

# **DIE LADESTATION ALS KNOTEN IM SMART GRID – VERGLEICH AKTUELLER KOMMUNIKATIONSSTANDARDS**



# **DIE LADESTATION ALS KNOTEN IM SMART GRID – VERGLEICH AKTUELLER KOMMUNIKATIONSSTANDARDS**

**Autor: Enrico Nauck**

# INHALTSVERZEICHNIS

Executive Summary	4
<b>Elektrofahrzeuge – Vernetzen statt nur ans Netz anschließen</b>	<b>5</b>
Elektromobilität kommt ins Rollen – zumindest geplant	5
Elektromobilität und erneuerbare Energien	6
<b>Kommunikationstechnik für ein ganzheitliches Ladekonzept</b>	<b>7</b>
<b>Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation</b>	<b>9</b>
IEC 61851-1: Sicheres und bedarfsgerechtes Laden	9
Chademo – Schnellladen mit eigenem System	11
ISO/IEC 15118 – umfangreiche Datenübertragung und Integration	12
<b>Kommunikation zwischen Ladestation und dem Smart Grid Backend System</b>	<b>15</b>
Open Charge Point Protocol (OCPP) – Offen, lizenzfrei, etabliert	15
IEC TR 61850-90-8 – Übergreifendes Netzmanagement	16
<b>Ladeinfrastruktur in der Praxis – Lösungsansatz des Fraunhofer ESK</b>	<b>19</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>20</b>

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle1: Ladebetriebsarten des sicherheitsrelevanten Kommunikationsstandards IEC 61851-1	11
Tabelle2: Übersicht über die charakterisierenden Merkmale der verschiedenen Standards für die Kommunikationsstrecke Ladestation – Fahrzeug.	15
Tabelle3: Übersicht über die wichtigsten Standards für die Kommunikationsschnittstelle zwischen Ladestation und Smart Grid.	20

# EXECUTIVE SUMMARY

Das Laden von E-Autos muss mehr sein als nur das Einstecken eines Steckers in die Steckdose: komfortabel und günstig für den Fahrzeugnutzer, steuerbar und effizient für den Energieversorger, insbesondere um gerade auch beim verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien die Stabilität der elektrischen Energieversorgung zu gewährleisten. Dies ist nur mit einer intelligenten, also kommunikativ in das Energienetz eingebundenen, Ladeinfrastruktur möglich.

Damit sich die Elektromobilität durchsetzen kann, müssen E-Autos, Fahrzeugnutzer, Energielieferanten, Netzbetreiber und teilweise weitere Parteien wie Abrechnungsdienstleister miteinander interagieren können. Ladestationen sollen hersteller- und ortsunabhängig nutzbar sein, von unterwegs reserviert werden können und den Ladevorgang automatisch nach den Voreinstellungen des Fahrzeughalters durchführen. Energieversorger brauchen in Echtzeit Informationen über den kurz- und mittelfristigen lokalen Energiebedarf und müssen den Ladevorgang bei Bedarf steuern können, um das Stromnetz zu entlasten. Neben grundlegenden Sicherheitsaspekten spielen bei der Technologieauswahl daher vor allem die Interoperabilität, die Möglichkeit zum umfangreichen, sicheren Datenaustausch vor während und nach dem Laden und die hinsichtlich Kosten und Handhabung effiziente Einbindung in das Gesamtsystem eine wichtige Rolle. Das kann nur eine einheitliche Ladeinfrastruktur mit international standardisierter Kommunikationstechnik leisten. Wissenschaftler des Fraunhofer ESK haben die in Frage kommenden Standards unter die Lupe genommen und die wichtigsten Eigenschaften für eine zukunftsfähige Ladeinfrastruktur im Whitepaper zusammengefasst.

Das Fraunhofer ESK hat auf Basis dieser gründlichen Technologieevaluierung mit dem ISO/IEC 15118, der die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation regelt, und dem IEC TR 61850-90-8 zwischen Ladestation und Smart Grid, eine intelligente Ladeinfrastruktur entworfen, die sich nahtlos in das Smart Grid einfügen lässt und im Whitepaper vorgestellt wird.

# ELEKTROFAHRZEUGE – VERNETZEN STATT NUR ANS NETZ ANSCHLIESSEN

## 1.1 Elektromobilität kommt ins Rollen – zumindest geplant

Der im August 2009 durch die Bundesregierung vorgestellte nationale Entwicklungsplan Elektromobilität [1] hat für das Jahr 2020 im Verkehrsraum Deutschland 1 Millionen Elektrofahrzeuge zum Ziel. Diverse Marktentwicklungs-Szenarien, wie eine im September 2013 durch die Nationale Plattform Elektromobilität NPE, einem Beratungsgremium der Bundesregierung, veröffentlichte Untersuchung, halten diese Zahlen nicht mehr für realistisch. Um sie zu erreichen müssten heute im Jahr 2014 bereits ca. 100.000 Elektrofahrzeuge unterwegs sein. Am 1. Januar 2014 waren tatsächlich aber erst 12.156 E-Autos zugelassen.

*Dennoch:* Auch wenn die tatsächlichen Zahlen hinter den Erwartungen zurückliegen, wird die Zahl an Elektrofahrzeugen zweifellos weiter steigen. Politik und Forschung sind sich dieser Tatsache bewusst und haben bereits früh Studien zu technischen Herausforderungen an die Ladeinfrastruktur und zu deren Auswirkungen auf die Energieversorgung durchgeführt.

Als eines der ersten Arbeitsergebnisse veröffentlichte die 2010 gegründete NPE beispielsweise die Aussage, dass es durch die Zunahme der Elektromobilität bedingt zu einer Mehrbelastung in den elektrischen Netzen kommen kann. Insbesondere, wenn Ladeprozesse wie derzeit üblich hauptsächlich zu Hause und mit Hilfe einfacher und kostengünstiger Ladeinfrastruktur - sprich über die Haushaltssteckdose – stattfinden.

