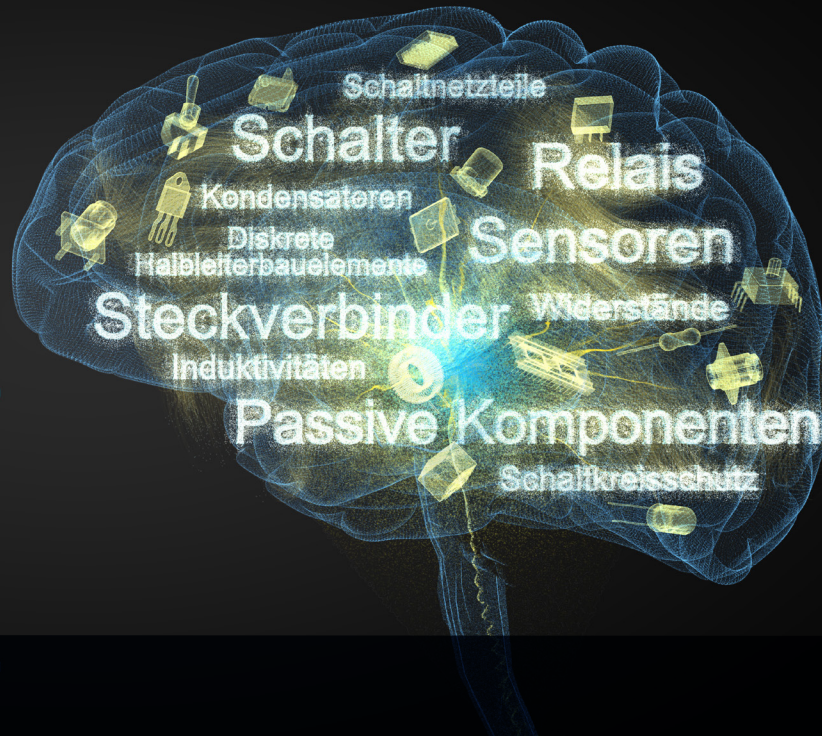




Whitepaper

Transport



Laden von Elektrofahrzeugen

Autor: Dermot Byrne, Director Industry Marketing – Transportation, TTI Europe

Zusammenfassung

Elektrofahrzeugbatterien müssen entweder über einen integrierten AC-DC-Wandler oder mit Hochspannungs-Gleichstrom an öffentlichen Ladestationen geladen werden. Die Ladegeschwindigkeit und die Energieeffizienz des Prozesses sind die Hauptanliegen, welche die Hersteller von Ladesystemen dazu bewegen, die neuesten Technologien der Energieumwandlung mit den besten Komponenten einzusetzen. Dieses White-Paper untersucht einige der damit verbundenen Probleme und ihre Lösungen, die heute zur Verfügung stehen.



Kurzbeschreibung

Die Elektrifizierung von Fahrzeugen ist in ganz Europa in vollem Gange. Als Verbraucher sind wir uns vermutlich der verschiedenen Kampagnen und Initiativen bewusst, die Regierungen und andere nationale staatliche Behörden fördern, um unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen im Transportwesen zu verringern. Dies gilt nicht nur für unsere Pkw, sondern für eine Vielzahl von Fahrzeugen auf unseren Straßen, darunter Nutzfahrzeuge wie Transporter und Lkw, öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Reisebusse sowie viele Spezialfahrzeuge, die in der Landwirtschaft und im Bauwesen eingesetzt werden.

Von grundlegender Bedeutung für die Konstruktion eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs ist die Bereitstellung eines Verfahrens zum Laden der Fahrzeugbatterien. Dies lässt sich auf zwei Arten erreichen: EVs sind mit einem bordeigenen (On-Board-)Ladegerät ausgestattet, das einen Wechselstrom-Netzanschluss benötigt, der zum Laden der Akkus in Gleichstrom umgewandelt wird. Diese AC-Quelle ist eine dedizierte EV-Ladestation oder eine normale AC-Steckdose, die sich im Haus des Eigentümers oder am Arbeitsplatz befindet. Der andere Ansatz ist die Verwendung einer Schnellladestation, die einen hohen Gleichstrom liefern kann, um die Batterien direkt im Fahrzeug aufzuladen. Dank des Combined Charging System (CCS)/CharIN, einer heute bei den meisten Elektrofahrzeugen üblichen Stecker- und Buchsenanordnung, sind beide Ladeverfahren möglich.

