

# DIE NETZINTEGRATION VON ELEKTROFAHRZEUGEN

## TEIL 2 DER SERIE: AN WELCHER STELLE DES FAHRZEUGES SOLL DER ANSCHLUSS AN DAS STROMNETZ ERFOLGEN?

**E**in Elektroauto braucht zum Fahren lediglich ein bisschen Strom. Dieser kommt bekanntlich aus jeder Steckdose und davon gibt es bei uns viele Millionen. Doch fast alle Steckdosen dieser Welt sind aus Sicht des Autos auf der falschen Seite der Wand montiert und damit in der Praxis nicht erreichbar. Bereits dieser Umstand ist ein ernst zu nehmendes Hindernis für die Akzeptanz der Elektrofahrzeuge und einer der Gründe, warum dem geregelten Ausbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur frühzeitig eine hohe Aufmerksamkeit zukommen sollte.

Die Netzintegration von Elektrofahrzeugen ist ein weites Feld und wie in anderen Bereichen sind auch hier viele Aspekte miteinander vernetzt. Trifft man an einer Stelle eine bestimmte Entscheidung, so hat dies strukturbedingt an-

derswo meist automatisch weitere Konsequenzen.

Im ersten Teil dieser Artikelserie haben wir aufgezeigt, dass es bei Elektrofahrzeugen zwar viele denkbare Varianten der Energieübertragung gibt, aber für das Elektroauto in der Anfangsphase wohl nur die Netzintegration mit Kabel und Stecker mit vertretbarem Aufwand und kalkulierbarem Technologierisiko machbar erscheint.

### Netzintegration

Im normalen Dasein eines klassischen Benzin-Automobils gibt es grob drei unterschiedliche Zustände:

- **Fahren** – das Auto bewegt sich auf einem Fahrweg von A nach B und steht nur vor Ampeln oder im Stau.
- **Tanken** – der Wagen steht weniger als 5 Minuten und füllt in dieser

Zeit an einer Tankstelle hochkonzentrierte Energie nach.

- **Parken** – das Fahrzeug wird an einem Ort abgestellt und verbleibt dort für einige Stunden oder gar Tage.

Wenn wir heute von der Strom"tank"-stelle reden, dann haben wir im Kopf meist das Bild vom „Benzintanken“. Niemand steht wirklich gerne an der Tankstelle. Tanken ist ein notwendiges Übel und im Prinzip „fährt man nur mal schnell durch die Tankstelle durch“. Auch die Tankstellenbetreiber wollen möglichst viele Kunden in kurzer Zeit bedienen. Der Ablauf des Vorgangs prägt somit auch die technische Umsetzung, den je höher die Nutzerfreundlichkeit – also die Ergonomie – desto weniger Probleme treten auf und desto weniger Zeit geht sinnlos verloren.

### Denkbare Anschlusspositionen für die Netzanbindung

#### ++ Parksituation, - evtl. unergonomische Höhe

(Beispiele: Audi Duo, VW CityStromer, GM EV1, Toyota RAV (ind.), Volvo ReCharge, Subaru G4e, VW TwinDrive, Open Startlab, Pininfarina B0, DuraCar Quicc, ...)

+ Kurzer Weg für den Fahrer

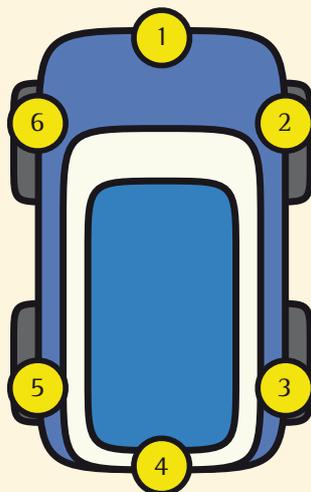
- Parksituation

(Beispiele: Think City, GM Saturn Vue, GM Volt, ...)

+ ergonomische Höhe

-- Parksituation

(Beispiele: Mitsubishi iEV (DC), Tesla Roadster, VW Space Up Blue, BMW Mini E, ...)



+ ergonomische Höhe

+ Parksituation

(Beispiele: Toyota RAV (cond.), Citroen Saxo, SVE Cleanova, Renault Elect'road, Daimler PHEV Sprinter, ...)

