



# WiseHarbor Spotlight Report

---

Von Keith Mallinson, 2. September 2015

## Sicheres kabelloses Laden von Elektroautos dank integrierter Bewegungs- und Objekterkennung

Fazit:	Objekterkennung und Bewegungserkennung machen kabelloses Laden sicher und effektiv
Fokus:	Zusätzliche Systeme reduzieren Sicherheitsrisiken beim kabellosen Laden
Zielgruppe:	Produktionsmanager und leitende Ingenieure von Automobilzulieferern und -herstellern sowie Mitglieder von Standardisierungsgremien

### Kurzfassung

Beim Tanken von Fahrzeugen - ganz gleich ob mit Benzin oder Strom - ist die Sicherheit entscheidend. Tankstellen zum Beispiel müssen hohe Sicherheitsauflagen erfüllen, um Feuer und Explosionen zu vermeiden.

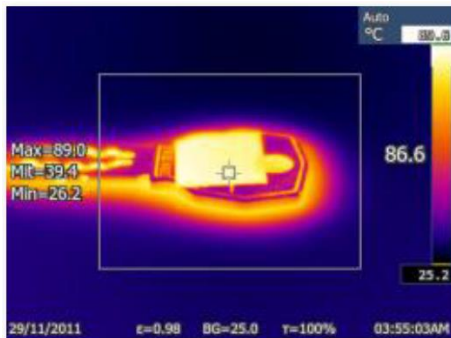
Bei drahtlosem, induktivem Energietransfer gibt es zwei Gefahrenquellen:

- Zum einen die extreme Aufheizung von Objekten, die sich bei der Stromübertragung im Magnetfeld zwischen der Basis- und der Fahrzeugladeplatte befinden. Das kann zu Beschädigungen oder sogar Feuer führen.
- Zum zweiten die direkten Einwirkungen des Magnetfelds und des elektrischen Felds auf Menschen (besonders Kinder) und Tiere während der Ladephase. Diese können negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben und besonders für Träger medizinischer Implantate gefährlich werden.

Deshalb benötigen induktive Ladesysteme Hilfssysteme für die Objekterkennung (FOD - Foreign Object Detection) und die Bewegungserkennung (LOP - Living Object Protection). Um höchsten Ansprüchen zu genügen, müssen solche Schutztechnologien mit den bestmöglichen Sicherheitsmechanismen und Technologien ausgestattet und höchst zuverlässig sein. Zudem sollten sie den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und möglichst wenig Fehlalarme produzieren, ohne die Effizienz des Ladevorgangs einzuschränken.

## Exhibit 1

### Sicherheitsrisiken beim kabellosen Laden von Elektroautos mit Objekt- und Bewegungserkennung



Erhitzter Schlüssel auf einem Basepad



Hund und menschlicher Arm unter einem Fahrzeug

## Inhaltsverzeichnis

---

- I. **Einleitung**
- II. **Sicherheit hat Vorfahrt**
- III. **Objekterkennung (FOD - Foreign Object Detection)**
- IV. **Bewegungserkennung (LOP - Living Object Protection)**
- V. **Sicher, zuverlässig und zukunftsfähig**

### I. Einleitung

Bei diesem Bericht handelt es sich um den dritten WiseHarbor Spotlight Report zum Thema „Kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen“. Er wurde im Auftrag von Qualcomm Technologies Inc erstellt. Der erste Report konzentriert sich auf Fortschritte bei der Entwicklung von Magnetspulen und Bodenplatten sowie damit zusammenhängender Technologien, einschließlich dem DD- und dem bipolaren Spulendesign. Der zweite Bericht untersucht Systemaspekte des drahtlosen Ladens. Der hier vorliegende dritte und letzte Bericht legt den Fokus auf Sicherheitssystemtechnologien für die Objekt- und Bewegungserkennung.

### II. Sicherheit hat Vorfahrt

Beim Tanken von Fahrzeugen - ganz gleich ob mit Benzin oder Strom - ist die Sicherheit entscheidend. Tankstellen zum Beispiel müssen hohe Sicherheitsauflagen erfüllen, um Feuer und Explosionen zu vermeiden.

