

# Induktives Beförderungsmittel (Seraphin & Sulaf)

Seraphin will ein Auto / einen Bus / eine Bahn bauen, welche über Induktion an den Haltestellen aufgeladen wird sowie mittels Solar- und Grätzelzellen zusätzlich mit Energie versorgt wird.

- Was es schon gibt

# Was es schon gibt

Induktives Ladesystem: Sobald der Elektrobus an einer Haltestelle mit einer Ladevorrichtung im Fahrbahnboden stoppt, wird durch eine sogenannte magnetische Resonanzkopplung Strom aus der Primärspule in der Fahrbahndecke in die Abnehmerspule am Fahrzeugboden geleitet und von dort in die Blei-Gel-Akkus, aus denen wiederum der Elektromotor seine Energie bezieht.

Das Projekt SmartRoad auf der schwedischen Ferieninsel Gotland ist revolutionär. LKWs und Busse werden auf einer Strecke von 1,6 Kilometern kontaktlos mit Strom versorgt. Kupferspulen unter dem Asphalt und die Energieübertragungstechnologie durch Induktion ermöglichen das!

Laut schwedischem Betreiber ist es die erste elektrische Straße der Welt, die Elektrofahrzeuge während der Fahrt aufladen kann. Auf der Ferieninsel Gotland, etwa 200 Kilometer südlich von Stockholm, wird ein Flughafenshuttlebus mit Hilfe der so genannten "SmartRoad" während des Fahrens mit Strom versorgt.

Bombardier Primove hat in Mannheim erstmals einen kontaktlos dynamisch ladenden Elektro-Lkw getestet. Im Versuch schalten sich hintereinander angeordnete und in den Boden eingelassene Ladesegmente nacheinander automatisch zu und ab, während das Fahrzeug mit bis zu 70 Stundenkilometer darüber fährt. Damit versorgen die 20 Meter langen Ladesegmente den Lkw mit elektrischer Energie, sowohl für die Antriebe und Nebenverbraucher als auch für das Aufladen der Batterien ohne Zwischenstopp. Das geschieht kontaktlos – ohne Kabel, Drähte und Stecker. Die Testreihe baute auf Experimente aus dem Januar 2014 auf. Im Fokus standen die Sicherheit und die Stabilität beim dynamischen Laden. Es sei vornehmlich darum gegangen, den idealen Abstand zwischen den Ladeschleifen zu konfigurieren, schildert der Hersteller. Die Ingenieure hätten außerdem an der Länge der im Boden verbauten Antennen und an der Spurtoleranz gearbeitet.

Den Lkw für die Testreihe lieferte Scania. Dass das Fahrzeug auf dem Testgelände nicht schneller als 70 Stundenkilometer fahren konnte, sei auf die lokalen Gegebenheiten und nicht auf die Technik zurückzuführen, erklärte Bombardier auf Nachfrage. Bombardier hat sich mit seiner Primove-Sparte auf das Thema Elektromobilität spezialisiert. Der Hersteller bietet in diesem Bereich bereits ein vollständig integriertes System für elektrische Schienen- und Straßenfahrzeuge, das Städten und Verkehrsunternehmen den einfachen Einstieg in elektrische Mobilität bieten soll. Zum Gesamtpaket gehören ein induktives Schnellladesystem, leichte und langlebige Batterien sowie ein geeigneter Antrieb. Seit März 2014 fährt Braunschweig der erste zwölf Meter lange Elektrobus mit der Technologie von Primove. Im Dezember 2014 kamen dazu noch 18 Meter lange Gelenkbus. Außerdem sind in Berlin, Mannheim und im belgischen Brügge Elektrobusse mit Induktionsaufladung unterwegs. Mit der jetzt abgeschlossenen Testreihe soll diese Technologie auch für den Güterverkehr verfügbar gemacht werden. (ha) Wie funktioniert kabelloses Laden? Anwendungen für kabelloses Laden Was ist ein Qi-Ladegerät? Wie nutzt man eine induktive Ladestation? Ist kabelloses Laden gefährlich? Die Zukunft des kabellosen Ladens Smartphone auflegen und schon lädt es. Das ist kabelloses Laden – einfach und bequem, denn lästiges

Einstöpseln fällt weg. Doch: Wie funktioniert kabelloses Laden eigentlich und wo kann man es nutzen?

