetriebnahme und eventuell erforderliche Meldungen an den Netzbetreiber ein.

(10) Wartung und Betriebskonzept

Für jede Ladestation ist ein Wartungs- und Betriebskonzept zu entwickeln, um eine zuverlässige Funktion und langfristige Verfügbarkeit sicherzustellen.

3.2. E-Ladestationen und Brandschutz

Der Abschnitt 10 der für Österreich gültigen OIB-RL 2.2 Ausgabe Mai legt „zusätzliche Anforderungen an Ladestationen für Elektrofahrzeuge“^[8] bezüglich Brandschutzes in überdachten Stellplätzen, Garagen und Parkdecks fest.

- Für das Einstellen von Elektrofahrzeugen in überdachten Stellplätzen sowie in Garagen und Parkdecks sind keine zusätzlichen brandschutztechnischen Anforderungen erforderlich.
- Die Ladestationen müssen jedoch vor mechanischen Beschädigungen durch anfahrende Fahrzeuge geschützt werden.
- Es gibt spezifische Anforderungen an Ladestationen in Garagen und Parkdecks, darunter Leistungsbegrenzungen, Bedingungen für die Anordnung von Ladestationen, Anforderungen an Batterieenergieinhalt, Notausschaltungseinrichtungen und die Notwendigkeit von Brandschutzplänen.
- Eine Anordnung von Ladestationen in Garagen, die nur über Autoaufzüge erschlossen werden, ist unzulässig.

4. Unterschiedliche Lademodi bei E-Ladestationen

Die bei Ladestationen für Elektrofahrzeuge verwendeten Stecker, Steckdosen, Fahrzeugkupplungen und Fahrzeugstecker sind im internationalen Standard IEC 62196-1 sowie im nationalen Standard OVE EN IEC 62196-1 geregelt. Ebenso geregelt sind Leitungsgarnituren für Elektrofahrzeuge (EV) für den Einsatz in leitfähigen Ladesystemen, die Steuer- und Regeleinrichtungen enthalten, deren Bemessungsbetriebsspannung die folgenden Werte nicht überschreitet^{[6], [7]}:

- 690 V Wechselspannung mit 50 - 60 Hz bei einem Bemessungsstrom bis 250 A,
- 1.500 V Gleichspannung bei einem Bemessungsstrom bis 800 A.

Besondere Anforderungen für die Auswahl und Installation von Ladestationen für Elektrofahrzeuge müssen den jeweiligen Teilen des internationalen Standards IEC 61851 entsprechen^[9]. Diese Normenreihe wird in Österreich durch die ÖVE/ÖNORM EN 61851 Reihe umgesetzt^[10].

Im Allgemeinen werden bei Elektrofahrzeugen folgende vier Lademodi unterschieden:

- **Mode 1 – AC-Laden mit festinstalliertem Ladekabel**
Bei diesem Lademodus wird ein Notladekabel verwendet, das an einer Wandsteckdose angeschlossen wird. Das eine Ende des Kabels wird dabei in die Steckdose gesteckt und das andere Ende mit dem Elektrofahrzeug direkt verbunden.

Diese Ladetechnik weist keine Schutzmaßnahmen auf, die eine Kontrolle und Kommunikation mit dem Elektrofahrzeug ermöglichen. Die Ladeschnittstelle steht damit sofort unter Spannung und bietet keinen elektrischen Schutz. Das vorliegende Sicherheitsniveau ist sowohl für das Gebäude als auch für das Elektrofahrzeug sowie für die das Elektrofahrzeug ladende Person sehr gering. Demzufolge ist dieser Lademodus in vielen Ländern untersagt.

- **Mode 2 – AC-Laden mit ICCB oder einer mobilen Ladestation**

Dieser Lademodus verfügt bereits über eine Kommunikation mit dem Elektrofahrzeug und schützt vor Stromschlägen, wodurch mehr Sicherheit für den Benutzenden, das Gebäude und das Elektrofahrzeug gewährleistet wird.

Die Ladestation ist in diesem Fall nicht fest mit der Stromversorgung des Gebäudes verdrahtet. Dies gestattet es, dass Benutzende die Ladestation selbst montieren können. Darüber hinaus kann eine Mode 2 Ladestation mobil verwendet werden.

