

DIE NETZINTEGRATION VON ELEKTROFAHRZEUGEN

TEIL 1 DER SERIE:

AUF WELCHEM WEG KOMMT DER STROM IN DIE VIELEN ELEKTROMOBILE?

Ein Elektroauto braucht zum Fahren lediglich ein bisschen Strom. Doch wie kommt dieser in die E-Mobile hinein? Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen ist ein weites Feld und wie in anderen Bereichen sind auch hier viele Aspekte miteinander vernetzt. Trifft die Industrie oder der Staat eine bestimmte Entscheidung im Bereich der Infrastruktur – und diese Entscheidung wird man treffen müssen, da ohne einen entsprechenden Standard für die Stromversorgung der Fahrzeuge, diese nahezu unverkäuflich sind – so folgen aus dieser Entscheidung meist automatisch weitere Konsequenzen.

In unserer Artikelserie werden wir uns unter anderem diesen Fragen widmen:

- Wie wird die Energie ins Fahrzeug übertragen?
- Wie steht es um die Ergonomie des Systems?
- Wie sind die öffentlichen Stromstellen zu gestalten?
- Wie erfolgt die Abrechnung von Dienstleistungen?
- Wie wird das Ladeverhalten der Fahrzeuge gesteuert?

All diese Aspekte gehören zum Thema „Netzintegration“ und sollten ganzheitlich analysiert werden, wenn man bei einer zukunftsfähigen Strategie landen will. Für die Struktur der Netzintegration ist vor allem von Bedeutung, auf welchen Wegen die Energie in die Fahrzeuge kommen soll.

Energiebereitstellung

In der Praxis gibt es mehrere bekannte Optionen, die in Tabelle 1 zusammengestellt und aus Sicht der Elektroautos bewertet wurden. Man kann diese grob in drei Kategorien aufteilen, abhängig davon, ob der Fahrstrom:

- direkt im Auto erzeugt wird (z.B. durch Notstromgeneratoren, Solarzellen, Mikrowindräder),
- von außen beim Fahren zugeführt wird (z.B. Schleifkontakte mit Stromleitungen, Induktionsschleifen in Fahrspuren),

- von außen zugeführt wird, aber zum Zwecke des Fahrens in Batterien zwischengespeichert werden muss (Steckkontakte an Ladekabeln, induktive Ladestellen, Wechselbatterien).

Für den Fall, dass der Strom in Batterien zwischengespeichert werden muss, kann man noch zwischen Systemen unterscheiden, die eine eher langsame Normalladung oder eine, für das Stromnetz und die Batterien eher anspruchsvolle Schnellladung durchführen. Bei manchen Batterietypen (Bleiakkus, Nickel-Cadmium-Batterien, etc.) werden auch oft bestimmte Wartungsladungen erforderlich, bei denen nicht der Wunsch des Autobesitzers das Ladeverhalten definiert, sondern die chemisch-physikalischen Bedürfnisse der Akkus den Ablauf vorgeben.

Notstromgenerator

Eine der einfachsten Formen um Strom in ein Elektrofahrzeug zu bekommen besteht darin, den Strom direkt im Auto zu erzeugen. Die Art der Stromlieferung findet man in Seriellen-Hybridfahrzeugen, die meist gar keine Batterie besitzen, oder in Elektroautos, die zur Reichweitenverlängerung einen Notstromgenerator (engl. „Range Extender“) fest eingebaut haben. Serielle-Hybride sind schon seit langem bei der Eisenbahn im Einsatz oder im Bereich der schweren Fahrzeuge (Busse, Baumaschinen, Militärfahrzeuge) anzutreffen, besonders dann, wenn ein Allradantrieb notwendig ist. Die Lösung mit dem Range-Extender erfährt aktuell im Zusammenhang mit Elektroautos wieder viel Aufmerksamkeit. Modelle wie der GM Volt, VW TwinDrive, Volvo ReCharge, Mindset und viele andere greifen auf kleine, bordeigene Verbrennungsmotoren für die Notstromversorgung auf Langstrecken zurück.