In diesem Whitepaper untersuchen wir die Architektur von Ladegeräten für Elektrofahrzeuge, die Art der beteiligten Funktionen und einige der vielen elektronischen Komponenten (MOSFETS, Passive, Gleichrichter, Magnetik), die beim Entwurf von On- und Off-Board-Ladesystemen verwendet werden. Die Verbindungstechnik ist ein wesentlicher Bestandteil der Bereitstellung einer AC- oder DC-Versorgung, so dass exemplarische Steckverbinder auch von führenden Herstellern wie Amphenol, ITT Cannon und TE Connectivity vorgestellt werden. Diese Informationsschrift befasst sich mit der Initiative Combined Charging System & CharIN und unterstreicht den Trend zur Hochstrom-Gleichstromladung sowie besonders die sich abzeichnende Entwicklungstendenz zu einer noch höheren Stromkapazität durch flüssiggekühlte Kabel. Im letzten Teil des Beitrags liegt der Schwerpunkt auf Hochstrom-Ladestationen, dem Design eines DC-Schnellladegeräts (TDK) und den anderen Steckverbinder-Normen, die zunehmend verwendet werden, darunter der CHAdeMO-Standard von Herstellern wie JAE.

Boom bei Elektroautos

Mit der zunehmenden Einführung von Elektrofahrzeugen beschleunigt sich der Rückzug von fossilen Kraftstoffen für das Transportwesen. Die meisten Menschen kennen die hochkarätigen Hersteller, die sich, wie Tesla, auf EVs spezialisiert haben, jedoch nehmen die traditionellen Fahrzeuganbieter ebenfalls am Spiel teil. So plant Volkswagen, bis 2025 rund 50 verschiedene batterieelektrische Modelle für seine 12 Automarken zu produzieren. Sogar hochmotorisierte "Muscle Cars" verwandeln sich in EV-SUVs bei einem Ford Mustang – sie sollen, wie alle Elektrofahrzeuge, bald auf den Markt kommen. Wie viele weitere könnten Sie noch nennen? Abbildung 1 zeigt den Umfang dessen, was bis 2020 geplant ist.

