

## Abschlussbericht des EP EMN Ladeinfrastruktur

Versionsnummer: 2016-0.1

Ersteller: EP EMN Ladeinfrastruktur des AK Verteilernetze

Ausstellungsdatum:

Anzahl der Seiten: 21



## Inhaltsverzeichnis

A. Ladeinfrastruktur/Ladekonzepte .....	5
A.1    Nutzergesteuertes Laden .....	6
A.2    Netzgesteuertes Laden .....	6
A.3    Erzeugungsgesteuertes Laden.....	6
A.4    Bidirektionales Laden .....	6
B. Meldepflicht, Verwaltung bei Netzbetreiber .....	7
C. Externe Treiber .....	8
D. Schnellladeeinrichtungen / Ladeeinrichtungen mit Anschluss ab Trafostation bzw. Anschluss im Mittelspannungsnetz.....	10
E. Ladeeinrichtungen mit Anschluss im Niederspannungsnetz, klassische Heimladeeinrichtungen.....	11
F. Minimale Kurzschlussleistung am Anschlussort .....	12
G. Anschlussbeurteilung in der Praxis .....	12
H. Absicherung in Niederspannungsnetzen mit E-Ladeeinrichtungen.....	12
H.1    Absicherung von Anschlusskabeln.....	12
H.2    Absicherung in Niederspannungsnetzsträngen .....	12
I. Blindleistung.....	13
J. Wirkleistungsbegrenzung .....	13
K. Aktuelle Situation .....	14
K.1    Anschlussprüfung.....	15
L. Anforderungen hinsichtlich Netzurückwirkungen .....	16
L.1    Prüfimpedanzen, Oberschwingungsstromemissionen .....	16
L.2    Einphasige Ladung .....	17
M. Sicherung der Power Quality .....	17
N. Anforderungen an Ladeeinrichtungen nach ihrem Aufstellungsort .....	18
N.1    Ladeeinrichtungen im öffentlichen Bereich .....	18
N.1.1    Definition des öffentlichen Bereichs.....	18
N.1.2    Anforderungen .....	18
N.2    Ladeeinrichtungen im halböffentlichen Bereich .....	19
N.2.1    Definition des halb-öffentlichen Bereichs.....	19
N.2.2    Anforderungen .....	19

N.3	Ladeeinrichtungen im privaten Bereich .....	20
N.3.1	Anforderungen .....	20
O.	Allgemeine Anforderungen .....	20
P.	Literaturhinweis.....	21

## Vorwort

Der EP Elektromobilität Netze Ladeinfrastruktur wurde aufgrund eines Beschlusses im Auftrag des LA Netze bzw. des AS Netztechnik im Frühjahr 2015 bei Oesterreichs Energie ins Leben gerufen. Der Expertenpool setzte sich aus Fachexperten der Verteilernetzbetreiber und externen Experten zusammen.

Hintergrund war, dass aus vielen Studien und Erprobungen in den österreichischen Modellregionen mittlerweile zahlreiche Ergebnisse und Erkenntnisse zum Thema Laden von Elektrofahrzeugen vorliegen. Aufgrund der veröffentlichten Zulassungszahlen zeichnet sich jedenfalls ein deutliches Ansteigen des Bedarfes an Ladestationen sowohl im privaten als auch im halböffentlichen und öffentlichen Bereich ab. Des Weiteren fordern Politik und Interessensvertretungen die Herstellung einer ausreichenden Ladeinfrastruktur zur Förderung der E-Mobilitätssparte. Darüber hinaus unterscheiden sich die Ladekonzepte der einzelnen Hersteller und Fahrzeuge untereinander deutlich.

Allerdings existiert bislang noch kein für ganz Österreich anwendbarer Leitfaden für die Netzbetreiber um die Anforderungen beim Anschluss von Ladestationen an das Verteilernetz zu regeln.

Ziel dieses Berichtes ist es, die derzeitigen Erkenntnisse der Netzbetreiber kompakt zusammenzufassen und damit die Grundlage für möglichst einheitliche Anforderungen an die Ladeinfrastruktur zu formulieren. Darüber hinaus sind die derzeit gültigen Regeln miteinbezogen, um ein rundes Bild und gute Übersicht über den Anschluss von E-Mobilen an das Verteilernetz zu geben.

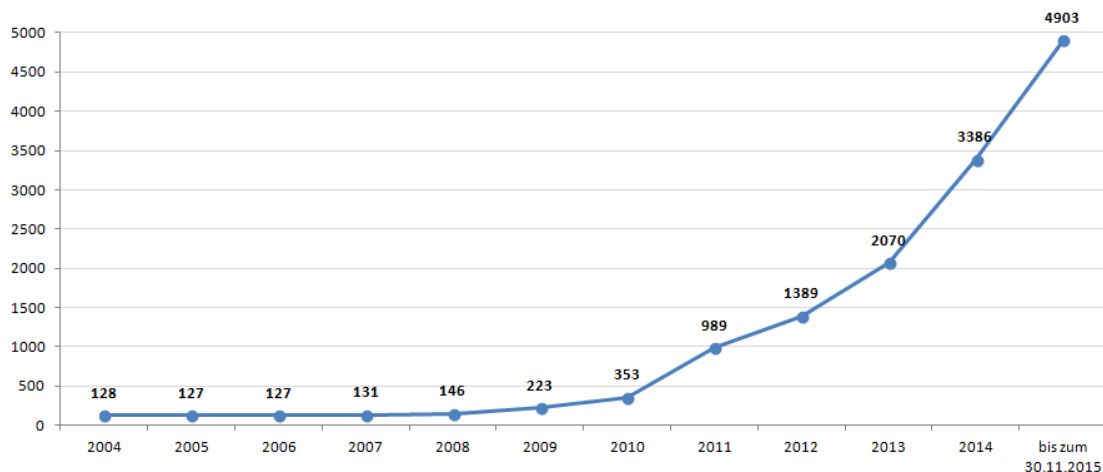
Das vorliegende Dokument soll so verstanden werden, dass die Netzbetreiber die neuen Herausforderungen annehmen und intensiv daran arbeiten, die Netze für alle Kunden mit der höchsten Qualität und Zuverlässigkeit zur Verfügung zu stellen.

