

Witricity – Drahtlose Energieübertragung

Rico Zanchetti, Luca Costa
HTW Chur, Telekommunikation und Elektrotechnik
rico.zanchetti@tet.htwchur.ch, luca.costa@tet.htwchur.ch

Zusammenfassung

Viele mobile Geräte arbeiten heutzutage drahtlos. Einige Beispiele dafür sind die neuen Innovationen von Apple: MacBook Air, iPhone usw. Man will immer mehr Mobilität erreichen. Das grösste Problem dabei ist die Stromversorgung. Man muss den Akku laden um die mobilen Geräte mit Strom zu versorgen. Einige Forscher des MIT-Instituts haben eine Lösung entwickelt, die „WiTricity“ heisst oder auf Deutsch übersetzt „drahtlose Energieübertragung“. Sie haben eine 60-Watt-Glühlampe drahtlos zum Leuchten gebracht. Diese Erfindung basiert sich auf anderen in Vergangenheit gefundenen Technologien, wie zum Beispiel dem Rundfunksender von Tesla. Er versuchte schon am Anfang des 19. Jahrhunderts drahtlos Energie zu übertragen, aber er konnte die Energie so effizient wie heute nicht ausbreiten, weil ihm verschiedene Grundkenntnisse der Elektrizität fehlten. Bei Tesla war die erzeugte elektrische Strahlung ein riesiges Problem, weil die Gesundheit des menschlichen Körpers gefährdet war. Heutzutage wird dieses Problem mit einer magnetischen gekoppelten Resonanz gelöst. Das heisst, dass nur die Sende- und Empfangsantenne Energie miteinander austauschen, weil sie in gleicher Resonanz arbeiten. Alle anderen Objekte, welche nicht in Resonanz mit der Sendeantenne sind, werden mit dieser Technik nicht bestrahlt. Ein anderer wichtiger Aspekt bei dieser Technologie ist der Wirkungsgrad. Im Vergleich zur konventionellen Energieübertragung ist er mit ca. 30% ziemlich tief. Für einen industriellen Durchbruch genügt dies sicher nicht, jedoch könnte es der Anfang einer neuen Ära sein.

2. Problemstellung

Die Grundidee ist „Goodbye wires“. Aufgrund der immer grösser werdenden Mobilität, sind innovative Ideen zur Energieübertragung gefragt. Das Verlangen und das Interesse der Kunden sind gross. Die Problematik der Datenübertragung ist schon lange geklärt. In ähnlicher Weise sollte es möglich sein, eine Energieübertragung ohne Kabel sicher zu stellen. Man könnte Laptops, Handys und vieles mehr ohne Kabel aufladen oder sogar ohne Akku betreiben. Doch die Übertragung der Energie ohne einen ganzen Raum mit Elektromog zu

verseuchen ist nicht einfach und wie in vielen Fällen, steckt der Teufel im Detail. Die Versorgung sollte auch über einige Meter hinweg gewährleistet werden und nicht nur wie bei einer elektrischen Zahnbürste über einen kurzen Abstand. In den USA ist das Institut für Physik, MIT schon lange am Forschen, wie man Leistung übertragen könnte. Die Technologie, die die MIT einsetzt, ist WiTricity. Dieser Name setzt sich aus „Wireless Electricity“ zusammen. Sie haben in der Zwischenzeit eine grosse Hürde bewältigt. Sie sind in der Lage eine 60W Glühlampe in ca. 2m Entfernung zum Glühen zu bringen. Dies ist ein bedeutender Schritt vorwärts. Der nächste ist sicherlich die Reichweite bei gleich bleibender Leistung zu erhöhen. Wenn die Forschungen auf diesem Gebiet in solchen Schritten weitergehen, muss man nicht lange warten bis die elektrischen Kupferkabel verschwunden sind.