Bis 2020 lieferbare Modelle nach Ausführung und Reichweite

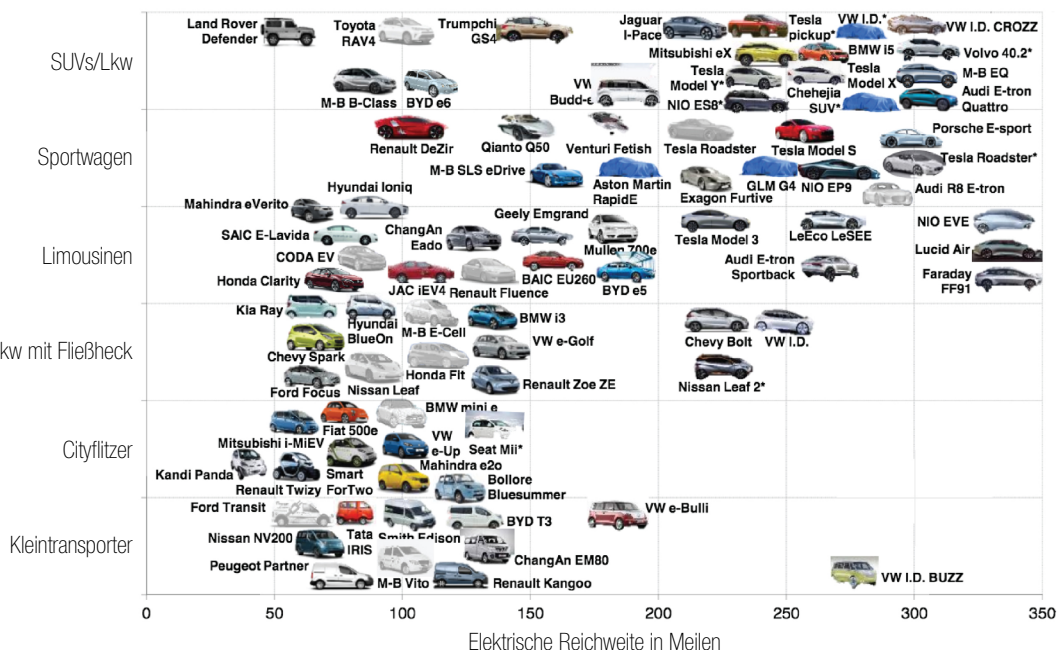


Abbildung 1. Bis 2020 erhältliche Elektroautomodelle nach Ausführung und Reichweite – Quelle Bloomberg
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-04-25/electric-car-boom-seen-triggering-peak-oil-demand-in-2030s>

Das sind nur Pkw; Lieferwagen, Busse, Lastwagen, Landwirtschafts- und Baufahrzeuge werden zunehmend ebenso batteriebetrieben, ganz zu schweigen von Schienenfahrzeugen sowie sogar von Flugzeugen von Unternehmen wie dem Start-up Wright Electric mit 180 Sitzplätzen, die für 2027 für europäische Kurzstreckenflüge geplant sind.

Bei Fahrzeugen gibt es natürlich verschiedene Elektrifizierungsgrade von Voll- über Mild- bis Mikrohybrid mit unterschiedlichen Architekturen für Batterieladung und Antrieb. Normalerweise besteht die Möglichkeit, die Antriebsbatterien an einer privaten oder am Arbeitsplatz befindlichen Wechselstromquelle über ein bordeigenes Ladegerät oder direkt mit Hochspannungs-Hochleistungs-Gleichstrom von Straßen- oder Tankstellensäulen aufzuladen. Obwohl sie schneller und effizienter sind, ist es unwahrscheinlich, dass die hohen Infrastrukturkosten für das Laden von Hochspannungs- und Leistungsgleichstrom die bordeigene AC-Eingangsladung für den durchschnittlichen Benutzer ersetzen werden, so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit auf absehbare Zeit beide Ansätze vorhanden sein werden. Die AC-Ladung kann jedoch noch relativ schnell erfolgen – bei 3-phasigen Installationen, sofern vorhanden, kann sie bei industriellen 400-V/32-A-Standardanschlüssen bis zu rund 22 kW betragen. Einphasenversorgungen im Haushalt sind auf etwa 3 kW für Standard 230-V-/13-A-Steckdosen oder 7,5 kW für 32 A begrenzt. Da die EV-Batterien zwischen 10 kWh und 40 kWh (Tesla bis zu 100 kWh) groß sind, kann das Laden über diese AC-Quellen bis zu 10 Stunden und bei 30-kWh-Batterien bis zu 40 Minuten dauern. Als Richtwert gilt, dass 30 kWh einer Reichweite von etwa 100 Meilen/160 km entsprechen.

Die Hochspannungs-Gleichstromladung kann wesentlich schneller erfolgen, mit Steckdosen mit 120 kW Nennleistung, die etwas mehr als 15 Minuten Ladezeit für 30-kWh-Batterien brauchen – wobei Ineffizienzen bereits berücksichtigt sind –, schneller als eine Kaffeepause an einer Tankstelle. Tabelle 1 gibt einen Überblick.