Besonderer Dank gilt allen Experten die an der Entstehung dieses Grundsatzpapiers mitgewirkt haben.

DI Dr. Thomas Karl Schuster  
Wiener Netze GmbH  
Vorsitzender des EP EMN

## Allgemeines

Elektromobilität wird zukünftig verstärkt den Alltag von Verkehrsteilnehmern beeinflussen und ist als Querschnittsmaterie der Bereiche Verkehr, Infrastruktur, Technologie, Energie und Umwelt für Österreich ein zentrales Wirtschafts- und Standortthema. Vielversprechende innovative Technologien und Pilotanwendungen zeigen bereits heute das Potenzial, veranschaulichen aber auch den unmittelbaren Bedarf, die Kräfte zahlreicher Akteure Österreichs in diesem Themenbereich zu bündeln, um Elektromobilität erfolgreich umzusetzen. Die folgende Darstellung zeigt deutlich den jährlich steigenden Zuwachs am Elektro-PKW-Bestand in Österreich:



Quelle: Statistik Austria

Abbildung 1 Bestand der Elektromobilität (PKWs) in Österreich bis Ende 2015

Der jährliche Zuwachs beim Fahrzeugbestand an E-Autos in Österreich bringt auch eine zunehmende Durchdringung des Netzes mit Ladeeinrichtungen mit sich, die sich erheblich auf die Belastung in den Niederspannungsnetzen auswirkt.

Erfahrungen in Netzen mit Elektro-Speicher-Heizung können als Basis für auftretende Gleichzeitigkeit herangezogen werden.

Unsymmetrische Belastungen von Niederspannungsnetz-Strängen, wie sie im Zuge des einphasigen Ladens entstehen, sind zu vermeiden.

### A. Ladeinfrastruktur/Ladekonzepte

Beim ungesteuerten Laden wird die Batterie durchgehend vollgeladen, während das Elektrofahrzeug an das Stromnetz angeschlossen ist. Beim gesteuerten Laden startet der Ladevorgang erst nach Auslösung durch ein Steuersignal und erfolgt innerhalb vorgegebener Zeitfenster, die sich z. B. nach Kriterien wie Strompreis, Netzbelastung bzw.

Vorgaben des Netzbetreibers, Ladezustand der Batterie, etc. richten können. Folgenden Varianten sind möglich:

#### **A.1 Nutzergesteuertes Laden**

Der Kunde bestimmt Zeitpunkt, Dauer und benötigte Energie des Ladevorgangs, sowie die Wahl eines bestimmten Stromtarifs (z. B. Nachtstrom oder ein Tarif, der zu Zeiten mit Überangebot an Ökostrom lädt). Gesteuert wird durch den Nutzer selbst, durch Eingaben im Fahrzeug oder direkt am Ladepunkt. Am Ladepunkt sind netzseitig Informationen über die zur Verfügung stehende maximale Ladeleistung bereitzustellen. Die Technologien sind weitgehend vorhanden.

#### **A.2 Netzgesteuertes Laden**

Beim netzgesteuerten Laden wird neben den Kundenanforderungen auch der Zustand des Versorgungsnetzes zu jedem Zeitpunkt berücksichtigt. In Abhängigkeit von Netzparametern (bspw. drohende Überlastung oder Unterspannung) wird die Ladeleistung begrenzt oder der Ladezeitpunkt verschoben.

#### **A.3 Erzeugungsgesteuertes Laden**

Dient primär dem Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus Wind- und Solarenergie. Um dies zu ermöglichen sind auf der einen Seite die Netzsituation und die Netzlast zu berücksichtigen, zum anderen werden Informationen zum aktuellen Erzeugungsmix benötigt, also insbesondere Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien, um den Ladevorgang an deren Angebot ausrichten zu können.

#### **A.4 Bidirektionales Laden**

Diese Variante entspricht eher einer Zukunftsoption. Beim bidirektionalen Laden wird nicht nur Energie in die Fahrzeugbatterie eingespeist, sondern es kann auch wieder Energie aus der Fahrzeugbatterie entnommen werden (bidirektionale Verbindung). Abbildung 2 zeigt das Prinzip eines solchen Ladekonzepts:

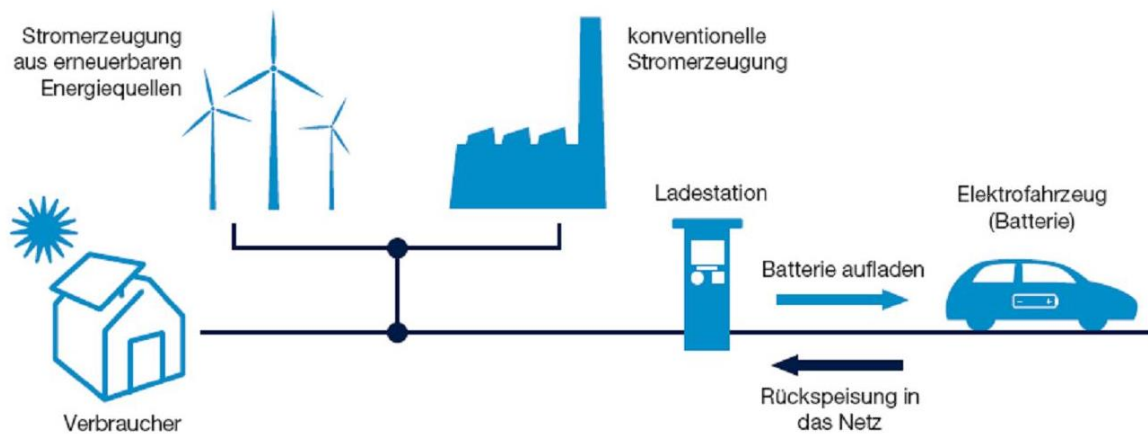


Abbildung 2 Schematische Darstellung einer bidirektionalen Ladung

Der Einsatz muss vor allem in Hinblick auf die Auswirkungen auf die Lebensdauer eng mit der Batterieentwicklung abgestimmt sein.