Auch eine 2011 veröffentlichte Studie zur Smart Grids Modellregion Salzburg belegte die Mehrbelastung konkreter Netzabschnitte durch die Elektromobilität [2]: Angenommen wurde dafür, dass sich die noch relativ teuren Elektrofahrzeuge hauptsächlich zunächst entsprechend betuchte Bewohner in den sogenannten „Speckgürteln“ großer Städte leisten werden und dass ein Großteil dieser Fahrzeughalter im selben Zeitabschnitt nach Hause kommen und das Fahrzeug an der Steckdose laden wird. Je nach vorhandener Ladeinfrastruktur beträgt die maximal erzielbare Ladeleistung dabei zwischen 3,7 kW an Steckdosen und 43,5 kW an Schnellladestationen. Dies entspricht einem elektrischen Anschlussstrom von 16 bis 63 A. Bei einzelnen Wohngebäuden beträgt der Netzanschluss 50 A, bei Mehrfamilienhäusern mit 10 Wohneinheiten insgesamt 80 A. Ungesteuert können also bereits wenige gleichzeitig ladende Elektrofahrzeuge einzelne Netzanschlüsse oder Netzabschnitte überlasten.

Um dies zu verhindern müssen bereits jetzt aktive Steuerungskonzepte für das Laden der Elektrofahrzeuge erarbeitet und für die Planungen künftiger intelligenter Stromnetze berücksichtigt werden. Auch vor dem Hintergrund, dass der nötige Netzausbau inklusive der Steuerung zukünftiger smarter Anwendungen für die Netzbetreiber ein langfristiges und kostenintensives Unterfangen darstellt.

## 1.2. Elektromobilität und erneuerbare Energien

Neben der Elektromobilität will die Politik den Anteil an erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung erhöhen. Wetterabhängige Energiequellen, wie Windkraft- und Photovoltaikanlagen, speisen die Energie jedoch volatil in die Nieder- und Mittelspannungsnetze ein. Wenn zu Zeiten niedriger Energieverfügbarkeit viele Elektrofahrzeuge gleichzeitig und ungesteuert laden wollen, erhöht sich die Gefahr von Überlasten im Stromnetz zusätzlich. Da diese Erzeugungsanlagen viel Platz benötigen, sind sie überwiegend in ländlich geprägten und ohnehin strukturschwachen Regionen mit geringem Netzausbau zu finden, was die Situation noch verschärft.

Eine an die Energieerzeugung angepasste Steuerung der Ladeinfrastruktur ist daher essentiell, um die Belastung des Stromnetzes zu minimieren. Dazu sollten die Ladeprozesse im Idealfall durch den Netzbetreiber koordiniert werden, der über seine Leitstelle Energie-Verbrauch und -Einspeisung aufeinander abstimmen kann. Da Privatfahrzeuge durchschnittlich fast 23 Stunden am Tag stehen, sollte in der Regel eine flexible, auf die Energieerzeugung abgestimmte Ladung kein Problem darstellen. Dies muss natürlich unter Berücksichtigung des Mobilitätswunsches des Fahrzeugnutzers stattfinden. Der könnte beispielsweise über günstige Tarife zu Zeiten hoher Energieverfügbarkeit ebenfalls von der flexibel gesteuerten Ladung seines Fahrzeugs profitieren.

# KOMMUNIKATIONSTECHNIK FÜR EIN GANZHEITLICHES LADEKONZEPT

Die Ansprüche an eine moderne, zunehmend auf erneuerbaren Energien beruhende Energieversorgung lauten gemäß § 1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG): Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Zusätzlich sind Betreiber von Energieversorgungsnetzen im Sinne der Versorgungssicherheit laut § 11 EnWG verpflichtet, Stromnetze so zu betreiben, dass sie sicher, zuverlässig und leistungsfähig sind. Hierzu ist es Netzbetreibern nach § 14a EnWG gestattet, unterbrechbare Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen zum Zweck der Netzentlastung in der Niederspannungsebene zu steuern. Konkret bedeutet das, dass die zeitliche Verschiebung einer Stromentnahme zur Entlastung des Netzes durch den Netzbetreiber erfolgen darf.

Auch Ladestationen für Elektromobile gelten laut diesem Paragraphen als unterbrechbare Verbraucher. Dementsprechend darf der Ladevorgang zur Netzentlastung vom Netzbetreiber absichtlich zeitlich verschoben werden, solange dies – laut Gesetz – für die Letztverbraucher und Lieferanten zumutbar ist. Um dies bei einem flächendeckenden Ausbau der Ladeinfrastruktur gezielt zu tun, muss jede Ladestation an ein Kommunikationsnetz angeschlossen und fernsteuerbar sein. Hierbei ist es eine besondere Herausforderung, die Interessen und Pflichten der Netzbetreiber mit dem Wunsch nach individueller Mobilität der Fahrzeugnutzer in Einklang zu bringen.

Um den Ladeprozess zu steuern muss der Netzbetreiber nicht nur wissen, dass an einer bestimmten Ladestation ein Fahrzeug verbunden ist, wo sich diese Ladestation im Verteilnetz befindet und wie viele weitere Ladestationen innerhalb des Netzabschnittes vorhanden sind. Zusätzlich muss er wissen, wie groß die benötigte Leistung für den Ladeprozess ist, wie der Ladezustand des Fahrzeuges ist und wann und mit welcher Kilometerleistung das Fahrzeug das nächste Mal benötigt wird. Nicht zuletzt braucht er die Information, ob der Nutzer seine Einwilligung gegeben hat, den Ladevorgang zu unterbrechen.

***Dieser umfangreiche Informationsaustausch erfordert den Einsatz intelligenter Ladestationen.***

Intelligent steht hierbei für die kommunikative Einbindung der Ladestation in ein Gesamtsystem. Je nach Anwendungsszenario müssen dafür Elektrofahrzeug, Fahrzeugnutzer, Energielieferant, Netzbetreiber und teilweise weitere Parteien wie Abrechnungsdienstleister über eine Ladestation interagieren können [2].