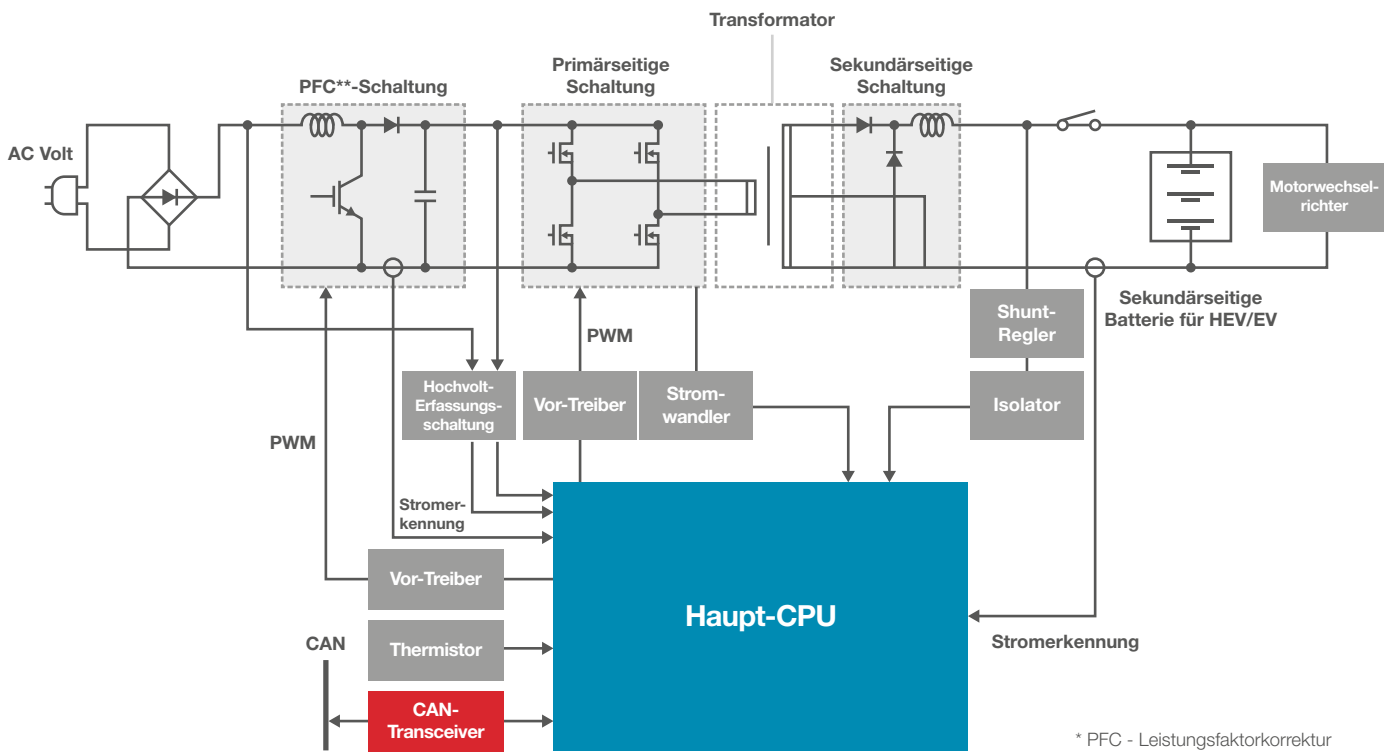
Tabelle 1. Ungefähre Ladezeit von EVs durch verschiedene Quellen (Quelle - Spirit Energy)

Versorgungsart/Ladegerät-Einstufung		AC/DC	Nennleistung kW	Ladezeit 10kW	Ladezeit 30kW
Standard-13-A-Buchse	Langsam	AC	3.0	3h 20m	10 hours
Einphasig 16 A	Langsam	AC	3.7	2h 40m	8 hours
Einphasig 32 A	Schnell	AC	7.4	1h 20m	4 hours
3-phasig 16 A/Phase	Schnell	AC	11	55 min	2h 45m
3-phasig 32 A/Phase	Schnell	AC	22	27 min	1h 22m
3-phasig 60 A/Phase	Rapide	AC	43	14 min	42 min
DC	Rapide	DC	50	12 min	36 min
DC	Rapide	DC	120	5 min	15 min

Bordeigene Ladegeräte mit AC-Eingang

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, sie zu implementieren¹, aber das Blockschaltbild eines Einphasen-Ladegeräts der ersten Generation mit Wechselstromeingang könnte wie Abbildung 2 aussehen, ein relativ konventionelles Schaltnetzteil mit Leistungsfaktorkorrektur (PFC) – die vergrößerte Version eines Desktop-PC-Netzteils. Das Prinzip besteht darin, dass Wechselstrom auf Hochspannungs-Gleichstrom gleichgerichtet, bei hoher Frequenz "zerhackt", und dann durch einen Transformator geleitet wird. Dessen Ausgang wird skaliert und auf Hochspannungs-Gleichstrom für die Batterie, normalerweise 400 V, gleichgerichtet. Wie bei den Lithium-Ionen-Batterien in Ihrem Mobiltelefon müssen die angelegte Spannung und der zulässige Strom sorgfältig geregelt werden, um Überlastungen zu vermeiden und die Lebensdauer der Batterie zu maximieren. Die Leistungsfaktorkorrekturstufe ist notwendig, um die gesetzlichen Vorschriften zu erfüllen, denen zufolge der Netzstrom sinusförmig aufgenommen werden muss, was sonst nicht der Fall wäre. Versionen mit Dreiphasen-Wechselstrom-Eingang gibt es für einige Fahrzeuge, die kompatibel sind, wie z.B. die Tesla-Varianten; deren Versorgung erfolgt wahrscheinlich am Arbeitsplatz und nicht an einem privaten Standort, der nur einen einfachen Zugang zu einphasiger Stromversorgung hat.