### B. Meldepflicht, Verwaltung bei Netzbetreiber

Aufgrund der zunehmenden Verbreitung von E-Ladeeinrichtungen ist es notwendig, einheitliche Vorgehensweisen für Kunden und Netzbetreiber zu erstellen. Für den Anschluss von E-Ladeeinrichtungen ist grundsätzlich die Netzebene 7 (NE7) vorzuschreiben. Eventuelle Ausnahmen müssen beim jeweiligen Netzbetreiber intern geregelt sein. Grundsätzlich gilt in der NE7 ein maximaler einphasiger Ladestrom von 16 A (3,68 kVA).

Durch das Nutzerverhalten ist in Bezug auf die Ladung der E-Fahrzeuge eine hohe Gleichzeitigkeit zu erwarten.

E-Ladeeinrichtung müssen daher anders als herkömmliche Verbraucher am Netz betrachtet werden.

Zudem handelt es sich bei den Ladeeinrichtungen bzw. den daran angeschlossenen Fahrzeugen um netzrückwirkungsrelevante Betriebsmittel. Der Anschluss einer Ladeeinrichtung für E-Autos ist ab einer Leistung von 1,3 kVA einphasig bzw. 3,68 kVA dreiphasig beim zuständigen Netzbetreiber zu melden, von diesem zu beurteilen und zu genehmigen. Zur Beurteilung des Netzanschlusses und der Ermittlung des technisch möglichen Anschlusspunkts sind vom Kunden folgende Unterlagen zur Verfügung zu stellen:

- Lageplan, aus dem die Bezeichnungen und die Grenzen des Grundstückes sowie der Aufstellort hervorgehen.
- technischen Daten bzw. Parametrisierung der Ladeeinrichtung (z. B, einphasig oder dreiphasig, maximaler Ladestrom).

Im Falle von mehreren galvanisch verbundenen Ladeeinrichtungen:

- einpolige Darstellung der elektrischen Einrichtungen
- geplante Betriebsweise der Anlage (mögliche Betriebsmodi)

Kann die beantragte Bezugsleistung an dem vorgesehenen oder vorhandenen Netzanschlusspunkt nicht aus dem öffentlichen Netz bezogen werden, so legt der Verteilernetzbetreiber die mögliche Bezugsleistung fest. Darüber hinaus schlägt dieser technische Alternativen für den Bezug der angefragten Leistung vor.

### **C. Externe Treiber**

Die aktuelle Entwicklung der Elektroautos zeigt 4 wesentliche Tendenzen:

- a) Deutlicher Preisverfall bei Lilonen-Akkumulatoren bei gleichzeitigem Anstieg der Speicherkapazität

Derzeit (Stand Jänner 2016) liegt die übliche Reichweite der Elektroautos je Vollladung bei realen 120 bis 150 km. Ausnahmen wie beim Modell Tesla beruhen auf einer überproportional hohen Anzahl an Akkuelementen im Vergleich zu anderen Fahrzeugen. Die für 2016 angekündigten Modelle verschiedener Hersteller werden Reichweiten von real bis zu 250 km aufweisen; für die Jahre 2018 bis 2019 wird eine reale Reichweite von 300 km erwartet.

Diese technische Entwicklung basiert auf einem weltweit extrem hohen Forschungsaufwand zu diesem Thema. Auf Grund der steigenden Stückzahlen kommt es bereits seit 2 Jahren zusätzlich zur Leistungssteigerung zu einem kontinuierlichen Preisverfall. Insgesamt ist nach derzeitigen Prognosen in einem Zeitraum ab etwa in 4 Jahren mit einem „technischem Gleichstand“ gegenüber konventionellen Fahrzeugen zu rechnen. Damit wird aber dann ein Punkt erreicht werden, an dem der Markt „emotional“ getrieben wird, d.h. es obliegt jedem einzelnen Käufer, wie viel er bereit ist, an Mehrkosten für ein Elektroauto auf sich zu nehmen – die technische Gleichwertigkeit wird diesen Schritt prägen.

- b) Tendenz zu deutlich höheren Ladestromstärken

Mit der steigenden Kapazität der Lilonen-Akkus ist zu erwarten, dass der Bedarf nach höheren Ladestromstärken steigen wird.

Dies wird in den Heimpladeeinrichtungen noch keine wesentliche Auswirkung haben, da mit 16A und einem dreiphasigen Anschluss auch bei höheren Akkukapazitäten der Nachtzeitraum ausreicht, um eine Vollladung zu garantieren. Derzeit ist ein Akku mit 20 Ah in etwa 4h vollgeladen; auch höhere Akkukapazitäten sind daher mit vernünftigen Stromstärken bewältigbar.



Es wird allerdings die volle Ausnützung von 16 A/3-phasig d.h. 11 kW den Standardfall darstellen.

Bei öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen zeigt sich schon jetzt eine Zweiteilung:

- Garagenplätze mit einer längeren Abstelldauer (z.B. die volle Tagesarbeitszeit von 9-17 Uhr) sind mit dem Typ 2 – Stecker und 16 A/3-phasig als ausreichend anzusehen; die Ladung erfolgt vergleichbar mit der Nachtladung an der Heimpladestation.
  - Bei kurzfristig benutzten Parkmöglichkeiten im halböffentlichen Bereich sind bereits jetzt nur mehr die Schnellladeeinrichtungen als sinnvoll anzusehen. Kein Kunde hat ein Interesse daran, während der 20 min eines Einkaufs ein paar wenige Prozent nachzuladen, sondern es werden hier eindeutig die Schnellladeeinrichtungen nachgefragt. 70% Nachladung während eines Einkaufs wird als Gelegenheit zur Nachladung bereits allgemein angenommen, was sich dann an Wartezeiten zeigt, bis der (im Moment Einzelanschluss) an der Ladeeinrichtung frei ist. Anmerkung: Derzeit sind alle Ladeeinrichtungen nur mit einem einzelnen Ladecontroller ausgestattet und daher die Leistungsaufnahme begrenzt. Wenn die Nachfrage weiter wächst, ist hier mit einer Nachrüstung und somit einer Leistungssteigerung des Anschlusswertes zu rechnen. Bei Autobahn-Schnellladeeinrichtungen wird sich der Bedarf nach einem Upgrade noch viel früher ergeben; hier treten bereits jetzt immer öfters Wartezeiten auf.
- c) Bereits geringe Anreize wie Steuervorteile bewirken einen großen Schub in der Nachfrage

Seit dem ersten Jänner 2016 gelten die komplette Vorsteuerabzugsmöglichkeit für Elektroautos sowie der Entfall des Sachbezugs für Dienstnehmer.