+ ergonomische Höhe

(Beispiele: Mitsubishi iEV (AC), Subaru R1e (AC), Toyota Prius PHEV, Smart ED, ...)

+ Nähe zu "Kofferraum(batterien)"

(Beispiele: VW TwinDrive, div. Prius Umrüstungen, CityEl, ...)

Grafik 1: Es gibt unterschiedliche Stellen, an denen man am Fahrzeug die Netzanbindung vorsehen kann. Jeder dieser Punkte hat seine spezifischen Vor- und Nachteile und es gibt für alle Praxisbeispiele, an denen man die Umsetzung studieren kann.

## Eine Frage der Ergonomie

Die Gründe, warum beim Benzinauto der Tankstutzen hinten an der Seite platziert wird, sind naheliegend. Der Motor des Autos sitzt in der Regel vorne, damit ist hinten reichlich Platz für den Brennstofftank und zwischen den Hinterrädern ist er bei Unfällen auch gut geschützt. Da man an der Tankstelle an den Tanksäulen praktisch vorbeifährt, bzw. durch die Tankstelle mehr oder minder in Fahrtrichtung hindurchfährt, macht ein seitlicher Tankstutzen den meisten Sinn. Es entsteht automatisch ein kurzer Abstand zur Tanksäule, deren Tankschlauch in seiner Länge zwangsläufig beschränkt ist. Ob man den Tankdeckel rechts oder links hat, spielt keine Rolle, da man an beiden Seiten einer Tanksäule anhalten kann. Jeder Hersteller hat hier seine historische Vorliebe. Das Tanken und Bezahlen dauert ein paar Minuten. Während des Vorgangs ist die Tanksäule blockiert, doch da der gesamte Vorgang inklusive Bezahlen nur einige Minuten dauert, und niemand an diesem mit giftigen Dämpfen und unangenehmen Gerüchen belasteten Ort deutlich länger verweilen will, als unbedingt notwendig, stellt das Blockieren des „Stellplatzes“ für den Tankstellenbetreiber kein Problem dar. Das System ist auf hohen Durchsatz an einem Ort optimiert.

Bei einem Elektroauto würde das heutige Tanken eher einer Schnellladung (mit über 50 kW Leistung) oder dem Batteriewechsel entsprechen. Beide Vorgänge

könnten ebenfalls in wenigen Minuten abgeschlossen werden. Doch das normale Aufladen der Batterien an einer Steckdose dauert nicht ein paar Minuten, sondern eher ein paar Stunden. Zusätzlich zum Fahren, Tanken und Parken kommt also beim Elektrofahrzeug noch ein vierter Zustand hinzu:

- **Netzintegration** – das Fahrzeug parkt, ist dabei aber mit dem Stromnetz verbunden und tauscht mit ihm Energie aus.

## Das Loch im Blech

Das Anbringen einer Steckdose oder eines Ladekabels ist vergleichsweise einfach, da man ja „nur“ ein Loch im Blech braucht. Es gibt viele Positionen die an einem Fahrzeug denkbar sind (siehe Grafik 1) und faktisch wurde auch schon jede davon mehrfach in dem einen oder anderen Elektrofahrzeug ausgewählt und damit ausprobiert.

Da es sich bei den meisten Testfahrzeugen um Umrüstungen von normalen Benzinautos handelt, sind die Entwickler meist der Versuchung erlegen und haben den fahrzeugseitigen Stromanschluss in das Loch unterhalb des bestehenden Tankdeckels integriert. Dies macht den Ingenieuren am wenigsten Arbeit.

Neben dem üblichen Tankdeckel wird auch gerne der Kofferraum gewählt, da bei Umrüstungen hier oft die zusätzlichen Batterien untergebracht werden. Ein Loch für die Steckdose unterhalb

der Stoßstange oder noch einfacher, das Kabel direkt aus dem Kofferraum herausziehen, erfüllt für den Bastler schon den Zweck.

Doch denkt hier eigentlich jemand an den normalen Autofahrer oder gar die Mitmenschen? Diese müssen ja letztlich die Lösungen akzeptieren.