Abbildung 2. Blockschaltbild eines bordeigenen AC-DC-Ladegeräts (Quelle TT)



* PFC - Leistungsfaktorkorrektur

In der Praxis haben sich moderne On-Board-Ladegeräte weiterentwickelt, um die Effizienz zu verbessern und die Möglichkeit eines bidirektionalen Leistungsflusses zu ermöglichen. Es gibt wirtschaftliche Vorteile für die Benutzer, die es den Versorgungsunternehmen ermöglichen, die Energie aus der Autobatterie über das integrierte Ladegerät "in umgekehrter Richtung" zurückzugewinnen. Dies ermöglicht eine gewisse Speicherung der Netz-Energie, auf welche die Versorgungsunternehmen zurückgreifen können, zum Beispiel nachts, wenn das Auto verbunden und die Batterie voll ist. Da unregelmäßige alternative Energiequellen wie Sonne und Wind einen größeren Teil des Mischkonzepts ausmachen, entsteht auf diese Weise ein wertvoller Netz-"Puffer", der von den Energieversorgern bezahlt wird.

In einem bidirektionalen Wandler verschmelzen der Gleichrichter und die PFC-Stufe normalerweise zu einer "Totempfad-PFC"-Anordnung mit Hochspannungs-MOSFETs, womöglich aus der Automotive-qualifizierten Vishay-Familie. MOSFETs werden auch für die Hauptumwandlungsstufe und zum Ersetzen der Ausgangsdioden in Abbildung 2 verwendet, um Synchrongleichrichter zu bilden, die ebenfalls für den bidirektionalen Leistungsfluss erforderlich sind. Auch dafür bietet Vishay Teile an, die Verwendung finden können.

Wie die Halbleiter, brauchen auch die passive Bauelemente in der Schaltung eine Automotive-Qualifizierung nach AEC-Q; sie reichen von Widerständen über Kondensatoren, Sicherungen, Magnetik bis hin zu diskreten Komponenten. Die Automobilumgebung ist mit EMI-Problemen behaftet, so dass ein umfassender Schutz vor Spannungs- und Stromtransienten erforderlich ist. Littelfuse ist spezialisiert auf Schutzkomponenten in Automobilanwendungen mit einer Reihe von Bausteinen für den Überstrom-, Überspannungs- und ESD-Schutz. Kondensatoren und alle Arten von passiven Komponenten sind bei Vishay und AVX mit AEC-Q-Qualifikation erhältlich, und Nichicon, ein Unternehmen, das für sein Angebot an Elektrolytkondensatoren bekannt ist, kann ebenfalls geeignete Ausführungen anbieten. Magnetische Teile wie Transformatoren und Induktivitäten werden oft individuell für die Anwendung hergestellt, jedoch sind Standardteile bei Vishay und Unternehmen wie Pulse und Standex-Meder erhältlich. Planartypen werden häufig wegen ihrer Leistungsdichte und des einfach umsetzbaren Kühlkörpers bevorzugt – ein besonderes Problem in der Automobilindustrie, wo die Elektronik oft versiegelt oder sogar zum Schutz der Umwelt vergossen wird.