Erst die Kommunikation zwischen allen Beteiligten führt zu einer erfolgreichen Integration von Elektrofahrzeugen ins Gesamtsystem und der Ladevorgang lässt sich automatisieren. Auf diese Weise lassen sich zudem viele Mehrwertdienste wie variable Tarifstrukturen für den Ladestrom umsetzen, die den Komfort für den Fahrzeugnutzer deutlich erhöhen: Unabhängig von

Wohnort, Ladestationsbetreiber und Energielieferant kann er sein Fahrzeug an jeder verfügbaren Ladestation laden. Er muss es lediglich mit der Ladestation verbinden und die von ihm gewünschten Einstellungen festlegen. Dies kann z.B. das Schnellladen sein, oder – je nachdem, zu welchem Zeitpunkt und für welche Fahrtstrecke er das Auto wieder benötigt – die Einstellung nur zu Zeiten hoher Energieverfügbarkeit und damit niedriger Strompreise zu laden. Der Ladeprozess inklusive der Authentifizierung des Nutzers mit allen Hintergrundinformationen zur Abrechnung mit dem eigenen Energieanbieter startet dann automatisch.

Um das zu ermöglichen bedarf es zunächst einer einheitlichen Steckverbindung. Hier hat sich in Europa der sogenannte Typ 2-Stecker bereits weitestgehend durchgesetzt [3]. Die Schnittstelle wird durch den Standard IEC 62196-2 definiert und der Typ 2-Stecker ist ein dreiphasiger Stecker, der in der Norm VDE-AR-E 2623-2-2 spezifiziert ist.

Auch die Kommunikationsinfrastruktur zwischen Fahrzeug, Ladestation und Netzbetreiber muss für ein beherrschbares und effizientes Ladekonzept einheitlich sein. Dazu müssen folgende Schnittstellen eingebunden werden:

- Schnittstelle Fahrzeug – Ladestation
- Schnittstelle Ladestation – Smart Grid Backend-System

Die Ladestation bildet dabei den zentralen Knoten der Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Netzbetreiber. Im Folgenden werden Lösungsansätze für diese Kommunikationsstrecken in Hinblick auf ein ganzheitliches Konzept erläutert und diskutiert.



# KOMMUNIKATION ZWISCHEN FAHRZEUG UND LADESTATION

Der Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Ladestation kann nach verschiedenen Kommunikationsstandards erfolgen. Im Einsatz sind hier einige proprietäre Lösungen, Entwicklungen von Wirtschaftskonsortien sowie internationale, von unabhängigen Gremien erarbeitete Standards. Wichtige Kriterien an eine geeignete Kommunikationsinfrastruktur sind dabei

- der umfangreiche, bidirektionale Informationsaustausch zwischen diesen Instanzen, losgelöst vom eigentlichen Ladeprozess vor, während und nach dem Laden,
- die Interoperabilität von Ladestationen, die herstellerunabhängig in die übrige Infrastruktur der Netzbetreiber eingebunden werden.

So können Elektrofahrzeuge unabhängig von der verwendeten Ladeinfrastruktur überall laden. Die proprietären Lösungen können insbesondere die Anforderungen an eine übergreifend nutzbare Ladeinfrastruktur nicht erfüllen und werden daher nachfolgend nicht betrachtet. Im Folgenden werden die Standards vorgestellt, deren zukünftiger Einsatz im Sinne einer einheitlichen Ladeinfrastruktur nach aktuellem Stand am Wahrscheinlichsten ist.

## 3.1. IEC 61851-1: Sicheres und bedarfsgerechtes Laden

Der Standard IEC 61851-1 [4] der International Electrotechnical Commission IEC beschreibt grundlegende Überwachungsfunktionen für das sichere und bedarfsgerechte Laden von Elektrofahrzeugen. Er wird wegen seiner Sicherheitsrelevanz weltweit von nahezu allen derzeit erhältlichen E-Fahrzeugen unterstützt. Im Standard sind vier verschiedene Lademodi beschrieben, die sich im verwendeten Stromanschluss, der maximalen Ladeleistung und den verwendeten Kommunikationsmöglichkeiten unterscheiden (vgl. Tabelle 1).

	Anschluss	Max. Ladeleistung	Kommunikationsmöglichkeiten
<b>Modus 1</b>	Schuko-Steckdosen	16 A dreiphasig	Nicht vorgesehen; Ladegerät im Fahrzeug eingebaut
<b>Modus 2</b>	Schuko-Steckdose	32 A dreiphasig	Steuer- und Schutzfunktion im Kabel oder wandseitigen Stecker, Ladegerät im Fahrzeug eingebaut
<b>Modus 3</b>	Ladestation mit spezieller AC-Ladesteckvorrichtung	63 A dreiphasig	Kommunikationseinrichtung, FI-Schalter, Überstromschutz, Abschattung, spezifische Ladesteckdose
<b>Modus 4</b>	Ladestation mit spezieller DC-Ladesteckvorrichtung	Schnellladen mit Gleichstrom	Ladegerät in der Ladestation, Steuerung und Überwachung des Ladevorgangs durch Ladestation

*Tabelle 1: Ladebetriebsarten des sicherheitsrelevanten Kommunikationsstandards IEC 61851-1 [4]*

Die Kommunikation dient im Standard vorrangig zur Umsetzung des mehrstufigen Sicherheitskonzeptes. Dazu gehören ein Wegfahrschutz bei gestecktem Ladekabel und in den Lademodi 2 und 3 ein elektrischer Schutz, der das Anlegen einer Ladespannung bei nicht vollständig eingestecktem Stecker ausschließt. Beide Funktionen werden mit zwei zueinander redundanten Stromkreisen realisiert, die den korrekten Anschluss des Ladesteckers an Fahrzeug und Ladestation prüfen. In den Lademodi 2 und 3 ist zudem ein Komponentenschutz vorgesehen, der dem Fahrzeug Informationen z.B. zur verfügbaren Ladeleistung der Ladestation übermittelt oder für welchen Maximalstrom das Ladekabel ausgelegt ist.

Realisiert wird die Kommunikation mittels der sogenannten Pulsweitenmodulation (PWM) über den Control Pilot des Ladekabels. Sie sieht lediglich die Signalisierung zweier unabhängiger Variablen vor:

- Fahrzeugstatus bezüglich der Ankopplung an die Ladestation und
- maximaler Ladestrom (PWM-Tastverhältnis).

