

DIE NETZINTEGRATION VON ELEKTROFAHRZEUGEN

TEIL 3 DER SERIE: MIT WELCHER VERBINDUNG WIRD DAS ELEKTROAUTO AN DAS STROMNETZ ANGESCHLOSSEN?

In den ersten beiden Teilen dieser Serie haben wir aufgezeigt, dass es viele unterschiedliche Wege gibt, wie die elektrische Energie in ein Elektrofahrzeug übertragen werden kann. Die bis auf weiteres einfachste Methode ist das altbekannte Stromkabel. Doch auch hier ergeben sich wieder unzählige Möglichkeiten. Diese reichen von einem Stromkabel für die normale Haushaltssteckdose bis hin zum Starkstromanschluss für eine Schnellladung.

Will man ein optimales Zusammenspiel von Elektrofahrzeugen und den erneuerbaren Energien, so muss man weg von der Idee des schnellen Stromtankens und hin zur allgegenwärtigen Netzintegration der „rollenden Stromspeicher im Blechkleid“. Die grundlegenden Rahmenbedingungen wurden hierzu bereits in Teil 2 der Serie hergeleitet und sind auf dieser Seite im Kasten noch einmal zusammengefasst.

Von Kabeln und Steckern

Wir befassen uns im weiteren nur mit der Netzintegration, also der Kabelverbindung zwischen Elektrofahrzeug und Stromnetz.

Das eigentliche Kabel spielt dabei nur eine Nebenrolle, denn hier gibt es – abgesehen von der Farbe des Kabels – nicht viele Möglichkeiten. Um eine bestimmte Menge an Strom zu übertragen, braucht man bei einer vorgegebenen Kabellänge einen entsprechenden Durchmesser der Drähte. Diese Werte kann man in Tabellen nachschauen. Auch beim Material der Kabelhülle gibt es nur wenige Optionen, wenn man unter freiem Himmel bei Wind und Wetter agieren muss. Auch hier sind die geeigneten Materialien bekannt. Folglich gilt es nur die Länge des Kabels und die gewünschte Leistung festzulegen.

Danach hat man noch die Wahl zwischen einem gestreckten, geraden Kabel oder einem spiralförmig gewundenen. Letzteres wirkt wie eine Feder und kann die Leitung besser auf Spannung halten, damit es nicht am dreckigen Boden zwischen Auto und Stromstelle liegt. Ein Spiralkabel mit einem Meter Länge kann man bei Bedarf auf zwei bis drei

Meter spannen. Wenn also jemand in ein Spiralkabel hineinrennt, dann reißt es nicht sofort „aus der Wand“, sondern es dehnt sich noch eine Weile kontrolliert aus. Wenn man nun auch noch eine Signalfarbe (Neongelb, Leuchtorange, etc.) wählt, so hat man vermutlich das Risiko einer versehentlichen Kollision zwischen Mensch und Ladekabel und des daraus resultierenden Schadens auf ein Minimum reduziert.

Doch was befindet sich an den beiden Enden des Kabels? Da niemand mit blanken Kupferdrähten hantieren will, wird man einen Stecker und die passenden Buchsen auswählen müssen.

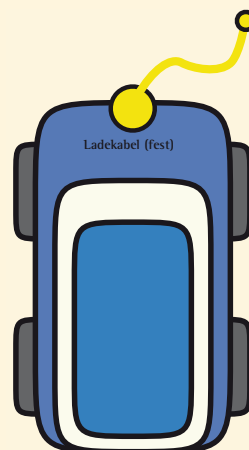
Eine Frage des Designs

Bevor man eine Lösung präsentiert oder bewertet, sollte man sich eigentlich erst einmal über das Problem im klaren sein. Zu den Anforderungen an die Verbindung zwischen E-Auto und Stromstelle zählen folgende Aspekte:

- Ergonomie – wie einfach ist der Stecker zu bedienen bzw. kann das auch ein Kind? Hier sind geringe Steckerkräfte gefragt und es muss offensichtlich sein, in welcher Weise man den Stecker in die Buchse stecken muss. Wo ist oben, wo ist unten?