Größe und Gewicht des On-Board-Ladegeräts sind wichtige Themen – es ist verschwenderisch, Batterieenergie zu verbrauchen, um schwere Elektronik zu bewegen, und der Kabinenraum wird immer maximiert, so dass neue Halbleitertechnologie in Form von "Wide-Bandgap-Bausteinen" eingeführt wird, die aus Siliziumkarbid-(SiC-) oder sogar Galliumnitrid-(GaN-)Materialien hergestellt werden. Diese Bausteine können viel schneller schalten als ältere Silizium-(Si)-Typen und gleichzeitig die Verluste gering halten. Hochfrequenzschaltungen ermöglichen dann kleinere passive Komponenten, insbesondere in der Magnetik. Kleinere Abmessungen und weniger Verluste führen direkt zu Materialeinsparungen in Form von kleineren Kühlkörpern und Komponentenkosten bei gleichzeitig geringerem Platzbedarf im Fahrzeug. SiC-Bausteine sind beispielsweise als Dioden von TT Electronics sowie als Schalter erhältlich. TT Electronics ist auch eine Quelle für AEC-Q-qualifizierte Magnetik.

DC-Ladestationen verwenden ähnliche Umwandlungstechniken



Abbildung 3. Hochspannungs-DC-Ladestation
(Quelle ABB)

Hochspannungs-Gleichstromladestationen verwenden eine ähnliche Technologie zur Umwandlung von Netzstrom in die Antriebsbatteriespannung, jedoch bei wesentlich höheren Leistungsstufen, Abbildung 3. Der Wechselstromeingang wird immer 3-phasig sein, aber Bidirektionalität ist keine Voraussetzung, da Ladesäulen am Straßenrand immer nur benötigt werden, um das Fahrzeug mit Strom zu versorgen. Die Effizienz des Ladevorgangs ist auch hier wichtig für die Energieeinsparung, aber nicht so sehr wie bei On-Board-Ladegeräten. Die Ladestation kann daher relativ niederfrequente Schaltungen für geringe Verluste verwenden, wobei IGBTs als Schalter und nicht als MOSFETs verwendet werden.

Verbindungen sind der Schlüssel zum Erfolg

Bei so vielen EV-Herstellern auf der ganzen Welt mit vielfältigen ein- oder dreiphasigen AC- und DC-Ladeoptionen mit unterschiedlichen Leistungsmöglichkeiten waren die Verbindungen zwischen Ladequelle und Fahrzeug ein Problem. Im Jahr 2011 wurde ein "Kombiniertes Ladesystem" oder CCS für ein einzelnes Steckverbindermuster vorgeschlagen, das weltweit eingesetzt werden kann und nun unter der internationalen Norm IEC 62196 (in Deutschland DIN EN 62196), für eine Reihe der Steckertypen und Lademodi für Elektrofahrzeuge formalisiert ist. Ein Zusammenschluss von Automobilherstellern, Zulieferern und Interessenten gründete auch die "Charging Interface Initiative" oder CharIN² zur Förderung von CCS. Die ersten CCS-konformen Ladestationen wurden mit 50 kW ausgelegt, die jedoch 2015 auf 150 kW erhöht wurden, mit Plänen für 350 kW und vielleicht in Zukunft noch höher. Zu den Merkmalen von CCS gehört die Kommunikation über eine dedizierte Verbindung, den Control Pilot-(CP-)Kontakt, der sicherstellt, dass die Steckverbinder vor Beginn des Ladevorgangs vollständig gesteckt sind und dass Quelle und Fahrzeugkapazität übereinstimmen. Die Basissignalisierung (BS) nach IEC 61851-1 verwendet ein Pulsbreitenmodulations-Signal (PWM), um einfache Funktionen zu erreichen, während die High Level Communication (HLC) nach DIN 70121 und der ISO/IEC 15118-Serie eine höhere Komplexität wie die Planung der Laderate für den Netzlastausgleich ermöglicht. Es gibt andere konkurrierende Normen für DC-Ladeanschlüsse: CHAdeMO³ in Japan und einen GB/T-Standard, der im wichtigen chinesischen Markt verwendet wird.

Die Tabellen 2 und 3 (Quelle - Wikipedia³) fassen die CCS-Spezifikationen zusammen. CCS 1.0 ist die aktuelle und CCS 2.0 die nächste Version für höhere Leistung und mehr Funktionen.