Eine Erweiterbarkeit der Kommunikation über andere Standards ist vorgesehen und über Pulsweitenmodulation- bzw. PWM-Tastgrad spezifiziert. Bei der Pulsweitenmodulation wird der Wechsel zwischen zwei Werten als Möglichkeit der Modulation genutzt. Dies kann im einfachsten Fall ein EIN/AUS-Signal sein, mit welchem sich ein Rechtecksignal modulieren lässt.

Über den Tastgrad, also dem Auslesen einer periodischen Folge von Pulsen (EIN) zum Verhältnis einer definierten Periodendauer lassen sich auch Informationen übertragen. Ein bekanntes Beispiel ist die Übertragung von Morsezeichen.

### **Bedeutung für zukünftige Ladeinfrastrukturen**

*Die Kommunikationsmöglichkeiten des IEC 61851-1 sind für eine ganzheitliche Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz alleine nicht ausreichend. Wegen seiner Relevanz für die Betriebssicherheit ist er jedoch von großer Bedeutung, was sich in seiner bereits jetzt großen Verbreitung spiegelt. Dass er auch in Zukunft für das gesteuerte Laden eine wichtige Rolle spielen wird, sichert seine Aufwärtskompatibilität zu weiterführenden Standards. Über diese kann seine Kommunikation erweitert werden.*

## 3.2. Chademo – Schnellladen mit eigenem System

Initial wurde der CHAdeMO-Standard (Charge de Move) [5] von den japanischen Unternehmen TEPCO, Nissan, Mitsubishi und Fuji Heavy Industries (Subaru) entwickelt. Toyota kam später als fünftes Mitglied hinzu. Er basiert auf dem Fahrzeugdiagnose-Standard CAN (ISO 11898) und ist mittlerweile auch in den ISO-Normen ISO/IEC 61851-23 [6], ISO/IEC 61851-24 [7] als Standard für das Gleichstromladen berücksichtigt worden. Der Standard dient insbesondere dem Schnellladen von Fahrzeugen ohne Ladeeinheit mit Gleichstrom innerhalb von 15-30 Minuten auf 80%. Dafür nutzt er einen eigenen Ladestecker von TEPCO.

Mit rund 4200 CHAdeMO Schnellladestationen findet der Standard weltweit Anwendung, wobei sich die Hälfte dieser Stationen in Japan befindet. In Europa konzentriert sich die Verteilung v. a. auf die Britischen Inseln sowie die Benelux-Staaten, aber auch im deutschsprachigen Raum existieren einige Ladestationen. Unterstützt wird er beispielsweise von den E-Fahrzeugmodellen Nissan LEAF, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iON und Citroen C-ZERO.

Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladestation soll bei diesem Standard vor allem Schäden an der Fahrzeugbatterie durch die hohen bis sehr hohen Ladeleistungen von bis zu 62 kW (max. 125 A, max. 500 V) vermeiden. Die Datenübertragung zwischen Fahrzeug und Ladestation erfolgt dabei CAN-basiert über Signal-/Kommunikationspins parallel zu den zwei für die Gleichstromübertragung erforderlichen Leistungspins. Übertragen werden u. a. der Ladestand des Akkus, der momentane Wert der Spannung, der maximal zulässige Ladestrom und die Temperatur des Akkus. Die Steuerung des Ladevorgangs selbst wird durch das Batteriemanagementsystem des Elektrofahrzeuges vorgenommen. Die für das Fahrzeug erforderlichen Einstellungen (Ladestromstärke, ...) werden durch die Ladestation selbst angepasst.

### **Bedeutung für zukünftige Ladeinfrastrukturen**

*Der CHAdeMO-Standard unterstützt auch Anwendungen wie einen vom Energiepreis abhängigen Ladevorgang und damit teilweise das Ziel der Integration der Elektrofahrzeuge ins Smart Grid. Allerdings ist der übertragbare Informationsumfang dafür beschränkt.*

*Für seinen zukünftigen Einsatz entscheidender ist jedoch die fehlende Kompatibilität des Standards mit anderen Ladesteckern als dem TEPCO-Ladestecker. Insbesondere der wichtige Punkt der Interoperabilität kann damit nicht erreicht werden. Da sich in Europa zudem der Typ2-Ladestecker bereits weitestgehend durchgesetzt hat, ist die flächendeckende Verbreitung des CHAdeMO eher unwahrscheinlich.*

*Hinzu kommt, dass Gleichstromladestationen relativ kostenintensiv sind und daher ebenfalls nur vereinzelt errichtet und in Betrieb genommen werden. Eine ausreichend große Ladeinfrastruktur kann mit Schnellladestationen alleine nicht realisiert werden. Für den CHAdeMO spricht jedoch, dass er bereits relativ weit verbreitet ist und von einigen beliebten E-Fahrzeugmodellen unterstützt wird. Es ist daher denkbar, dass künftige Schnellladestationen mit zwei verschiedenen Systemen ausgestattet werden, so dass auch die E-Fahrzeugmodelle, die den CHAdeMO unterstützen, entsprechend geladen werden könnten.*

### **3.3. ISO/IEC 15118 – umfangreiche Datenübertragung und Integration**

Der ISO/IEC 15118 ist der jüngste der in Frage kommenden Kommunikationsstandards für die Schnittstelle zwischen Elektrofahrzeug und Ladestation. Der achteilige Standard beschreibt umfassend verschiedene Ladeoptionen vom „normalen“ AC-Laden, über zeitversetztes Laden bis hin zum Schnellladen und der Möglichkeit kabellos zu laden. Der erste Teil [8] des internationalen Standards mit grundlegenden Begriffsdefinitionen, Anforderungen sowie Anwendungsszenarien wurde erst im Jahr 2013 veröffentlicht. In Teil 2 [9] sind die Protokollspezifikationen der Netzwerk- und Anwendungsschicht definiert, in Teil 3 [10] die Anforderungen auf die Bitübertragungs- und Sicherungsschicht. Die Teile 2 und 3 wurden erst 2014 veröffentlicht. Alle weiteren Teile befinden sich derzeit noch in einem öffentlich nicht verfügbaren Entwurfsstadium. In ihnen geht es um die Erstellung von Konformitätstests zur Überprüfbarkeit korrekter Implementierungen von ISO/IEC 15118-2 und -3 (Teile 4 und 5) sowie um die Gestaltung kabelloser Ladevorgänge wie dem induktiven Laden (Teile 6 bis 8).

