Abschlussbericht Teilvorhaben Siemens AG

Verbundvorhaben

Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation – InterOp

Zuwendungsempfänger: **Siemens AG**
Corporate Technology

Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Förderkennzeichen: **16EM1066**

Laufzeit des Vorhabens: **01.11.2012 - 30.10.2015**

Autor: **Dr. Kerstin Häse, Siemens AG**

Inhaltsverzeichnis

I. Kurze Darstellung zu..... 1
1. Aufgabenstellung..... 1
2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde..... 1
3. Planung und Ablauf des Vorhaben..... 1
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand..... 5

II. Eingehende Darstellung..... 9
1. Projektergebnisse..... 9
2. Verwertbarkeit der Ergebnisse..... 19

III. Angaben zu Personalkosten/-Ausgaben..... 19

IV. Investitionen..... 19

V. Kurzfassung des Schlussberichtes..... 19

VI. Anhang..... 19

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

I. Kurze Darstellung zu

1. Aufgabenstellung

Siemens hatte im Konjunkturpaket II im Rahmen des Projektes IndiOn zusammen mit BMW eine hohe Effizienz in der induktiven Energieübertragung erreicht. Diese war aber noch nicht ausreichend versatztolerant. Um die von dem Standardvorschlag geforderte Versatztoleranz zwischen Fahrzeug und Bodenspule zu erreichen und InterOperabel zu den Systemen der Konsortialpartner zu sein, musste grundlegend in die Systemtopologie eingegriffen werden. Es war erforderlich, das induktive Übertragungssystem vollständig neu auszulegen. Dabei sollte möglichst die hohe Effizienz erhalten bleiben. Ebenso sollte der benötigte Bauraum fahrzeugseitig wesentlich verkleinert werden, um die Lösung marktfähig umzusetzen. Die größere Versatztoleranz bei gleichbleibend hoher Effizienz war bei der Antragstellung Thema und Ziel des Teilprojekts von Siemens. Gleichzeitig sollte die erarbeitete Lösung InterOperabel zu den Partnerlösungen sein.
Ende 2013 hat sich dann die technische Ausrichtung der Serienentwicklung induktiver Ladesysteme bei Siemens aufgrund der vorliegenden Kundenanfragen hin zu 85kHz- Systemen geändert. Das InterOp-Konsortium hat weiterhin die Entwicklung von 140kHz- Systemen vorangetrieben, weshalb eine InterOperable Lösung unter Einbeziehung einer Siemens- Produktentwicklung nicht mehr möglich war. Deshalb hat sich Siemens ab Anfang 2014 aus der Entwicklung des Leistungsübertragungssystems innerhalb von InterOp zurückgezogen.
Ab April 2014 hat Siemens im Teilvorhaben die Aufgabe übernommen, eine InterOperablen Kommunikationslösung, die auf zu dem Zeitpunkt bekannten Normungsaktivitäten beruhte, zu entwickeln und den Partnern zur Verfügung zu stellen. Parallel wurde federführend von Siemens die Gefahrenidentifikation und Risikobewertung nach ISO26262 für die induktive Ladelösung im Projekt durchgeführt.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Grundsätzlich kann nicht oft genug betont werden, dass eine InterOperable, kabellose Ladetechnik, die im öffentlichen Raum von verschiedenen Fahrzeugen auf verschiedenen Ladeflächen wechselnd genutzt werden kann, ein hochkomplexer Abstimmungsprozess ist. Der Innovationgrad geht dabei weit über die vor Projektstart weltweit vorgelegten Einzellösungen für geschlossene, proprietäre Systeme hinaus.
Der Anspruch der InterOperabilität bringt es andererseits mit sich, dass eben nicht die Unterscheidung die Innovation ausmacht, sondern die Harmonisierung. Der Neuheitsgrad der Teilprojekte in InterOp im Allgemeinen und der Siemens-Lösung im Besonderen lag vor allem darin, dass die bisherigen Ergebnisse, vor allem aus Konjunktur Paket II und auf Basis der Anwendungsregel, bei näherem Abgleich keine ausreichende InterOperabilität versprochen haben. Die ursprünglich dazu vereinbarten Parameter reichten dafür in der Praxis nicht aus.
Zum Projektstart waren folgende offene Punkte identifiziert:

- Regelung auf Infrastruktur- oder Fahrzeugseite?
- Kommunikation als Basis der Prozesssteuerung oder läuft diese selbstregelnd?
- Feinpositionierung als Teil der Standardisierung oder differenzierenden Ausführung?

Diese Punkte wurden in InterOp angegangen und das in der Gesamtheit und Komplexität der Fragestellungen bisher weltweit einmalig.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das ursprüngliche Ziel und die Planung des Teilvorhabens waren im Antrag wie folgt beschrieben:

Siemens wird ein InterOperables Demonstrator- Spulensystem entwickeln und davon zwei Muster in German eCar-Fahrzeuge (Stromos) integrieren. Die Fahrzeuge sollen im Flottentest von DB Rent betrieben werden. Es werden 5 Ladestationen aufgebaut.

Das Siemens- Teilprojekt gliederte sich in folgende 5 Themenfelder:

- X.X.1 InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
- X.X.2 Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC- Wandler sekundärseitig

- X.X.3 Luftspaltüberwachung biologische Fremdkörper
- X.X.4 Gesamtsystemkonzept/ Integration
- X.X.5 Projektmanagement

X.X steht dabei für die im Gesamtprojekt übergeordneten Arbeitspakete (z.B. 1.1 Bestandsaufnahme, Grundlagenforschung, Normen-, Literatur- und Patentrecherche, Spulenlage, -größe in Tabelle unten).

Diese Themenfelder waren in den Gesamtprojekt- Arbeitspaketen wie folgt geplant und wurden bei der Neuausrichtung des Teilvorhabens Anfang 2014 und im weiteren Verlauf entweder abgeschlossen, abgebrochen bzw. sind entfallen oder wurden inhaltlich erweitert (siehe Bemerkung in den Arbeitspaketen):

1	**Wirkungsgrad, Bauraum, Gewicht, Kosten, InterOperabilität, Kommunikation Spule-Spule,**
	Optimierung bei und zwischen Zulieferern, Simulation, Musterbau, Prüffeld, Kompatibilitätstests
1.1	Bestandsaufnahme, Grundlagenforschung, Normen-, Literatur- und Patentrecherche, Spulenlage, -größe
1.1.1	InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
1.1.1.1	Klärung Anforderungen mit Projektpartnern (abgeschlossen)
1.1.1.2	Konzept sichere Erkennung Gegensystem (abgeschlossen)
1.1.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
1.1.2.1	Anforderungsanalyse, inbes. Verhalten im Fehlerfall (abgeschlossen)
1.1.3	Luftspaltüberwachung
1.1.3.1	Anforderungen an Überwachung biologischer Fremdkörper (abgeschlossen)
1.1.3.2	Konzeptsammlung und –bewertung biologischer Fremdkörper (abgeschlossen)
1.1.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
1.1.4.1	Konzeptfindung Gesamtsystem (abgeschlossen)
1.1.4.2	Anforderungsspezifikation Gesamtsystem (abgeschlossen)
1.1.4.3	Abgleich Kommunikationsschnittstelle mit Standardisierung (erweitert und abgeschlossen)
1.1.5	Projektmanagement (abgeschlossen)
1.2	Parameter Set-Up (Bauraum, Gewicht, Kosten, Wirkungsgrad, Robustheit, EMV, EMF, Kommunik., Positionier.)
1.2.1	InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
1.2.1.1	Konzeptentwicklung, Simulation und Auslegung (abgebrochen 12/2013)
1.2.1.2	Optimierung Ferrite in Spulenkörper Bodenseite (Anzahl, Geometrie) – (abgebrochen 12/2013)
1.2.1.3	Optimierung Wicklung Kupferlitze Bodenseite (Länge, Geometrie) – (abgebrochen 12/2013)
1.2.1.4	Optimierung Spulenkörper Fahrzeugseite (Spulenform, Wirkungsgrad, Ferritform) – (abgebrochen 12/2013)
1.2.1.5	Auslegung magnetische Führung und Abschirmung Fahrzeugseite – ist entfallen
1.2.1.6	Design angepasste Leistungselektronik / Resonanzkreis Primärseite- ist entfallen
1.2.1.7	Sichere Erkennung Gegensystem: Umsetzung in Leistungsübertragungssystem – (abgebrochen 12/2013)
1.2.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
1.2.2.1	Entwicklung Regelungsverfahren incl. Simulation (abgeschlossen)
1.2.2.2	Design Übertragungskanal, Anpassung Leistungselektronik (abgeschlossen)
1.2.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
1.2.4.1	Designspezifikation Steuergerät (abgeschlossen)
1.2.5	Projektmanagement (abgeschlossen)