Doch Verbrennungsmotoren sorgen nicht für eine Netzintegration von E-Mobilen, sondern ihr Zweck ist ja genau das Gegenteil: die vollständige Abkopp-

lung vom Stromnetz. Zudem brauchen sie kostbare chemische Brennstoffe und gerade diese will man ja bei der Elektromobilität durch Strom aus erneuerbaren Energien ersetzen.

Solarzellen und Mikrowindräder

Ein sehr direkter Weg zur Nutzung von erneuerbarem Strom besteht darin, die Solarzellen direkt auf das Auto zu bauen. Die großen Dachsegmente bieten sich hierzu förmlich an. Je nach Fahrzeugtyp können 5 Quadratmeter oder auch mehr verbaut werden. Wählt man leistungsstarke Zellen, kann so auf 5 qm auf einem PKW in einer Stunde in der prallen Mittagssonne rund eine Kilowattstunde Strom erzeugt werden. Extrem sparsame Leichtmobile können mit dieser Energiemenge 20 bis 50 Kilometer weit fahren.

Reine Solarautos wurden schon 1980 gebaut. Aktuelle Vertreter, wie z.B. der nur 200 kg leichte SolarWorld No.1 Racer, können in sonnigen Regionen allein mit bordeigener Solarstromproduktion konstant eine Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h beibehalten. Weniger aerodynamische Modelle, wie etwa der Venturi Eclectic (siehe Bild 1), fahren deutlich langsamer und sind mit der Solarstromnutzung auch weniger effizient. Dennoch soll man mit dem Solardach in Südfrankreich täglich gut 15 saubere Kilometer „nachtanken“ können. Zusätzlich zu den Solarmodulen bietet der Eclectic auch noch ein Windrad, welches auf einem windreichen Parkplatz an der Strandpromenade eine weitere saubere Stromquelle anzapfen kann, womit man dann auch im Winter mobil bleiben könnte.

Natürlich ist es denkbar Elektroautos dadurch mit Strom zu versorgen, dass man Solarzellen auf deren Dächer packt und über ihnen mit einer Lampe Licht erzeugt. Dies ist prinzipiell machbar, doch die Energieverluste sind gewaltig. Ob man in einer fernen Zukunft Licht, z.B. in Form von aufeinander abgestimmten Lasern und konzentrierenden Solarzellen, zur gezielten Übertragung von

hohen Energiemengen verwendet wird, bleibt abzuwarten. Derzeit ist man hier von noch weit entfernt, nicht nur aufgrund der Kosten.

In den schweren PKWs unserer Zeit werden Dach-Solarmodule vor allem die Lüftung des Innenraums und die vielen Bordcomputer mit Strom versorgen. Dies klingt unbedeutend, doch derartige parasitäre Energieverbräuche können bei langen Standzeiten durchaus die Batterien eines Autos komplett entleeren. Im schlimmsten Fall bekommt man dann noch nicht einmal die Autotüren entriegelt.

Doch wer stellt sein Auto schon freiwillig in die pralle Sonne? Aus energetischen und ökonomischen Gründen sind Solarmodule auf dem Dach eines Hauses, einer Garage oder auf einer Parkplatzüberdachung besser aufgehoben. Dort können sie optimal zur Sonne ausgerichtet werden und den Strom in das öffentliche Stromnetz einspeisen, womit er garantiert genutzt wird.

Steckkontakte

Aus der Steckdose kann man jede Form von erneuerbarem Strom über ein normales Kabel in die Elektroautos leiten. Billiger und einfacher geht es kaum. Die Energieverluste können bei kurzen Kabeln vernachlässigt werden. Beschränkt man sich auf 2 kW Leistung, was für Leichtelektrofahrzeuge ausreicht, so kann man bereits die heute gängige Schuko-Steckdose als Infrastruktur zur Netzintegration betrachten, sofern das Batterieladesystem mit 220 Volt Wechselstrom bei 50 Hertz funktioniert.