Für die Betriebssicherheit greift der Standard weitestgehend auf den älteren IEC 61851-1 zurück, verfügt aber auch selbst über weitere Möglichkeiten zur Absicherung des Ladevorgangs. Dank dieser Abwärtskompatibilität ist gesichert, dass auch Elektrofahrzeuge der ersten Generation an Ladestationen mit dem ISO/IEC 15118 laden können. Entsprechend ist der Standard mit den Ladesteckern Typ 2 (IEC 62196-2) und Typ 3 (IEC 62196-3) kompatibel.

Die Kommunikation dient beim ISO/IEC 15118 nicht nur der Betriebssicherheit und dem Austausch von systemrelevanten Informationen wie Steuer- und Schaltbefehlen. Vielmehr lassen sich mit dem Standard umfangreiche Daten zwischen Fahrzeug und Ladestation vor, während und nach dem Laden austauschen: Neben Ladestand der Fahrzeugbatterie, maximal zulässiger Werte für Spannung und Strom, können z. B. Informationen für eine automatische Fahrzeug-Identifikation, zu den Ladestrompreisen, der geplanten Dauer des Ladevorgangs oder

Details zur Abrechnung übertragen werden. Die im Standard vorgeschriebene TLS-Verschlüsselung erlaubt dabei eine sichere Datenübertragung.

Realisiert wird die Kommunikation über den Control Pilot des Ladekabels. Als Übertragungstechnologie kommt hier koexistent zum PWM-Signal des IEC 61851-1 eine Powerline Verbindung nach dem energiesparenden HomePlug Green PHY Standard zum Einsatz [11].

### **Bedeutung für zukünftige Ladeinfrastrukturen**

*Die Standardreihe ISO/IEC 15118 erlaubt eine umfassende Interaktion zwischen Netzbetreiber, Fahrer und Fahrzeug zur Gestaltung des Ladevorgangs und erfüllt die eingangs erwähnten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Integration der Elektrofahrzeuge ins Gesamtsystem. Hersteller und Betreiber von Stromtankstellen und Automobilhersteller können ihren Kunden dadurch einen erhöhten Komfort und eine Vielzahl von zusätzlichen Dienstleistungen wie ein vom Energiepreis abhängiges Laden bieten. Durch diese Anpassung von Nachfrage und Angebot und der Möglichkeit, bei drohender Überlast das Laden der Elektrofahrzeuge von Seiten der Netzbetreiber zu steuern, kann das Stromnetz entlastet werden.*

*Die umfangreichen Kommunikations- und Steuermöglichkeiten, die Erstellung durch ein unabhängiges, internationales Standardisierungsgremium und die Kompatibilität zum älteren, weltweit bereits im Einsatz befindlichen IEC 61851-1 und zu dem in Europa genutzten Steckersystem machen den ISO/IEC 15118 zu einem idealen Kandidaten für die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladestation in einer einheitlichen Ladeinfrastruktur. Dass er verschiedene Lademodi unterstützt und auch das kabellose Laden mit ihm umsetzbar sein soll, erleichtert den Aufbau einer ausreichend großen Ladeinfrastruktur auch bei einer zunehmenden Zahl an Elektrofahrzeugen.*

*Da auch der europäische Automobilherstellerverband ACEA und die Union der Elektrizitätswirtschaft, EURELECTRIC, den ISO/IEC 15118 als Standard für die Elektromobilität empfehlen [3], [11] konzentrieren sich mittlerweile verschiedene nationale Gremien und F&E-Projekte unter Beteiligung von Automobilherstellern auf den Einsatz dieses Standards. Obwohl der Standard noch sehr jung ist und bisher weder von bereits erhältlichen E-Fahrzeugmodellen noch im Betrieb befindlichen Ladestationen unterstützt wird, ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich dieser Kommunikationsstandard für die Schnittstelle Fahrzeug-Ladestation in Europa durchsetzen wird, relativ hoch.*

Name des Standards	IEC 61851-1	CHAdeMO ISO/IEC 61851-23 ISO/IEC 61851-24	ISO/IEC 15118
Gremium/Verbund	ISO/IEC	Industriekonsortium: TEPCO, Nissan, Mitsubishi, Fuji Heavy Industries, Toyota Später: ISO/IEC (Entwurfsstadium)	ISO/IEC
Lademodi	AC bis 3,7 kW bei alleiniger Kommu- nikation über IEC 61851. Höhere Ladeleistungen und DC-Laden (Schnell- laden) bei erweiterter Kommunikation über andere Standards möglich	DC (Schnellladen) bis 62,5 kW	AC, DC (Schnellladen) bis 63 kW
Steckersystem (Deutschland)	IEC 62196 Typ 2 Ladestecker sowie Combo2 Stecker für das Schnellladen	Eigenes Steckerlayout, inkompatibel zu anderen Steckern	IEC 62196 Typ 2 Ladestecker sowie Combo2 Stecker für das Schnellladen
Sicherheits- und Steuerungs-aspekte	Einfache Über- wachungsfunktion prüft Kabelanschluss, aktiviert Wegfahrsperre, etc	Teils Übermittlung sicherheitsrelevanter Informationen wie aktueller Ladestand, maximal zulässige Stromstärke, etc.	Basierend auf IEC 61851- 1 mit zusätzlichen Funktionen; TLS-Datenverschlüsselung
Informations- umfang	Gering	Gering bis Mittel	Hoch
Übertragungs- verfahren	Pulsweiten-modulation (PWM)	CAN	Powerline (HomePlug Green PHY)
Kompatibilitäts- protokoll	Aufwärtskompatibel zu ISO/IEC 15118	Nicht kompatibel zu ISO/ IEC 15118	Abwärtskompatibel zu IEC 61851-1; Kompatibilität zwischen unterschiedlichen Teilen des ISO/IEC 15118
Verbreitung	Weltweit, von nahezu allen E-Fahrzeugen unterstützt, da sicherheitsrelevant für das Laden.	V.a. asiatischer Raum, u.a. durch folgende Modelle unterstützt: Nissan LEAF, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot iON, Citroen C-ZERO	Europa, derzeit noch keine unterstützenden Fahrzeugmodelle auf dem Markt, Einsatz aber u.a. vom Automobilhersteller- verband ACEA empfohlen [3]