1.3	Prototypenaufbau Optimalkonfiguration Spule-Spule, Spulenaustausch, Nachweis Nachhaltigkeit, A-Muster
1.3.1	InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
1.3.1.1	Aufbau Muster Leistungselektronik + angepasster Primärkreis- ist entfallen
1.3.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
1.3.2.1	Musteraufbau (abgeschlossen)
1.3.2.2	Funktionstest Regelung ohne DC/DC (abgeschlossen)
1.3.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
1.3.4.1	Basis-Softwareerstellung für Steuergerät (abgeschlossen)
1.3.4.2	Steuergerätedesign (abgeschlossen)
1.3.4.3	Fertigung und Inbetriebnahme Steuergerät (fortgeführt und abgeschlossen)
1.3.5	Projektmanagement (abgeschlossen)
1.4	Prüfverfahren EMV, EMF, InterOperabilität (Wirkungsgrad, Kommunikation), Schutzzieleinhaltung, B-Muster
1.4.1	InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
1.4.1.1	Funktionstest Labor in Kombination mit Sekundärsystem eines anderen Projektpartners; Voraussetzung: anderer Hersteller liefert entsprechendes System – ist entfallen
1.4.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
1.4.2.1	Integration / Labortest System (abgeschlossen)
1.4.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
1.4.4.1	Funktionstest Steuergerät mit Gesamtsystem (Leistung, Positionierung, Luftspaltüberwachung) unter Laborbedingungen (inhaltlich abgeändert und abgeschlossen)
1.4.5	Projektmanagement (abgeschlossen)
1.4.6.1	Entwicklung eines Test- bzw. Monitor-Systems zur Unterstützung der anderen Partner bei der Entwicklung der INTEROP-WLAN-Kommunikation- neu ab 01/2014 (abgeschlossen)
1.4.6.2	Aufbau eines Labormusters ohne magnetischem Kreis für die Kommunikation im Nahfeldbereich basierend auf einem reichweiten-reduziertem WLAN- neu ab 01/2014 (abgeschlossen)
1.4.6.3	Erweiterung Labormuster um einen magnetischen Kreis- neu ab 01/2014 (ist entfallen, da kein Partnersystem zur Verfügung)
2	**Fahrzeug- und Bodenintegration Prototypen, Feldtest, Kleinserie, Kompatibilitätstest**
	Einbauprototypen primär, sekundär, 2 je OEM, Integrations- und Kompatibilitätstests
2.1	Fahrzeugintegration (Bauraum, EMV, Befestigungspunkte, Belastbarkeit, Schnittstellen CAN, HV-Boardnetz)
2.1.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
2.1.2.2	Fahrzeugintegration (ist entfallen)
2.1.2.3	Aufbau zwei Fahrzeugmuster für Flottenversuch nach CE- Zertifizierung (ist entfallen)
2.1.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
2.1.4.1	Softwareentwicklung Steuerung für Kommunikations-Konformenztest-Aufbau (inhaltlich geändert und abgeschlossen)
2.1.4.2	Redesign Steuergerät nach Labortest (ist entfallen)
2.1.4.3	Fertigung und Inbetriebnahme Steuergerät (redesign) (ist entfallen)
2.1.4.4	Fahrzeugintegration und Test Steuergerät mit Gesamtsystem (ist entfallen)
2.1.4.5	Inbetriebnahme finales Steuergerät/ Vorbereitung Flottenversuch (2 Steuergeräte) (ist entfallen)
2.1.5	Projektmanagement (abgeschlossen)
2.1.6.1	Integrationsunterstützung Kommunikation- neu ab 01/2014 (abgeschlossen)

2.2	Bodenintegration (Normen, Genehmigungsrecht, Netzanschluss, Straßenbau, Parkraumbewirtschaftung)
2.2.1	InterOperabilität der Leistungsübertragung verschieden konfigurierter Systeme
2.2.1.1	Funktionstest am Fahrzeug in Kombination mit Sekundärsystem eines anderen Projektpartners; Voraussetzung: Sekundärsystem ist bereits im Fahrzeug installiert- ist entfallen
2.2.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
2.2.2.1	Aufbau zwei Fahrzeugmuster (2 Muster) (ist entfallen)
2.2.2.2	Aufbau Muster für CE Prüfung (ist entfallen)
2.2.2.3	Aufbau 2 Muster für Flottenversuch nach CE- Zertifizierung (ist entfallen)
2.3.	Einzelzulassung Fahrzeuge (Dokumentation, Vorführung, Abnahme, Umsetzung der Auflagen)
2.3.4	Gesamtsystemkonzept/ Integration
2.3.4.1	CE- Zertifizierung/ Redesign 2 Steuergerät (ist entfallen)
2.3.5	Gefahrenidentifikation und Risikoanalyse- neu ab 01/2014 (abgeschlossen)
2.4	Einzelzulassung Bodentintegration (Dokumentation, Vorführung, Abnahme, Umsetzung der Auflagen)
2.4.2	Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler sekundärseitig
2.4.2.1	Durchführung CE-Certifizierung Leistungsübertragung (el. Sicherheit + EMV) + Re-Design (ist entfallen)
2.4.5	Projektmanagement (abgeschlossen)
3	**Fahrerprobung, Dauertest, InterOperabler Alltagsbetrieb, Auswertung, Statistik, Erhebung**
	einjähriger Langzeittest unter Allltagsbedingungen mit 2 Flottenbetreibern in Berlin
3.2	Technischer Service für Fahrzeuge und Ladestationen, Kommunikationseinrichtungen, Netzanschluss
3.2.1	Technischer Support Flottentest für Kommunikation (bis 30.10.2015 nicht durchführbar)
3.3	Fehlerbereinigung und -dokumentation, präventive Wartung, Durchspielen von Extremszenarien, Bericht
3.3.2	Dokumentation Flottentest, Bericht (bis 30.10.2015 nicht durchführbar)

Zu Beginn des Projektes wurde bis April 2013 ein Konsens im Lieferantenkreis über den Lösungskorridor für eine InterOperable Leistungsübertragung erreicht (siehe AP 1.1.1.1). Anschließend erfolgte im Lieferantenkreis ein Assessment verschiedener möglicher Spulenkonfigurationen hinsichtlich ihrer Eignung für eine InterOperable Lösung (siehe AP 1.2.1.4). Ergebnis war die Festlegung auf eine weitestgehend vereinheitlichte Primärspule in einer doppeltbipolaren Ausführung mit festgelegten Außenabmessungen. Die Ausführung der Sekundärseite wurde im Konsortium nur grob über zwei unterschiedliche Baugrößen abgestimmt und damit in der Freiheit jedes Partners gelassen, um hier größtmöglichen Gestaltungsspielraum zur Umsetzung verschiedener Anforderungen pro Partner zu gewähren. Damit waren die Vorrausetzungen für eine erste Spulenauslegung geschaffen. Siemens hat parallel zur Abstimmung der Leistungsübertragung federführend an der Abstimmung der notwendigen Randbedingungen für die Kommunikation gearbeitet (siehe APs 1.1.4.1 und 1.1.4.3). Für die Gesamtkonzeptfindung und Gesamtsystembeschreibung kam das CASE-Tool „Enterprise Architekt“ für die Modellierung des Systems, die Synchronisierung der Aufgaben und die Dokumentation zum Einsatz. Ausgehend von der Betrachtung möglicher Anwendungsfälle wurden die vorhandenen Kommunikationskanäle identifiziert und in das Gesamtsystemkonzept überführt. Auf Basis des entworfenen Gesamtsystemkonzepts wurde der anwendungsspezifische Systementwurf modellbasiert erstellt und laufend dem Projektstand angepasst (AP1.2.4.1). Ein erster Prototyp der Hardware für die Ladesteuerung und die Kommunikationsfunktionen wurde in 2013 realisiert.