Diese vergleichsweise „kleinen“ Anreize bewirken einen deutlichen Schub in der Nachfrage. Bei manchen Herstellern ist sofort die Lieferfrist auf 6 Monate und mehr hinaufgeschnellt, da dermaßen viele Bestellungen in den letzten Monaten eingetroffen sind.

d) Popularitätsgewinn der Elektroautos

Als 4. Treiber zeigt sich, dass in den letzten 12 Monaten der Bekanntheitsgrad und die Popularität von Elektrofahrzeugen deutlich gestiegen sind. In breiten Teilen der Bevölkerung wird bereits ganz offen über die Vorteile von Elektroautos gesprochen und man stößt fast ununterbrochen auf Aussagen, dass „mein Auto noch 3 Jahre hält und dann werde ich auch ein Elektroauto kaufen“.

Es ist die Bereitschaft, auf diese Form der Mobilität umzusteigen, deutlich angestiegen. Auch zeigt sich, dass das Thema „Erstauto“ und „Zweitauto“ sich zu drehen beginnt, d.h. es wird offen darüber gesprochen, dass der durchschnittliche Tagesbedarf bei maximal 50 km liegt und man dann für die wenigen Fahrten zu entfernteren Zielen andere Lösungen suchen wird.

## Netzintegration von Ladeeinrichtungen

Eine flächendeckende Integration von Ladeeinrichtungen für E-Mobilität wirkt sich stark auf die Belastungen der Niederspannungsnetze aus.

Erfahrungen in Netzen mit Elektro-Speicher-Heizungen können als Basis für die auftretende Gleichzeitigkeit von Lastspitzen durch E-Mobilitätsladeprozesse herangezogen werden.

Der schlimmste Anwendungsfall wäre eine gleichzeitige gesteuerte Zuschaltung der Ladeeinrichtungen wie es vergleichsweise mit dem Nachtstrom-Freigabeschütz bei Elektro-Speicher-Heizungen und Elektroboilern der Fall ist.

Die gleichzeitige Lastspitze in regionalen Netzteilen muss mit Hilfe eines intelligenten Ladekonzeptes verhindert werden.

Die Kapazitäten für den Anschluss der E-Ladeeinrichtungen sind in den bestehenden Niederspannungsnetzen oftmals ohnehin vorhanden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Verteilung des Leistungsbedarfes für Ladungen zufällig (ungesteuert) erfolgt oder lokale Netzparameter in der Steuerung mitberücksichtigt werden.

Einphasige Ladungen mit hohen Strömen ( $> 16\text{ A}$ ) sind im österreichischen Verteilernetz aufgrund der Unsymmetrien unzulässig. Es wird vorausgesetzt, dass die Hersteller der Elektrofahrzeuge diese Rahmenbedingungen berücksichtigen und zunehmend auf 3-phasiges Laden setzen. Entsprechende Bereitschaften der Hersteller werden bereits signalisiert.

Für eine zufällige Verteilung von Haushalts-Ladeeinrichtungen mit einem 3-phasigen Ladestrom von  $16\text{ A}$  sind viele bestehende Niederspannungsnetze bereits geeignet.

### **D. Schnellladeeinrichtungen / Ladeeinrichtungen mit Anschluss ab Trafostation bzw. Anschluss im Mittelspannungsnetz**

Für die Netzintegration von Schnellladeeinrichtungen und großer Ladestationsinfrastrukturen sind in jedem Fall technische Einzelbetrachtungen des Netzanschlusses erforderlich.

Schnellladeeinrichtungen:

- 3-phasig:
  - 22 kW (32 A 3-phasig)
  - 44 kW (63 A 3-phasig)
- Laden mit Gleichspannung: (3-phasiger Netzanschluss)
  - 50 kW
  - 80 kW
  - 120 kW und darüber

Zurzeit werden häufig Schnellladeeinrichtungen mit einer Leistung von 22 kW installiert, dies kann als Zwischenschritt zu höheren Leistungen von bis zu 120 kW angesehen werden.

In den meisten Fällen wird nicht eine einzelne Ladesäule errichtet.

Meist werden zumindest 2 Ladeeinrichtungen gemeinsam errichtet.

- Für 44 kW Leistungsbedarf ist meist ein neues Niederspannungskabel ab der Trafostation technisch wirtschaftlich sinnvoll.
- Diese Anschlüsse stellen kein Problem in der Anschlussbeurteilung dar.

### **E. Ladeeinrichtungen mit Anschluss im Niederspannungsnetz, klassische Heimpladeeinrichtungen**

Analog zu den PV-Einspeiseanlagen ist der Netzanschluss **einzelner** Haushaltsladeeinrichtungen in der Regel kein Problem.

Beim Anschluss mehrere Ladeeinrichtungen an einen Niederspannungsstrang entstehen Belastungen im Stromnetz wie bei Elektro-Speicherheizungen:

- Dauerlastbetrieb über mehrere Stunden.
- Spitzenlastbetrieb unter 1 Stunde Dauer (ohne gleichzeitiger Steuerung)
- unsymmetrische Netzbelastungen durch 1-phasige Ladevorgänge müssen weitestgehend eingeschränkt werden. Wie auch schon im Zusammenhang mit der Einspeisung aus Photovoltaik dargestellt, gilt es auch im Zuge der Netzintegration der Elektromobilität, unzulässige Netzurückwirkungen und den übermäßigen Verbrauch von Netzreserven durch einphasige Belastungen zu vermeiden. Hersteller bieten hierzu mittlerweile 3-phasige Wechselrichter ab 3 kW an.

aus dem Forschungsbericht Österreichs Energie 2013:

Dabei wurde nach privaten und (halb-) öffentlichen Standorten unterschieden. Derzeit ist die Verfügbarkeit einer privaten Lademöglichkeit eine wichtige Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz eines E-Pkw. Außerhalb der Städte Wien, Graz, Linz, Salzburg und Innsbruck haben in der Regel mehr als siebzig Prozent der Haushalte Zugang zu einem privaten Abstellplatz und damit die Möglichkeit der Installation eines privaten Ladepunktes. Mittelfristig kann von einer jährlichen Nachfrage nach privaten Ladestationen („Wallboxes“) von rund 45.000 Stück ausgegangen werden. Nach der flächendeckenden Erstinstallation wird die Nachfrage langfristig wieder zurückgehen. Die Investition in eine private Ladestation ist Teil der Kaufentscheidung. Die

**TABELLE:**  
**NACHFRAGE NACH LADEPUNKTEN FÜR EINE ZUKÜNFTIGE FLÄCHENDECKENDE VERSORGUNG IN ÖSTERREICH**

Jahr	Private Ladepunkte		(Halb-)öffentliche Ladepunkte	
	von	bis	von	bis
2020	60.000	70.000	4000	15.000
2030	430.000	490.000	45.000	101.000

## **F. Minimale Kurzschlussleistung am Anschlussort**

Die minimale Kurzschlussleistung ist ein praktisches Kriterium für die Beurteilung für den Anschluss von Ladeeinrichtungen. Es wird empfohlen, im Rahmen der Beurteilung für Anschlussleistungen bis 11 kW eine minimale Kurzschlussleistung von 570 kVA bzw. für Anschlussleistungen größer 11 kW eine minimale Kurzschlussleistung von 750 kVA bzw. dem 33-fachen Wert der Anschlussleistung heranzuziehen (siehe auch „Netzurückwirkungen“).

## **G. Anschlussbeurteilung in der Praxis**

Für Haushaltsladeeinrichtungen werden 16 A als Dauerladestrom angesetzt. 1-phasiges Laden wird angenommen, wenn die Ladestation dies nicht explizit verhindert.

Eine Ansammlung 1-phasiger Ladeeinrichtungen in einem Ortsnetzbereich muss gesondert betrachtet werden, um eine gleichmäßige Verteilung auf alle Phasen zu gewährleisten.

## **H. Absicherung in Niederspannungsnetzen mit E-Ladeeinrichtungen**

### **H.1 Absicherung von Anschlusskabeln**

Es ist sicherzustellen, dass die Absicherung der Kabel im Hinblick auf Dauerlast erfolgt! Derzeit wird vielfach der Belastungsgrad 0,6 bis 0,7 herangezogen, wodurch höhere Absicherungen möglich sind. Die Absicherung gegen Überlast kann auch durch die nachgeschaltete Sicherung (Hausanschlusssicherung) erfolgen. Grundsätzlich sind die Kabel zukünftig im Hinblick auf den höheren Belastungsgrad zu dimensionieren.

### **H.2 Absicherung in Niederspannungsnetzsträngen**

Der derzeitige Überlastschutz im Niederspannungsnetz berücksichtigt meist den typischen EVU-Belastungsgrad 0,6 bis 0,7. Dies ermöglicht oft eine bessere Staffelung von NH-Sicherungen.

Mit einer flächendeckenden Durchdringung der E-Mobilität sind die Absicherungen ggf. zu überdenken und anzupassen.

Unter der Annahme, dass z.B. nur bei jedem zweiten Hausanschluss eine Ladestation installiert ist, wird i. A. keine Änderung der Absicherung der Verteilnetzkabel erforderlich werden.

### **I. Blindleistung**

Ladegleichrichter beziehen meist Blindleistung aus dem Netz, dieser Bezug kann abhängig vom Fahrzeugmodell mitunter sehr stark variieren. Im Sinne eines netzverträglichen Ladens ist ein möglichst konstanter Verschiebungsfaktor  $\cos \varphi$  über den gesamten Ladevorgang hinweg anzustreben.

Detailliertere Betrachtungen des Blindstrombezuges erscheinen dennoch derzeit nicht erforderlich.

Ein Aktives Blindleistungsmanagement  $Q(U)$  bei Ladeeinrichtungen gemäß dem Beispiel der PV-Wechselrichter wird derzeit nicht angedacht.

### **J. Wirkleistungsbegrenzung**

Es besteht technisch die Möglichkeit dass Ladeeinrichtungen nach Anforderung des Netzes die bezogene Wirkleistung begrenzen.

Diese Anforderung könnte technisch wie folgt erfolgen:

- durch Begrenzung des maximal zulässigen Ladestromes in der Ladestation
- durch Vorgabe einer minimal zulässigen Betriebsspannung
- durch ein Steuersignal mit dem der Ladestrom auf z.B. 70% reduziert wird.

Die Intelligenz des Lademanagements sitzt i.d.R. im Ladegleichrichter im Auto. Von der Ladestation kann über die Datenverbindung eine Begrenzung übertragen werden. Dies wird derzeit noch nicht genutzt.

## Teilbericht Netzurückwirkungen

Die aktuelle Situation bei der E-Mobilität in Bezug auf Netzurückwirkung ist dadurch gekennzeichnet, dass es keine verbindlichen Normen gibt. So gibt es bei den derzeit am Markt befindlichen Elektrofahrzeugen erhebliche Unterschiede bei den leitungsgebundenen Störaussendungen und Störfestigkeiten.

Anders als bei „normalen Geräteanschlüssen“ ist eine Beurteilung der Netzurückwirkungen an einer Ladesäule für ein bestimmtes E-Mobil problematisch, da an der gleichen Ladesäule auch andere E-Mobiltypen mit anderen Störaussendungen geladen werden können (mobile Verbraucher). Die Anschlussbeurteilung müsste daher mit den höchsten Störaussendungen aller am Markt befindlichen E-Mobil durchgeführt werden. Um die Ladeinfrastruktur auch bei hoher Durchdringung problemlos in die Netzinfrastruktur integrieren zu können, ist es notwendig, dass durch verbindliche Normen die leitungsgebundenen Störaussendungen begrenzt bzw. definiert werden.