Für schwere Fahrzeuge sind höhere

Leistungen wünschenswert und oberhalb von 5 kW wird meist eine mehrphasige Netzanbindung (380 V, 3-Phasen) notwendig. Zapft man alle drei Phasen des Stromnetzes an, so reduziert dies nicht nur die elektromagnetische Abstrahlung, sondern die Ladeelektronik kann dann auch geschickt die unterschiedlichen Phasen belasten und so das Stromnetz stabilisieren (mehr dazu in einer späteren Folge dieser Serie). Der Querschnitt der Stromleitungen muss auf die Länge des Kabels und die Ladeleistung angepasst werden. Oberhalb von 20 kW werden die Kabel sehr dick, starr und somit unhandlich. Doch 20 kW reichen aus, um den für 100 km notwendigen Fahrstrom innerhalb von 15 Minuten in ein Leichtmobil zu speisen. Bei schweren PKWs muss für 100 Kilometer mit dem gleichen Stromanschluss dreimal so lange geladen werden.

In Italien ist ein Hausanschluss meist nur mit einer Phase und maximal 3 kW ausgeführt. In Frankreich hat man deutlich mehr Leistung (18–36 kW), aber auch nur eine Phase und nicht drei, wie in Deutschland. In den USA hat man jedoch noch nicht einmal 220 Volt, sondern 110 Volt und das bei 60 und nicht 50 Hertz. Wechselstrom ist also nicht überall gleich Wechselstrom.

Noch schneller kann der Ladevorgang erfolgen, wenn man die meistens kosten- und gewichtsoptimierte Leistungselektronik des Autos durch eine externe, stationäre Ladeelektronik ersetzt. In diesem Fall geht man direkt von außen auf die Autobatterien. Ladeleistungen von über 50 kW werden so bereits heute in der Praxis erreicht (z.B. beim Mitsubishi

i EV mit 500 V DC). Diese Lösungen verlangen jedoch eine besondere Kommunikation zwischen Batterie und externem Ladesystem.

Da eine Wechselstrom-Netzinfrastruktur heute die Norm und weltweit in den Städten und Gebäuden verfügbar ist, stellt das Stecker-Ladekabel-System die billigste und flexibelste Lösung zur Netzintegration dar, sofern man ein Fahrzeug mit Batteriespeicher voraussetzt. Wenn sich die Fahrzeugelektronik auf die unterschiedlichen Netzparameter einstellen kann, was beispielsweise bei Netzteilen für mobile Computer schon lange Standard ist, so kann man mit einem fest im Auto eingebauten Ladesystem in allen Ländern Strom aus der Steckdose "tanken". Im schlimmsten Fall ist nur noch ein billiger Adapter für die unterschiedlichen Steckdosen erforderlich.

Schleifkontakte

Im Umfeld der Eisenbahnen und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) gibt es elektrische Mobilität schon seit über 100 Jahren. Das Fehlen leistungsstarker Batterien war hier kein Hinderungsgrund, denn diese Fahrzeuge bewegen sich immer auf den gleichen Strecken und so lag es nahe, die elektrische Energie mit Stromleitungen auf dem gesamten Fahrweg anzubieten. Zum Abgreifen des Stroms wurden über die Jahre die unterschiedlichsten Gleit- und Schleifkontakte entwickelt. Ein moderner ICE der Bundesbahn bezieht auf diese Weise bis zu 6 MW Leistung (Wechselstrom) und das zuverlässig auch bei Fahrgeschwindigkeiten von weit über 200 km/h. Alleine mit Batterien einen so

Denkbare Anschlusspositionen für die Netzanbindung

	Solarzellen (o. Mikrowindrad)	Induktive Kopplung	Steckkontakt (+ Ladesäule)	Schleifkontakt (+ Stromleitung)	Wechsel- batteriesystem
Leistungsbereich (Strom)	bis x kW	bis xx kW	bis xx kW	bis x.xxx kW	-
Typische Tankleistung	bis 1 km/min. (~ 80 km/h)	0,25 bis 15 km/min. (~ 15 bis 900 km/h)	0,25 bis 15 km/min. (~ 15 bis 900 km/h)	bis 5 km/min. (~ 300 km/h)	über 100 km/min.
Wirkungsgrad	unter 50%	bis 95%	fast 100%	fast 100%	100%
Anwendungs- felder	Solarmobil, Solare Zwischenladung	Industrie, ÖPNV, PKW	Pedelecs, PKW, LKW	Eisenbahn, S-Bahn, O-Busse	Gabelstapler, LKW, Busse, E-Fahrräder, evt. auch PKW
Einschätzung der Tauglichkeit für PKWs	Nur als zusätzliche Stromquelle interessant	Für Sonderlösungen interessant	Wird die dominieren- de Standardlösung zur Netzintegration	Aufbau der Infra- struktur höchsten für Langstrecken denkbar, aber auch dort extrem unwahrscheinlich	Bietet viele inte- ressante Vorteile, bedarf aber einer Standardisierung
Systemkosten	mittel	hoch	sehr gering	extrem hoch	gering