- Ladeleistung – wie viele Kilowatt elektrische Leistung kann man übertragen? Wie viele Stromphasen will man anbieten (1 bis 3)?
- Trennung unter Last – was passiert, wenn jemand den Stecker zieht, während gerade der maximale Strom fließt? Kann das System den Trennvorgang rechtzeitig erkennen.
- Berührungsschutz – wie einfach ist es für einen Menschen die stromführenden Teile zu berühren? Die Gefahr eines Stromschlages sollte nur bei mutwilliger Fehlbedienung bestehen.
- Robustheit – was passiert, wenn man zufällig mit dem Auto über den Stecker fährt oder dieser auf einen harten Boden fällt?
- Langlebigkeit – welche Probleme kann das häufige Verbinden und Trennen verursachen?
- Wetterbeständigkeit – wie tolerant sind Stecker und Buchse gegenüber Feuchtigkeit (z.B. Regen, Eis, Schnee), Korrosion oder Verschmutzung durch Straßendreck?
- Vandalismussicher – was passiert, wenn jemand mutwillig mit roher Gewalt auf das Kabel oder die Steckverbindung einwirkt?

Netzintegration findet vorne statt



- + Netzintegration mit bis 20 kW bei dreiphasiger Anbindung machbar.
- + Gleiches Verhalten in Ländern mit Links- und Rechtsverkehr.
- + Erlaubt in allen Parksituationen kurze Kabellängen.
- + Fest angebrachtes Kabel erhöht die Sicherheit und die Ergonomie.
- + Gute Ergonomie ist die Voraussetzung dafür, dass E-Autos wirklich am Stromnetz hängen.

- Kosten – wie aufwändig ist die Herstellung des Gesamtsystems?

Viele der Anforderungen stehen, wie so oft, im Widerspruch zueinander. Eine extrem billige Lösung wird in der Regel nicht besonders robust, leistungsfähig und ergonomisch sein. Doch genau hier gilt es abzuwägen und genau hier liegen auch die Unterschiede der einzelnen Lösungsansätze.

Chaos im Stromnetz

Die billigste Strominfrastruktur ist diejenige, die bereits überall vorzufinden ist. Elektrische Geräte gibt es schon seit über einem Jahrhundert. Warum nimmt man denn für Elektroautos nicht einfach den Stecker, den alle Elektrogeräte haben?

Im Alltag hat man das Gefühl, dass im Stromnetz alles einheitlich ist und alle Geräte immer und überall funktionieren. Doch das 230-Volt-Wechselstromnetz, mit der 50-Hertz Schwingung, das wir heute als "normal" bezeichnen, war und ist nicht immer und überall selbstverständlich. Noch bis in die 50er Jahre gab es auch in Deutschland in vielen Haushalten noch Gleichstromnetze. In Ländern wie Japan und den USA kennt man auch heute noch keine 230 Volt. Dort wird nur mit Spannungen von 110 Volt gearbeitet. In den USA sind es immer 60 Hertz, doch in Japan kann man aus historischen Gründen selbst heute noch Netze mit 50 oder 60 Hertz vorfinden. In Brasilien ist hingegen die Frequenz landesweit einheitlich, dafür kann man je nach Region unterschiedliche Spannungen haben.

Wer schon einmal nur die Länder Europas bereist hat, der wird schnell die bizarren Reisestromsteckeradapter zu schätzen gelernt haben. Denn schon in Europa gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Stromsteckdosen. Teilweise

sind es nur wenige Millimeter, um die sich der Abstand der Kontakte unterscheidet. Zum Glück kommt in der EU dort immer 50 Hertz Wechselstrom mit rund 230 Volt heraus.

Mit Adaptern aus dem Chaos?

Neben dem einphasigen 230 Volt Strom gibt es in Europa auch den dreiphasigen 400 Volt Wechselstrom, der korrekt als Drehstrom bezeichnet wird. In den USA findet man neben den 110 Volt auch 208, 250 oder 277 Volt Starkstromanschlüsse. Steckt man jedoch ein einfaches 110 Volt-Gerät in eine 250 Volt Buchse, so fliegt entweder ganz schnell eine Sicherung heraus oder das Gerät kann im schlimmsten Fall sogar „abrauchen“.