Auf dem Smartphone Videos anschauen, Nachrichten lesen und mit Freunden kommunizieren – kurz: Daten kabellos übertragen funktioniert mittlerweile nahezu auf der ganzen Welt. Doch spätestens nach ein paar Stunden ist meistens Schluss mit der kabellosen Unterhaltung. Denn dann ist der Akku leer.

Während ältere Smartphones per Kabel mit dem Ladegerät verbunden sein müssen, laden viele neuere Smartphones kabellos. Dafür muss das dafür geeignete Gerät lediglich auf eine entsprechende Ladestation gelegt werden – ähnlich wie bei elektrischen Zahnbürsten. Für das Laden des Smartphones sind jedoch höhere Leistungen erforderlich. Moderne Halbleiter, wie leistungsfähige Mikrocontroller und Leistungsbaustein, machen es möglich. Aber wie funktioniert eigentlich kabelloses Laden und was sind die Voraussetzungen?

Wie funktioniert kabelloses Laden? Entgegen seiner Bezeichnung funktioniert kabelloses Laden nicht völlig ohne Kabel: Ladestationen verbinden sich nach wie vor per Netzkabel mit der Steckdose und bleiben dort dauerhaft angeschlossen. Das Smartphone hingegen lädt kabellos. Dafür muss es lediglich auf die Station gelegt werden. In der Ladestation befindet sich eine Spule, durch die Wechselstrom fließt. Dieser Strom erzeugt ein Magnetfeld. Gerät ein Smartphone in das Magnetfeld, wird es geladen. Prinzipiell unterscheidet man zwischen zwei Ladearten: induktives und resonantes Laden.

Was ist induktives Laden? Im Empfangsteil des Smartphones befindet sich ebenfalls eine Spule, die das Prinzip der Induktion nutzt. Induktion bedeutet, dass ein sich veränderndes Magnetfeld in einem benachbarten Stück Metall elektrischen Strom erzeugt.

Auf diesem Prinzip beruht der Induktionsherd: Hier erzeugt eine Spule in der Herdplatte ein sich änderndes magnetisches Feld, wodurch Strom im Topfboden fließt. Dieser führt dazu, dass der Topfboden heiß wird.

Im Smartphone wird der sich schnell verändernde Strom über eine entsprechende Schaltung in einen gleichmäßigen Strom umgewandelt. Dieser Strom lädt anschließend den Akku des Smartphones.

Was ist resonantes Laden?

Eine Erweiterung des kabellosen Ladens ist das sogenannte resonante Laden. Bei diesem Prinzip arbeiten zwischen der Spule in der Ladestation und der Spule im Gerät ein oder mehrere Schwingkreise. Dabei handelt es sich um elektrische Schaltungen, die jeweils aus einem Kondensator und einer Spule bestehen und genau an die jeweilige Anwendung angepasst sind.

Dies bietet einige Vorteile gegenüber dem induktiven Laden:

Resonantes Laden kann mehrere Geräte gleichzeitig laden Resonantes Laden erlaubt unpräzises Auflegen des Geräts auf die Ladestation Resonantes Laden erlaubt größere Entfernungen zwischen Ladestation und Gerät Resonantes Laden liefert höhere Wirkungsgrade, bei denen ein größerer

Teil der Energie im Akku ankommt. Entgegen seiner Vorteile ist das resonante Laden aufwändiger als das induktive Laden. Somit bedarf es mehr Bauteile, wodurch es in der Praxis teurer wird.