*Tabelle 2: Übersicht der cha-  
rakterisierenden Merkmale der  
verschiedenen Standards für die  
Kommunikationsstrecke Lade-  
station – Fahrzeug.*

# KOMMUNIKATION ZWISCHEN LADESTATION UND DEM SMART GRID BACKEND SYSTEM

Bei vielen Elektromobilitätsanwendungen beschränkt sich die Kommunikation zwischen Ladestation und Smart Grid Backend-System im Wesentlichen auf die Authentifizierung des Nutzers an der Ladestation sowie deren Freigabe für den Ladeprozess. Eine netzabhängige Steuerung des Ladevorgangs ist bisher nicht realisiert. Diese ist für eine nahtlose Integration der Ladeinfrastruktur ins Smart Grid aber notwendig. Netzbetreiber müssen bereits jetzt und in Zukunft verstärkt mit vielen unterschiedlichen Erzeugern, wie Biogas- oder Solaranlagen, und privaten sowie industriellen Verbrauchern im Niederspannungsnetz kommunizieren und diese steuern. Die Steuerung von Ladestationen ist gemäß §14a EnWG nur ein Anwendungsfall. Bisher ist diese Kommunikation überwiegend mit proprietären Protokollen gelöst. Für den Netzbetreiber ist es jedoch ökonomisch wie auch hinsichtlich der Handhabung sinnvoll, möglichst auf bereits etablierte Kommunikationslösungen zurückzugreifen und die Zahl an verschiedenen Kommunikationslösungen für die unterschiedlichen Anwendungsfälle auf ein Minimum zu reduzieren. [12]. Das ist beispielsweise auch Ziel des Forums Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN), das steuerbare Lasten und Erzeuger im Rahmen des Messsystems 2020 über nur eine Schaltbox ansteuern will [13]. Nach aktuellem Stand kommen deshalb für die Schnittstelle zwischen Ladestation und Smart Grid Backend-System insbesondere zwei Kommunikationsprotokolle in Betracht: Das Open Charge Point Protocol (OCPP) und der IEC TR 61850-90-8.

## 4.1. Open Charge Point Protocol (OCPP) – Offen, lizenzfrei, etabliert

Das Open Charge Point Protocol (OCPP) [14] wurde durch die Open Charge Alliance entwickelt, einem globalen Konsortium aus öffentlichen und privaten Unternehmen. OCPP wird europaweit vorwiegend zur Authentifizierung/Autorisierung von Elektromobilen in öffentlichen Ladestationen eingesetzt.

Die Kommunikation dient beim OCPP dazu, Ladevorgänge zu überwachen und zu verwalten und die Benutzer- und Abrechnungsdaten für den Ladestrom an den Vertragspartner zu übermitteln. Übertragen werden in erster Linie Zählerdaten sowie weitere energie- und transaktionsrelevante Daten. Über das zentrale Managementsystem können Ladestationen auf Wunsch des Elektrofahrzeugführers reserviert werden. Weiterhin bietet das Protokoll die Möglichkeit, Firmware-Updates zu übertragen sowie Aktionen zur Ferndiagnose oder -wartung (Neustart, Ver- und Entriegeln eines Ladekabels, etc.) durchzuführen. Auch dynamische Abrechnungstarife können übertragen und die Ladeleistung je nach Netzsituation angepasst werden. Insgesamt werden 25 verschiedene Operationen unterstützt: 10 ausgehend von der Ladestation, 15 ausgehend von einem Leitstand. OCPP ist ein herstellerneutrales, lizenzfreies Protokoll, das auf dem Simple Object Access Protocol (SOAP) basiert und zur Datenübertragung HTTP nutzt.

## **Bedeutung für Zukünftige Ladeinfrastrukturen**

*Das OCPP-Protokoll ist in Europa bereits etabliert und in zahlreichen Ladestationen integriert. Da es zudem lizenzfrei erhältlich ist, ist es ein kostengünstiger Kandidat für die Schnittstelle zwischen Ladestation und Smart Grid. Das offene Protokoll bietet zudem einige Möglichkeiten der Anpassung an individuelle Bedürfnisse des Netzbetreibers.*

*Als deutlicher Nachteil erweist sich beim OCPP jedoch die Tatsache, dass sich das Protokoll auf diese eine Schnittstelle beschränkt und das Management der Ladestationen über OCPP vom restlichen Netzmanagement unabhängig erfolgt. Ein übergreifendes Steuerungssystem für weitere intelligente Geräte im Netz ist damit nicht realisierbar, sodass Netzbetreiber beim Einsatz des OCPP zusätzliche Protokolle für andere Anwendungsfälle benötigen.*

## **4.2. IEC TR 61850-90-8 – Übergreifendes Netzmanagement**

Der IEC TR 61850-90-8 [15] ist ein Technical Report basierend auf dem weltweit in der Mittel- und Hochspannungsebene der Energieversorgung angewendeten Kommunikationsprotokoll IEC 61850. Als Technical Report hat diese Standarderweiterung noch keinerlei normativen Charakter.

Die zugrunde liegende Norm IEC 61850 [16] ist weltweit in der Energie-/Fernwirktechnik etabliert, um Stationen zu automatisieren. Er hebt sich durch seine Objektorientierung ab, mit der es möglich ist beispielsweise Transformatoren als logisches Knotenmodell abzubilden.

