

# TANKSTELLEN DER ELEKTROMOBILITÄT

## TEIL 2: LADEN UNTERWEGS



Quelle: Powerswap AB

Bild 1: Akkutausch von der Seite mit dem schwedischen Powerswap-System

In der letzten Ausgabe der SONNEN-ENERGIE beschäftigten wir uns mit dem Laden an Ladestationen. Dieser Teil betrachtet das Laden fernab von Ladesäulen, Steckdosen oder Wallboxen.

### Beim Fahren

Straßenbahnen und O-Busse beziehen traditionell ihre Energie beim Fahren aus Oberleitungen; künftig kommen auch Oberleitungs-LKW dazu. Doch dieses Verfahren funktioniert beim E-Auto wegen der geringeren Fahrzeughöhe nicht – andernfalls müsste der Wagen ein riesiges „Stromabnehmer-Gewei“ tragen, das jede Stromlinie ruinieren würde. Doch welche alternativen Verfahren gibt es?

### Stromschienen

Vielleicht hat die gute alte Carra-Rennbahn dabei Pate gestanden; jedenfalls hat sich die schwedische Firma Elways AB<sup>1)</sup> ein ähnliches Verfahren patentieren lassen. Sogar eine erste Teststrecke gibt es bereits: die „eRoadArlanda“ vom Frachtterminal des Flughafens Arlanda zum Gewerbegebiet Rosersberg

außerhalb von Stockholm. Zwar ist die Strecke in erster Linie für LKWs gedacht, aber die in die Fahrbahn eingelassene Stromschiene können genauso gut auch PKWs nutzen. Alles was LKWs und PKWs brauchen, ist ein sich vom Fahrzeugboden in die Schiene herabsenkender Lade-„Schuh“, der sich bei Fahrspurwechseln automatisch wieder hebt.

Vorteile: Einfache Technik ohne Stecker-Suche, die auch im Winter funktioniert.

Nachteile: flächendeckende Stromschienen-Straßen sind nicht billig, da sie in die vorhandenen Straßen eingearbeitet werden müssen; die heutigen E-Autos müssten mit „Stromschuhen“ nachgerüstet werden und verlören dabei etwas Bodfreiheit und Stromlinie.

Etwas anders funktioniert das Elonroad-System<sup>2)</sup> aus dem südschwedischen Lund. Hier ist die Stromschiene als 5 cm hohe und 30 cm breite Erhöhung auf der Straße angebracht, so dass weniger Straßenbauarbeiten zu erwarten sind. Doch auch hier braucht der Wagen einen Stromabnehmer am Unterboden.

### Induktion

Induktionssysteme funktionieren heute meist nur mit parkenden oder zumindest haltenden Fahrzeugen – doch das soll sich ändern: so will das Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in Seoul bei seinem OLEV-Projekt 5 bis 15% der Straßenfläche mit Induktionsspulen ausstatten.<sup>3)</sup> Um ganze Straßen flächendeckend damit auszubauen, kann ein neuer leitfähiger Beton dienen, den die australische Firma Talga Resources in Kooperation mit der deutschen Heidelberg Zement entwickelt hat.<sup>4)</sup> Wie sich solche Systeme im städtischen Alltagsverkehr verhalten – etwa wenn größere Zahlen E-Autos nach einem Stau oder einer längeren Ampelschaltung plötzlich auftreten, ist noch nicht erforscht. Um das Induktionsverfahren nutzen zu können, müsste man eine Aufnahmespule in den Wagenboden der E-Autos einbauen – dort wo heute die Akkus sitzen.

### Akku-Anhänger

Eine der ältesten Ladetechniken für Langstrecken ist der Akku-Anhänger:



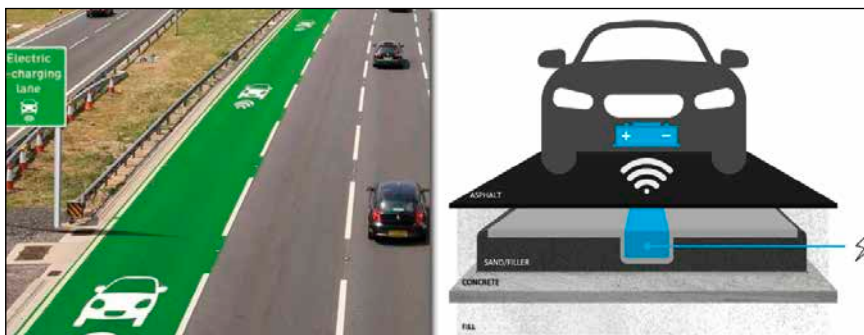
Quelle: ELONROAD <http://elonroad.com>

Bild 2: Die Stromschiene auf dem Asphalt von Elonroad.