Deshalb benötigen induktive Ladesysteme Hilfssysteme für die Objekterkennung (FOD - Foreign Object Detection) und die Bewegungserkennung (LOP - Living Object Protection).

Um höchsten Ansprüchen zu genügen, müssen solche Schutztechnologien mit den bestmöglichen Sicherheitsmechanismen und Technologien ausgestattet und höchst zuverlässig sein. Zudem sollten sie den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und möglichst wenig Fehlalarme produzieren, ohne die Effizienz des Ladevorgangs einzuschränken.

### III. Objekterkennung (FOD - Foreign Object Detection)

#### a. Sicherheitsanforderungen und Herausforderungen bei der Objekterkennung

Es gibt eine große Bandbreite an metallischen und magnetischen Objekten, die ein potentielles Sicherheitsrisiko für drahtlose Ladesysteme (Wireless Electric Vehicle Charging bzw. WEVC-Systeme) darstellen. Diese Gegenstände heizen sich im durch die induktive Energieübertragung erzeugten Magnetfeld auf. Auch kleine Objekte wie Münzen oder Büroklammern können dabei schnell so hohe Temperaturen erreichen, dass sie Hautverbrennungen oder einen Brand auslösen können, wenn beispielsweise entflammbares Material wie ein Lappen, Papier oder Ähnliches in der Nähe liegt. Deshalb ist es entscheidend, dass solche Gegenstände zuverlässig identifiziert werden.

Dabei sollten sich die Anforderungen nach den ISO- Grenzwerten für den menschlichen Kontakt mit erhitzten Oberflächen richten. Diese Werte sind noch strenger als diejenigen, die für den Kontakt mit entzündlichen Materialien gelten, um den Ausbruch eines Feuers zu verhindern.

Unterschiedliche Objekte haben natürlich auch unterschiedliche Eigenschaften in Hinsicht auf die Erfassung und die Erwärmung. Für das Ausmaß der Erwärmung spielen unter anderem die Masse, Größe, Form und Lage neben oder zwischen den Ladepads eine Rolle. Größere Objekte sind normalerweise leichter zu erfassen als kleinere. Zudem reagieren Objekte mit metallischen Schleifen wie zum Beispiel Büroklammern oder Verlängerungskabel oft sehr stark auf das Magnetfeld und erhitzen sich am stärksten. Die meisten Gegenstände, die sich zwischen den Ladepads befinden, liegen komplett oder zumindest mit einem Großteil ihrer metallischen Oberfläche auf dem Basispad und lassen sich daher relativ einfach erkennen. Aber dünne Metallfolien wie zum Beispiel in Zigarettenpackungen oder bei Joghurtdeckeln stellen die Technik vor größere Herausforderungen. Im ungünstigsten Fall steht ein solcher Joghurtbecher auf der Ladeplatte, was bedeutet, dass sich der metallische Deckel einige Handbreit über dem Boden befindet.

Der große metallische Unterboden des Fahrzeugs macht das Aufspüren von sehr kleinen und dünnen metallischen Objekten in jeder beliebigen vertikalen Position zwischen den Ladepads fast unmöglich. Nichtsdestotrotz muss die Objekterkennung für alle möglichen Anwendungsfälle absolut zuverlässig funktionieren, bevor Autohersteller und –zulieferer kabellose Ladesysteme auf den Markt bringen – das gilt selbst für den Fall des aufrecht stehenden Joghurtbechers.