Tabelle 1: Um elektrische Energie in ein Fahrzeug zu übertragen, gibt es mehrere technische Verfahren, die auch alle bereits in bestimmten Anwendungsfeldern eingesetzt werden. Doch nicht alle eignen sich für die Versorgung von Elektroautos gleichermaßen.



Bild 1: Der Venturi Eclectic hat neben einem Dach aus Solarzellen auch ein optionales Mikrowindrad.



Bild 2: Schleifkontakte im ÖPNV-Einsatz. Ein moderner Oberleitungsbus der Firma Solaris in Winterthur.

schweren Zug von München nach Hamburg zu bewegen ist beim heutigen Wissensstand absolut unmöglich.

Für Fahrten über Landesgrenzen benötigt man bei der Bahn sogenannte „Mehrsystemzüge“, da die Leitungsnetze aus historischen Gründen mit ganz unterschiedlichen Stromspannungen und Frequenzen betrieben werden. Besonders umständlich wird es, wenn sich dann auch noch die Spurweiten der Schienenwege ändern. Da hilft nur noch umsteigen.

Die andere Seite des Spektrums bilden Lösungen wie die der Oberleitungsbusse. Da diese auf Gummireifen rollen, können sie sowohl auf Teerstraßen als auch auf Schotterpisten fahren, solange dort eine Oberleitung verläuft. Da Gummireifen isolieren, benötigen die Busse zwei Leitungen, die in der Regel beide, auch aus Sicherheitsgründen, oberhalb der Fahrtrasse gespannt werden (siehe Bild 2). Die Vielzahl der Stromarten ist hier noch größer als bei der Eisenbahn. Es gibt Systeme mit den unterschiedlichsten Arten von

Wechsel- und Gleichstrom. Da die Busse aber nur in einer Stadt ihren Dienst vollbringen und sich damit immer im selben Leitungsnetz bewegen, stellt dies keinen echten Nachteil dar.

In der letzten Zeit werden bei Straßenbahnen und O-Bussen verstärkt kleine Energiespeicher eingebaut (z.B. Kondensatoren oder Batterien). Damit ist es nun möglich Bremsenergie zwischen zu speichern und diese beim Anfahren wieder zu nutzen. Legt man die Batterien etwas größer aus, so können die Busse (oder Bahnen) im Notfall auch kurze Ausweichrouten fahren, auf denen keine Oberleitungen vorhanden oder aus touristischen Gründen nicht erwünscht sind.

Induktive Kopplung

Dem Prinzip der Schleifkontakte strukturell nicht unähnlich sind die Lösungen der induktiven Kopplung. Daheim findet man diese Form der Stromübertragung meist in den elektrischen Zahnbürsten oder den Induktionskochfeldern. Da In-

duktion berührungslos funktioniert, gibt es keine Kontakte die nass werden könnten und somit auch keine Gefahr von Kurzschlüssen. Was im Badezimmer oder in der Küche von Vorteil ist, hat auch im rauen Alltag unter freiem Himmel seinen Reiz.

Bei der Induktion wird durch eine elektronische Schaltung in einer Primärspule ein hochfrequentes Feld erzeugt. Dieses überträgt Energie auf eine Sekundärspule im Verbraucher (Zahnbürste, Elektroauto, etc.). Es ist eine Art „Radiosender“, nur ist die Sendestrecke extrem kurz (wenige Zentimeter) und die übermittelte Stromleistung vergleichsweise hoch (bis zu einigen Kilowatt). Die Übertragung klappt besonders gut, wenn die beiden Spulen optimal aufeinander abgestimmt und zueinander ausgerichtet sind. Der Wirkungsgrad der Energieübertragung kann bis zu 95% betragen.