3. Bisherige Technologien

3.1 Tesla's Rundfunksender

Der berühmteste Elektro-Ingenieur und Erfinder des 19. Jahrhunderts war Nikola Tesla (1856 – 1943). Er hat wichtige technische Neuerungen erfunden, wie z.B. den zweiphasigen elektronischen Generator, der letztendlich Wechselstrom global verbreitete. Tesla hat danach an einem Transformator experimentiert, der Hochfrequenzwechselstrom erzeugen konnte. In Folge entwickelte er in den USA den ersten Funkturm namens „Wardenclyffe Tower“. Er hatte diesen riesigen Turm (57 Metern Höhe) als Hochleistungs-Rundfunksender selber entwickelt. Er versuchte mit diesem Rundfunksender drahtlos elektrische Energie zu übertragen. Das Problem war, dass der Sender Energie in alle Richtungen strahlte und somit war er nicht genug effizient. Ein anderer Nachteil war, dass es enorme elektrische Felder gab. In der Zwischenzeit hatte Tesla diesen Turm an seine Geldgeber verkauft und somit konnte er nicht mehr an der drahtlosen Energieübertragung experimentieren. Die erforschten Grundlagen von Tesla werden noch heute als Basis für die Elektrotechnik und Signalverarbeitung verwendet.

3.2 Radio Frequency Identification (RFID)

RFID, auf Deutsch "Identifizierung mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen", wird benutzt um Gegenstände oder auch Lebewesen automatisch zu identifizieren. Die wichtigste Eigenschaft von RFID ist, dass die Gegenstände mittels elektromagnetischen Wellen identifiziert und erfasst werden.

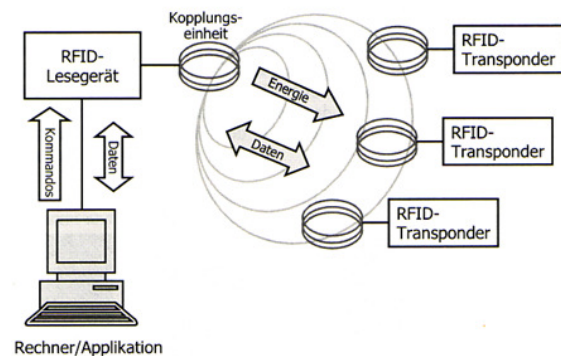


Abbildung 1: RFID System

Die ersten RFID-Anwendungen wurden im zweiten Weltkrieg entwickelt, um Panzer und Flugzeuge mittels eines Transponders zu identifizieren und zu lokalisieren. Somit konnte man z. B. wissen, ob die ankommende Flugzeuge Angreifer waren oder nicht.

Ende der 1960er Jahre wurde dann eine Identifizierung für Eisenbahnwagen und verschiedene Autoteile eingeführt. Diese neue Technologie, SICARID genannt, wurde von Siemens entwickelt. In den 1970er Jahren wurden verschiedene neue RFID-Technologien im Markt eingeführt. Die wichtigste war die elektronische Warensicherung (engl. Electronic Article Surveillance, EAS), die auch noch heute für Diebstahlschutz verwendet wird. Diese Technologie basiert auf Hochfrequenztechnik mit einer Induktionsübertragung. Im Jahr 1979 wurde die RFID-Technologie noch weiter entwickelt. Der Schwerpunkt lag in der Landwirtschaft, wie z. B. bei der Tierkennzeichnung. Heutzutage wird RFID in viele Systeme gebraucht. Die bekanntesten sind: Skipässe, elektronische Schlösser, Tankkarten, Zutrittskontrollen, usw.

3.3 Magnetisches Wechselfeld

Mit einem magnetischen Wechselfeld kann man elektrische Energie drahtlos übertragen. Der Vorteil einer solchen Übertragung liegt darin, dass der Empfänger die zu verbrauchende Energie selbst bestimmen kann. Somit hat man keinen Energieverlust. (Bei elektromagnetischen Wellen

ist es nicht so, dort werden die unbenutzten Wellen in Wärme umgewandelt.) Die Reichweite der drahtlosen Energieübertragung mittels eines magnetischen Wechselfeldes ist leider sehr begrenzt (auf mm bis wenige cm). Diese Technologie wird heutzutage nur mit kleinen Geräten benutzt, die wenig Strom über kürzere Distanzen brauchen. Ein Beispiel dafür ist eine schnurlose elektrische Zahnbürste mit einer Aufladestation, um den Akku mittels eines magnetischen Wechselfeldes aufzuladen.