Mit Erweiterungen des IEC 61850 wird derzeit der aktuellen Entwicklung hin zu intelligenten Geräten in der Niederspannungsebene begegnet. So ist er beispielsweise bereits um die Kommunikation für die Überwachung und Steuerung von Windkraftwerken (IEC 61400-25), Wasserkraftwerken (IEC 61850-7-410) und um Kommunikationssysteme für die dezentrale Energieerzeugung (IEC 61850-7-420) erweitert worden. Für die Einbindung der Ladeinfrastruktur ins Smart Grid werden derzeit im IEC TR 61850-90-8 die hierzu erforderlichen Objektmodelle erarbeitet. Dies ermöglicht die Abbildung und Einbindung von Ladestationen als gleichartige Objekte in das Gesamtmodell des Stromversorgungsnetzes. Zur Identifizierung einzelner Objekte wird im IEC 61850 ein hierarchischer Name im Klartext verwendet, so dass ein System selbstdokumentierend ist.



Um die bestehenden Objektmodelle für die Elektromobilität zu erweitern, werden im Technical Report IEC 61850-90-8 mehrere neue logische Knoten definiert. Diese beschreiben die Informationen für das Steuern und Überwachen der Ladestation, den Ladeanschluss und das verbundene Elektrofahrzeug. Auch wird in dem Technical Report eine Erweiterung der Klasse ZCAB für die Ladekabel in der Elektromobilität definiert. Für bestehende Klassen, wie beispielsweise die Klasse MMTR für Stromzähler, kann, dem im IEC 61850 tief verankerten Ansatz der Wiederverwendbarkeit folgend, einfach zurückgegriffen werden.

### **Bedeutung für zukünftige Ladestrukturen**

*Noch befindet sich die Standarderweiterung IEC TR 61850-90-8 im Entwurf und findet praktisch noch keine Anwendung. Ihr Potential ist enorm: Zum Einen ermöglicht die Abbildung der Ladestation als logisches Knotenmodell das Auslesen und Steuern der Leistungsaufnahme des Fahrzeugs aus der Ferne. So lässt sich eine einfache und flexible Einbindung der Ladeinfrastruktur in das Smart Grid realisieren.*

*Zum Anderen bieten die Erweiterungen des IEC 61850 die Möglichkeit, nicht nur Ladestationen, sondern alle intelligenten Geräte im Netz mit nur einem Standard anzusprechen und das Energiemanagement so deutlich zu vereinfachen. Zwar ist der Standard an sich sehr umfangreich, aber es existieren gut ausgebaute Bibliotheken, auf denen aufgebaut werden kann und die die Einstiegshürde sowohl aus technischer wie finanzieller Sicht senken. Zudem ist zu erwarten, dass mit dem bereits zunehmenden Einsatz des Standards im Nieder- und Mittelspannungsnetz der Markt weiter wächst und die Kosten für seinen Einsatz sinken werden.*

*Damit können neue Anwendungen wie die Elektromobilität ganzheitlich in das elektrische Energieversorgungsnetz sowie in die Informations- und Kommunikationsinfrastruktur des Netzbetreibers integriert werden. Das macht den IEC TR 61850-90-8 zum idealen Standard für die Kommunikation zwischen Ladeinfrastruktur und vorgelagerten IT-System/Backend.*

<b>Name des Standards</b>	<b>IEC TR 61850-90-8 (Entwurf)</b>	<b>OCPP Open Charge Point Protocol</b>
<b>Beschreibung</b>	IEC 61850 Objektmodelle für Elektromobilität	Standard zur Vereinheitlichung der Backend-Anbindung von Ladestationen
<b>Gremium, Verbund</b>	Unabhängiges, internationales Standardisierungsgremium (IEC)	Globales Konsortium aus öffentlichen und privaten Unternehmen
<b>Funktionsumfang</b>	Übertragung von Steuergrößen für die Fahrzeugladung, Standard eignet sich auch zur Steuerung und Überwachung der Ladestation vor Ort	Begrenzt auf 25 verschiedene Operationen: 10 ausgehend von der Ladestation, 15 ausgehend von einem Leitstand.
<b>Technik</b>	IP-basierte (TLS-verschlüsselte) Datenübertragung, Nachrichtenübertragung auf Manufacturing Message Specification (MMS) basierend	SOAP-basiert, http
<b>Ganzheitliche Integration in Leitsystem des Netzbetreibers möglich</b>	Ja, auch andere Anwendungen (z.B. Blockheizkraftwerke) lassen sich unter der Nutzung der IEC 61850 steuern und überwachen.	Nein
<b>Verbreitung</b>	IEC 61850: weltweit verbreitet im Bereich der Energieversorgung (Anbindung Leittechnik, Stationsautomatisierung) IEC 61850-90-8: noch im Entwurfsstadium	Europa  Relativ stark verbreitet in aktuellen Ladestationen

*Tabelle 3: Übersicht über die wichtigsten Standards für die Kommunikationsschnittstelle zwischen Ladestation und Smart Grid.*

# LADEINFRASTRUKTUR IN DER PRAXIS – LÖSUNGSANSATZ DES FRAUNHOFER ESK

Die Integration der Ladeinfrastruktur von Elektrofahrzeugen in die Verteilnetze der Energieversorger ist ein wichtiger Bestandteil der Weiterentwicklung der heutigen Energieversorgung hin zu einem Smart Grid mit der Möglichkeit, Stromerzeugung, -transport, -verteilung und -verbrauch auch im Niederspannungsnetz zu steuern. [17] Netzbetreiber, Energielieferanten und Fahrzeugnutzer profitieren hierbei gleichermaßen. Voraussetzung ist die möglichst nahtlose Einbindung aller Beteiligten in eine einheitliche, das elektrische Netz unterstützende Kommunikationsinfrastruktur.