Ziel muss es sein, wenn eine Ladestation mit einer bestimmten Ladeleistung im Netz zugelassen wurde, muss jedes Elektrofahrzeug geladen werden können, ohne unzulässige Netzurückwirkungen zu verursachen.

Bis zum Vorliegen verbindlicher E-Mobilitätsnormen ist es nicht möglich, entsprechende Beurteilungsregeln beziehungsweise Anforderungen an die notwendige Kurzschlussleistung am Anschlusspunkt anzugeben. Im Folgenden werden daher die Anforderungen der Netzbetreiber hinsichtlich Netzurückwirkungen und Sicherung der Power Quality beschrieben.

### K. Aktuelle Situation

Derzeit verursachen Elektrofahrzeuge Netzurückwirkungen welche andere Netzbenutzer beeinträchtigen können.

Häufig festgestellte Probleme sind:

- Einschaltströme (die zul. 4% an Prüfimpedanz wird überschritten)
- Oberschwingungen (Grenzwerte nach EN 61000-3-3 bzw. EN 61000-3-11 mit  $R_{sc}=33$  werden überschritten)
- Unsymmetrie (Ladeboxen ermöglichen 32 A / 7,4 kW Ladung einphasig)
- Höhere Frequenzen aktuelle Messungen zeigen, dass bei Ladevorgängen teilweise als hoch zu bezeichnende Netzurückwirkung im Bereich von 30 kHz bis 60 kHz auftreten.

Von IEC wurden im Jahr 2015 einige Normentwürfe ausgearbeitet. Darin wird hinsichtlich leitungsgebundener Störaussendungen auf die Normen IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11 und IEC 61000-3-12 verwiesen.

Festlegungen in IEC 61851-21 CDV:

Limitierung der Oberschwingungen

- Bis 16 A auf Grenzwerte nach IEC 61000-3-2 ✓
- >16 A -75 A auf Grenzwerte für Kurzschlussleistungsverhältnis von  $S_{kv}/S_a=33$  entsprechend IEC 61000-3-12 ✓

Spannungsänderung, Flicker.....

- Bis 16 A Prüfung nach IEC 61000-3-3
- >16 A -75 A Prüfung nach IEC 61000-3-11

Festlegungen IEC 61980-1 (wireless charging)

Limitierung der Oberschwingungen

- Bis 16 A auf Grenzwerte nach IEC 61000-3-2 ✓
- >16 A -75 A auf Grenzwerte für Kurzschlussleistungsverhältnis von  $S_{kv}/S_a=33$  entsprechend IEC 61000-3-12 ✓

Spannungsänderung, Flicker.....

- Bis 16 A Prüfung nach IEC 61000-3-3
- >16 A -75 A Prüfung nach IEC 61000-3-11

Für Ladeströme >16 A bis 75 A wurden die zulässigen Oberschwingungsemissionen auf jene für ein Kurzschlussleistungsverhältnis  $S_{kv}/S_a = 33$  und somit auf einen definierten Wert festgelegt. Ebenso ist durch den Verweis auf die IEC 61000-3-2 die zulässige Oberschwingungsstromemission für Ladeströme bis 16 A klar definiert.

Hingegen ist der Verweis auf die IEC 61000-3 problematisch zu sehen, da bei einer nicht erfolgreichen Prüfung an der Normimpedanz (Prüfung an 570 kVA) die Prüfung nach IEC 61000-3-11 möglich ist (Prüfung an 750 kVA). Auch der Verweis auf die IEC 61000-11 problematisch zu sehen, da bei einer nicht erfolgreichen Prüfung (Prüfung an 750 kVA) der Hersteller eine Mindestimpedanz angeben kann.

## **K.1 Anschlussprüfung**

Laut TOR D1 handelt es sich beim Anschluss einer Ladebox für Elektrofahrzeuge um ein netzrückwirkungsrelevantes Betriebsmittel (Betriebsmittel mit leistungselektronischen Komponenten). Somit ist eine Meldung des Anschlusses beim Netzbetreiber ab einer Leistung von 1,3 kVA (einphasig) bzw. 3,68 kVA (dreiphasig) notwendig.

Problematisch sind die Anschlüsse von Ladeboxen mit CEE-Stecker zu sehen, weil sie unkontrolliert an beliebigen Netzanschlusspunkten angeschlossen werden können (z.B. Hausanschlusssicherung 25 A -> 16 A Ladebox problemlos möglich; in Landwirtschaften auch 35 A)

Es wird empfohlen, bis zum Vorliegen gültiger Prüfnormen für E-Mobile bereits die unter L.1 angegebenen Prüfbedingungen bei der Anschlussbeurteilung heranzuziehen.

## L. Anforderungen hinsichtlich Netzurückwirkungen

Wenn eine Ladestation mit einer bestimmten Ladeleistung im Netz zugelassen wurde, muss Elektrofahrzeug ohne unzulässige Netzurückwirkungen geladen werden können. Hierfür müssen alle On-Board Ladeeinheiten und „wireless charging systems“ mit Netzstecker an einer definierten Prüfimpedanz geprüft werden. DC-Ladeeinrichtungen und kontaktlose Ladesysteme die ohne Steckvorrichtung fix installiert sind, können wie „normale“ Geräte geprüft und beurteilt werden.

Die folgenden Anforderungen sollten in die entsprechenden Normen für E-Mobilität aufgenommen werden.

### L.1 Prüfimpedanzen, Oberschwingungsstromemissionen

Alle On-Board Ladeeinheiten und „wireless charging systems“ mit Netzstecker müssen an den folgenden Prüfimpedanzen geprüft werden und die Oberschwingungsstromemissionen definiert werden.