Durch Einsatz einer Bewertungsmatrix konnten mögliche Anforderungen an die in Frage kommenden Kommunikationstechnologien gegenübergestellt werden. Diese Matrix wurde zur Grundlage einer Siemens internen Abstimmung, in die auch die Siemens bekannten Standardisierungsbestrebungen einflossen. Im Konsortium festgelegt wurde eine weitere Untersuchung folgender Kommunikationstechnologien für die Nahfeldkommunikation: induktive Datenübertragung (ifak), reichweitenbegrenztes WLAN (Siemens) und Near Field Communication (SEW). Siemens hat dabei die Aufgabe der Untersuchung des reichweitenreduzierten WLANs übernommen und dazu in 2013 einen ersten Labordemonstrator realisiert (AP 1.1.4.3).

Unabhängig von den Partnern wurden Grundlagenuntersuchungen zur Erkennung von biologischen Objekten im Luftspalt des Energieübertragungssystems durchgeführt. Diese Arbeiten wurden bis Ende 2013 abgeschlossen (AP 1.1.3.2).
Innerhalb der Arbeitspakete zur Spulenauslegung/ Optimierung Bodenseite (AP 1.2.1.2/AP 1.2.1.3) wurde bis Ende 2013 ein erster Versuchsaufbau für eine bipolare Primärseite gemäß des InterOp- Konsenses aufgebaut, um Litzenmaterialien und Ferritmaterialien zu testen.
Ebenfalls bis Ende 2013 wurde im Bereich der Leistungselektronik ein Konzept für die Energieübertragung ohne DC/DC- Steller fahrzeugseitig und die dazugehörige Regelung entwickelt, aufgebaut und in Betrieb genommen (AP 1.2.2.1/ 1.2.2.2/ 1.3.2.1/1.3.2.2). Da zu diesem Zeitpunkt noch kein im Konsortium abgestimmtes InterOperables Spulensystem zur Verfügung stand, wurde dabei mit dem aus dem Vorgängerprojekt IndiOn (Förderkennzeichen: 16EM0063) vorhandenem zirkularen Spulensystem gearbeitet. Die Anpassung an ein InterOp- Spulensystem wurde nach der Neuausrichtung der Projektinhalte der Siemens AG ab Anfang 2014 nicht mehr realisiert. Die Leistungsübertragung ohne DC/DC wurde innerhalb des Teilprojektes der Siemens AG mit dem vorhandenen IndiOn- Spulensystem dann erfolgreich in ein Siemens-Versuchsfahrzeug integriert, das außerhalb des InterOp-Projektes in Zusammenarbeit mit Roding aufgebaut worden war.
Siemens hat Anfang 2014 einen Antrag auf Änderung der Projektinhalte der Siemens AG gestellt. Dies erfolgte nach ausführlichen partnerschaftlichen Diskussionen im Zulieferkreis. Ausgangspunkt war eine erneute Diskussion des Lösungsraum- Konsens aus AP 1.1.1.1 im Dezember 2013 hinsichtlich des Parameters Arbeitsfrequenz. Die InterOp-Zulieferer hatten sich hier im April 2013 auf 140kHz geeinigt. Das war zum damaligen Zeitpunkt die in der Normung von allen Zulieferern und von allen deutschen OEMs bevorzugte Lösung. Diese Situation hatte sich bis Dezember 2013 dahingehend geändert, dass alle deutschen OEMs in den Normungsinitiativen öffentlich und in den Kundengesprächen bilateral ersichtlich eine Arbeitsfrequenz im Bereich 85kHz forderten. Begründung war hier der größere Abstand zu der Arbeitsfrequenz der Keyless Entry-Systeme (125kHz), die momentan in hohen Stückzahlen verbaut sind und weiter eingebaut werden. Da bei Siemens damit die Verwertungsmöglichkeiten eines im Rahmen von InterOp entwickelten 140kHz- Systems nicht gegeben wären, hatte Siemens im Dezember 2013 einen Antrag auf Änderung der InterOp-Arbeitsfrequenz auf einen Frequenzbereich von 85kHz gestellt. Es gab dazu eine Stellungnahme aller anderen Lieferanten. Diese wollten aufgrund des fortgeschrittenen Projektstandes und der sonst eintretenden weiteren Verzögerungen im InterOp weiterhin eine Übertragungsfrequenz von 140kHz im Flottenversuch realisieren. Siemens hat deshalb in Absprache mit dem Projektträger und nach Rücksprache mit dem Zulieferkreis entschieden, die Arbeiten am Leistungsübertragungssystem im InterOp einzustellen und sich mit geänderten Projektinhalten hauptsächlich auf die Themen Kommunikation und Gefahrenidentifikation und Risikobewertung zu fokussieren.
Im Rahmen der Klärung der Systemanforderungen wurde die Gefahrenidentifikation und Risikobewertung (ASIL-Einstufung) eines induktiven Ladesystems gemäß der Norm ISO26262 im Kreise der Lieferanten und der Fahrzeughersteller durchgeführt und dokumentiert. Siemens war hier federführend durch die aktive Mitarbeit eines Safety-Spezialisten, die Moderation der Workshops/ Telkos und die Dokumentation der Ergebnisse beteiligt.
In den Arbeitspaketen zur Kommunikation und Gesamtsystemsteuerung hat Siemens ab 2014 einen Kommunikations-Konformenztest- Laboraufbaus entwickelt und realisiert. Dazu wurden Technologieuntersuchungen zum reichweitenreduzierten WLAN durchgeführt, die das Design und den Test verschiedener Antennentypen mit und ohne Magnetfeld beinhalteten. Es wurde die Beschreibung der Kommunikation für den Laboraufbau basierend auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 DC erarbeitet und an die Projektpartner verteilt. Die Hardware- und Software des Steuergeräts wurde erfolgreich in Betrieb genommen. In der Abschlussdemonstration am 12.01.2016 wurde der gesamte Ladeablauf einschließlich der Nutzung von Nahfeld- und Fernfeldkommunikation anhand des Labordemonstrators gezeigt.
Zusätzlich wurde im Oktober 2014 zusammen mit dem Projektpartner StreetScooter ein Anforderungs-Workshop zur Erarbeitung der Anforderungen an zukünftige Ladesteuereinheiten sowohl für das induktive als auch für das konduktive Laden durchgeführt. Diese Steuereinheit soll dann sowohl die Ladesteuerung durchführen als auch die Kommunikation mit der Infrastruktur und andere zusätzliche Dienste zur Verfügung stellen. Damit ein solches Steuergerät in die zukünftige IKT-Architektur von StreetScooter problemlos eingebunden werden kann, wurden die Anforderungen an das zukünftige Kommunikationssteuergerät diskutiert und dokumentiert.
Die Arbeiten und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete werden im Kapitel 2 beschrieben und ausführlich in den Anlagen dokumentiert. Die Anlagen dieses Berichtes sind vertraulich zu behandeln.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

