Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 102 (2011)
Heft: 2

Artikel: Berührungslose Batterieladesysteme für Elektrofahrzeuge
Autor: Mathar, Sebastian
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856783

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Berührungslose Batterieladesysteme für Elektrofahrzeuge

Stand der Technik sowie Anforderungen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit

Heutzutage werden serienmässig verfügbare Elektrofahrzeuge über einen Kabelanschluss geladen, bei dem man diverse Anforderungen – robust und sicher bei jedem Wetter, standardisiert, einfach handhabbar – erfüllen sollte. Ein berührungsloses Batterieladesystem bietet in dieser Hinsicht diverse Vorteile. Ein Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand unter Berücksichtigung der wichtigen EMV- und Umweltverträglichkeitsaspekte.

Sebastian Mathar

Zurzeit verfügt jedes auf dem Markt serienmässig verfügbare Elektrofahrzeug über ein konduktives, d. h. kabelgebundenes Batterieladesystem. Eine grundlegende Herausforderung besteht hierbei in der optimalen Verbindungstechnologie zur Ladestation. Die Kombination aus Stecker und Ladekabel muss einerseits unter allen Witterungsbedingungen robust und sicher, andererseits aber auch komfortabel zu bedienen und einfach zu handhaben sowie möglichst europaweit standardisiert sein. Das stetige Ein- und Ausstecken eines Elektrofahrzeugs nach dem Parken ist mühsam und je nach Wetter gegebenenfalls mit Verschmutzungen durch Schnee, Eis, Regen etc. verbunden.

Bei einem System zur berührungslosen Batterieladung (Bild 1) fallen jegliche durch den Kunden durchzuführenden manuellen Steckvorgänge weg – der Energietransfer findet kontaktlos und vollautomatisch durch eine unter dem Fahrzeugunterboden angebrachte Übertragungseinheit statt. Die physikalische Machbarkeit solcher induktiven Energieübertragungssysteme konnte bereits vor über 100 Jahren von Nikola Tesla erfolgreich demonstriert werden [1]. Auch wenn es sich technologisch gesehen also keinesfalls um eine grundsätzlich neuartige Technologie handelt, so sind doch noch zahlreiche Herausforderungen zu meistern, bis serienreife und allen gängigen Automobil-Standards entsprechende Systeme für Elektrofahrzeuge auf den Markt gebracht werden können.

Stand der Technik

Bild 2 zeigt das typische Blockschaltbild eines induktiven Batterieladesystems. Man erkennt die prinzipiellen drei Baugruppen, aus denen das kontaktlose Energieübertragungssystem besteht:

- Sendeeinheit (Gleichrichter und Konverter)
- Induktive Übertragungsstrecke (Spulenpaar)
- Empfangseinheit (Empfangs-Gleichrichter und Stabilisierung)

Die Funktion der Sendeeinheit, welche sich ortsfest und unsichtbar wenige Zentimeter unter der Fahrbahndecke eingelassen befinden kann, besteht darin, die dreiphasige Netzwechselspannung gleichzurichten. Anschliessend wird diese gleichgerichtete Spannung mittels eines Konverters in eine hochfrequente Wechselspannung umgerichtet. Diese Spannung wird auf eine Sendespule eingeprägt, welche zusammen mit der Empfangsspule am Fahrzeugunterboden die induktive Übertragungsstrecke bildet. Die stabilisierte Gleichspannung wird schliesslich dem Batteriemanagementsystem (BMS) der Fahrzeug-Hochvoltbatterie zur Ladung zur Verfügung gestellt.