Anwendungen für kabelloses Laden Nicht nur Smartphones können kabellos aufgeladen werden. Auch bei anderen Geräten setzt sich die Technologie immer mehr durch. Dazu gehören unter anderem:

Smartwatches, Bluetooth-Kopfhörer und andere Wearables Notebooks und Tablets  
Elektrowerkzeuge (Akkuschrauber und ähnliches) Serviceroboter (z.B. Staubsauger- und Rasenmäroboter) Elektronische Spielzeuge und Drohnen Für diese Anwendungen bietet das kabellose Laden viele Vorteile:

Es ist einfacher und bequemer Befindet sich die Ladestation an einem festen Ort, entfällt die lästige Suche nach dem Ladekabel. Offen zugängliche Ladestationen, wie sie Fast-Food- und Kaffeehaus-Ketten teilweise in einigen ihrer Filialen in Tischen verbaut haben, ermöglichen das Laden des Smartphones unterwegs. Die Ladebuchse wird nicht mehr so oft beansprucht und verschleißt daher weniger. Wenn Smartphones gänzlich auf Ladebuchsen verzichten, verringert sich die Gefahr, dass Feuchtigkeit und Schmutz ins Innere eindringen; Ladebuchsen dienen häufig als Einfallstor für derartige Schadensverursacher. Weitere Anwendungen für das kabellose Laden Gerade im medizinischen Bereich hat kabelloses Laden hygienische Vorteile: Geräte, die keine Buchse für das Ladekabel brauchen, sind leichter zu desinfizieren. Herumliegende Kabel stellen zudem Stolperfallen dar – besonders an Orten, wo viele Geräte verwendet werden, wie eben im Pflegebereich. Hier ist kabelloses Laden eine deutliche Verbesserung.

Und zu guter Letzt könnten auch Elektroautos kabellos aufgeladen werden. Hier muss aber nicht zuletzt deutlich mehr Energie übertragen werden.

Zurück zum Smartphone: Was braucht man, um es kabellos aufzuladen? Ganz einfach: Ein Qi-Ladegerät.

Was ist ein Qi-Ladegerät? Beim kabellosen Laden müssen sich Anwender nicht mehr länger mit unterschiedlichen Ladegeräten für unterschiedliche Smartphones herumschlagen. Deshalb wurden schon früh mehrere Standards ins Gespräch gebracht – einer davon der sogenannte Qi-Standard für induktives Laden.

Qi – ein internationaler Standard Qi ist das chinesische Wort für Lebensenergie. Der Industriestandard wurde vom Wireless Power Consortium (WPC) festgelegt, dem unter anderem Unternehmen wie Samsung und inzwischen auch Apple angehören. Der Qi-Standard setzt die technischen Bedingungen, die die Ladestationen beziehungsweise die zu ladenden Geräte erfüllen müssen. So lädt jedes beliebige Qi-Ladegerät jedes Qi-fähige Smartphone. Ältere Smartphones können mit Hilfe von speziellen Smartphone-Schalen oder Aufklebern (im Fachjargon als „Sticker“ bekannt) aufgerüstet werden.

Der neueste Standard, Qi2, kürzlich vom WPC angekündigt, wird erhebliche Verbesserungen mit sich bringen: Dank dieser verbesserten magnetischen Kopplung wird weniger Energie verschwendet, was zu einer geringeren Wärmeableitung, einer höheren Effizienz und einer höheren Ladegeschwindigkeit führt. Somit verbessert sich die Nutzererfahrung, da Geräte sicherer werden.

Qi-Ladestationen in Autos und Möbeln Die Standardisierung erschafft ganz neue Möglichkeiten: So können induktive Ladestationen in Autos oder Möbel integriert werden. Es gibt zwar schon Ladestationen, die an den Zigarettenanzünder im Auto angeschlossen werden können. Immer mehr Automobilhersteller integrieren Ladestationen allerdings nun fest im Auto.

Das Einrichtungsunternehmen Ikea hat bereits Lampen mit integrierten induktiven Ladestationen im Programm und vertreibt Handyschalen zur Aufrüstung von Smartphones ohne Qi-Standard.

Wie nutzt man eine induktive Ladestation? Man legt das Smartphone auf die Ladestation, muss aber darauf achten, das Gerät relativ genau zu positionieren. Denn der Ladevorgang funktioniert nur, wenn sich die Spule im Smartphone und die in der Ladestation genau übereinander befinden. Weichen die beiden Spulen zu sehr voneinander ab, unterbricht das den Ladevorgang.