## Parkplätze und Parkstreifen

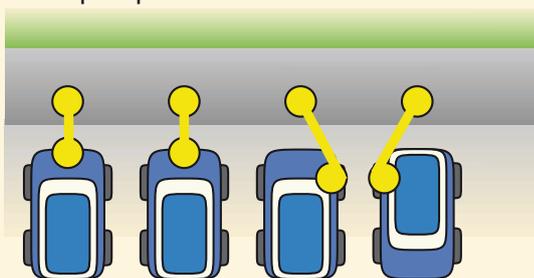
Wenn man viele Fahrzeuge auf möglichst wenig Platz unterbringen will, dann baut man Parkplätze. Hierbei soll mit möglichst geringem Anteil an Fahrwegen möglichst viel Stellfläche erschlossen werden. Dies führt automatisch dazu, dass die Autos quer zur Fahrtrichtung abgestellt werden. Diese Anordnung findet man auf allen Großparkplätzen, in allen Parkhäusern und Tiefgaragen, als auch in den normalen Garagen der Wohnsiedlungen. Auf Parkplätzen und in Garagen wird bei uns die überwiegende Anzahl der Autos vorwärts, also mit der Fahrzeugnahe zur Wand, eingeparkt.

Wo neben der bestehenden Fahrspur nur wenig Platz ist, werden Autos auf Parkstreifen entlang der Straßen abgestellt. Diese Form dominiert in den Innenstädten. Bei Parkstreifen ist man meist gezwungen rückwärts in die Parklücken einzurangieren. Für viele Autofahrer ist dies eher unangenehm.

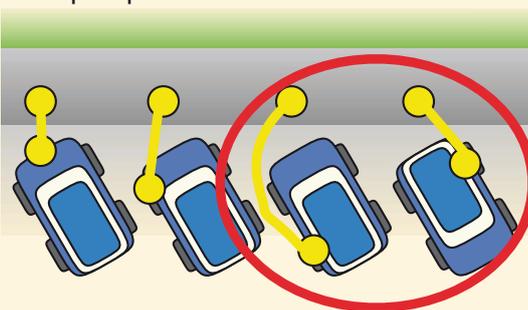
Die Wahl der Anschlussstelle am Auto führt im Parkraum automatisch zu einer ganz bestimmten Kabelführung, wenn

Das Elektroauto im Parkraum und die typischen Kabelführungen

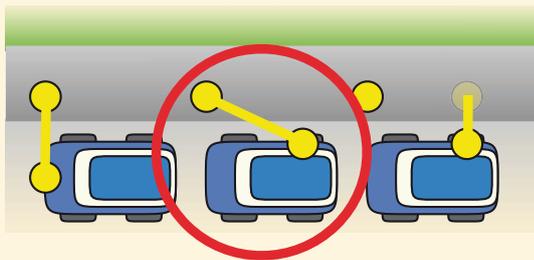
Großparkplatz A



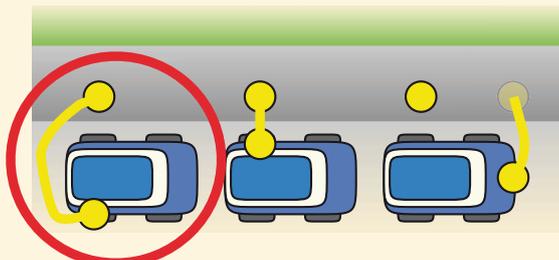
Großparkplatz B



Parkstreifen „DE, FR, ...“



Parkstreifen „GB, JP, ...“



Grafik 2: Je nach Parksituation und Wahl der Anschlussposition ergeben sich automatisch die notwendigen Kabelstrecken für den Netzanschluss. Viele Kombinationen sollten aus Gründen der Unfallverhütung im öffentlichen Raum nicht geduldet werden.



Bild 1: Der Think City hat eine Ladebuchse auf der Fahrerseite.



Bild 2: Die Ladeklappe des Sprinter PHEV

man das Auto dort an eine Steckdose anschließen will. In Grafik 2 haben wir unterschiedliche Varianten aufgezeigt. Nicht enthalten sind unter anderem die für die Praxis durchaus relevanten Fälle, in denen eine Stromstelle zwei Fahrzeuge versorgen kann, so wie man es auf Großparkplätzen aus Kostengründen in Zukunft sicherlich öfters vorfinden wird.