Man kann die Primärspule direkt in den Fahrweg einbauen, womit das System dem einer Oberleitung ähnlich wird. Die



Bild 3: Autonome Industriefahrzeuge werden durch Induktionsschleifen gelenkt und gleichzeitig mit Energie versorgt.



Bild 4: Ein mobiles Induktionsladesystem lädt einen Toyota RAV4-EV auf einem Campingplatz mit Strom aus der Steckdose.

Fahrzeuge brauchen keine Batterie solange sie sich über den Induktionsschleifen bewegen (siehe Bild 3). Dieses Verfahren wird heute vor allem in Industriehallen verwendet.

Im Bereich des ÖPNV hat man die Induktion im Zusammenhang mit Elektrobussen mit kleinen Batterien erprobt. Die Busse waren mit den Akkus nur in der Lage von einer Endhaltestelle zur nächsten zu fahren. Dort konnte dann über Induktion die notwendige Energie für die nächste Tour nachgeladen werden. Da die Routen bekannt sind, ist die Installation eines solchen Systems recht einfach und vor allem für den Busfahrer bequem, da er nicht jedes Mal von Hand eine Kabelverbindung zum Stromnetz herstellen muss, denn bei Induktion genügt ja das Parken an der richtigen Stelle.

Der größte Feldversuch wurde zwischen 1990 und 2000 in Kalifornien gemacht. Eine induktive Ladelösung war damals der Standard für dortige Elektroautos. Zwar musste hierzu auch ein Kabel bis zum Auto gezogen werden, aber die Kopplung der Ladestation mit dem Auto erfolgte nicht über eine Steckverbindung, sondern über ein „Paddle“ mit Induktionsspule. Ladeleistungen bis 50 kW wurden ausprobiert, doch waren die dazugehörigen Stationen so groß wie ein amerikanischer Doppeltürkühlschrank. Je Kilowatt Ladeleistung musste man auf Seiten der Ladestation mit Kosten von gut 500 Euro rechnen. Will man Strom aus dem Auto in das Netz zurückspeisen, also den Stromfluss umkehren, so wird der Aufbau noch komplizierter und damit noch teurer. Zudem sind die Aspekte der elektromagnetischen Abstrahlung und Verträglichkeit (EMV) sehr komplex. Wenn man bedenkt, welche Gesundheitsfragen sich bereits bei 2 Watt Sendeleistung eines Handys stellen, wie steht es dann um die Wirkung von Ladestationen

mit 50 Kilowatt? All diese Gründe führten dazu, dass Kalifornien die Induktionslösung zu Gunsten eines Steckerkontakt-Systems aufgegeben hat.

Das eigentliche Strukturproblem ist jedoch in Bild 4 gut zu erkennen. Es kommt zwar aus jeder Steckdose Strom, auch am Campingplatz, aber nirgendwo gibt es öffentliche Hochfrequenz-Hochenergie-Spulen. Folglich muss der Fahrer eines Elektroautos einen entsprechenden „Adapter“ immer selber mitführen. Der wetterfeste Adapter wiegt in diesem Fall rund 25 kg und ist faktisch ein vollwertiger Hochfrequenz-Induktionsstrom-Generator mit 4,5 kW Leistung. Wer so ein Gerät aus dem Kofferraum heben kann, der ist nicht weit weg vom Batteriewechseln. In einem Leichtmobil wie dem Twike bringt der gesamte Lithiumakkusatz etwa 50 Kilogramm auf die Waage.

Wechselbatterie

Das Wechseln ganzer Akkus ist durchaus üblich. Im Umfeld von elektrischen Gabelstaplern wird es gemacht und auch bei LKWs, wie z.B. dem englischen Modec Van, besteht diese Möglichkeit. Je kleiner die Fahrzeuge und je leichter die Batterien werden, desto einfacher gestaltet sich dieser Vorgang. Bei elektrischen Fahrrädern, wie den E-Bikes oder Pedelecs, sind Wechselakkus oft ein entscheidendes Verkaufsargument (Bild 5), da die Kunden den teuersten Teil ihres Fahrrades nicht gerne auf der Straße zurücklassen wollen und in der eigenen Wohnung das Aufladen auch viel einfacher fällt als unten vor dem Hochhaus.