Schon Louis Palmer hatte 2007 einen Akku-Anhänger an seinem Solartaxi, mit dem er die Welt umrundete.<sup>5)</sup> Dabei füllt der Akku im Anhänger den im Auto kontinuierlich auf. Inzwischen ist es relativ ruhig um diese Technik geworden, zumal die Akku-Kapazitäten der heutigen E-Autos für die meisten Alltagsstrecken mehr als ausreichend sind. Heute bietet die Firma EP Tender aus Poissy/Frankreich einen solchen Range-Extender an, und auch die aufgelöste Nomadic Power in Darmstadt arbeitete an einem 85 kWh-Anhänger. Vorteile: der E-Auto-Fahrer kann sich den großen Akku leihen, wenn er ihn wirklich braucht. Besitzt er ihn selbst, kann er ihn tagsüber an der PV-Anlage laden, selbst wenn er mit dem Auto unterwegs ist. Nachteile: der Akku-Anhänger ist schwerer und hat einen höheren Luft- sowie Roll-Widerstand als es ein gleich großer Akku im Auto hätte. Zudem fehlen vielen E-Autos die Anhängerkupplungen und der Stromanschluss im Heck.

### Wechselakkus

Wechselakkus fanden erstmals Verbreitung durch die 2007 gegründete Firma Better Place<sup>6)</sup> aus Palo Alto/Kalifornien und ihre Kooperation mit dem Autokonzern Renault, der für dieses Projekt u.a. eine Version des Renault Fluence beisteuerte. Technisch geht es bei diesem System darum, den im Fahrzeugboden befindlichen, dann leeren Akku aus dem Rahmen heraus zu nehmen und ihn in kürzester Zeit durch einen vollen Akku zu ersetzen. Dazu muss ein Netz von Wechselstationen aufgebaut werden, in denen der Fahrzeugbesitzer seinen gemieteten Akku gegen einen frisch geladenen umtauschen kann. Dies tat Better Place in kleinen Ländern ohne eigene Autoindustrie wie Israel und Dänemark. Doch die Systemkosten für die Wechselstationen trieben die Firma 2013 in die Insolvenz. Dennoch ist die Idee damit nicht tot, zumal Wechselakkus zum Laden in der eigenen Wohnung bei Motorrollern/Scootern heute weit verbreitet sind.



Quelle: Talga Resources Ltd.

Bild 3: Symbolbild und Funktionsschema des Induktions-Betons

Schon zu Zeiten von Better Place wurde im Rahmen des staatlich geförderten Projekts GridSurfer (2009 bis 2011) auf dem Gelände des EWE-Forschungszentrums Next Energy in Oldenburg Deutschlands erste Batteriewechselstation für Elektrofahrzeuge in Betrieb genommen.<sup>7)</sup> Tesla hat um 2013 mit der Idee des Wechselakkus geliebäugelt<sup>8)</sup>, sich aber dann für die hauseigenen Supercharger entschieden, auch wenn man sich weiterhin in diesem Segment durch eigene Patente absichert.



Quelle: solartaxi.com/Louis Palmer

Bild 4: Das Solartaxi in Perth/Australien

Heute werkeln verschiedene Firmen an Wechselakkus: das Stockholmer Startup



Powerswap AB will die Akkus seitlich aus dem Auto ziehen, bei Atmo Auto Power LLC aus San Francisco sollen die Fahrzeuge die leeren Akkus auf eine Ladeplattform ablegen und dann zum nächsten vollen Akku gezogen werden.<sup>9)</sup> Selbst in Indien arbeitet man schon an Wechselakkus für Omnibusse und dreirädrige Rikschas.<sup>10)</sup> Im November 2018 kündigte der erst 2014 gegründete chinesische E-Auto-Hersteller NIO an, für die Kunden seines siebensitzigen SUVs ES8 ein Netz von Akku-Wechselstationen aufzubauen.<sup>11)</sup> Die ersten 18 Stationen entstehen entlang der 2.285 km langen Nord-Süd-Autobahnmagistrale G4; weitere sollen folgen. Die ES8-Kunden erhalten 12 kostenlose Akkuwechsel pro Jahr.

In Deutschland werden derzeit nur händische Wechselsysteme für Leichtfahrzeuge entwickelt, so im Rahmen des Projekts Adaptive City Mobility (ACM)

oder die originellen Akku-Rollenkoffer des Mio von Onyx<sup>12)</sup> – das Laden kann so einfach sein, wenn die Fahrzeuge klein sind.

Vorteile: große Wechselakkus erlauben kurze Ladezeiten und unbegrenzte Reichweite.