EMV und Umweltverträglichkeit

Während bei einer kabelgebundenen Ladestation durch ein eingestecktes Kabel zumindest potenziell erkennbar ist, dass eine Energieübertragung stattfindet, fehlt dieser Indikator bei der kontaktlosen Ladung. Einige Tiere verfügen über Sinnesorgane, um magnetische Felder wahrzunehmen. Zugvögel setzen diese Fähigkeit z. B. ein, um sich anhand des natürlichen Erdmagnetfeldes zu orientieren. Der Mensch besitzt jedoch kein Sinnesorgan für magnetische oder elektrische Felder. Lediglich indirekte Auswirkungen wie durch Influenz aufgerichtete Haare können auf die Anwesenheit starker elektrischer Felder hinweisen. Um eine Beeinträchtigung von anderen technischen Systemen und Komponenten sowie eine Gefährdung von Menschen und Tieren sicher ausschliessen zu können, ist es somit unabdingbar, dass vom gesamten kontaktlosen Energieübertragungssystem keine unzulässig hohen Magnetfelder im Umfeld des Elektrofahrzeugs generiert werden.

Um Magnetfeldexpositionen quantitativ bewerten zu können, hat die ICNIRP

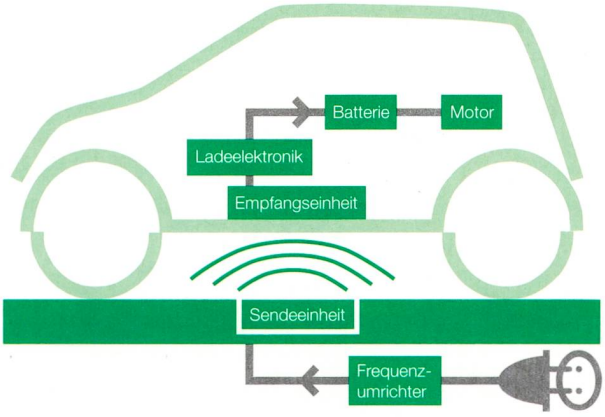


Bild 1 Prinzipskizze eines kontaktlosen Batterieladesystems.

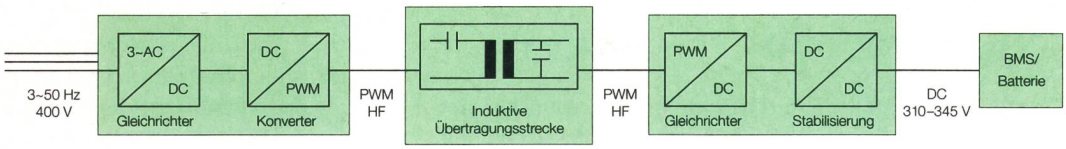


Bild 2 Blockschaltbild des Übertragungssystems.

(International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection) im Jahre 1998 eine Studie veröffentlicht [2]. **Bild 3** zeigt die in dieser Studie aufgeführten frequenzabhängigen Referenzwerte, die heute den international anerkannten Stand der Technik darstellen.

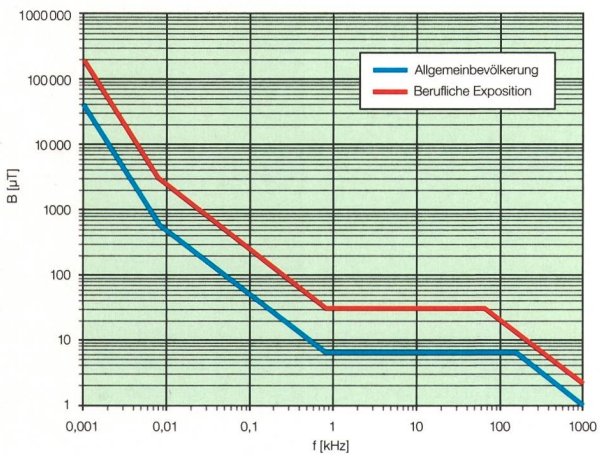
Man erkennt, dass in dem für kontaktlose Energieübertragungssysteme typischen Frequenzbereich (20–100 kHz) eine Obergrenze für eine Gesamtkörperexposition von 6,25 µT für die Allgemeinbevölkerung gilt. Durch das Einhalten dieser Grenzwertempfehlungen werden nach aktuellem Stand der Wissenschaft schädliche Akutwirkungen im menschlichen Körper verhindert. Es ist mithilfe des Induktionsgesetzes leicht nachzurechnen, dass mit sinnvollen Spulengrössen und einer Anordnung wie in **Bild 1** gezeigt unter Einhaltung der 6,25-µT-Grenze nur sehr wenig Leistung kontaktlos zum Elektrofahrzeug übertragen werden kann. Daher ist es technisch notwendig, im unmittelbaren Übertragungsweg zwischen Sende- und Empfangsspule unterhalb des Fahrzeugunterbodens diese Grenzwertempfehlung zu überschreiten. Da sich in diesem Bereich bestimmungsgemäss keine Menschen oder Tiere befinden, ist eine lokale Überschreitung dort vertretbar. Mit höchster Priorität muss jedoch sichergestellt sein, dass im unmittelbaren Umfeld des zu ladenden Elektrofahrzeugs (d. h. dort, wo sich normalerweise Menschen oder Tiere befinden), die 6,25-µT-Grenze eingehalten wird. Die Art und Weise, wie diese Randbedingung am effizientesten eingehalten werden kann, hängt im Einzelfall von der Spulen- und Fahrzeuggeometrie ab. Technisch möglich sind grundsätzlich zwei Wege:

- Führung des Magnetfeldes durch hochpermeable Werkstoffe (z. B. Ferrite)
- Abschirmung durch elektrisch leitfähige Werkstoffe (z. B. Kupfer- oder Aluminiumplatten)

Im ersten Fall beruht die abschirmende Wirkung darauf, dass ein hochpermeabler Werkstoff ($\mu_R > 1$) in unmittelbarer Nähe der Spulen das Magnetfeld deutlich besser führt als Luft ($\mu_R = 1$), somit also die Beeinträchtigung des freien Raumes minimiert werden kann. Im zweiten Fall werden in einer elektrisch leitfähigen Schildplatte durch das Streumagnetfeld Ströme induziert, welche ihrerseits ein Magnetfeld erzeugen, das gemäss der Lenz'schen Regel dem externen Feld entgegengerichtet ist. Bei geeigneter Kombination von Ferriten und Schildplatten kann die Magnetfeldexposition so in jedem von Menschen und Tieren erreichbaren Bereich im Umfeld des Fahrzeugs auf unkritische Werte limitiert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die grundsätzliche Machbarkeit von kontaktlosen Batterieladesystemen für Elektrofahrzeuge wurde bereits vor mehr als 100 Jahren demonstriert. In der 10-kW-Leistungsklasse sind heutzutage schon Prototypen verfügbar, die alle sicherheitstechnischen und funktionalen Anforderungen für einen Serieneinsatz im Automobil erfüllen. Um die notwendige Endkundenakzeptanz erreichen zu können, ist es wichtig, das Thema der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit sorgfältig und offen zu behandeln, um so zu zeigen, dass von einem bestimmungsgemäss betriebenen kontaktlosen Batterieladesystem keinerlei Gefahren ausgehen.



Bilder: FKA

Bild 3 Referenzwerte für Magnetfeldexpositionen gemäss den ICNIRP-Guidelines.

Literatur

[1] Tesla Nikola, «System Of Transmission Of Electrical Energy», US-Patent Nr. 0.645.576, beantragt am 2.9.1897, erteilt am 20.3.1900.
[2] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), «Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Field (up to 300 GHz)», Berichte der Strahlenschutzkomission, Heft 23, 1999.

Angaben zum Autor

Sebastian Mathar ist seit 2008 Teamleiter Energiesysteme bei der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen und darunter auch verantwortlich für berührungslose Energieübertragungssysteme.
Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, DE-52074 Aachen, mathar@fka.de

Résumé

Systèmes de recharge de batteries pour véhicules électriques sans contact

Etat de la technique et exigences en matière de compatibilité électromagnétique

A l'heure actuelle, les véhicules électriques commercialisés sont rechargés via un câble électrique qui doit remplir diverses exigences : robustesse et sécurité quelles que soient les conditions climatiques, correspondance aux normes, manipulation facile. De ce point de vue, un système de recharge de batteries sans contact offre de multiples avantages. Cet article présente les derniers développements en tenant compte de la compatibilité électromagnétique et écologique. No