- **Mode 3 – AC-Laden an einer Wallbox oder Ladesäule**

Das Laden mit Wechselstrom (AC) an einer Wallbox oder Ladesäule ist eine der gängigsten Lademodus. Das Aufladen von Elektrofahrzeugen funktioniert ähnlich wie beim Lademodus 2, mit dem Unterschied, dass die Wallbox fest mit der Stromversorgung des Gebäudes verdrahtet ist. Personen, die ihr Elektrofahrzeug aufladen möchten, bringen entweder ein eigenes Ladekabel mit oder es ist an der Ladestation angeschlossen. Eine Mode 3 Ladestation ist nicht mobil.

- **Mode 4 – DC-Laden**

Lademodus 1 bis 3 basieren auf dem Laden mit Wechselstrom, der im Elektrofahrzeug in Gleichstrom umgewandelt wird. Bei Mode 4 erfolgt das Aufladen mit Gleichstrom (Gleichstromladen). Dabei erfolgt die Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom in der Ladestation selbst und nicht im Elektrofahrzeug, womit der Gleichstrom direkt dem Elektrofahrzeug zugeführt wird. Die benötigte Eingangsspannung eines Mode-4-Ladegerät liegt bei 480+ Volt. Das benötigte Ladekabel ist immer an der DC-Ladestation angeschlossen.

DC-Ladestationen sind nur stationär verfügbar und sind meist nur entlang von Autobahnen installiert.

Für die Ladefunktion von OL-Bussen oder OL-LKWs über Stromabnehmer, für E-Busse oder E-LKWs mit zusätzlichem Pantografen-Ladesystem oder für BEMU (Battery Electrical Multiple Unit, Akku-Züge) sind gesonderte Anforderungen zu beachten, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

5. Steckertypen bei Ladestationen

Ladestecker variieren je nach ihrer zulässigen Ladefrequenz und möglichen Ladeleistung. Elektrofahrzeuge sind umso schneller geladen, je höher die Ladeleistung ist. Somit hat die Art des Ladens, AC- oder DC- Laden, und der Ladestecker-Typ Einfluss auf die Dauer des Ladevorgangs.

Grundsätzlich werden Ladestecker für das Laden mit Wechselstrom (AC) oder Gleichstrom (DC) unterscheiden ^{[11], [12]}.

5.1. Ladestecker für Wechselstrom – Typ-1 und Typ-2

- Typ-1-Stecker ist ein sogenannter einphasiger Stecker:^[12]
 - Ladeleistung: bis zu 7,4 kW, je nach Ladeleistung des Autos und der Netzkapazität (230 V, 32 A);
 - Mithilfe von Adapterkabeln können Typ-2-Ladepunkte genutzt werden;
 - Ladestecker Typ-1 werden bei (älteren) E-Autos aus Asien und Nordamerika eingesetzt;

- Typ-2-Stecker ist ein sogenannter zweiphasiger Stecker:^[12]
 - Typ-2 Stecker ist auch als Mennekes-Stecker bekannt und findet im privaten Raum an einer Wallbox und an öffentlichen Ladesäulen für Schnellladungen Anwendung;
 - Ladeleistung Wallbox: 22 kW (400 Volt, 32 Ampere);
 - Ladeleistung von öffentlichen Ladesäulen: Schnellladungen mit bis zu 43 kW (400 V, 63 A);
 - In Europa hat sich dieser Steckertyp inzwischen zum Standard entwickelt;