Nachteile: sie machen die Autos schwerer und teurer, sie brauchen eine teure Infrastruktur und viele Reserve-Akkus. Zur Konzept-Umsetzung bedarf es der Eini-gung innerhalb der Autoindustrie und mit den Ladestations-Besitzern (Tankstellenkonzerne!) – alles nicht in Sicht.

### Tanken

Bei Flusszellen-Akkus (Redox-Flow-Batteries) werden zwei elektrisch unterschiedlich geladene Flüssigkeiten aneinander vorbei gepumpt – getrennt nur durch eine Membran, durch die der Ionenaustausch stattfindet. Durch

das Anlegen eines Stroms und das Pumpen in umgekehrter Richtung kann der Akku auch wieder geladen werden. Diese Akkus, bisher sehr groß und schwer, werden bei gleicher Leistung immer weiter verkleinert. Derzeit bieten Firmen wie Volterion aus Dortmund oder VoltStorage aus München solche Systeme auch in Heimspeichergröße an. Bis sich der Speicher auch in E-Autos verbreitet und im Alltagsgebrauch bewährt, kann es noch eine Weile dauern. Auf die ersten Exemplare Quant FE und Quantino der Liechtensteiner Firma NanoFlowCell<sup>13)</sup> warten Kunden rund zwei Jahre nach den öffentlichen Tests immer noch. Das Besondere der Technik – es gibt noch eine zweite Lademöglichkeit: an speziellen Tankstellen könnte man in wenigen Minuten die gebrauchten Elektrolyte durch frische ersetzen.

Vorteile: quasi gewohntes Tanken wie mit den fossilen Energien; das Tankstellennetz bliebe erhalten.

Nachteile: eine flächendeckende Umsetzung bräuchte Zeit und würde deutlich teurer als der Strom aus der Steckdose. Und wie bei den Wechselakkus braucht es vorab einen breiten, internationalen Konsens bei den Autoherstellern. Zudem: die Autokäufer müssen mitspielen.

### Sonne

Seit Anfang der 1960er Jahre<sup>14)</sup> träumten immer Menschen vom energieautonomen elektrischen Fahren mittels PV-Panelen auf dem Autodach, und bauten entsprechende Fahrzeuge. Doch solange es keine leistungsfähigen Lithium-Ionen-Akkus und PV-Panele mit hohem Wirkungsgrad gab, blieben die Experimente eine Spielerei. Dies hat sich in den vergangenen Jahrzehnten geändert, u.a. durch die seit 1987 in Australien stattfindende „World Solar Challenge“, und insbesondere seit man dort 2013 die viersitzige Cruiser-Klasse eingeführt hat, deren Fahrzeuge schon eine Nähe zu Alltags-PKWs haben. Immer mehr Produzenten von Alltags-E-Autos achten darauf, die Außenhaut ihrer Fahrzeuge mit PV-Panelen auszustatten: Rinspeed bei seiner Konzeptstudie „Oasis“<sup>15)</sup>, Henergy und Bluecar/Bollore bei ihrer Vereinbarung zum Bau eines gemeinsamen E-Autos, und natürlich Sono Motors bei seinem Kleinwagen Sion, der nach einem Tag in der Sonne zusätzliche 30 Kilometer fahren soll – genug für die meisten Pendler, um abends das eigene Heim aus eigener (Solar-)Kraft zu erreichen.

In ganz anderen Dimensionen denkt das niederländische Startup Lightyear<sup>16)</sup>: es baut an einem schnittigen Reisewagen, der selbst so viel PV-Strom erzeugt, dass er z.B. während eines zweiwöchigen Surf-



Bild 5: Akku-Wechselstation von BetterPlace in Dvira Junction/Südisrael



Bild 6: Der QUANTiNO 48VOLT von Nanoflowcells

Quelle: en.wikipedia/Eit Shamy CC BY-SA 3.0

Quelle: nanoFlowcell

trippis entlang der portugiesischen Küste von Porto bis Faro nicht einmal an die Steckdose muss. Hirngespinnste? Könnte man meinen – wenn nicht das Lightyear-Team praktisch eine Ausgründung des Solarcar-Teams der TU Eindhoven wäre, das bei der World Solar Challenge in der Cruiser-Klasse immer wieder die vorderen Plätze belegt. Selbst bei LKWs greift die Solarisierung um sich: schon ab Anfang 2014 hatte die Schweizer Coop einen 18-Tonner E-Truck mit 3 kWp PV-Anlage eingesetzt und dafür im selben Jahr den Europäischen Solarpreis von Euro-solar erhalten.