Um zu verhindern, dass Menschen aus Unachtsamkeit das falsche Gerät an die falsche Steckdose anschließen, werden für viele Arten von Wechselstrom von nationalen Gremien oder Herstellern unterschiedliche Stecker verordnet oder verbaut. Dies führt im Extremfall zu der in Bild 2 zu sehen ist. Da letztlich aber überall nur „Strom drin ist“ und dieser über Metallkontakte übertragen wird, kann man sich auch für alles was „verboten ist“, einen passenden Adapter bauen (Bild 1). Dann kann man doch wieder jeden Stecker mit jeder Buchse verbinden.

Eigentlich ist es das reinste Chaos.

Schuko- und Haushaltssteckdose

Doch zurück zur deutschen Haushaltssteckdose. Heute findet man hier immer rund 230 Volt bei 50 Hertz. Seit einigen Jahren hat sich auch die Schutzkontakt-Steckdose durchgesetzt, die neben den stromführenden Kontakten (Phase und Nullleiter) auch noch eine Erdung besitzt. Leider ist diese Erdung nicht in allen EU-Ländern identisch ausgeführt.

Einen „normalen“ deutschen Schuko-Stecker nach CEE 7/4 Norm, kann man deshalb in Frankreich oder der Tschechei nicht verwenden. Dort braucht man den Schuko-Stecker nach CEE 7/7 Norm.

Die Ergonomie des Steckers ist ohne Zweifel hoch, denn jeder hat ihn schon tausendfach gesehen und verwendet. Die Steckkräfte sind gering und die Kosten extrem niedrig, da es sich um ein Massenprodukt handelt.

In den anderen Bereichen gibt es dafür deutliche Mängel. Die Robustheit ist bescheiden, denn die Kontakte verbiegen sich oft schon beim normalen Gebrauch. Trennt man den Stecker unter Last so fliegen die Funken und der Berührungsschutz ist meist nur durch die elektrischen Sicherungen gegeben, denn mit einem spitzen metallischen Gegenstand kann jedes Kind den Stromleiter mühelos erreichen. Die Folgen können für Kleinkinder jedoch tödlich sein.

Es gibt zwar wetterbeständige Ausführungen der Stecker und Dosen, doch wirklich langlebig ist Schuko im rauen Elektroautoalltag nicht. Dies liegt vor allem daran, dass Elektroautos oft über Stunden mühelos die maximale Leistung der Leitung beanspruchen können. Die vorteilhaft geringen Steckkräfte der billigen Schuko-Systeme werden durch den schlechten Kontakt erkauft. Bei einer Energieübertragung mit 3 kW, was 230 Volt bei 16 Ampere entspricht und wofür Schuko offiziell ausgelegt ist, werden die Kontakte gut warm und brennen oder scheuern oft nach einigen Jahren förmlich durch.

Der blaue und rote CEE-Stecker

Für höhere Leistungen und den rauen Industrieinsatz hat man deshalb schon 1989 eine neue Steckerfamilie definiert. Die Norm ist heute als IEC 60309 bekannt.



Bild 1 und 2: Der normale Alptraum wird wahr. In den USA gibt es für jede Verkabelung und jede Leistung einen eigenen Stecker. Was als "Sicherheit" gedacht ist, endet in der Praxis im Chaos. Um sein Elektroauto an jede verfügbare Strombuchse anschließen zu können, fahren die Elektromobilisten deshalb meist eine entsprechend vielfältige Sammlung von Adaptern im Kofferraum spazieren. Man weiß ja nie, wo man mal aufladen muss.