4. Neue Technologien

4.1 Idee

Seit einigen Jahren arbeitet man an einer neuen Erfindung namens „WiTricity“. Diese neue Technologie für die drahtlose Energieübertragung wurde im Jahr 2005 von Dave Gerding angefangen und dann im Jahr 2007 wurde sie von einem Team des MIT Institutes (Massachusetts Institute of Technology) weiterentwickelt. Der Projektleiter ist Prof. Marin Soljacic. Bei dieser Technologie will man elektrische Energie über eine gewisse Länge übertragen. Das Prinzip ist sehr ähnlich wie RFID, man will aber mehr Energie über eine grössere Distanz übertragen. Somit könnte man z. B. verschiedene kleine Mobil-Geräte in einer Entfernung von einigen Metern ohne Kabel aufladen. Die Leistung würde ca. 100W betragen.

Auf die nächste Abbildung ist eine mögliche Funktionsweise von WiTricity dargestellt.

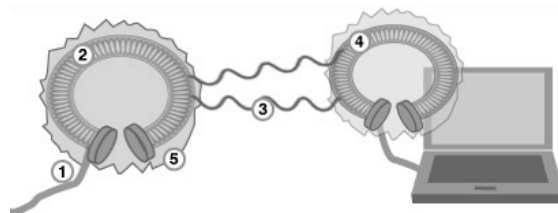


Abbildung 2: Mögliche Funktionsweise von WiTricity

1. Die Kupferantenne ist mit der Stromquelle verbunden.
2. Die Antenne erzeugt elektromagnetische Wellen mit einer Resonanzfrequenz von 10MHz.
3. Die benötigte Energie wird drahtlos über einen 2-Meter-Tunnel übertragen.
4. Die elektrische Energie wird mittels der zweiten Antenne, die mit dem Laptop verbunden ist, empfangen. Die Antenne muss auch eine Resonanzfrequenz von 10 MHz haben. Die empfangene Energie wird dann gebraucht, um den Akku aufzuladen.

- Die nicht benötigte Energie wird von der Sendeantenne wieder absorbiert, somit hat man keinen Verlust.

Die Grundidee von Witricity ist, dass Personen, Lebewesen oder andere Objekte von einer Energieübertragung nicht beeinflusst werden sollen. Um Energie zu absorbieren muss man unbedingt eine Resonanzfrequenz von 10 MHz haben, somit kann man den Elektromog vermeiden, weil nur die zwei Antennen betroffen sind. Alle andere Personen oder Objekte werden nicht beeinflusst.

4.2 Funktionsweise

Um eine möglichst grosse Energiedichte, respektiv Leistung zu Übertragen, muss die Frequenz möglichst hoch sein, denn je höher die Frequenz ist, umso höher die Energiedichte wird.

Durch eine induktive Ankopplung zweier Schwingkreise kann möglichst effizient Energie übertragen werden. Bei der induktiven Kopplung bildet die Antennenkapazität mit der Koppelspule einen Schwingkreis. Seine Eingangsfrequenz sollte möglichst im Empfangsbereich liegen um diese Frequenz bevorzugt zu Empfangen.

Bei Witricity möchte man die Energieübertragung durch ein gemeinsames Magnetfeld erreichen. Auf beiden Seiten wird ein Schwingkreis erzeugt und diese werden induktiv miteinander gekoppelt. Um einen Energieverlust zu verhindern darf die Distanz zwischen den zwei Antennen nicht zu gross sein. Um eine energieeffiziente Übertragung herzustellen darf die Übertragung nur im Nahfeld aufgebaut werden, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist. Aus dieser Grafik kann man auch die Reichweite von Witricity herauslesen, welche nur bei ca. 2 Meter liegt mit einer noch akzeptablen Dämpfung.