5.2. Ladestecker für Gleichstrom CCS (Combo-Stecker) und CHAdeMo

- CCS-Stecker (Combo-Stecker)
 - CSS steht für Combined Charging System
 - Auch bezeichnet als Combo-2 Stecker – er ist eine um zwei zusätzliche Stromkontakte zum Schnellladen erweiterte Variante des Typ-2-Steckers und benötigt fahrzeugseitig somit nur eine anstatt zwei Buchsen.
 - CCS-Stecker ermöglichen AC- und DC-Laden
 - Ladeleistung: bis zu 170 kW, in der Praxis jedoch bis 50 kW (500 V, 100 A);
 - Ladeleistung bei Schnellladen: bis zu 350 kW an modernen Schnellladern, bis 450 kW bei Ultraschnellladern;
 - In Europa hat sich der CCS-Stecker als eine Art Allzwecklader etabliert.
- Ladestecker CHAdeMo
 - CHAdeMO steht für "Charge de Move"
 - Es handelt sich um eine Entwicklung vom Energiekonzern Tepco, einem Konsortium aus Toyota, Nissan, Mitsubishi und Subaru, und ist der japanische Standardstecker;
 - Ladeleistung: 50 kW, je nach Ladestation bis zu 100 kW möglich (Schnellladen)
 - Trotz Kompatibilität zu einigen E-Autos von Honda, Kia, Citroën, Peugeot und Tesla verlieren CHAdeMo-Stecker wegen der geringen Akzeptanz des Standards in Europa an Bedeutung. Die Steckertypen bleiben damit zwar bis auf weiteres am Net, allerdings werden neue Ladestationen bevorzugt mit einem CCS-Stecker ausgestattet.

5.3. Tesla Supercharger

Tesla besitzt das weltweit größte Netz an Schnellladestationen. Angeblich bringt dabei ein modifizierter Typ-2-Stecker nach Angaben des Herstellers deutlich „über 200 km Reichweite in 15 Minuten“^[12] Ladezeit.

Inzwischen öffnet sich Tesla in Europa mehr und mehr für Fremdmarken. Laut Auto Bild sind etwa die Hälfte aller Supercharger-Stationen inzwischen offen für schnellladefähige Nicht-Teslas mit CCS-Anschluss^{[11], [12]}.

5.4. Schuko-Steckdose & CEE-Stecker – Laden aus dem Haushalt

Jedes Elektrofahrzeug kann über einen haushaltsüblichen Stecker, **Schuko-Steckdose**, geladen werden, wobei die maximale Leistung bei 3,7 kW liegt. Eine dauerhafte Nutzung ist zu vermeiden, da diese Steckdosen nicht für eine derartige Dauerbelastung ausgelegt sind. Daher sollte das Laden über die Haushaltssteckdose auch nur im Notfall und unter Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen erfolgen.

Alternativ zur Schuko-Steckdose kann im Fall, dass kein passender Stecker zu Hand ist, ein Kabel mit **CEE-Stecker** verwendet werden. Unterschieden wird dabei zwischen dem *blauen Stecker* (1 Phase, begrenzt auf 3,7 kW) und dem *roten Stecker* (2 Phasen; Ausführung 1: 11 kW, 16 A; Ausführung 2; 22 kW, 32 A)

5.5. Ladestecker für E-Autos – Übersicht von Ladesteckertypen

Folgende Tabelle gibt eine zusammenfassende Übersicht über Typen von Ladestecker für E-Autos, deren Ladeleistung, Strompolarität, Verfügbarkeit von Schnellladung und länderspezifische Verfügbarkeit.

Steckertyp	Ladeleistung	Strompolarität	Schnellladung verfügbar	Verfügbarkeit in
Typ 1	max. 7,4 kW	Wechselstrom (AC)	nein	Nordamerika, Asien
Typ 2	22 - 43 kW	Wechselstrom (AC)	nein	Europa
CCS (Combo)	20 - 150 kW theoretisch bis 350 kW	Wechselstrom (AC) & Gleichstrom (DC)	ja	Europa, Nordamerika
CHAdeMO	50 kW theoretisch bis 500 kW	Gleichstrom (DC)	ja	Asien, Europa, Nordamerika
Tesla Supercharger	120 - 250 kW	Gleichstrom (DC)	ja	Asien, Europa, Nordamerika
Schuko	3,7 kW	Wechselstrom (AC)	nein	Europa
CEE	3,7 - 22 kW	Wechselstrom (AC)	nein	Europa

Tabelle 1: Übersicht von Ladesteckertypen für E-Autos (in Anlehnung an [11])

Die unterschiedlichen Steckertypen sind in Bild 1 zusammengefasst.