Internationaler Stand der Technik

Durch die Anwesenheit der Projektteilnehmer in den internationalen Normungsrunden zum Zeitpunkt der Antragstellung war der internationale Stand der Technik immer dokumentiert, auch wenn es dazu noch keine allgemein zugänglichen Schriftstücke gab. Daher ergab sich folgendes Bild, das im Projektantrag dargelegt wurde:
Amerikanische Großkonzerne dominierten mit kapitalintensiven M&A-Vorgängen, Lizenzkäufen, Entwicklungsetats, Patentsträußen und Marketingmaßnahmen Schlagzeilen und öffentliche Wahrnehmung. Eine überlegene Technik ist dabei allerdings nie bewiesen worden. Interessante technische Eigenschaften werden tendenziell mit einem sehr hohen

Aufwand erreicht. Dabei werden laut internationalen Gesprächsrunden grundsätzlich eher Kompromisse bei Effizienz und Sicherheit gemacht, als bei den Anforderungen der Automobilhersteller bezüglich einer möglichst kleinen Fahrzeugspule. Dem steht der auf Herstelleroffenheit, Effizienz und Sicherheit ausgerichtete Fokus von InterOp entgegen.
Japanische Hersteller wollen sich auch wesentlich höhere Frequenzen im Bereich von GHz (Mikrowelle) oder MHz (Radio) als Option offen halten. Dabei wird es allerdings nie klar, ob es sich dabei um ein typisches Ablenkmanöver handelt (vgl. die in asiatischer Managementliteratur verbreitete Lehre von Sun Tzu, die eigenen Pläne „so schwer durschaubar zu machen wie die Dunkelheit“), oder um einen echten Entwicklungsplan (vgl. Versuche zu Mikrowellenübertragung über große Distanzen in Japan). Prinzipiell verfolgen namentlich Nissan und Toyota derzeit noch konträre Entwicklungsansätze, wobei Toyota neben dem Einstieg bei Witricity auch eigene Forschungen anstellt. Die Öffentlichkeit und rein an Effizienz und Sicherheit ausgerichtete Frequenzwahl von InterOp sind dazu ein Gegenentwurf.
Französische Hersteller (Renault, Schneider) legen dagegen eher Wert auf Frequenzen unter 100 kHz. Dabei handelt es sich aber vielleicht eher um einen Quick Fix oder ein bemühtes Differenzierungsmerkmal als eine langfristige Strategie. Bis zuletzt haben aber auch Renault und Peugeot als auch Renault und Nissan keinen gemeinsamen Standpunkt vertreten. Die Infrastrukturseite bringt sich nicht entsprechend ein. Im Gegensatz dazu verschafft InterOp der Parkraumbewirtschaftung, dem Flottenmanagement und der Stadtplanung das angemessene Gewicht.
Bombardier favorisiert es als kanadischer Marktführer bei kabelloser Energieübertragung für Schienenfahrzeuge (Transrapid) genau wie bei der Magnetschwebebahn, eine sehr aufwändige Technologie als hauseigenen Standard im Alleingang zu etablieren. Daher der Fokus auf große Leistungen und das Laden während der Fahrt. InterOp verzichtet zur Schonung von Netzen und Batterien bewusst auf beides und setzt ganz auf das gesteuerte Laden als Werkzeug der Energiewende.
Deutsche OEM wollen über das gemeinsame Joint Venture Hubject eine Quasi-Monopolisierung der Ladestromabrechnung erreichen bzw. diese zumindest kundenbindend komplett in die eigene Wertschöpfung herüberziehen. Daher verfolgen sie sowohl im konduktiven Bereich (Combined Charging System) als auch auf Protokollebene (15118) oder auf induktivem Gebiet (Garagenlösung) entsprechende Technologiepfade. Dem setzt InterOp eine Ladestromabrechnung über das Flottenmanagement oder den Energieversorger entgegen und schafft so einen Markt mit vielen Teilnehmern und Wettbewerbern.

Schutzrechtssituation

Auf dem Projektserver von InterOp lagen zum Zeitpunkt der Antragstellung über 300 Patente. Die entsprechende Bestandsaufnahme und Patentzerschlagung wurde als Querschnittsaufgabe für alle Projektteilnehmer verstanden und sollte möglichst in einer Begleitforschung mit hoher Synergie abgehandelt werden. Zum Stand zum Ende des Vorhabens wird hier auf den Gesamtprojekt-Abschlussbericht verwiesen.
Es wurden große Umfänge der deutschen Anwendungsregel ein Jahr nach ihrer Veröffentlichung von ausländischen Großkonzernen zum Patent angemeldet: Die Fülle der angemeldeten Patente zum Themenkreis induktives Laden von Elektrofahrzeugen erreicht einen Peak in den Jahren 2009 und vor allem 2010. Die meisten Anmeldungen beziehen sich dabei auf statisches induktives Laden von Elektro- oder Hybridfahrzeugen, nur wenige auf dynamisches Laden.

Automobilhersteller

Daimler, Renault-Nissan, Volvo, Toyota und BMW / Rolls Royce haben bereits in die Erforschung des kabellosen Ladens investiert. **Toyota** und **Daimler** haben bereits sehr früh Patente für die kabellose Energieübertragung zu beweglichen Verbrauchern angemeldet (Daimler: 1995, Toyota 1997).
Besonders **Toyota**, zum Teil mit seiner Forschungseinheit Nippon Soken, hat immer wieder Patente angemeldet, die einzelne Aspekte des kabellosen Ladens betreffen, wie zum Beispiel im Jahr 2011 ein integriertes Bezahlsystem für kabelloses Laden von Elektrofahrzeugen und die gleichzeitige Nutzung des Stromes für die Energie im Auto, die für Sensoren, Computer und Handys benötigt wird.
Die Expertise zur Umsetzung haben sich die Automobilhersteller allerdings letztlich von Technologiezulieferern geholt. Die Allianz von **Toyota** und **Witricity** besteht seit April 2011. Letztendlich muss man zu den Patenten von Toyota auch die verbundenen Keiretsu-Unternehmen (z. B. Panasonic, Denso, Aisin-Seiki) sowie der Tokyo-University zählen.

Technologiezulieferer

SEW Eurodrive, **Conductix-Wampfler**, **Vahle** und **Siemens** besitzen Patente für kabelloses Laden, die sich nur in Details und Schwerpunkten unterscheiden (z.B. Spulengeometrie). Bei der Umsetzung der Erfindungen besteht die Gefahr von Patentrechtskollisionen in den nächsten drei bis fünf Jahren. Wichtige Patente aus Deutschland gibt es aber auch von Rohde & Schwarz, Conti und LiTec.
Qualcomm Halo ist derzeit am aktivsten in der Realisierung seiner Patente: „Wir patentieren unsere Erfindungen und erschaffen ein starkes Patent-Portfolio, das wir nachträglich lizenzieren können“, sagt Joe Barrett, Marketingstratege bei

Qualcomm Halo. „Doch um einen Massenmarkt für Elektroautos zu realisieren, brauchen wir einen einzelnen Standard, mit dem die gesamte Automobilindustrie arbeitet [i].“ Soviel zum Gegenentwurf zu InterOp und dem Versuch einiger Großkonzerne, ihre Regalprodukte zu normprägenden Standards zu erheben.
Japanische Technologieunternehmen wie Sumitomo, Daifuku oder Showa fallen ebenfalls durch zahlreiche Patentanmeldungen auf. Vor allem Sumitomo hat sich schon vor rund 10 Jahren jede erdenkliche, mechanische Positionierhilfe zwischen Auto und Parkfläche schützen lassen.