NEMA Plug & Receptacle Configurations					
15 AMP	2 pole 2 wire 125V 250V	2 pole 3 wire grounding 125V 250V 277V	3 pole 3 wire 125/250V 30 250V	3 pole 4 wire grounding 125/250V 30 250V	4 wire 30 120V 208V
Receptacle	1-15R	5-15R 6-15R 7-15R	11-15R 14-15R 15-15R 18-15R		
Plug	1-15P 2-15P 5-15P 6-15P 7-15P		11-15P 14-15P 15-15P 18-15P		
20 AMP	2 pole 2 wire 125V 250V	2 pole 3 wire grounding 125V 250V 277V	3 pole 3 wire 125/250V 30 250V	3 pole 4 wire grounding 125/250V 30 250V	4 wire 30 120V 208V
Receptacle	2-20R 5-20R 6-20R 7-20R 10-20R 11-20R 14-20R 15-20R 18-20R				
Plug	2-20P 5-20P 6-20P 7-20P 10-20P 11-20P 14-20P 15-20P 18-20P				
30 AMP	2 pole 2 wire 125V 250V	2 pole 3 wire grounding 125V 250V 277V	3 pole 3 wire 125/250V 30 250V	3 pole 4 wire grounding 125/250V 30 250V	4 wire 30 120V 208V
Receptacle	2-30R 5-30R 6-30R 7-30R 10-30R 11-30R 14-30R 15-30R 18-30R				
Plug	2-30P 5-30P 6-30P 7-30P 10-30P 11-30P 14-30P 15-30P 18-30P				
50 AMP	2 pole 3 wire grounding 125V 250V 277V	3 pole 3 wire 125/250V 30 250V	3 pole 4 wire grounding 125/250V 30 250V	4 wire 30 120V 208V	
Receptacle	5-50R 6-50R 7-50R 10-50R 11-50R 14-50R 15-50R 18-50R				
Plug					

www.evnu.com (2)

Man hat Stecker für sechs unterschiedliche Spannungsbereiche und für vier unterschiedliche Stromstärken definiert. Zusätzlich wurden noch unterschiedliche Kontaktvarianten festgelegt. Die Vielfalt ist ähnlich hoch wie in Bild 2.

In der Elektromobilität taucht vor allem der blaue CEE-Stecker – auch Campingstecker genannt – und die roten CEE-Stecker auf. Die roten sind für dreiphasigen Drehstrom bei 400 Volt ausgelegt und können in der 32 Ampere Version somit bis zu 20 kW Leistung übertragen. Damit läßt sich in ein typisches großes Elektroauto in einer Stunde der Strom für gut 100 km Reichweite nachladen.

In den Punkten Ladeleistung, Berührungssicherheit, Robustheit, Langlebigkeit und Wetterbeständigkeit sind die IEC 60309-Stecker deutlich besser als der Schuko-Haushaltstecker und das bei nur unwesentlich höheren Kosten. Für die Praktiker von heute ist es deshalb der Elektroauto-Infrastrukturstecker der ersten Wahl.

Doch leider ist der Stecker einem normalen Menschen nicht zumutbar. Bei den roten Varianten sind die erforderlichen Steckkräfte nur für Bodybuilder und Bauarbeiter problemlos zu überwinden. Und auch der blaue Stecker wurde nicht für ein häufiges, schnelles und bequemes Trennen erfunden. Die nicht vorhandene Ergonomie verbietet fast schon den Einsatz dieser CEE-Stecker als Norm-Ladestecker für Elektroautos.

IEC 61851 – CEE und Marechal

Trotz dieser offensichtlichen Untauglichkeit sind gerade diese CEE-Stecker heute als der Standard für Elektroautos in der internationalen Norm IEC 61851 definiert. Der Grund hierfür ist banal. Als die Norm geschrieben wurde, waren Elektroautos meist nur im industriellen Einsatz (LKWs, Gabelstapler, etc.) und es gab keine andere Steckernorm, auf die man kurzfristig hätte zurückgreifen können.

Als die IEC 61851 geschrieben wurde gab es jedoch schon den Wunsch nach Schnellladesystemen, die damals nur mit externen Ladegeräten realisiert werden konnten, die einen direkten Zugriff auf den Gleichstromkreislauf der Batterien brauchten. Da die CEE-Stecker nur für Wechselstrom standardisiert waren, einigte man sich darauf, dass es auf der Seite des Fahrzeuges auch andere Buchsen und Stecker geben kann (siehe auch IEC 62196-1).

Die französische Firma Marechal hatte in diesem Zusammenhang ein System entwickelt, das neben dreiphasigem Wechselstrom auch Gleichstrom und Kommunikationsdaten übertragen konnte. Hier wurden zum ersten Mal die Besonderheiten eines Elektroautos berücksichtigt und Nutzerfreundlichkeit war eine zentrale Designvorgabe. Zu Recht wurde dieser Stecker zum Standard in Frankreich und zählt auch heute noch zu den besten Lösungen. Die Produktion wurde in der Zwischenzeit angeblich aber eingestellt.