Doch nicht nur das: Selbst Fossil-Fahrzeuge werden immer häufiger mit PV ausgestattet. Im April 2018 stellten der Mineralöl-Konzern Shell und die US-amerikanische AirFlow Truck Company den 36-Tonnen-Stromlinien-LKW „Starship-Truck“ vor, der neben einem 400 PS-V6-Motor eine elektrisch angetriebene Achse hat, deren Akku von einer

5 kWp-PV-Anlage auf dem LKW-Dach versorgt wird. DHL setzt in Großbritannien mit Trailer ein PV-System auf seinen Diesel-LKWs ein; der Hyundai-Konzern beginnt, die Autos seiner Marken Hyundai und Kia mit PV-Dächern auszurüsten – zuerst die Verbrenner, dann die Hybriden und schließlich die E-Autos.<sup>17)</sup> Spätestens 2030 wird es keine Neuwagen ohne PV-Ausstattung mehr geben. Schon heute würgen in geografisch günstigen Regionen wie der Elfenbeinküste kleine Solartaxis ihre fossile Konkurrenz aus rein ökonomischen Gründen ab.<sup>18)</sup>

Das ist letztlich eine Revolution des Straßenverkehrs und zugleich das Ende der meisten Ladekonzepte. Denn unsere „Fahrzeuge“ sind den größten Teil des Tages über „Stehzeuge“, welche sich – Tiefgaragen einmal ausgenommen – bequem selbst mit Sonnenlicht aufladen lassen. Und der Wirkungsgrad der PV-Module steigt seit Jahren. Welcher E-Auto-Käufer ist dann noch bereit,

Geld in Strom-Schuhe, Wechselakkus etc. zu investieren oder zum teuren Tanken von Elektrolyten zu fahren, wenn er seinen Strom aus der Auto-PV und den benötigten Rest ggf. aus der eigenen Steckdose beziehen kann? Der Wunsch nach finanzieller Freiheit würde anderen Lade-Konzepten den Marktzugang erschweren, und der seit Jahrzehnten keimende Wunsch nach dem alltäglichen energie-autonomen Fahren mittels Solarenergie könnte teilweise Wirklichkeit werden. Schließlich: frei von Tankstellen und Stromnetzen würde das „Auto-Mobil“ endlich seinem Namen gerecht werden: das „Selbst-Bewegliche“.

**Quellen**

- 1) <http://elways.se/?lang=en>
- 2) <http://elonroad.com>
- 3) <https://www.bbc.com/news/technology-23603751>
- 4) [http://www.talgaresources.com/irm/PDF/2236\\_0/Talga39sGrapheneInfusedConcreteConductsElectricity](http://www.talgaresources.com/irm/PDF/2236_0/Talga39sGrapheneInfusedConcreteConductsElectricity)
- 5) <https://de.wikipedia.org/wiki/Solar-taxi>
- 6) [https://de.wikipedia.org/wiki/Better\\_Place](https://de.wikipedia.org/wiki/Better_Place)
- 7) <https://www.youtube.com/watch?v=0xRmce-ZIQg>
- 8) [https://www.tesla.com/de\\_DE/videos/battery-swap-event](https://www.tesla.com/de_DE/videos/battery-swap-event)
- 9) <http://powerswap.se/>  
<http://www.atmoclear.com/>
- 10) <http://www.sunmobility.co.in/>
- 11) [https://www.nio.io/de\\_DE/news/18-service-stations-along-g4-expressway-now-provide-free-battery-swap-service-es8-owners](https://www.nio.io/de_DE/news/18-service-stations-along-g4-expressway-now-provide-free-battery-swap-service-es8-owners)
- 12) <http://www.mio-onyx.de/>
- 13) <https://www.nanoflowcell.com/>
- 14) <https://skysolar.co.nz/1912-baker-electric-car/>
- 15) [https://www.rinspeed.eu/de/Oasis\\_21\\_concept-car.html](https://www.rinspeed.eu/de/Oasis_21_concept-car.html)
- 16) <https://lightyear.one/>
- 17) <https://logisticsofthings.dhl/trailer-5-fuel-savings-powered-by-solar-innovation/#82ku3h6AtuX-2QQJA.97>, <https://www.hyundaimotorgroup.com/MediaCenter/News/Press-Releases/hmc-solar-181031.hub#.XD4xv5xCdk8>
- 18) <https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/pollution/actualites/cote-divoire-taxi-solaires.html>



Quelle: Sono Motors

Bild 7: Prototyp des Sion mit großen PV-Flächen auf Motorhaube, Dach und an den Seiten



Quelle: Dethleffs GmbH & Co. KG

Bild 8: Dethleffs 2017 als Prototyp vorgestelltes, vollelektrisches Solarwohnmobil

**ZUM AUTOR:**

► **Götz Warnke**  
Leitung des FA Nachhaltige Mobilität der DGS

[warnke@emobility-future.com](mailto:warnke@emobility-future.com)