Wissenschaftliche Institutionen

Die **Universität von Auckland** in Neuseeland hat die Kabellosladen-Technologie 1988 als erste auf den Markt gebracht und bis dato rund 30 gültige Patente zu kabelloser Energieübertragung angemeldet, die über Uniservices vermarktet werden. Uniservices hat bisher Nutzungsrechte an sechs Firmen verkauft, unter anderem an **BMW/Rolls Royce**.
Einige der wichtigsten Patente waren in der 2010 von Uniservices und Arup gegründeten Firma **Halo IPT** gebündelt. HaloIPT ging jedoch Ende 2011 für 70 Mio. US-Dollar komplett in den Besitz des Chipherstellers **Qualcomm** über [ii]. Mittlerweile firmiert Halo IPT unter **Qualcomm Halo**.
Qualcomm nutzt u. a. die in Auckland entwickelte so genannte Spulenkonfiguration „DDQ“ mit quadratischen Pads, die durch geringere Streuverluste eine sechs Mal höhere Effizienz gewährleistet. Die übertragene Energie überwindet einen Luftspalt zwischen 20 und 25 cm. Die Universität von Auckland beschäftigt sich derzeit auch mit dynamischem Laden [iii].
Unter allen wissenschaftlichen Institutionen hat seit dem Jahr 2007 das **Massachussetts Institute of Technology (MIT)** bzw. deren Vermarktungsgesellschaft Witricity die meisten Patente angemeldet [iv]. Hinter der nahezu unüberschaubaren Anzahl der Patentanmeldungen steckt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit System: Auch wenn nur etwa fünf Grundideen dahinter stecken, hat das Team um Professor Marin Soljacic immer wieder neue Patente angemeldet, deren Inhalt nur unwesentlich voneinander abweicht, um eine gewisse Dominanz in diesem Forschungsbereich zu demonstrieren.
Bei der Recherche konnten folgende Inhalte der Patente unterschieden werden:

- Drahtloser Energietransfer (immer wieder leicht modifizierte Erfindung von 2007)
- Drahtloser Energietransfer mit Störerweiterung zur Abschirmung von Frequenzen
- Drahtloser Energietransfer unter Verwendung von großflächigen kapazitiv geladenen, leitenden Schleifenresonatoren
- Drahtloser Energietransfer mit High-Q kapazitiven Leiterspulen
- Drahtloser strahlungsarmer Energietransfer (Fokus auf Abschirmung der magnetischen Streufelder)

Die Querschnittsaufgabe der Patentrecherchen sollte in InterOp auch durch gemeinsames, koordiniertes Abarbeiten der Patentsträuße erfolgen. Dazu war mit dem ifak ein neutrales, wissenschaftliches Institut am Projekt beteiligt, das diesen Prozess moderieren sollte. Zu Projektstart sah der Arbeitsplan des ifak regelmäßige Workshops mit allen Ladetechniklieferanten vor. Unkoordinierte Einzelrecherchen der Partner-Unternehmen wären nicht nur ineffizient, sondern angesichts der Fülle an Patenten von Anfang an zum Scheitern verurteilt.

Hersteller Mobiler Endgeräte

Fast alle Patente, die sich für die kontaktlose Energieübertragung von mobilen Endgeräten eignen, enthalten die Bemerkung, dass das System auch für das Laden elektrischer Fahrzeuge einsetzbar wäre. Für niedrige Energieströme – geeignet für Handys, Tablets, Laptops etc., existiert auch bereits der vom Wireless Power Consortium entwickelte Standard Qi, dem sich aktuell 119 Unternehmen verpflichtet haben. Dort wird auch über eine Erweiterung des lizenzpflichtigen Standards auf andere „Geräteklassen“ nachgedacht.
Hersteller wie Qualcomm, Apple, TDK, Sony und Panasonic haben Patente im Hinblick auf kabelloses Laden mobiler Endgeräte angemeldet, aktuell ist auch das kabellose In-Car Charging mobiler Endgeräte auf dem Vormarsch (z. B. Powermat, eine GM-Beteiligung). Zum Laden von Elektroauto-Batterien fehlt ihnen nur ein Schritt – sie müssen lediglich größere Ladeströme verwenden. Dazu Qualcomm-Vizepräsident Dr. Grzegorz Ombach: „Die Übertragung größerer Energieströme ist eine Herausforderung, aber eine, die wir bewältigen werden [v].“
Im Rahmen der Umdefinierung des Autos als mobiles, vernetztes Kommunikationsinstrument, ist das Engagement der oben genannten Unternehmen in induktives Laden nicht zu unterschätzen. Zumal Hersteller einfach nur Allianzen ein-

gehen müssen, um das nötige Knowhow für den Automobilmarkt zu erhalten (s. Allianzen von Qualcomm-Halo mit Renault und Drayson und Toyota mit Witricity).

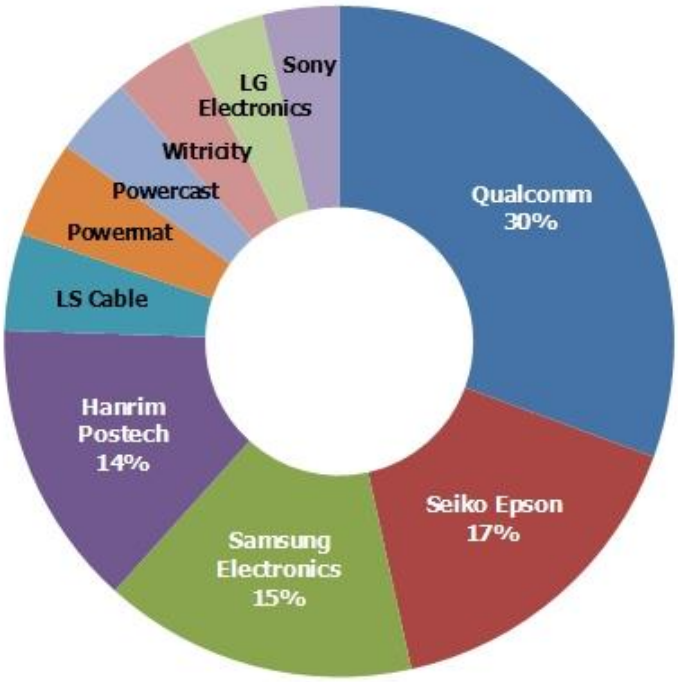


Abbildung 1: Patentverteilung zum Kabellosladen bei Mobilgerät-Anbietern (Displaybank 2012 [vi])

---

[i] Interview mit dem Portal Cars21 am 27.06.2012

http://www.cars21.com/news/view/4733

[ii] New Zealand Herald am 10.11.2011

http://www.nzherald.co.nz/business/news/article.cfm?c_id=3&objectid=10764975

[iii] Vortrag Dr. Grant Covic, Associate Professor University of Auckland, 16.10.2012, ETEV Nürnberg

[iv] Auflistung geistigen Eigentums der Witricity-Vermarktungsgesellschaft, abgerufen am 16.08.12. Anmerkung: Es handelt sich nur um eine Teilliste.

http://www.witricity.com/pages/intellectual-property.html

[v] Interview auf der ETEV-Konferenz Nürnberg, am 17.10.2012

[vi] Bericht über Zunahme von Kabellosladen-Patenten im Mobilbereich vom 31.05.2012

http://www.displaybank.com/_eng/share/press_view.html?id=227205

II. Eingehende Darstellung

1. Projektergebnisse

Anforderungsanalyse
Im April 2013 wurde nach ausführlichen fachlichen Diskussionen im Konsortium ein Lösungsraumkompromiss gefunden, der in Tabelle 1 dargestellt ist. Ein wichtiger Punkt war dabei die Einigung über das prinzipielle Vorgehen zur Erreichung der InterOperabilität. Die Zulieferer einigten sich auf eine weitestgehend zu vereinheitlichende Primärseite. Bei der Gestaltung der Sekundärseite ist dabei den Partnern Freiraum gelassen worden. Prinzipiell sollen durch die vereinheitlichte Primärseite zwei unterschiedliche Spulengrößen sekundärseitig umsetzbar sein. Diese beiden Spulenlösungen sollen im Bereich 35mmx35mm und im Bereich vergleichbare Größe Primärspule liegen. Damit würden dann sowohl die Plug-In-Bauraumanforderungen als auch die Bauraumsituation eines rein elektrischen Pkws abgedeckt sein.