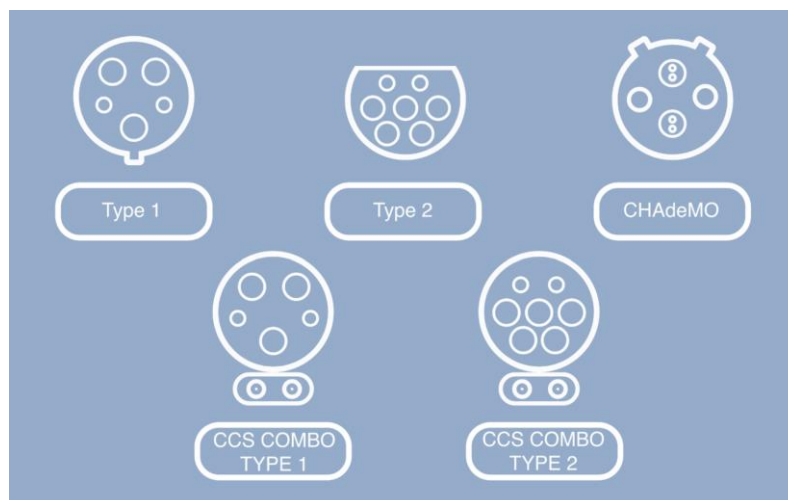


Bild 1: Ladesteckertypen für E-Autos (Bildquelle: [11])

5.6. Ladezeiten bei E-Autos

Während eines Ladevorganges kommt es zu variierenden Ladeleistungen. Gründe hierfür sind vorwiegend fahrzeugseitig hohe Ladezustände. Auch äußere Einflüsse wie zu hohen oder zu tiefen Temperaturen in der Antriebsbatterie sind zu berücksichtigen. Ladezeiten sind beispielsweise abhängig von:

- Modell des E-Autos
- Ausgangsleistung beim Ladevorgang

- Lademodi, Ladesteckertyp,
- Akkumulator
- äußere Einflüsse wie Temperatur

Der für die Aufladung benötigte Zeitbedarf ist daher nie genau vorhersagbar und die Angabe von konkreten Ladezeiten wären unseriös.

6. Planung, Errichtung und Prüfung von E-Ladestationen in Österreich

Anforderungen für die Planung, Errichtung und Prüfung von elektrischen Niederspannungsanlagen sind im nationalen Standard OVE E 8101 geregelt ^[5].

Prüfungen von elektrischen Niederspannungsanlagen sind im Teil 6 der Norm geregelt. Dabei sind besondere Anforderungen an elektrische Anlagen, die unter Räume und Anlagen besonderer Art fallen, gesondert zu berücksichtigen ^[13].

Räume und Anlagen besonderer Art sind im Allgemeinen im Teil 7 der Norm geregelt. Teil 7-722 behandelt die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen und regelt „Stromkreise zur Versorgung von Elektrofahrzeugen, für Ladezwecke“ und „Stromkreise für die Rückspeisung von elektrischer Energie von Elektrofahrzeugen zum Versorgungsnetz“ ^[14]. Prüfanforderungen aus dem Teil 7-722 ergänzen, ändern oder ersetzen jene Anforderungen aus dem Teil 6. Festzuhalten ist, dass induktives Laden nicht in den Anwendungsbereich dieses Teils fällt.

Bei Prüfungen ist generell zwischen **Erstprüfung** und **wiederkehrender Prüfung** zu unterscheiden:

- „Erstprüfung wird sowohl im Zuge der Errichtung einer neuen Anlage als auch bei Erweiterungen oder Änderungen bestehender Anlagen durchgeführt“ ^[13].

Die zugehörigen Anforderungen sind im Abschnitt 600.4 der OVE E 8101 geregelt.

- Wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen dient der Feststellung, „ob die Anlage und alle dazugehörenden elektrischen Betriebsmittel sich in einem ordnungsgemäßen Zustand für den Anlagenbetrieb befinden“ ^[13].

Anforderungen an die wiederkehrende Prüfung elektrischer Anlagen sind im Abschnitt 600.5 der OVE E 8101 geregelt.