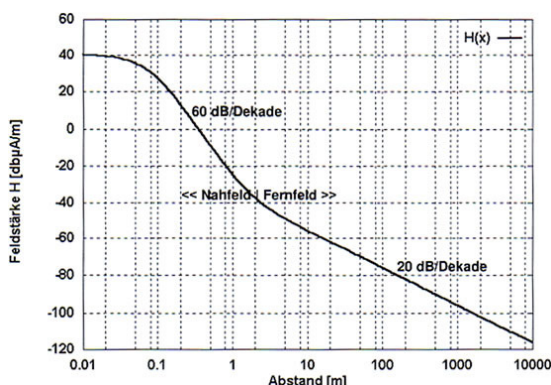


Abbildung 3: Übergang vom Nah- zum Fernfeld

$$\text{Nahfeld } r < 4 \cdot \lambda \dots 10 \cdot \lambda$$

$$\text{Fernfeld } > 4 \cdot \lambda \dots 10 \cdot \lambda$$

Bei der Übertragung fragt man sich schnell einmal wie gross die Effizienz ist. Um diese Frage besser beantworten zu können muss man sich die Wirkungsgrade der Übertragung anschauen. Der

gesamte Wirkungsgrad beträgt lediglich 15% was sich allerdings gut erklären lässt, wenn man den Wirkungsgrad des Oszillators noch anschaut. Der Oszillator hat bei einer Frequenz von ca. 10MHz einen Wirkungsgrad von 50%, das heisst das die Hälfte der Energie bereits im Oszillator in Wärme umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad der Übertragung an sich, liegt somit bei 30%, was sicherlich mit Optimierungen noch gesteigert werden kann.

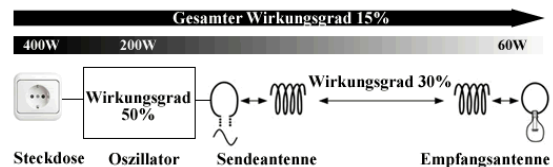


Abbildung 4: Wirkungsgrad Witricity

Die Übertragung von 60W über eine Distanz von rund 2m, mit einer elektrischen Wechselwirkung der Elektromagnetischen Felder, bewirkt eine gewisse Strahlung. Durch die Kopplung der beiden Antennen kann diese sehr klein gehalten werden. Misst man in der Mitte der Übertragungsstrecke die verschiedenen Feldstärken so erhält man folgende Effektivwerte:

$$E_{eff} = 210V/m, \quad H_{eff} = 1A/m, \\ S_{eff} = 3.2 \text{ mW/cm}^2$$

(Soljagic 2007)

Wobei E das elektrische Feld, H das magnetische Feld und S der Strahlungsvektor (Strahlungsdichte) ist. Der Strahlungsvektor (Poynting-Vektor) beschreibt die Intensität des elektromagnetischen Feldes in Ausbreitungsrichtung r. Diese Felder werden immer Stärker je näher man sich der Antenne nähert. Bei einem Abstand von 20cm erhöhen sich die Felder aufs mehrfache (200mW/cm²). Da die Antennen genau gleich sind und in Resonanz zueinander stehen müssen, kann man sie so weit verkleinern bis sie in mobile Geräte Platz finden, ohne das dadurch weitere Leistungseinbussen erzeugen werden.

4.3 Laboraufbau

Der Laboraufbau eines solchen Systems sieht nicht extrem kompliziert aus, aber in der Praxis müssen die Bauteile ziemlich Präzis arbeiten, um den maximalen Wirkungsgrad zu erreichen. In Abbildung 5 sieht man eine Skizze von einer drahtlosen Energieübertragung. Alle Werte wurden von den Studenten des MIT berechnet (Soljagic, 2007)

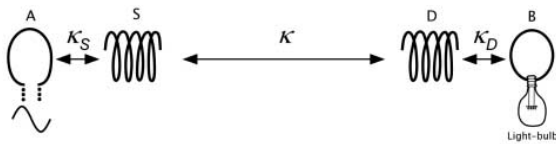


Abbildung 5: Laboraufbau

Auf der linken Seite sieht man eine einzige Kupferwindung A mit einem Durchmesser von 25 cm, die mit der Wechselstromquelle verbunden ist. Sie erzeugt ein Signal von 9.9 MHz über eine Distanz K (2 Meter). S und D sind zwei Spulen, die die Energiewellen senden/empfangen. K_S und K_D repräsentieren die direkte Ankopplung zwischen den gezeichneten Elementen. B ist auch eine einzige Kupferwindung mit einem Durchmesser von 25 cm. Sie empfängt die Energie und leitet sie an die Glühlampe weiter.