Kriterien	Konsens	Erläuterungen
Effizienz >= 90% im interoperablen Betrieb	erreicht	Eingrenzung des Lösungsraums wird von allen Häusern als Möglichkeit angesehen.
Eigensicherheit bzgl. thermischer Erwärmung Fremdkörper	erreicht	große Spulensysteme werden mit dem Ziel der Eigensicherheit entwickelt, kleine Spulensysteme werden mit FOD ergänzt
Resonanzfrequenz ca. 140 kHz +-5 kHz	erreicht	Nennarbeitsfrequenz 140kHz +-5kHz für Ausgleich von Luftspalt- und Versatztoleranzen
Einhaltung ICNRP 1998 = 6,25 uT	erreicht	Sicherheitsgrenzwerte nach ICNRP sind einzuhalten, marketingtechnisch ist der Maximalwert von 6,25 µT empfehlenswert
Luftspalt (mechanisch, bei Unterflur (bodengleich) - Installation) bis 170 mm inkl. der Toleranzen, Nennarbeitsbereich von 115-155 mm	erreicht	Ziel InterOp, muss von Promär- und Sekundärseiter erfüllt werden
Luftspalt < 210mm inkl. der Toleranzen	erreicht	Ziel CXW, Interoperabilität kann z.B. mit Leistungs- und Effizenzreduzierung erreicht werden
Luftspalttoleranz (Während der Nutzung/Betrieb) <= +/- 15 mm	erreicht	Toleranz während des Betriebes bedingt durch Ein- und Ausfedern
Spulengröße Sekundärseite: ca. >30x30 cm und <80x80 cm	erreicht	Unterstützung von zwei prinzipiellen Spulengrößen Sekundärseite von ca. 35x35 cm und ca. 80x80 cm (Untersuchungsraum wird mit entsprechenden Toleranzen versehen)
Spulengröße Primärseite: ca. 80x80 cm oder größer	erreicht	Orientierung Spulengröße Primärseite 60x60 cm - 80x80 cm (Untersuchungsraum wird mit entsprechenden Toleranzen versehen)
Spulenlage Parkplatz mittig	erreicht	Mittenlage
Leistungsteuerung	erreicht	3kW ein/aus

Tabelle 1: Konsenskriterien InterOperable induktive Leistungsübertragung

Weiterhin wurde das Vorgehen zur Entwicklung der InterOperablen Systeme abgestimmt. Nach Einigung auf die in Tabelle 1 genannten Kriterien folgte die Auswahl/Abstimmung der Spulengeometrie (AP 1.2.1.4), danach waren die Resonanztopologie abzustimmen und die Regelverfahren.
Im Zuge der Diskussion zur Notwendigkeit einer Fremdkörperüberwachung für den Flottenversuch hat Siemens die gemeinsame Durchführung einer Gefahrenidentifikation und Risikoanalyse nach ISO26262 im Projekt vorgeschlagen und die Moderation und Dokumentation übernommen. Die Arbeiten begannen mit einem Workshop zur Gefahrenidentifikation im Herbst 2013. Im Januar 2014 wurde dazu gemeinsam mit allen Zulieferern und Fahrzeugherstellern ein zweiter Workshop bei German eCar durchgeführt, um ein gemeinsames Vorgehen hinsichtlich der ASIL-Einstufung der einzelnen identifizierten Gefährdungen abzustimmen. Dieser Workshop und alle weiteren Telkos zum Thema wurden von Siemens moderiert. Ergebnis dieser Aktivitäten ist eine im Kreis der Zulieferer und Fahrzeughersteller abgestimmte einheitliche Gefahrenidentifikation und Risikobewertung, die bis zu einer Einstufung aller identifizierten Gefährdungen und zugehöriger Szenarien nach ASIL reicht.
Die Risikobewertung der systematisch ermittelten Gefährdungen erfolgte mit dem folgenden mehrschrittigen Schema:

- Definition der generellen Situation, in dem der Ladevorgang erfolgt.
- Je Gefährdung: Beschreibung des Szenarios, welches zum potentiellen Unfall (Eintreten des Risikos) führt. Die Beschreibung muss geeignet sein, um die drei Fragen hinsichtlich Unfallschwere, Häufigkeit und Beherrschbarkeit beantworten zu können.
- Je Gefährdung: Qualitative Einstufung hinsichtlich Unfallschwere (Severity), Häufigkeit (Exposure) und Beherrschbarkeit (Controllability) entsprechend der Vorgaben aus der ISO26262.

- Je Gefährdung: Ableitung des erforderlichen ASIL für die Sicherheitsfunktion, die mit der Gefährdung gekoppelt ist. In der Regel ergeben sich die Sicherheitsfunktionen aus der Invertierung der Gefährdungsbeschreibung (Positivformulierung hinsichtlich der Vermeidung der betrachteten Gefährdung).

Das zugehörige Dokument ist als Anhang (Anlage 1) beigefügt. Die finale abgestimmte Version wurde mit Projektabschluss der Siemens AG am 02.11.2015 an die mitwirkenden Partner versendet. Mitgewirkt haben an der Gefahrenidentifikation und Risikoanalyse die Partner ifak, IPT, SEW, kiefermedia, EAI, German eCars, StreetScooter und Vahle. Zur Bewertung von verschiedenen Risiken wurden systematisch Simulationen und Messungen von allen beteiligten Partnern beigetragen. Ausführliche Erläuterungen zum Vorgehen, die Sammlung aller Simulationen und Messungen der Partner und die ASIL-Bewertungen finden sich in Anlage 1.
Auf Grundlage dieser gemeinsam erarbeiteten Safety-Anforderungen an das System muss nun jeder Zulieferer seine Maßnahmen zur Erreichung des geforderten Safety- Levels selbst definieren und umsetzen.
Da wir generell beim InterOp- Flottenversuch Ladeplatzinstallationen in der Umfeld-Kategorie A (Geschlossener Raum wie Tiefgaragen mit Publikumsverkehr) oder B (Freifläche wie Parkplatz vor Bahnhof mit Publikumsverkehr) realisieren werden, gilt als maximale Safety-Anforderung ein ASIL A für die Vermeidung der Gefährdung Person im magnetischen Feld. Zur Umsetzung dieser Anforderung ist nach Meinung von Siemens keine Fremdkörperüberwachung nötig. Höhere Safety- Anforderungen für die Gefährdung Person im Magnetfeld (ASIL B oder C) ergeben sich bei der Installation im Heimbereich (Umfeld- Kategorie C wie Garage, Carport) insbesondere wenn es kein Installationsverbot für Haushalte mit Herzschrittmacherträgern gibt.

Auslegung und Aufbau Spulensystem

Im InterOp Konsortium einigte man sich auf die Untersuchung 5 möglicher Spulendesigns. Jeder Partner sollte ein System simulieren, bezüglich Kopplungsgrad, Versatz Kopplungsgrad und B-Feldwerte in einem bestimmten Abstand, um die ICNIRP Norm einzuhalten. Um eine vergleichbare Basis zu erhalten, sollte ein einfaches 2D Geometriemodell in jedem verwendeten Designtool simuliert werden und die simulierten Werte verglichen werden. Im Hause Siemens wurde folgendes Systems simuliert: Auf der Primärseite eine Doppel-D Anordnung mit einer Ferritgröße von 800x800mm, auf der Sekundärseite ebenfalls eine Doppel-D Anordnung, allerdings aber mit einer Ferritabmessung von 350x350mm, mit jeweils 16 Windungen pro Seite (Abbildung 2). Über der Sekundärseite befand sich ein Schirmblech mit den Größenabmessungen von 550x550mm.