Aber auch ganz große Akkus kann man komplett austauschen. Während der Olympiade 2008 in China wurden in vollautomatischen Wechselstationen die leeren Stromspeicher der Omnibusse durch volle ersetzt (Bild 6).

Wirkliche Vorteile bietet ein Wechsel-

akkusystem vor allem für Einsatzzwecke, bei denen mit schweren Fahrzeugen lange Strecken zurückgelegt werden müssen und keine Zeit zum Nachladen bleibt. Hier ist es aber auch denkbar, dass ein Autofahrer einfach das Verkehrsmittel wechselt (z.B. zur Bahn) oder ein Elektrohybridfahrzeug mit Range-Extender wählt.

K.O. Kriterien

Schaut man sich die Kenndaten von typischen Elektro-PKWs an (Tabelle 2) und verknüpft diese Rahmenbedingungen mit den spezifischen strukturellen Vor- und Nachteilen der einzelnen Formen der Stromübertragung (Tabelle 1), so kristallisieren sich für einige Technologien deutliche K.O.-Kriterien heraus.

Solarzellen auf Fahrzeugen können sicherlich gute Dienste leisten, aber zur alleinigen Versorgung wird man im Automobil bis auf weiteres nicht auf diese Technik setzen können, da wir schließlich auch (oder „vor allem“) im kalten Winter (auto)mobil sein wollen.

Die Nutzung von Oberleitungen und Induktionsschleifen scheidet neben einer zwingend notwendigen Standardisierung vor allem an der banalen Tatsache, dass Elektro-PKWs sich ja vor allem überall dort bewegen müssen, wo es keine Eisenbahn und keinen ÖPNV gibt. Eine so aufwändige Infrastruktur wie ein Oberleitungsnetz wird man in den nächsten Jahrzehnten nicht in jedes Dorf ziehen können, denn selbst bei der Bahn sind ja bis heute die meisten ländlichen Trassen noch nicht elektrifiziert.

Das größte Problem am Wechselakku für PKWs ist die notwendige Standardisierung der physikalischen Abmessungen und Haltevorrichtungen, aber auch von Batteriespannung, der Kommunikation zur Überwachung des Speichers oder Details wie der Anbindung an ein



Bild 5: Der Wechselakku eines Pedelecs ist klein, handlich und lässt sich einfach tauschen bzw. zur Ladestation tragen.



Bild 6: Ein vollautomatisches Wechselbatteriesystem für Omnibusse während der Olympiade 2008 in China.

fahrzeugseitiges Kühlsystem. Auf diesen Gebieten Einigkeit zu erzielen ist im heutigen, frühen Stadium der Entwicklung schon schwer genug. Da jeder dieser Punkte aber wiederum Auswirkungen auf die technischen Eigenschaften und das Erscheinungsbild eines Fahrzeuges hat, ist eine herstellerübergreifende Standardisierung auf absehbare Zeit mehr als nur unrealistisch. Dennoch können sich Wechselakkus in Nischen und Inselsystemen (Beispiel „Better Place“) als praktikabel erweisen.

Eine zentrale Erkenntnis aus Tabelle 2 liegt darin, dass Elektroautos eine Energieeffizienztechnologie sind. Auf den durchschnittlichen 30 Tageskilometern wird Strom für lediglich 1,20 Euro verbraucht. Daraus folgt, dass die Infrastruktur ebenfalls extrem kostengünstig sein muss, damit deren Refinanzierung nicht den Wert der eigentlichen Ware „Strom“ übersteigt. Alleine deshalb scheiden technisch aufwändige und damit teure Lösungen wie induktive Ladestationen oder roboterartige Andocksysteme bereits aus, ganz ungeachtet der vielen Fragen rund um Vandalismussicherheit, Wintertauglichkeit, Langlebigkeit oder der Praxis-tauglichkeit in chaotischen Parkplatzsituationen.