---

<sup>1</sup> ISO 13732-1-2006, Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces, First Edition, Sept. 2006. In addition, SAE J2954 is one of the WEVC standards currently being drafted: it specifies compliance with UL 2750 surface temperature limits

## Exhibit 2

Gebräuchliche Objekte, die auf einem Basepad liegen könnten und die zwingend erkannt werden müssen (nicht maßstabsgetreu)



### b. Methoden der Objekterkennung

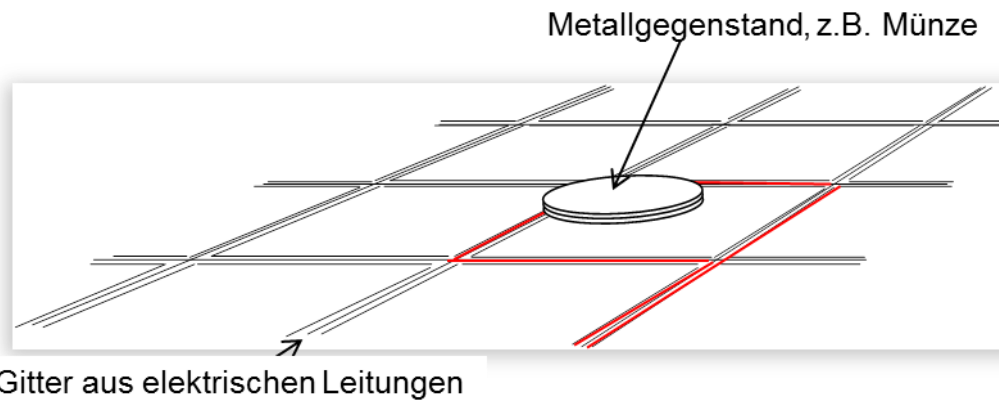
Objekterkennung über die Messung von Temperaturen funktioniert leider nur begrenzt, da einige Objekte aufgrund der oben genannten Einschränkungen nicht erkannt werden, selbst wenn sie sich über 80 Grad Celsius erhitzen. Steigert man wiederum die Empfindlichkeit der Sensoren, um die Erkennungsrate zu erhöhen, führt das oft zu Fehlalarmen oder fehlerhaftem Verhalten. Thermoelemente zur Messung der Temperatur im Basispad zum Beispiel können kleine Objekte nicht immer erkennen und werden die Erhitzung des oben genannten Joghurtdeckels nicht zwangsläufig erfassen. Infrarotsensoren wiederum sind anfällig gegen Straßenschmutz sowie Regen- oder Schmelzwasser, das von den über ihnen geparkten Autos tropft.

Daneben bieten sich auch indirekte Messmethoden an, wie zum Beispiel unerwartete Energieverluste zwischen den primären (Basis-) und sekundären (Fahrzeug-) Ladepads zu kontrollieren. Während jedoch eine typische potentiell gefährliche parasitäre Erwärmung von 0,5 Watt immerhin eine Schwankung von zehn Prozent bei einem fünf Watt-Ladesystem eines Smartphones ausmacht, beträgt die Leistungsfluktuation bei einem 3,3kW Ladesystem eines Elektroautos nur noch 0,015 Prozent. Eine so minimale Schwankung lässt sich leider nicht zuverlässig erfassen, wenn man andere Variablen wie Position, Vibrationen und weitere Faktoren berücksichtigt.

Am genauesten und effizientesten lassen sich Objekte daher nicht über eine unmittelbare Messung der Temperatur erkennen. Zuverlässiger ist eine Kontrolle über ein Gitter mit elektrischen Schlaufen im Basis-Ladepad, das direkt über der Spule platziert wird. Die Präsenz und die Temperaturänderung von ferromagnetischem oder leitfähigem Material wirkt sich unmittelbar auf die elektrischen Eigenschaften dieser Schlaufen aus. Das ermöglicht eine zuverlässige Erkennung aller metallischen Objekte auf dem Pad oder in der Lücke zwischen den Pads.