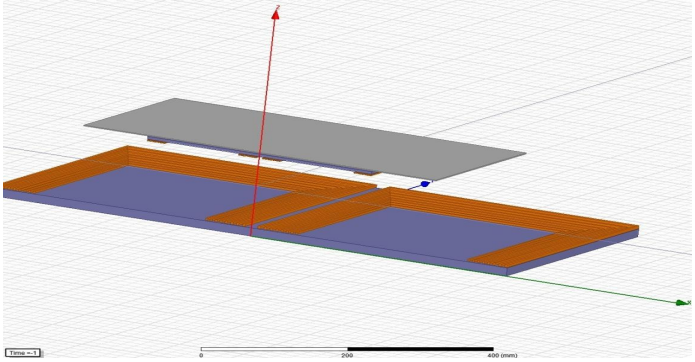


Abbildung 2: Geometriemodell Doppel-D auf Doppel-D

Die Simulationen wurden transient durchgeführt. Abbildung 3 zeigt den Kopplungsgrad über die Luftspalthöhe mit unterschiedlichem Versatz in x bzw. y Richtung.

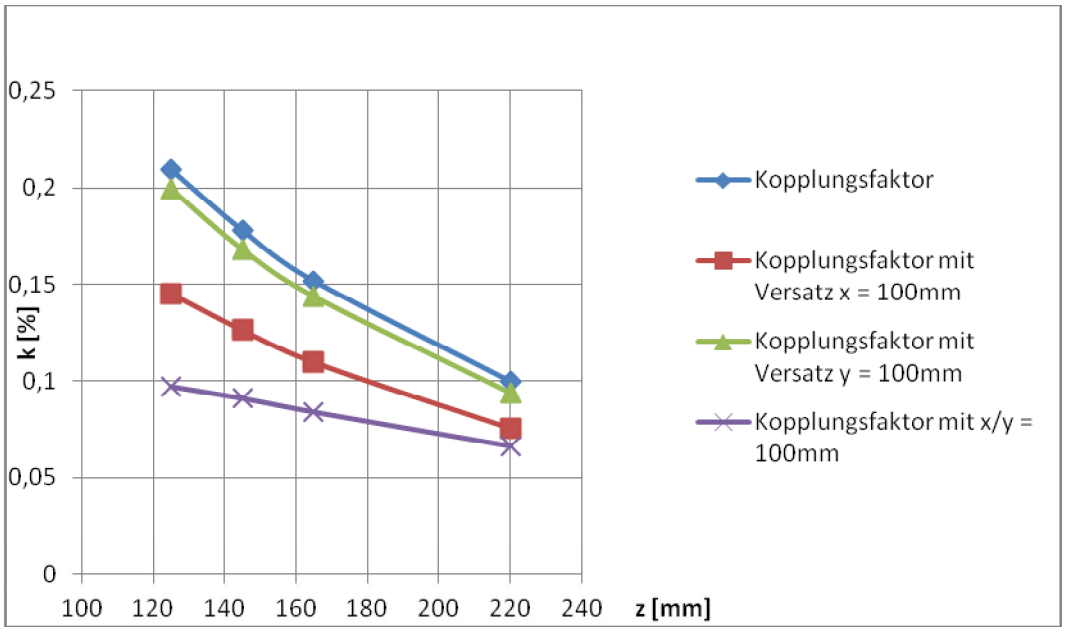


Abbildung 3: Kopplungsgrad über Luftspalthöhe

Ein weiteres Auslegkriterium war das entstandene B-Feld aufgrund der Leistungsübertragung am Fahrzeugrand. Um die ICNIRP Norm einzuhalten, darf am Fahrzeugrand die B-Feldstärke einen Wert von 6,25uT nicht überschreiten. Um die Anzahl der Simulationen gering zu halten, einigte man sich auf eine Luftspalthöhe von 165mm, ohne Versatz in x bzw. y-Richtung. Bei dieser Spulenkonfiguration konnten die ICNIRP Werte eingehalten werden (Siehe Abbildung 4 und 5)