Unsere Empfehlung

Letztlich bleibt aus unserer Sicht nur eine Netzintegration mit Kabel und Stecker, wie bei allen heutigen Elektrogeräten. Dies geht mit minimalen Kosten und erlaubt dennoch die höchste Flexibilität für den Nutzer, da auch der Zugriff auf die bestehende Strominfrastruktur erleichtert wird. In diese Richtung gehen auch die Empfehlungen der IEC 61851, der internationalen Norm für Elektrofahrzeuge. Dort werden hierfür drei Fälle (Case A bis C) und vier Modi definiert (siehe Bild 8). Warum wir Case B nicht für sinnvoll halten, weshalb Case C zwangsläufig zu Modus 4 (Schnellladestationen) gehört und nicht für die normale Netzintegration eingesetzt werden sollten und welche Anforderung wir an die Steckverbindung an den Ladepunkten stellen, wird in den nächsten Teilen dieser Serie erörtert.

Viele Entscheidungen sollten nicht nur auf der Basis des technisch Machbaren getroffen, sondern primär vor dem Hintergrund der Ergonomie, also der Nutzerfreundlichkeit entschieden werden.

ZUM AUTOR:

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



Bild 7: Aufgrund der geringen Kosten und der großen Flexibilität wird die Kombination aus Stromstelle (der Ladesäule) und Ladekabel mit Steckkontakt bis auf weiteres die dominierende Infrastruktur für individuelle Elektroautos bleiben. Automatische Systeme scheitern am Preis und der Tatsache, dass auch im ordentlichen Deutschland auf den Parkplätzen keine mathematisch exakte Ordnung, sondern eher geregelt Chaos herrscht.

Technische Aspekte der Energieübertragung

PKW			Tankstelle		
Motorleistung (kW)	Energieverbrauch (kWh/100km)	Fahrtweg (km/d)	Ladeleistung (kW)	Tankzeit (Stunden)	Umsatz (Euro/d bei 20 Cent/kWh)
50	20	100	10	2,00	4,00
50	20	30	2	3,00	1,20
30	15	100	2	7,50	3,00
30	15	30	2	2,25	0,90
30	15	30	10	0,45	0,90
3	5	30	2	0,75	0,30

Tabelle 2: Ein Vergleich typischer Energieverbräuche in Elektrofahrzeugen und der sich ergebenden unterschiedlichen Ladevorgänge. Aufgezeigt werden soll vor allem, dass trotz geringer Ladeleistung (2–10 kW) die Ladezeiten meist überschaubar kurz ausfallen und die Umsätze durch Stromverkauf sehr niedrig sind.

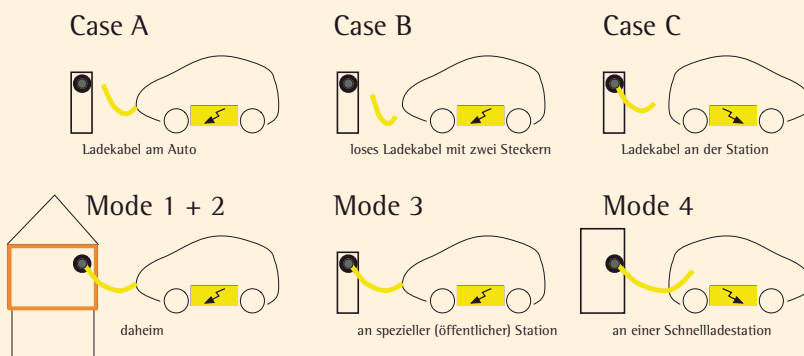


Bild 8: Die unterschiedlichen Modi und Fälle der internationalen Norm IEC 61851 für das Laden eines Elektrofahrzeuges aus dem Stromnetz.



24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

The most inspiring Platform for the global PV Solar Sector



**CCH Congress Centre and International Fair
Hamburg, Germany 2009
Conference 21-25 Sept. • Exhibition 21-24 Sept.**

pv.conference@wip-munich.de • www.photovoltaic-conference.com