Krieg der Patent-Knöpfe

Doch der Marechal-Stecker war nicht der einzige Vorschlag, der dem Standardisierungsgremium vorgelegt wurde. Der 2008 „neu vorgestellte“ RWE-Mennekes-Stecker war eigentlich schon 1997 auf dem Tisch. Damals noch einphasig, gerade und unübersehbar im Stil der IEC 60309-Stecker. Abgesehen von der „CEE-Antiergonomie“ des Stecksystems war sicherlich auch die Tatsache, dass Mennekes den Stecker patentiert hatte, ein Grund für die fehlende Akzeptanz.

Was ist eigentlich Standardisierung? Zu einem gewissen Grad ist es der auf dem Papier und in Sitzungssälen geführte Krieg um die industrielle Vorherrschaft eines Landes über die anderen. So kämpfen also die „unabhängigen“ Gremien wie die amerikanische Society of Automotive Engineers (SAE), die Japan Electric Vehicle Association (JEVA) und die europäischen Fraktionen der International Electrotechnical Commission (IEC) meist darum, welcher Hersteller zum Schluss die Patente für „den Standard“ hat. Kein Wunder, dass sich in dieser Welt so wenig vorwärts bewegt, denn es geht nur noch selten darum, die beste Lösung für ein Problem zu finden.

SAE J1772 – Yazaki

Die USA und Japan vereint das einphasige 110 Volt Netz und die Tatsache, dass vor zehn Jahren vor allem japanische Elektroautos nach Kalifornien verkauft wurden ... damals mit dem japanischen



Stecker	Schuko	„CEE blau“	„CEE rot“	Yazaki
max. Ladeleistung (kW)	2 kW (3 kW)	3,7 kW	11 bzw. 22 kW	6,6 kW
max. Spannung; Strom	230V (AC); 16 A	230 V (AC); 16 A	400 V (AC); 16 A bzw. 32 A	bis 240 V (AC); 30 A
Phasen	1 (AC)	1 (AC)	3 (AC)	1 (AC)
Daten-Signalleitungen	keine	keine	keine	2 (inkl. „Plug-Present“)
Steckerabmessungen	38 mm ø	48 mm ø	62 mm bzw. 70 mm ø	ca. 50 mm ø
Standard	IEC 60320 (CEE 7/7)	IEC 60309-2	IEC 60309-2	JEVA – SAE J1772 (1996)
Arretierung	keine	via Klappe auf Buchsen	via Klappe auf Buchsen	mechanisch am Stecker
Anmerkungen	Es gibt viele Stecker die ähnlich aussehen, aber nicht identisch sind.	Auch bekannt als „Caravan und Camping-Stecker“, da er dort sehr beliebt ist.	Die typische Baustellen- und Industriesteckerverbindung für Starkstrom.	Wurde mit den ersten japanische E-Fahrzeugen in den USA eingeführt.

Yazaki-Stecker. Seine Besonderheit sind gleitende Kontaktschutzhülsen.

Der amerikanische Stecker hört schon seit vielen Jahren auf den Namen SAE J1772. Bisher verstand man darunter aber den Avcon-Stecker, eine einphasige Abwandlung des Marechal-Steckers, die auf der einen Phase deutlich stärker belastet werden kann. In der Norm wird nicht nur die Form des Steckers, sondern auch die Kommunikation definiert.

In der 2009 neu überarbeiteten Fassung der SAE J1772-Norm soll nun der Yazaki-Stecker festgeschrieben werden, der nach einer Überarbeitung jetzt einphasig bis zu 19 kW Leistung übertragen können soll. Interessant ist hierbei, dass die SAE sich aber nur mit dem Stecker auf der „Automotive“-Seite befassen will. Den Stecker an der stationären Stromstelle will man offenbar nicht festlegen. Das hingegen möchte Better Place.

Better Place

Pünktlich zum IEC Treff in Paris Ende 2008 hatte das Unternehmen seinen ersten Steckerentwurf fertig. Auch wenn man kein Land repräsentiert, so durfte Better Place – zum Erstauen vieler Ländervertreter – der IEC seinen Stecker vorstellen. Geld öffnet bekanntlich viele Türen.

Der damalige Entwurf orientiert sich am einphasigen Laden mit bis zu 6,6 kW. Das spiralförmige Ladekabel transportiert neben dem Strom auch die Daten eines seriellen Kommunikationsprotokolls und

hat auf beiden Seiten den gleichen Stecker, der eine mechanische Arretierung besitzt.