Feature	CCS 1.0	CCS 2.0
Leistung	< 80kW	< 350kW
Spannung	< 400V	200 - 1000V
Strom	< 200A	< 500A
Fahrzeugstecker	Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)	Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)
Fahrzeug-Buchse	Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)	Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)
Lade-Kommunikation	Übergeordnete Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> DIN SPEC 70121:2014 	Übergeordnete Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> DIN SPEC 70121:2014 (< 80kW) ISO/IEC 15118-2:2014 ED1 (<350 kW) ISO/IEC 15118-3:2015 ED1 (<350 kW)
Lastausgleich	Reaktiv	Reaktiv und planmäßig
Lade-Berechtigungs-Verfahren	Externe Bezahlung	Externe Bezahlung und/oder Einstecken und Abbuchung (obligatorisch ab 2020)
Ladestation	IEC 61851-23	IEC 61851-23

Tabelle 2. CCS-Systemspezifikationen für DC-Laden

Feature	CCS 1.0	CCS 2.0
Fahrzeugstecker	Typ 1 oder 2 (IEC 62196-2)	Typ 1 oder 2 (IEC 62196-2)
Fahrzeug-Buchse	Typ 1 oder 2 (IEC 62196-2) Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)	Typ 1 oder 2 (IEC 62196-2) Combo 1 oder 2 (IEC 62196-3)
Lade-Kommunikation	Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> IEC 61851-1:2010 ED2 Übergeordnete Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> ISO/IEC 15118-2:2014 ED1 ISO/IEC 15118-3:2015 ED1 	Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> IEC 61851-1:2010 ED2 Übergeordnete Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> ISO/IEC 15118-2:2014 ED1 ISO/IEC 15118-3:2015 ED1
Lastausgleich	Nur bei Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> Reaktiv Bei übergeordneter Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> Reaktiv und/oder planmäßig 	Nur bei Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> Reaktiv Bei übergeordneter Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> Reaktiv und/oder planmäßig
Lade-Autorisierungs-Verfahren	Nur bei Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> Externe Bezahlung Bei übergeordneter Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> Externe Bezahlung und/oder Einstecken und Abbuchung 	Nur bei Basis-Signalisierung <ul style="list-style-type: none"> Externe Bezahlung Bei übergeordneter Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> Externe Bezahlung und/oder Einstecken und Abbuchung (obligatorisch ab 2020)
Ladestation	IEC 61851-1	IEC 61851-1

Tabelle 3. CCS-Spezifikationen für AC-Laden

Die in den Tabellen angegebenen Steckverbindertypen sind Typ 1, Typ 2 und Combo 1, Combo 2: CCS basierte ursprünglich auf Typ 1, einem nordamerikanischen Standard für einphasigen AC-Anschluss, und Typ 2, wie in der europäischen Norm IEC 62196-2 beschrieben, kann mit dreiphasigem Wechselstrom laden. Für das kombinierte Hochspannungs-Gleichstrom- und Wechselstromladen wurden neue Steckverbinder-Designs eingeführt: Kombination 1 und 2, die den Typen 1 und 2 zugeordnet sind. Bei Steckdosen an Fahrzeugen sind alle Pins entsprechend den Lademöglichkeiten bestückt, während Kupplungen, die Stecker am Ladekabel, nur die Pins für diese Quelle bestückt haben: AC oder DC. Ungültige Kombinationen wie eine Combo 1 Kupplung und eine reine AC-Buchse passen mechanisch nicht zusammen. Die Tabellen 4 und 5 zeigen die Kombinationen. (Quelle - Wikipedia).




Buchse/ Stecker	TYP 1	COMBO 1
		
	AC-Laden einphasig	Passen nicht zusammen
	AC-Laden einphasig	DC-Laden

Tabelle 4. Steckmöglichkeiten für Koppler Typ 1 und Combo 1

Buchse/ Stecker	TYP 2	COMBO 2
		
	AC-Laden einphasig oder dreiphasig	Passen nicht zusammen
	AC-Laden einphasig oder dreiphasig	DC-Laden

Tabelle 5. Steckmöglichkeiten für Koppler Typ 2 und Combo 2

Kupplungen und Buchsen müssen sehr robust sein, um dem täglichen Außeneinsatz standzuhalten, weshalb Hersteller wie Amphenol ihre Teile für mehr als 10.000 Zyklen (unbelastet) ausgelegt haben. Ihre Teile Excel Mate CC -200A IEC Combo sind für 63 A AC und 200 A DC mit Umweltschutzklasse IP44 (gepaart) ausgelegt. Phoenix Contact hat Versionen von Buchsen Typ 1 und Typ 2 mit Nennleistungen bis zu 32 A/480 V dreiphasig und 200 A/850 V DC im Angebot, während Aptiv (ehemals Delphi) eine breite Palette von Automotive-Steckverbindern anbietet, darunter Typ 1, Typ 2 und Versionen für den chinesischen GB/T-Standard. TE Connectivity ist ein weiterer wichtiger Player auf dem Markt.