Ladestrom	Prüfung
<=16 A	Prüfung an <b>570 kVA</b> entsprechend EN61000-3-2
	OS-Emission EN61000-3-3
>16 A bis 75 A	Prüfung entsprechend EN61000-3-11 an <b>750 kVA bzw. <math>S_a \cdot 33</math></b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 A (<math>S_n=14</math> kVA) 750 kVA</li> <li>• 25 A (<math>S_n=17</math> kVA) 750 kVA</li> <li>• 32 A (<math>S_n=22</math> kVA) 750 kVA</li> <li>• 64 A (<math>S_n=44</math> kVA) 1450 kVA</li> <li>• 75 A (<math>S_n=52</math> kVA) 1715 kVA</li> </ul>
	OS-Emission entsprechend EN61000-3-12 für Kurzschlussleistungsverhältnis von $S_{kv}/S_a=33$

Tabelle L-1 Übersicht Prüfungen

Fix installierte DC-Ladeeinrichtungen und kontaktlose Ladesysteme (ohne Stecker) sind entsprechend EN 61000-3-2, 3, 11, 12 zu prüfen, durch VNB entsprechend der



angegebenen Daten zu beurteilen und der Anschlusses mit der notwendigen Kurzschlussleistung herzustellen.

## L.2 Einphasige Ladung

Um den zulässigen Unsymmetriegrad einzuhalten und unter Einhaltung der Prüfbedingungen nach IEC 61000-3-2 (3,3% Spannungsänderung an Prüfimpedanz) ist eine **einphasige Ladung bis zu 16 A (3,68 kVA) zulässig**.

Derzeit sind 22 kVA Ladeeinheiten in der Lage auch mit 32 A (7,4 kVA) zu laden. **Eine Begrenzung der einphasigen Ladeströme ist vorzuschreiben.**

## M. Sicherung der Power Quality

Bei einer hohen Durchdringung der Verteilernetze mit Landeinfrastruktur und hohem Anteil an E-Mobilität ist die Sicherung der Power Quality ein zentrales Thema der Zukunft. Hierzu wird es notwendig sein entsprechende Studien durchzuführen und jedenfalls folgende Aspekte zu untersuchen.

Bei den Ladeeinrichtungen können hohe Gleichzeitigkeiten auftreten

- Worst-Case Planung
  - Netzausbau
  - Leistungsbegrenzung
- Ähnlich PV mit lokalen Regelkonzepten
  - Unterspannungsschutz
  - PQ-Relais
  - P(U)-Regelung
  - Fixer  $\cos\phi$ , Q-Regelung
- Ladesteuerung (hinsichtlich Einhaltung des unteren Spannungsgrenzwertes)
  - Bei Objekt mit mehreren Ladeeinrichtungen → sofortiger Einsatz von Ladesteuerungen
    - Vorgabe einer maximalen Bezugsleistung
  - Bei verteilten Ladeeinrichtungen
    - Vorerst lokale Regelung hin zu Ladesteuerung mit Kommunikation

Anforderungen müssen sowohl für Ladeeinrichtungen als auch für Ladeboxen (mit z.B. CEE Stecker) gelten.

Bei den geforderten Funktionalitäten ist abzuklären, ob sie On-Board, in der Ladeeinrichtung/-box oder dem Ladekabel zu integrieren sind.

Es sollten koordinierte Messungen durchgeführt werden, um die Entwicklung der Netzurückwirkungen laufend zu beobachten. Dabei ist auf die bisher noch wenig beachteten Phänomene zwischen 2 kHz und 150 kHz besonderes Augenmerk zu legen. Ebenso wäre als „Basisschutz“ der Power-Quality der Einsatz eines Unterspannungsschutzes (10-min Mittelwert  $<207\text{ V}$ ; Momentanwert  $<195\text{ V}$ ) bei Ladeeinrichtungen notwendig.

## **Ladeinfrastruktur und Normung**

Die Anforderungen an die Ladeinfrastruktur für E-Mobilität aus Sicht der elektrischen Netze ändern sich mit dem Fahrzeugtyp und der Nutzungsart bzw. der Positionierung der Ladeinfrastruktur. Für Fahrzeuge der Klassen G (PHEV – Full Hybrid), H (PHEV-Range Extender) und I (EV) können für die 3 Grundtypen von Ladeeinrichtungen nachfolgende Kriterien zusammengefasst werden.

### **N. Anforderungen an Ladeeinrichtungen nach ihrem Aufstellungsort**

#### **N.1 Ladeeinrichtungen im öffentlichen Bereich**

##### **N.1.1 Definition des öffentlichen Bereichs**

Als öffentlicher Raum werden Verkehrs- oder Grünflächen bezeichnet, die einer Gemeinde oder Körperschaft öffentlichen Rechts gehört und die für die Öffentlichkeit frei zugänglich sind und von der Gemeinde bewirtschaftet und unterhalten werden. Im Allgemeinen fallen hierunter öffentliche Verkehrsflächen für Fußgänger, Radfahrer und den Kraftfahrzeugverkehr sowie Parkanlagen und Parkplatzanlagen.

##### **N.1.2 Anforderungen**

Ladeeinrichtungen im öffentlichen Bereich werden durch E-Mobility Provider betrieben und einem größeren Kundenkreis zur Verfügung gestellt. Dazu müssen sich die Kunden in der Regel z.B. mittels RFID-Karte autorisieren. In Abhängigkeit von der Ladetechnologie wird zwischen der induktiven und der kabelgebundenen Ladung unterschieden. Letztere stellen mit Gleichstrom (DC)- und Wechselstrom (AC)-ladungen derzeit die Mehrheit der vorhandenen Ladeinfrastruktur im öffentlichen Bereich.

Öffentliche Ladestation sind in der Regel eigenständige Kundenanlagen, daraus folgend muss der Anschluss eine definierte Übergabestelle (eventuell mit eigener Trafostation und Hauptverteilung) und somit einen definierten Zählpunkt und einen entsprechenden Zähler mit Kommunikationseinrichtung besitzen. Der Vor- und Nachzählerbereich bis zur Nachzählersicherung ist nach den jeweiligen Anschlussbedingungen des Netzbetreibers auszuführen (HV-Schrank in Schutzklasse IP 54, Verschießsysteme des Netzbetreibers: Schließzylinder wie bei Schaltkästen oder Stationen).

Zur Erfüllung der Nullungsverordnung ist eine eigene Erdungsanlage vorzusehen.