Um dem vorzubeugen und ungewolltes Verrutschen zu vermeiden, bestehen die Auflageflächen der Ladestationen meist aus einem rutschfesten Material. Manche Ladestationen verfügen sogar über Magnete, die das Smartphone in der richtigen Position halten.

#### Verbesserungen des kabellosen Ladens

Die richtige Position genügt jedoch meistens nicht. Das Smartphone muss die Ladestation im Idealfall unverhüllt berühren – Smartphone-Hüllen von wenigen Millimetern Dicke werden von den meisten Stationen für den Ladevorgang jedoch toleriert.

Manche Ladestationen verwenden mehrere Spulen. Diese räumen mehr Flexibilität bei der Positionierung des Smartphones auf der Ladestation ein. Je nach Ladestation können so auch mehrere Geräte, wie Smartphone und Smartwatch, gleichzeitig geladen werden. Diese Ladestationen sind allerdings deutlich teurer als die mit einer Spule und werden derzeit vor allem im Auto eingesetzt.

Bisher ist das kabellose Laden im Allgemeinen langsamer als das kabelgebundene Laden. Geräte im Qi-Standard hingegen unterstützen das Base Power Profile (BPP) mit 5 Watt oder das Extended Power Profile (EPP) mit 15 Watt sowie das Magnetic Power Profile (MPP) mit 15 Watt. Die meisten Unternehmen, insbesondere diejenigen, die in der Smartphone-Branche führend sind, verfügen über proprietäre Protokolle, die kabelloses Laden mit einer Leistung von bis zu 50 Watt unterstützen können. Dies kommt den kabelgebundenen Laderaten sehr nahe.

Lädt das Smartphone, darf es – je nach Station – nur zu einem gewissen Maß bewegt werden. Das schränkt den Funktionsumfang während des Ladens erstmal ein. Es gibt allerdings Ladestationen, auf denen das Handy in einem gewissen Winkel aufgestellt wird. So lassen sich beispielsweise Videos anschauen, während der Akku lädt.

Möchte man den Ladestand des Akkus zwischenzeitlich prüfen und entfernt dabei das Smartphone von der Station, unterbricht das den Ladevorgang. Aus diesem Grund zeigen viele Ladestationen den Ladezustand über LEDs an – und der Nutzer kann diesen dann auf bequem auf einen Blick ablesen, ohne das Gerät zu bewegen beziehungsweise zu entfernen.

Ist kabelloses Laden gefährlich? Die Ladestationen sind so abgeschirmt, dass die Reichweite des Magnetfelds sehr begrenzt beziehungsweise zielgerichtet ist. Außerdem handelt es sich bei Smartphones um ein schwaches Magnetfeld, das nur entsteht, wenn ein Gerät geladen wird.

Eine Gefahr kann durch metallische Fremdoobjekte entstehen: Wie beim Induktionsherd können diese extrem heiß werden, wenn sie in das Magnetfeld der Ladespule geraten. Es gibt mittlerweile aber „Intelligente“ Ladestationen. Diese erkennen, wenn ein Fremdoobjekt zwischen Smartphone und Auflagefläche gelangt, und stoppen daraufhin den Ladevorgang.

Leistung:  $P$  (W) Spannung:  $V$  (V) Strom:  $I$  (A) Widerstand:  $R$  (Ohm)

Die Leistung ist  $P=V \cdot I$ . Der für die LEDs benötigte Vorwiderstand berechnet sich aus dem Ohmschen Gesetz: Die LED braucht ca. 2V bei 0,02A  $\rightarrow R = U/I = 2V/0,02A = 150 \text{ Ohm}$

Die Induktive Ladestation erzeugt 5V. Aber die Frage ist: wie viel Strom und damit dann wie viel Leistung gibt sie ab?

$$P = U \cdot I = 5V \cdot 140mA = 700mW$$

In die Spule fließen 320mA und es kommen 150mA wieder heraus. Heißt, dass die Spule mehr als die Hälfte verbraucht (170mA). Aber wie bekomme ich es hin, dass der Widerstand geringer wird??