5. Vorteile / Nachteile

Eine solche Übertragungstechnik würde die Welt revolutionieren. Bei der Entwicklung von solchen neuen Technologien ist allerdings besonders auf die Umwelt und das menschliche Organismus zu achten. Die Technologie sollte Komfort bringen und nicht die Menschen krank machen oder sie mit grosser Strahlungsenergie belasten. Hierbei ist zu achten, dass Strahlung und Feldern nicht das gleiche ist und somit auch unterschiedlich betrachtet werden müssen.

Witricity ist eine Technologie die noch am Anfang steht. Aus diesem Grund ist es schwierig zu sagen was die wirklichen Vorteile sind. Was man allerdings mit Sicherheit sagen kann ist, dass bei einer Optimierung des Wirkungsgrades und einer Verkleinerung der Antennen wird Witricity eine der Technologien um denen sich die Industrie reissen wird.

6. Ausblick und Beurteilung

In den letzten Jahren wurden immer mehr mobile Geräte produziert, meistens Handys und PDAs. Seit kurzem haben verschiedene Firmen kleine Laptops auf dem Markt geschafft, wie z. B. das neuste Produkt vom Apple, MacBook Air. Solche Geräte haben viele neue Funktionalitäten integriert, aber das wichtigste ist sicher die Mobilität. Man will über Wireless ins Internet navigieren (iPhone), man will Daten über GPS empfangen, man will Videos, Bilder und Dokumente übers WLAN austauschen, aber das ständige Problem ist die Stromversorgung. Die meisten Geräte sind mit einem Akku (manchmal auch mit Solarzellen) ausgestattet und somit ist man gezwungen den Akku aufzuladen. Mit Witricity wäre das kein Problem mehr. Man

könnte mobiler sein und die Energieversorgung wäre kein Thema mehr. Diese neue Technologie ist sicher der Anfang einer neuen Industrie mit kleinen mobilen Geräten.

Referenzen

Wikipedia. *Nikola Tesla*. Abgerufen am 7. Mai 2008, auf http://de.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla

Damn Interesting, Alan Bellows. *Tesla's Power of Tower*. Abgerufen am 7. Mai 2008, auf <http://www.damninteresting.com/?p=703>

Wikipedia. *Induktive Kopplung*. Abgerufen am 8. Mai 2008, auf <http://de.wikipedia.org/wiki/WiTricity>

Wikipedia. *Radio Frequency Identification*. Abgerufen am 8. Mai 2008, auf <http://de.wikipedia.org/wiki/RFID>

Universität Bremen. *RFID's*. Abgerufen am 8. Mai 2008, auf www.imsas.uni-bremen.de/education/isys2/IntSysII_8_Telemetrie%20und%20RFIDs.ppt

Asquare, Garrett Lynch. *Network Research - WiTricity*. Abgerufen am 11. Mai 2008, auf <http://www.asquare.org/networkresearch/?p=406>

ScienceMag, André Kurs, Aristeidis Karalis, Robert Moffatt, J. D. Joannopoulos, Peter Fisher, Marin Soljacic. (2007, July) *Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances*. Abgerufen am 12. Mai 2008, auf <http://www.sciencemag.org/cgi/rapidpdf/317/5834/83.pdf?ijkey=94ff.Ay4jRMqU&keytype=ref&siteid=sci>

Geobiologie. *Berechnung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) dielektrischer Körper mit FEKO*. Abgerufen am 25. Mai 2008, auf http://www.geobiologie.biz/D/download_D/vortrag_FEKO_SAR_kurz.pdf