Für beide Prüfungsarten müssen Prüfanforderungen für Räume und Anlagen besonderer Art berücksichtigt werden, da sie die in Teil 6 beschriebenen Anforderungen ergänzen, ändern oder ersetzen können.

6.1. Erstprüfung

Bevor eine elektrische Anlage erstmals in Betrieb genommen wird, muss jede elektrische Anlage einer Prüfung unterzogen werden, wobei auch separate Prüfungen für einzelne Abschnitte der Anlage möglich sind. Zweckmäßigerweise erfolgen einzelne Prüfungen bereits während der Errichtung.

Eine Erstprüfung muss von einer Elektrofachkraft, die zur Durchführung von solchen Prüfungen fachkundig ist, vorgenommen werden.

Die Erstprüfung nach OVE E 8101 umfasst die Punkte

- Besichtigen (OVE E 8101, Abschnitt 600.4.2) ^[13]

- Besichtigen muss im Allgemeinen „vor dem Erproben und Messen durchgeführt“ werden und „bevor die Anlage erstmals unter Spannung gesetzt wird“ ^[13].
- Besichtigen dient der Bestätigung, dass die elektrischen Betriebsmittel der ortsfesten Anlage den Sicherheitsanforderungen der zutreffenden Betriebsmittelnormen entsprechen, gemäß OVE E 8101 und den Herstellerangaben ausgewählt und eingebaut wurden und keine erkennbaren Sicherheitsbeeinträchtigungen durch Beschädigungen aufweisen.
- Besichtigen umfasst besondere Anforderungen für Anlagen oder Räume besonderer Art; für Ladestationen sind diese im Teil 7-722 geregelt.
- Besichtigen muss zumindest die unter Abschnitt 600.4.2.3 der OVE E 8101 definierten Überprüfungen, sofern zutreffend, umfassen und dies unter Berücksichtigung der plangemäßen Ausführung.
- Erproben und Messen (OVE E 8101, Abschnitt 600.4.3) ^[13]
 - Die hier beschriebenen Prüfverfahren sind Referenzverfahren. Es können auch andere Verfahren zur Anwendung kommen, wenn sie zu gleichwertigen Ergebnissen führen.
 - Die genannten zehn Prüfungen, sofern relevant, müssen durch Erproben und Messen durchgeführt werden, wobei die genannte Reihenfolge vorzugsweise einzuhalten ist:^[13]
 - Durchgängigkeit der Leiter
 - Isolationswiderstand der elektrischen Anlage
 - Messung des Isolationswiderstandes zum Nachweis der Wirksamkeit des Schutzes durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung
 - Messung des Isolationswiderstandes zum Nachweis der Wirksamkeit von isolierenden Fußböden und isolierenden Wänden
 - Spannungspolarität
 - Prüfung der Wirksamkeit des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
 - Zusätzlicher Schutz (Zusatzschutz)
 - Prüfung der Phasenfolge der Außenleiter
 - Funktionsprüfungen
 - Spannungsabfall

Die Norm beschreibt jede Prüfung in einem eigenen Abschnitt.

 - Nach der Behebung eines festgestellten Fehlers im Rahmen Erproben und Messen sind die entsprechende Prüfung sowie jede vorangegangene Prüfung, die möglicherweise durch den Fehler beeinflusst wurden, zu wiederholen.
 - Erproben und Messen umfasst, wie Besichtigen, besondere Anforderungen für Anlagen oder Räume besonderer Art; für Ladestationen sind diese im Teil 7-722 geregelt.

6.2. Wiederkehrende Prüfung

Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung müssen Ergebnisse und Empfehlungen früherer Prüfberichte (Erstprüfung bzw. wiederkehrende Prüfung) berücksichtigt werden. Fehlen diese oder liegen keine vor, sind etwaige zusätzliche vorbereitende Untersuchungen durchzuführen.

Je nach Anforderung muss die wiederkehrende Prüfung „entweder ohne Demontage oder mit Teildemontage“ ^[13] durchgeführt werden, wobei geeignete Prüfungen gemäß Erstprüfung umfasst sind.