### Stolperfalle „Ladekabel“

Einige Kabelführungen sind gefährlich und wurden in der Grafik rot markiert. Die Hauptgefahr besteht in der Länge des Kabels oder in der Art, wie man das Auto einparken muss, wenn man kurze Abstände erzielen will oder muss.

Je länger das Kabel, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass jemand über das Kabel stolpert oder dass ein benachbartes Fahrzeug auf dem Kabel zum Stehen kommt und man dann nicht mehr wegfahren kann, ohne das Kabel am Ort zurückzulassen oder zu warten, bis der Nachbar ebenfalls den Parkplatz verläßt.

Es ist ferner zu beachten, dass es Länder mit Links- und mit Rechtsverkehr

gibt. Eine Ladebuchse an der rechten Fahrzeugseite mag in Frankreich noch praktisch sein, doch falls das Auto einmal über den Kanal nach England fahren sollte, so wird dort das Ladekabel garantiert immer auf der falschen Seite und damit in vielen Fällen auch zu kurz sein.

Es wird auch deutlich, dass eine Lösung, die auf den Parkstreifen der Laternenparker noch akzeptabel sein könnte, meist im Parkhaus nicht mehr sinnvoll ist.

### Beispiel „Think“

Der norwegische Think wurde als reines Elektroauto entwickelt. Die Buchse zum Anschluss eines Ladekabels wurde an der Fahrerseite angebracht. Um die Klappe bei angestecktem Kabel verschliessen zu können, wurde in der Karosserie eine Rinne für das Kabel vorgesehen. Damit der Fahrtwind das Regenwasser nicht hineindrückt, zeigt diese nach hinten. Da das Kabel durch die Schwerkraft den Drang hat nach unten zu fallen, ist das ordentliche Verschließen der Klappe sicherlich umständlich, womit die Klappe im Alltag wohl meist offen bleiben wird.

### Beispiel „Sprinter“

Bei dem zum Elektrohybridauto umgebauten Daimler Sprinter kann man die Ladeklappe überhaupt nicht verschliessen, wenn der Stecker in der Buchse sitzt. Er ist damit in Phasen der Netzintegration immer Wind, Regen, Schnee und Eis ausgesetzt. Als Ort wurde die Position vorne rechts gewählt, womit das System zumindest in Ländern mit Rechtsverkehr kurze Kabellängen erlauben würde. Dennoch wird dem Fahrer aber immer der Weg um das halbe Auto abverlangt.

### Beispiel „Mini“

Da der BMW Mini seinen Tankdeckel links hinten hat, ist dort auch die Strombuchse gelandet. Daraus ergibt sich automatisch die Notwendigkeit zu extrem langen Kabeln (bis 7 Meter), sofern man an üblichen Ladepunkten Anschluss finden will. Aufgrund der hohen Ladeleistung des Systems war BMW auch zu einem sehr dicken Kabel gezwungen. Dieses ist zu schwer um in der Luft zu „schweben“ und wird folglich meistens



Bild 3: Der BMW Mini E bedarf eines extrem langen Ladekabels, weil die Ladebuchse unter dem Tankdeckel hinten links sitzt.



Bild 4: Better Place liefert zwar ein schönes Bild für die Presse, doch aus ergonomischer Sicht ist das gezeigte System nicht durchdacht.



**Bild 5:** Eine nahezu perfekte Lösung bietet der Pininfarina BO. In einem breiten Ladekabelfach, das von den Seiten als auch von vorne optimal zu erreichen ist, wartet das bereits angeschlossene Ladekabel griffbereit in ergonomischer Höhe.



www.pininfarina.com (2)

auf dem Boden im Dreck liegen und somit den Autobesitzer eher abschrecken.