Gerüchten zur Folge soll Better Place jedoch seine Lösung zu einem dreiphasiger Stecker weiterentwickeln, da dieser mehr Optionen bietet und vor allem in Europa eine höhere Akzeptanz hätte.

RWE – Mennekes

Ob Better Place letztlich einfach auf den RWE-Mennekes-Stecker zurückgreifen wird, hängt primär davon ab, ob er sich tatsächlich als IEC-Industriestandard durchsetzen wird. Pressemitteilungen in diese Richtung gab es zwar schon viele, aber die amerikanisch-japanische Front wird den eigenen Yazaki-Vorschlag sicherlich nicht so schnell aufgeben.

Technisch unterscheidet sich der neue Mennekes-Vorschlag von der alten Version aus dem Jahr 1997 darin, dass er dreiphasig ist und die Kontakte in Löchern versteckt und mit Plastikklappen versehen auf maximalen Berührungsschutz getrimmt wurden. Die mechanische Arretierung im Wetterschutzdeckel hat man durch einen elektromechanischen Haltebolzen in der Buchse ersetzt. Die Kommunikation und die Erkennung des Steckvorgangs wird, wie damals, über zwei zusätzliche Kontakte sichergestellt.

Unsere Position

Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie setzt sich dafür ein, mit dem

Elektroauto auch eine neue Form der Netzanbindung zu realisieren. Unsere Forderungen sind:

- dreiphasige Ausführung,
- Ladeleistungen bis 20 kW,
- Tauglichkeit vom Elektrofahrrad bis hin zum Elektroauto,
- offene Kommunikationsstandards,
- Stecker in „Break-Away“-Ausführung zur Unfallvermeidung und für maximale Ergonomie.

Alle Lösungen, die im Moment zur Debatte stehen – und die untere Tabelle zeigt nur eine kleine Auswahl – greifen auf alte Kontaktlösungen zurück und verpacken diese nur in neue Plastikformen. Wir sind der Ansicht, dass man gerade jetzt neue Wege ausprobieren sollte und von Anfang an die optimale und nicht eine bequeme und schnelle Lösung anstreben sollte. Gäbe es nur die Wahl zwischen Yazaki und Mennekes, so ist der Mennekes-Vorschlag sicherlich das geringere Übel. Doch viel wichtiger als die „dummen Metallstifte“ sind die eigentlichen Stromstellen und die Datenkommunikation für das Lademanagement. Damit befassen sich die nächsten Teile dieser Artikelserie.

ZUM AUTOR:

► Tomi Engel leitet den DGS Fachausschuss Solare Mobilität
tomi@objectfarm.org



Stecker	Marechal (Avcon)	Yazaki (2009)	Better Place (2008)	Mennekes (2009)
max. Ladeleistung (kW)	22 kW (AC) / 240 kW (DC)	16–19 kW	6,6 kW	43 kW
max. Spannung; Strom	230–400 V (AC); 32 A 600 V (DC); 400 A	bis 240 V (AC); 70 A	?	bis 400 V (AC); 63 A
Phasen	3 (AC) und 1 (DC u. HV-AC)	1 (AC)	1 (AC) ... bald auch 3?	3 (AC)
Daten-Signalleitungen	3 + 2 (+ 1 „Plug-Present“)	2 (inkl. „Plug-Present“)	2 (inkl. „Plug-Present“)	2 (inkl. „Plug-Present“)
Steckerabmessungen	110 mm x 75 mm	48 mm ø	?	56 mm ø
Standard	IEC 61851 (2001) u. 62196 bzw. SAE J1772 (2001)	evt. SAE J1772 (2009)	–	–
Arretierung	mechanisch am Stecker	mechanisch am Stecker	mechanisch am Stecker	elektromech. in Buchse
Anmerkungen	In USA auch als Avcon-Stecker mit nur einer AC-Phase aber dafür bis 48 A.	Der von USA und Japan vorgeschlagene „Standard“.	Der von Better Place vorgeschlagene „Standard“.	Der von „Europa“ vorgeschlagene „Standard“.

Tomi Engel, www.renault.com, www.sae.org, www.betterplace.com, www.mennekes.de