Übersicht über die Mindestanforderungen:

- Autorisationsmöglichkeit
- Mindestkurzschlussleistung
- maximaler Spannungsabfall
- Eigene Erdungsanlage (Mindestanforderungen aus ÖVE/ÖNORM E 8001-1)
- Schutzart IP
- Messplatz nach Vorgabe des Netzbetreibers
- Kommunikation Zähler nach Vorgabe des Netzbetreibers
- Vorzählerbereich nach Vorgabe des Netzbetreibers

## **N.2 Ladeeinrichtungen im halböffentlichen Bereich**

### **N.2.1 Definition des halb-öffentlichen Bereichs**

Als halb-öffentlicher Raum werden private Verkehrs- oder Grünflächen bezeichnet, die der Öffentlichkeit frei zugänglich sind. Hierunter fallen Parkhäuser, Kaufhäuser, Gastronomiebetriebe, Tankstellen.

### **N.2.2 Anforderungen**

Ladeeinrichtungen im halböffentlichen Bereich können in der Kundenanlage oder als eigene Anlage ausgeführt werden. Letztere entsprechen den Mindestanforderungen für Ladeeinrichtungen im öffentlichen Bereich. In der Regel sind halböffentliche Ladeeinrichtungen als Wechselstrom-Ladeeinrichtungen ausgeführt und einem geschlossenen Kundekreis wie einer Hausgemeinschaft, Nutzergemeinschaft oder einem Betrieb zugeordnet. In diesen Fällen kann sich die Ladestation auch in der Hauptverteilung der Kundenanlage befinden. In diesem Fall ist ein eigener Zählerplatz auszuführen. Die Erdungsanlage der Kundenanlage kann durch die Ladestation mitbenutzt werden.

Übersicht über die Mindestanforderung:

- Autorisationsmöglichkeit
- Mindestkurzschlussleistung
- Erdungsanlage über Kundenanlage
- Schutzart IP
- Messplatz nach Vorgabe des Netzbetreibers in der Hausverteilung des Kunden
- Kommunikation Zähler nach Vorgabe des Netzbetreibers
- Vorzählerbereich nach Vorgabe des Netzbetreibers in der Hausverteilung des Kunden

## **N.3 Ladeeinrichtungen im privaten Bereich**

### **N.3.1 Anforderungen**

Die Ladestelle ist Teil der Kundenanlage. Der Vor- und Nachzählerbereich in der Kundenanlage sind nach den Anschlussbedingungen des entsprechenden Netzbetreibers auszuführen. Optional kann für die Ladestation ein eigener Zählplatz z.B. einen eigenen Tarif ausgeführt werden. In diesem Fall können Probleme mit ÖVE/ÖNORM EN 61439 entstehen. Kundenanlagen die dem Stand der Technik entsprechen müssen über eine Erdungsanlage verfügen, wodurch eine eigene Erdungsanlage für die Ladestation entfallen kann. Die Ladestation sollte jedenfalls einen eigenen Stromkreis besitzen. Die Prüfung der Eignung ist durch einen Elektriker zu überprüfen.

Zur Einhaltung der Mindestanforderungen bezüglich Netzurückwirkungen ist der Ladestrom entsprechend zu begrenzen. Dabei ist der Netzzugangsvertrag des Kunden ausschlaggebend. Einphasiges Laden ist ausschließlich bis 16 A möglich.

Übersicht über die Mindestanforderungen:

- Mindestkurzschlussleistung
- Erdungsanlage über Kundenanlage
- Schutzart IP (nur bei Außenaufstellung)
- Eventuell eigener Zähler im Verteiler des Kunden
- Jedenfalls eigener Endstromkreis
- Begrenzung Ladestrom einphasig auf maximal 16 A

### **O. Allgemeine Anforderungen**

Anlagen über 3,68 kVA sind über einen Drehstromanschluss anzuschließen.

Das Gehäuse für die Aufnahme des Vorzählerteils und der Messeinrichtung ist in Schutzart IP54 auszuführen.

Vor dem Zähler ist, wenn nicht durch die Ausführungsbestimmungen des VNB anders vorgegeben eine Trennmöglichkeit einzurichten. Diese ist wie der gesamte Vorzählerbereich plombierbar auszuführen.

Für die Vorzählerleitungen gelten die Bestimmungen der TAEV Teil II, 3. Installation bis zur Messeinrichtung.

Die Maße des Zählerplatzes sowie die Unterkante und Oberkante des Einbauortes über Erdreich ist den Ausführungsbestimmungen der VNB zu entnehmen. Werden keine Angaben gemacht, sind analoge Bestimmungen für Zählerverteiler anzuwenden.

Betriebsmittel im integrierten Stromkreisverteiler sind auf Kurzschlussströme von mindestens 6 kA auszulegen. (Hinweis: Analog VDE-AR-N 4102)

Zugangsöffnungen zu Verrechnungsmesseinrichtungen und Trenneinrichtungen im Vorzählerbereich müssen ein Schließsysteme des Netzbetreibers aufweisen: Schließzylinder wie bei Schaltkästen oder Stationen. Auf die Zugänglichkeit der Messeinrichtung durch den Kunden ist Rücksicht zu nehmen.

Vorbereitungen für Kommunikationseinrichtungen und -wege (Smart Meter Kommunikation) sind gemäß den Ausführungsbestimmungen der Netzbetreiber vorzubereiten.

#### **P. Literaturhinweis**

- VDE-AR-N 4102:2012-04 "Anschlusschränke im Freien am Niederspannungsnetz der allgemeinen Versorgungseinrichtungen"
- Technische und Organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR)
- ÖVE / ÖNORM E 8001-4-722: Errichtung von elektrischen Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V - Teil 4-722: Stromversorgung für Elektrofahrzeuge
- ÖVE/ÖNORM EN 61439-1: Niederspannungs-Schaltgerätekombination Teil 1: Allgemeine Festlegungen
- IEC TS 61439-7: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 7: Assemblies for specific applications such as marinas, camping sites, market squares, electric vehicles charging stations
- ÖVE/ÖNORM EN 61851 Reihe, Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge
- ÖVE/ÖNORM EN 61851-3 Reihe, Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge Teil 3: Light EV