### Beispiel „Better Place“

Ende 2008 stellte Better Place seine erste Stromstelle vor. Ausgehend von einem normalen Benzinauto wurde beim „Better Place Elektro-Renault“ die Ladebuchse ebenfalls in den Tankdeckel eingebaut. Diese Fehlentscheidung führt nun dazu, dass man die Ladesäule weit nach hinten zum Fahrzeugheck bringen muss, um kurze Kabellängen zu erzielen (siehe Bild 4). Immerhin wählte Better Place ein kurzes Spiralkabel, welches nicht am Boden im Straßendreck enden soll. Eine Ladebuchse an der Wand in einem Parkhaus würde man mit dem kurzen Spiralkabel jedoch nur dann erreichen, wenn das Auto rückwärts eingeparkt wird.

Alle vier bisher genannten Beispiele sind unergonomisch und haben zudem noch eines gemeinsam: Das Ladekabel ist nicht fest mit dem Auto verbunden, sondern irgendwo im Fahrzeug untergebracht. Meist landet es im Fußraum des Beifahrers, oder auf dem Rücksitz oder im Kofferraum. Auch hierfür ist der Grund recht einfach. Im Tankdeckel ist nur Platz für eine Buchse. Das Kabel passt dort eben nicht rein.

### Vorbild „Pininfarina“

Wirklich gute Beispiele für eine ergonomische Netzanbindung sind bisher schwer zu finden. Das derzeit mit Abstand beste Beispiel ist die Lösung des Pininfarina BO („BlueCar“). Vermutlich aufgrund ähnlicher systemischer Überlegungen, wie denen dieses Artikels, sind die Designer von Pininfarina zu der Erkenntnis gekommen, dass die Stromanbindung vorne am Fahrzeug erfolgen muss. Wenn man nicht nach dem Kabel suchen will, dann muss das Kabel eben genau dort liegen, wo es gebraucht wird.

Aus dieser Erkenntnis heraus hat man

vor der Windschutzscheibe über die ganze Fahrzeugbreite ein Kabelfach integriert. Dieses wird von einer Klappe verschlossen, die sich automatisch von innen öffnen lässt. Das Fach befindet sich auf einer ergonomischen Höhe, so dass man sich nicht bücken muss, um an das Spiralkabel zu gelangen. Sowohl Fahrer als auch Beifahrer haben optimalen Zugang. Neben dem Ladekabel ist dort u.a. auch die Nachfüllöffnung für die Scheibenwischflüssigkeit untergebracht.

Wenn das Auto über mehrere Stunden bei Wind und Wetter am Netz hängt, ist der Deckel nicht nur geschlossen, sondern auch verriegelt. Damit kann niemand das Kabel klauen.

Einen ähnlichen, wenn auch nicht ganz so durchgestylten Ansatz, verfolgt man derzeit auch bei anderen reinen Elektroautoentwicklungen wie beim Open Startlab oder auch dem DuraCar Quicc.

### Unsere Empfehlung

Die bequemste Netzanbindung wäre sicherlich eine automatische, die ohne

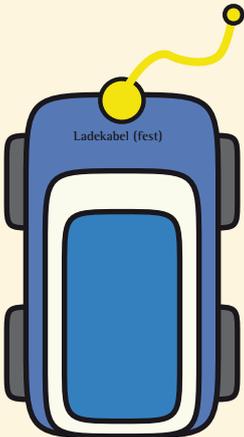
das Zutun des Besitzers auskommt. Doch solange der Autobesitzer mit einem Kabel eine Verbindung zwischen dem E-Fahrzeug und der Infrastruktur herstellen muss, steht aus Gründen der Ergonomie fest, dass sich die Stelle der Anbindung zwangsläufig vorne am Wagen befinden muss. Alle anderen Varianten haben grundlegende Schwachstellen und machen es für den Fahrer unattraktiv, das Auto an das Netz anzuschließen. Doch nur E-Autos, die am Netz hängen können das Netz stabilisieren. Folglich muss gerade dieser Vorgang so einfach und bequem wie nur irgendwie denkbar sein.

Welche Rolle dabei der Stecker spielt und welche Steckervarianten es bisher gibt, das soll Teil 3 der Serie zusammenfassen.

### ZUM AUTOR:

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

**Netzintegration findet vorne statt**



- + Netzintegration mit bis 20 kW bei dreiphasiger Anbindung machbar.
- + Gleiches Verhalten in Ländern mit Links- und Rechtverkehr.
- + 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.