### Exhibit 3

#### Bewegungserkennung mittels eines Gitters aus elektrischen Schleifen



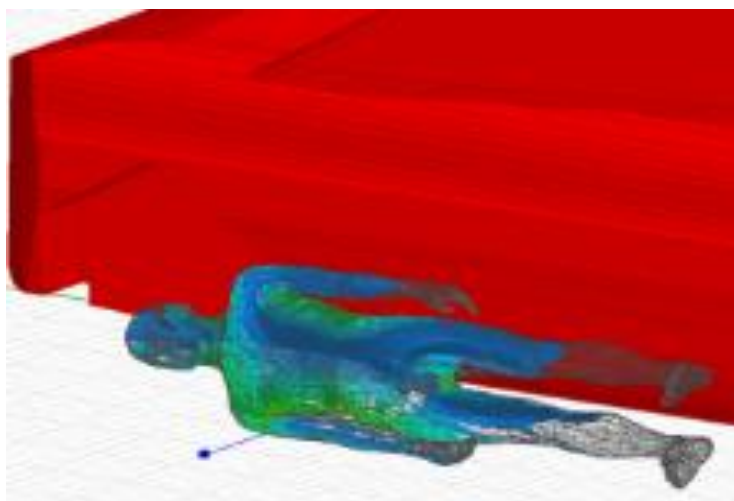
## IV. Bewegungserkennung (LOP – Living Object Protection)

### a. Sicherheitsanforderungen und Herausforderungen bei der Bewegungserkennung

Induktive Ladesysteme produzieren elektromagnetische Felder, die die Grenzwerte für Menschen und vor allem für Menschen mit Implantaten, wie beispielsweise Herzschrittmachern, überschreiten können. Zwischen den Ladepads und in ihrer unmittelbaren Umgebung können diese Felder so stark sein, dass sie eventuell gesundheitsschädliche Auswirkungen auf Menschen oder Tiere haben. Das höchste Risiko bestünde, wenn jemand auf dem Boden neben dem Fahrzeug liegt und mit seinen Arm zwischen die Platten greift.

### Exhibit 4

#### Mensch, der einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt ist



Deshalb regeln internationale Sicherheitsbestimmungen, wie beispielsweise die der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), wie stark das elektromagnetische Feld und wie lang der Zeitraum sein darf, dem Menschen diesem Feld

ausgesetzt sind. Diese Bestimmungen betreffen sowohl elektrische als auch magnetische Felder, welche beim Aufladen erzeugt werden.<sup>2</sup> Aufsichtsbehörden wie das American National Standards Institute und die Association for the Advancement of Medical Instrumentation haben dazu entsprechende Richtlinien erlassen.<sup>3</sup> Automobilhersteller stellen zum Teil sogar noch sehr viel strengere Anforderungen an die Grenzwerte in der Umgebung des Autos (zum Beispiel an den Türschwelleren).

Effektive Schutzsysteme müssen daher sicherstellen, dass die induktive Aufladung sofort gestoppt wird, wenn sich ein Teil eines menschlichen Körpers (Hand, Arm, Fuß etc.) oder ein Haustier dem Bereich zwischen den Pads zu sehr nähert. Die entsprechenden Sicherheitsvorgaben berücksichtigen natürlich auch Menschen mit Implantaten sowie Tiere wie zum Beispiel Katzen.

## b. Methoden der Bewegungserkennung

Manche Bewegungserkennungssysteme funktionieren leider nur eingeschränkt. Sie tendieren beispielsweise zu Fehlalarmen, die durch unabsichtliche Bewegungen in der Nähe des Fahrzeugs oder durch Fahrzeugvibrationen ausgelöst werden können. Auch Gefahrenquellen, die sich nicht bewegen, werden nicht immer als solche erkannt, wie zum Beispiel schlafende Tiere.