Zukünftige Steckverbinder- und Kabeltechnik

Die Verbraucher wollen immer schnellere Ladezeiten, daher sind Ladeleistungen von 500 kW (0,5 MW) geplant, die innerhalb von drei bis fünf Minuten eine Reichweite von 60 Meilen/100 km ermöglichen. Dies entspricht einem Strom von ungefähr 500 A bei 1000 V DC, der hohe Anforderungen an das Steckverbinder- und Kabeldesign stellt. Ein von ITT Cannon entwickelter Lösungsvorschlag ist die Flüssigkeitskühlung mit einem umweltfreundlichen Hydrofluorether. Das Kühlmittel wird durch das elektrische Kabel, in den Stecker und um die Kontakte herum geleitet und sorgt so für eine derart effektive Kühlung, dass Kabeldurchmesser und -verluste gering gehalten werden können, und das in Verbindung mit Flexibilität und geringem Gewicht für eine einfache Handhabung. Erhältlich sind Versionen für CCS Typ 1 und Typ 2.

Bei allen Kabeln und Steckverbindern steht die Sicherheit im Vordergrund, nicht nur bei Fehlsteckungen, sondern auch bei der Isolation gegen die vorhandenen gefährlichen Spannungen. Die Signalisierung in den Steckverbindern stellt Verriegelungen bereit, so dass erst dann Strom angelegt wird, wenn der Steckverbinder vollständig gesteckt und abgedichtet ist und die Kontakte nicht mehr zugänglich sind. Steckverbinderhersteller müssen dieses Sicherheitsniveau auch unter den potenziell rauen Bedingungen des weltweiten Außeneinsatzes gewährleisten. Man kann sich darauf verlassen, dass namhafte Hersteller wie die genannten diese Garantie mit Teilen geben, die über die etablierte Distribution geliefert werden².



Über TTI

TTI Inc. ist der weltweit führende Spezialist für Passive und elektromechanische Bauelemente, Steckverbinder sowie Diskrete Halbleiter, Schaltnetzteile und Sensoren. Ausgewählte Lieferanten sowie unterschiedlichste Logistik-Lösungen unterstützen Kunden in den Marktsegmenten Industrie, Transportation, Luft-, Wehr-, und Raumfahrttechnik sowie in der Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

Die Produktpalette von TTI umfasst Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Steckverbinder, Diskrete Halbleiter, Opto Elektronische Bauelemente, Elektromagnetische Bauelemente sowie Bauteile für den Schaltkreisschutz. Das Angebot umfasst außerdem Kabel und Drähte – diese auch konfektioniert; Netzteile, Entwicklungskits, Sensoren und Elektromechanische Bauelemente.

Übersichten und Informationen zur Marktentwicklung und Technologie sowie Updates etc. stellt TTI über das MarketEye Research Center zur Verfügung. Kunden können hier Fachbeiträge, technische Seminare, RoHS, allgemeine Seminare, Industrieforschungsberichte und vieles mehr abrufen.

Die TTI Produktpalette, kundenorientierter Service sowie die angebotenen Logistiklösungen machen TTI zum bevorzugten Distributor (CMP Publications). Weltweit beschäftigt TTI über 5600 Mitarbeiter an mehr als 100 Standorten in Europa, Amerika und Asien.

Europäischer Hauptsitz:

TTI, Inc.
Ganghoferstr. 34
82216 Maisach-Gernlinden
Deutschland
Tel.: +49 (0)8142 6680 – 0
Fax: +49 (0)8142 6680 – 490
Email: sales@de.ttiinc.com
www.ttieurope.com

Copyright © TTI, Inc. All Rights Reserved.