Die **Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung** einer Anlage „muss unter Berücksichtigung der Art der Anlage und Betriebsmittel, der Verwendung und des Betriebs der Anlage, Häufigkeit und Qualität der Anlagenwartung und der äußeren Einflüsse, denen die Anlage ausgesetzt ist, bestimmt werden“ ^[13].

Jede wiederkehrende Prüfung einer bestehenden Anlage muss mit einem **Prüfbericht** abgeschlossen werden. Der Mindestumfang des Prüfberichts ist in Abschnitt 600.5.3.2 der OVE E 8101 beschrieben.

6.3. Besondere Anforderungen an die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen

Räume und Anlagen besonderer Art sind im Allgemeinen im Teil 7 der Norm OVE E 8101 geregelt und umfassen den Teil 7-722, welcher die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen behandelt. Die hier genannten Anforderungen können jene hinsichtlich der Errichtung und Prüfung (Teil 6) ergänzen, ändern oder ersetzen und sind daher unbedingt zu berücksichtigen.

Es ist zu beachten, dass die im Folgenden besonderen Anforderungen (zu ergänzen, ändern, ersetzen) keine vollständige Aufzählung darstellen.

Zum Beispiel sind hinsichtlich der **Stromversorgung**, deren Zweck und Aufbau, **ergänzende** Anforderungen zu beachten:^[14]

- Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor – Hier ist zu berücksichtigen, dass jeder einzelne Anschlusspunkt im regulären Gebrauch mit seinem Bemessungsstrom betrieben wird.
- Leiterkonfiguration und Erdung der Systeme – Hier ist beim System nach Art der Erdverbindung (Netzsysteme) beim TN-System zu beachten, dass der Endstromkreis, der den Anschlusspunkt versorgt, ein TN-S-System sein muss.
- Aufteilung der Anlage – Hier ist zu beachten, dass für den Anschluss von Elektrofahrzeugen ein eigener Stromkreis bereitgestellt werden muss.

Bei **Schutzmaßnahmen und Schutzvorkehrungen** sind sowohl ergänzende als auch zu ersetzende Anforderungen zu berücksichtigen.

- Hier sind beispielsweise allgemeine Anforderungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag entsprechend zu **ersetzen**:
 - „Die Schutzvorkehrungen Schutz durch Hindernisse und Schutz durch Anordnung außerhalb des Handbereichs gemäß Teil 4-41 Anhang 41.B dürfen nicht angewendet werden.“^[14]
 - „Die Schutzvorkehrungen Schutz durch nicht leitende Umgebung (Standortisolierung), Schutz durch erdfreien örtlichen Schutzpotentialausgleich und Schutz durch Schutztrennung für die Versorgung mit mehr als einem Verbrauchsmittel (Elektrofahrzeug) gemäß Teil 4-41 Anhang 41.C dürfen nicht angewendet werden.“^[14]
- Hinsichtlich der Schutzmaßnahme Schutztrennung sind unter anderem weitere Anforderungen zu **ergänzen**:
 - Der verwendete Stromkreis muss mit einem Trenntransformator mit festem Übersetzungsverhältnis versorgt werden (gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61558-2-4^[15]).
 - Elektrofahrzeug sind vor durch Überspannungen verursachte möglichem Schaden zu schützen. Hierfür muss ein Überspannungsschutz für den versorgenden Stromkreis wirksam sein.

Weitere besondere Anforderungen betreffen die **Auswahl und Installation elektrischer Betriebsmittel**. Hierzu gehören Anforderungen hinsichtlich

- der Übereinstimmung mit Normen (zum Beispiel müssen Ladestationen für Elektrofahrzeuge den jeweiligen Teilen gemäß ÖVE/ÖNORM EN 61851 Reihe^[10] entsprechen);
- der Betriebsbedingungen und äußeren Einflüssen, wie das Auftreten von Wasser, Auftreten von festen Fremdkörpern sowie dem Schlag als Form der mechanischen Beanspruchung;
- Schalt- und Steuergeräte;
- Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter;
- Steckdosen und Fahrzeugkupplungen;