Essentielle Basis hierbei ist eine durchgehende Kommunikation zwischen Fahrzeug, Ladestation und der Leitstelle des Netzbetreibers. Im Rahmen des vom FP7-Programm der Europäischen Kommission geförderten Projekts Smart Vehicle-to-Grid Interface [18] haben die Wissenschaftler des Fraunhofer ESK die Kommunikationsschnittstellen Fahrzeug, Ladestation und Backend-System spezifiziert und in einer Demonstration implementiert. Nach einer gründlichen Technologie-Evaluierung haben sie für den umfangreichen Informationsaustausch zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug den ISO/IEC 15118 und für die Kommunikation zwischen Ladestation und dem Smart Grid Backend-System eine erste Version des IEC TR 61850-90-8 ausgewählt. Die Wissenschaftler haben die Anforderungen an die Kommunikationsschnittstellen spezifiziert, beide Kommunikationsstandards implementiert und die Praxistauglichkeit der entstandenen intelligenten Ladeinfrastruktur Mitte 2014 bewiesen. Mittlerweile haben die ESK-Ingenieure eine eigene, industrietaugliche Implementation entwickelt, die in Ladestationen eingesetzt werden kann. Die durchgehende Kommunikation gewährleistet eine verbesserte Versorgungssicherheit und ermöglicht gleichzeitig einen Blick auf zukünftige Szenarien wie das zeitversetzte Laden, die Abrechnung des Ladevorgangs nach individueller und/oder dynamischer Tarifvorgabe sowie die automatische Authentifizierung des Nutzers an der Ladestation.

# LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung: **Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung : August 2009**. URL [http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler\\_entwicklungsplan\\_elektromobilitaet.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf) – Überprüfungsdatum 2014-12-04
- [2] Adegbite, Dayo; Bacher, Hans Jürgen; Faschang, Mario; Glatz, Marion; Kupzog, Friederich; Nauck, Enrico ; Prügler, Wolfgang: **Smart Grids Modellregion Salzburg - Erstellung eines Umsetzungsplans zur Vehicle-to-Grid Interfaceentwicklung: SGMS-V2G-Interfaces: Smart Grids Modellregion Salzburg - Erstellung eines Umsetzungsplans zur Vehicle-to-Grid Interfaceentwicklung: SGMS-V2G-Interfaces**. Salzburg : 7/2011. URL [http://www.smartgridssalzburg.at/fileadmin/user\\_upload/downloads/Endbericht\\_V2G-Interfaces.pdf](http://www.smartgridssalzburg.at/fileadmin/user_upload/downloads/Endbericht_V2G-Interfaces.pdf) – Überprüfungsdatum 2014-10-06
- [3] European Automobile Manufacturer's Association: **ACEA position and recommendations for the standardization of the charging of electrically chargeable vehicles**. URL [http://www.acea.be/uploads/publications/charging\\_20110511.pdf](http://www.acea.be/uploads/publications/charging_20110511.pdf) – Überprüfungsdatum 2014-12-04
- [4] Norm EN 61851-1:2011. Januar 2012. **Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen - Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge - Teil 1: Allgemeine Anforderungen**
- [5] CHAdEMO Allianz: **CHAdEMO : Projektseite**. URL <http://www.chademo.com/> – Überprüfungsdatum 2014-07-10
- [6] Norm IEC 61851-23:2014. 2014-11. **Electric vehicle conductive charging system - Part 23: DC electric vehicle charging station**
- [7] Norm IEC 61851-24:2014. **Electric vehicle conductive charging system - Part 24: Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of d.c. charging**
- [8] Norm ISO 15118-1:2013. 2013-04. **Road vehicles — Vehicle to grid communication interface -Part 1: General information and use-case definition**
- [9] Norm ISO 15118-2-2:2014. 2014-04. **Road vehicles — Vehicle-to-Grid Communication Interface - Part 2: Network and application protocol requirements**
- [10] Norm-Entwurf 15118-3. 2012-11. **Road vehicles — Vehicle to grid Communication Interface —Part 3: Physical and data link layer requirements**
- [11] DKE: **Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur**. URL [http://www.dke.de/de/std/e-mobility/Documents/Technischer\\_Leitfaden\\_Ladeinfrastruktur.pdf](http://www.dke.de/de/std/e-mobility/Documents/Technischer_Leitfaden_Ladeinfrastruktur.pdf) – Überprüfungsdatum 2014-12-04
- [12] Nauck, Enrico ; Niestegge, Gerd: **Welche Kommunikation erfordert ein Smart Grid?** (4. Energie & Technik Smart Home & Metering Summit). München, 21.+22. Okt. 2014
- [13] VDE: **Zähl- und Messwesen : FNN\_Projekt „Messsystem 2020“**. URL <http://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/messwesen/seiten/ms2020.aspx> – Überprüfungsdatum 2014-12-04
- [14] Open Charge Alliance: **Open Charge Alliance Webauftritt**. URL <http://www.openchargealliance.org/> – Überprüfungsdatum 2014-12-04
- [15] Technical Report (Draft) IEC 61850-90-8. 25.05.2012. **Communications Systems for Distributed Energy Resources – Part 90-8: object model for electric mobility**
- [16] Winter, Martin: **Standardisierte Anbindung von Anlagen nach IEC 61850**. In: 17. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik, S. 32-39
- [17] Spähn, Michael, Nauck, Enrico: **Ganzheitliche Integration der Elektromobilität in das Stromnetz der Zukunft** (Kongress „Smart Cities - Intelligente Lösungen für das Leben in der Zukunft“). Frankfurt am Main, 20.+21.10.2014. URL <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-315882.html>
- [18] Sapienza Universität Rom: **SMARTV2G Projekt-Homepage**. URL <http://www.smartv2g.eu/> – Überprüfungsdatum 2014-12-04

# Impressum und Kontakt

## Die Ladestation als Knoten im Smart Grid - Vergleich aktueller Kommunikationsstandards

### Herausgeber und Kontakt

Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik ESK  
Hansastr. 32  
80686 München

Telefon: 089 547088-0  
Fax: 089 547088-220  
info@esk.fraunhofer.de  
www.esk.fraunhofer.de

### Autor:

Enrico Nauck  
Tel.: 089 547088-322  
enrico.nauck@esk.fraunhofer.de

### Redaktion:

Christiane Weber  
Tel.: 089 547088-339  
christiane.weber@esk.fraunhofer.de

Susanne Baumer  
Tel.: 089 547088-353  
susanne.baumer@esk.fraunhofer.de

Bitte rufen Sie uns an, wenn Sie Fragen haben, weitere Informationen oder ein konkretes Angebot wünschen.