Einige Systeme sind auch direkt am Fahrzeug angebracht. Inzwischen haben die Fahrzeugausstatter aber festgelegt, dass sich Living-Object-Protection-Systeme außerhalb des Fahrzeugs befinden müssen. Durch die konsequente Weiterentwicklung der radarbasierten LOP-Systeme wurden schon viele mögliche Quellen für Fehlalarme eliminiert. Die Signal- und Sensor-Verarbeitungselektronik wird einfach im Basispad verbaut. Sie liefert Informationen über die Geschwindigkeit, mit der sich das jeweilige Objekt bewegt, und seine jeweilige Distanz zur Basisladeplatte. Sie deckt einen fest definierten Bereich um die Basisladeplatte herum sowie oberhalb der Platte ab. Die Reichweite variiert je nach den Eigenschaften des verwendeten kabellosen Ladesystems und dem zu ladenden Fahrzeugmodell. Die fahrzeugspezifischen Reichweiten können je nach Fahrzeug eingestellt und in das LOP-System eingegeben werden. Die Empfindlichkeit des LOP-Systems ist konfigurierbar, genau wie die minimale Größe der lebenden Objekte, die erkannt werden sollen. All diese Faktoren mindern zusammengenommen die Fehlalarmrate und das Risiko, dass Objekte nicht erkannt werden.

### Exhibit 5

Radar erkennt Hand, die sich dem Basepad und dem Ladebereich nähert



<sup>2</sup> ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (1hz to 100khz), *Health Physics*, vol. 99, pp. 818-836, 2010

<sup>3</sup> ANSI/AAMI PC69: 2007

## V. Sicher, zuverlässig und zukunftsfähig

Für gesetzeskonforme und kommerziell erfolgreiche kabellose Ladesysteme sind Sicherheitshilfssysteme genauso wichtig wie die Kerntechnologien für das induktive Laden. Zudem müssen alle Fahrzeugsysteme einschließlich des Batterimanagements reibungslos integriert werden, damit sie einwandfrei zusammenarbeiten.

Technologie-Roadmaps für das induktive Laden müssen daher künftige Änderungen der Sicherheitsbestimmungen und Fortschritte bei der Kompatibilität der Standards im Auge behalten. Kabellose Ladetechnik ist zum Beispiel bereits für parkende Elektrofahrzeuge erhältlich, wird aber bald auch für fahrende Fahrzeuge zur Verfügung stehen. Entsprechend müssen dann natürlich auch die Hilfssysteme angepasst und weiterentwickelt werden.

Die Unterstützung durch einen spezialisierten Systemlieferanten, der all diese Aspekte beherrscht und die Technologie aus einer Hand liefern kann, ist daher unerlässlich für Automobilhersteller und -zulieferer. So kann am besten sichergestellt werden, dass ein System stets auf dem neuesten Stand und konform bleibt. Das bedeutet, Automobilhersteller und -zulieferer können sich auf das konzentrieren, was sie am besten können - hochdifferenzierte und gleichzeitig kostengünstige Produkte für den Massenmarkt zu entwickeln.

## Weiterführende Links

Wireless Charging Ready for Burgeoning Mass Market in EVs. WiseHarbor Spotlight report, by Keith Mallinson, 18 August 2015  
<http://www.wiseharbor.com/pdfs/WiseHarbor%20Spotlight%20Report%201%20Efficacy%202015Aug18.pdf>

WEVC Requires Many Technologies with Well-Integrated Systems and Supply. WiseHarbor Spotlight report, by Keith Mallinson, 24 August 2015  
<http://www.wiseharbor.com/pdfs/WiseHarbor%20Spotlight%20Report%202%20System%202015August24.pdf>

Loosely Coupled Transformer Structure and Interoperability Study for EV Wireless Charging Systems. By Wei Zhang, Jeff C. White, A.M. Abraham and Chunting Chris Mi. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, Volume 30, Issue: 11  
<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=7108053&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel7%2F63%2F4359240%2F07108053.pdf%3Farnumber%3D7108053>

## Über WiseHarbor

WiseHarbor ist als Branchenanalyst und Beratung in den Bereichen Drahtlos- und Kommunikationstechnologie tätig. Das Unternehmen wurde im Jahr 2006 gegründet. Unter den Kunden befinden sich zahlreiche große internationale Unternehmen. WiseHarbor veröffentlicht regelmäßig Artikel zu technischen, kommerziellen und regulatorischen Themen und stellt finanzielle und wirtschaftliche Analysen sowie Expertenstimmen für Industrieverbände und die Fachpresse zur Verfügung.