7. Literatur- / Quellenverzeichnis

- [1] European Union: EU-VO 2023/1804 – VERORDNUNG (EU) 2023/1804 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. September 2023 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 2014/94/EU; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1804> (letzter Abruf 202401-31)
- [2] EVBox: EV charging: the difference between AC and DC; Blog online <https://blog.evbox.com/difference-between-ac-and-dc>; Last Updated: 14/4/2023, EVBox; (letzter Abruf 2024-02-01)
- [3] ÖBB - Zahlen Daten Fakten 2022/23; online https://presse.oebb.at/dam/jcr:58b03a4f-07d2-46e0-ae40-4900fb5062b4/OEBB_Zahlen_2023-1_web.pdf; ÖBB-Holding AG; 2023; 11. Ausgabe – 1. Auflage (S 76) (Letzter Abruf 2024-02-02)
- [4] Cenelec: prCLC/TS 50729:2023; Railway applications - Fixed installations and rolling stock - Interface requirements between charging infrastructure with dedicated contact line sections and electric traction units with onboard electric traction energy storages and current collectors (12 Bahnanwendungen - Ortsfeste Anlagen und Fahrzeuge - Schnittstellenanforderungen zwischen Ladeinfrastruktur mit dedizierten Fahrleitungsabschnitten und elektrischen Triebfahrzeugen mit bordeigenen elektrischen Traktionsenergiespeichern und Stromabnehmern); 2023-09-12
- [5] OVE E 8101:2019-01-01: Elektrische Niederspannungsanlagen; OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, Ausgabe 2019-01-01
- [6] IEC 62196-1:2022 Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements; IEC - International Electrotechnical Commission; Ausgabe 2022
- [7] OVE EN IEC 62196-1:2024-01-01 – Stecker, Steckdosen, Fahrzeugkupplungen und Fahrzeugstecker – Konduktives Laden von Elektrofahrzeugen -- Teil 1: Allgemeine Anforderungen ((IEC 62196-1:2022) EN IEC 62196-1:2022); OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik; Wien, Ausgabe 2024-01-01
- [8] OIB-Richtlinie des Österreichischen Instituts für Bautechnik: OIB-RL 2.2 – Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks; OIB-330.2-031/23, Österreichisches Instituts für Bautechnik; Ausgabe Mai 2023
- [9] IEC 61851 series – Series of international standards for electric vehicle conductive charging systems; International Electrotechnical Commission (IEC)
- [10] ÖVE/ÖNORM EN 61851 Reihe – Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge; Normenreihe; Austrian Standards;
- [11] Helvetia: Ladestecker für E-Autos: Eine Übersicht der Typen; online: <https://www.helvetia.com/de/web/de/ratgeber/fahrzeuge/e-car/tanken-laden/ladestecker-e-autos.html#:~:text=Es%20gibt%20verschiedene%20Elektroautos%20auf,der%20sich%20Tesla%20Supercharger%20nennt>; Helvetia Versicherungen; 2024 (letzter Abruf 2024-02-01)
- [12] C. Jeß: Ladestecker für E-Autos – Was man über E-Auto-Stecker beim Laden wissen muss; online: <https://www.autobild.de/artikel/ladestecker-fuer-e-autos-18771703.html>; Auto Bild; 2023-09-22; (letzter Abruf 2024-02-01)
- [13] OVE E 8101:2019-01-01: Elektrische Niederspannungsanlagen – Teil 6 Prüfung, OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, Ausgabe 2019-01-01; (Teil 6 – Seite 1 bis Teil 6 – Seite 22)
- [14] OVE E 8101:2019-01-01: Elektrische Niederspannungsanlagen – Teil 7-722 Stromversorgung von Elektrofahrzeugen; OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Wien, Ausgabe 2019-01-01; (Teil 7-722 – Seite 1 bis Teil 7-722 – Seite 6)
- [15] ÖVE/ÖNORM EN 61558-2-4 – Sicherheit von Transformatoren, Drosseln, Netzgeräten und dergleichen für Versorgungsspannungen bis 1 100 V - Teil 2-4: Besondere Anforderungen und Prüfungen an Trenntransformatoren und Netzgeräte, die Trenntransformatoren enthalten (IEC 61558-2-4:2009); Ausgabe 2010 02 01



Bild: © iStock: metamorworks