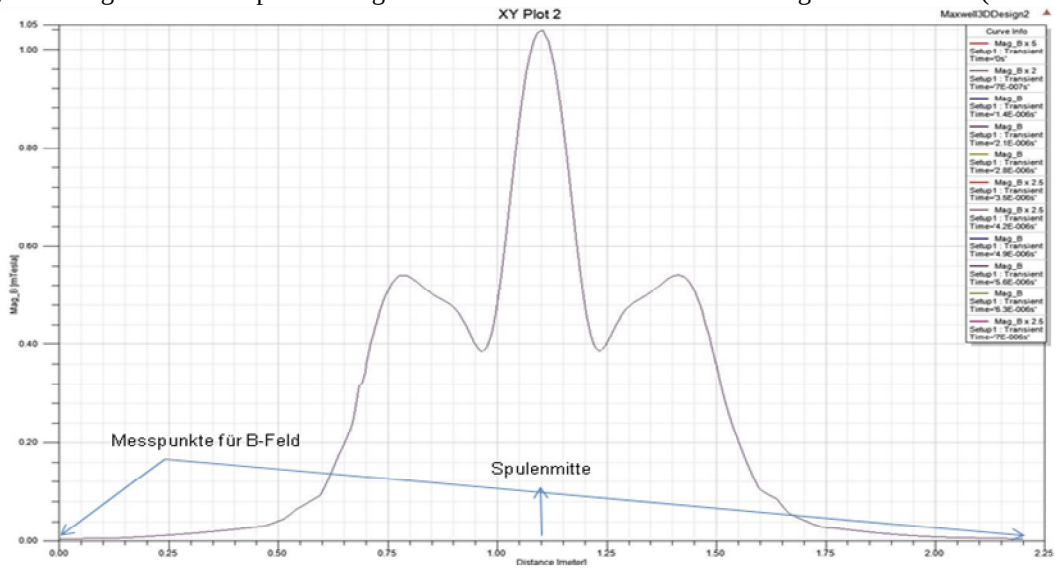


Abbildung 4: B Feld: Schnitt x-Richtung ohne Versatz bei z = 165mm

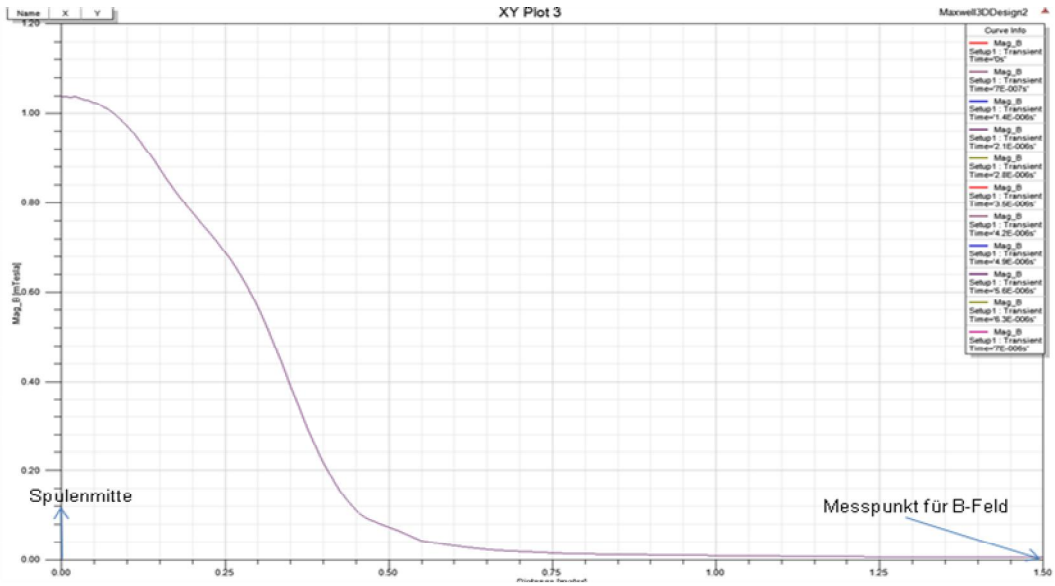


Abbildung 5: B Feld: Schnitt y-Richtung ohne Versatz bei z = 165mm

Im Vergleich mit den anderen Spulendesigns ist die Doppel-D auf Doppel-D Konfiguration mit unterschiedlichen Größenverhältnissen auf Primär und Sekundärseite bezüglich des Kopplungsgrades relativ schlecht und die Versatztoleranz vergleichbar mit anderen Spulendesigns. Die ICNIRP Werte konnten mit allen Spulendesigns eingehalten werden. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde dieses Spulendesign im Konsortium nicht mehr weiter verfolgt.

Innerhalb der zwei Arbeitspakete 1.2.1.2/1.2.1.3 wurde ein Spulen-Versuchsaufbau, der den InterOp- Konsens für die Bodenseite entspricht, entwickelt und aufgebaut. Dieser sollte im Folgenden für die Optimierung der Wicklung, der Litzenarten und der Ferrite dienen. Abbildung 6 zeigt diesen Versuchsaufbau. Die Arbeiten wurden im Zuge der Neuausrichtung der Projektinhalte von Siemens nicht weiterverfolgt.

Abbildung 6: Versuchsaufbau primärseitiges Spulensystem entsprechend InterOp- Konsens Bodenseite (Abmessungen: 1100mmx900mm)

Regelung Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler

Die Leistungsübertragung zum InterOperablen Laden von Fahrzeugen sollte ohne DC/DC-Wandler im Fahrzeug auskommen, um dem Bauteil- und Kostenaufwand zu reduzieren und den Wirkungsgrad der Leistungsübertragung zu erhöhen.

Die Anforderungsanalyse ergab, dass zur Regelung der Leistungsübertragung in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie folgende Informationen von der Sekundärseite auf die Primärseite zu übertragen sind:

- Sollwert Ladestrom der Batterie
- Istwert Ladestrom der Batterie
- Maximale Klemmspannung der Batterie
- Istwert Klemmspannung der Batterie
- Fehlersignale sekundärseitige Leistungselektronik (z.B. Überspannung/ Überstrom)
- Information über Status der Kommunikation zwischen Primär- und Sekundärseite (z.B. Paketnummerierung)

An die primärseitige Leistungselektronik mit Regelung ohne sekundärseitigen DC/DC- Wandler ergab sich folgende Anforderung: Das Regelungsprinzip basiert auf der Variation der Arbeitsfrequenz. Daher ist eine fein abstufbare Frequenzgenerierung vorzusehen.

Abbildung 7 zeigt das Blockschaltbild der Leistungsübertragung mit DC/DC-Wandler. Die Einstellung der gewünschten Ladekennlinie kann der fahrzeugseitige DC/DC-Wandler gewährleisten, dazu reicht eine Kommunikation zwischen DC/DC-Wandler und Fahrsteuerung oder Batterie, beispielsweise über CAN, aus. Der DC/DC-Wandler verfügt über die notwendigen Schutz-, Mess- und Steuerungsfunktionen, um die Ladekennlinie einzustellen und Überspannungen am Ausgang des DC/DC-Wandlers zu vermeiden. Die Regelung des aus DC/AC-Wandler, Spulensystem und Gleichrichter gebildeten Resonanzwandlers erfolgt auf der Bodenseite. Eine Kommunikation zwischen fahrzeugseitiger und bodenseitiger Leistungselektronik ist nicht notwendig.

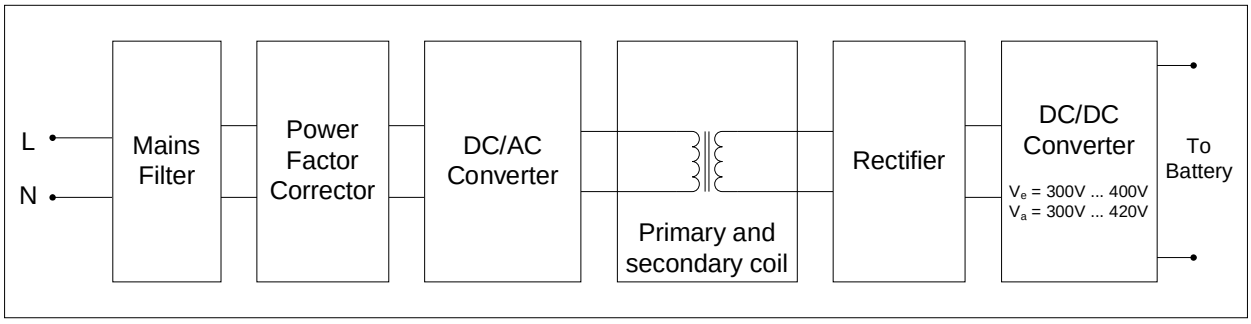


Abbildung 7: Blockschaltbild Leistungsübertragung mit DC/DC-Wandler

Für eine Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler mussten folgende Komponenten überarbeitet oder hinzugefügt werden:

- Erweiterung des Gleichrichters um Mess- und Schutzfunktionen, in Abbildung 8 als AC/DC Converter dargestellt.
- Kommunikation fahrzeugseitiger und bodenseitiger Leistungselektronik, über einen geeigneten Übertragungskanal, z.B. eine Funkschnittstelle wie WLAN. In Abbildung 8 ist diese Schnittstelle über die primärseitige und sekundärseitige COM-Box dargestellt. Die Schnittstellen können auch direkt in den DC/AC Converter auf der Bodenseite und in den AC/DC Converter auf der Fahrzeugseite integriert werden.
- Erweiterung der primärseitigen Regelung des Resonanzwandlers um eine übergeordnete Batteriestrom- und Batteriespannungsregelung.
- Anpassung der primärseitigen Fehlererkennung, um einen sekundärseitigen Lastabwurf und Veränderungen des Resonanzkreises (z.B. durch Wegrollen des Fahrzeugs) rechtzeitig zu erkennen und die Schutzfunktionen des AC/DC Converters der Sekundärseite vor Überlast zu schützen.

Die im AC/DC Converter erfassten Signale enthalten den Ausgangsstrom (Ladestrom Batterie), die Ausgangsspannung (Ladespannung Batterie) und Fehler- und Statussignale. Diese werden über eine proprietäre RS485-Schnittstelle an die sekundärseitige COM-Box gesendet. Über eine CAN-Schnittstelle erhält diese COM-Box außerdem die Sollwerte für Ladestrom und Ladespannung von der Fahrsteuerung bzw. dem Batteriemanagementsystem. Diese Werte werden aller 100 ms an die primärseitige COM-Box geschickt, welche diese über eine proprietäre RS485-Schnittstelle an den bodenseitigen DC/AC Converter übergibt. Die dort zu implementierende Ladestrom- und Ladespannungsregelung ist sehr langsam eingestellt, sodass die langsame WLAN-Übertragung toleriert werden kann. Da keine definierte Zeit zum Übertragen mittels WLAN gewährleistet werden kann, wird mittels einer Plausibilitätsprüfung der Messwerte und der Überwachung des Resonanzkreises die Leistungsübertragung gegebenenfalls abgeschaltet. Wünschenswert wäre ein echtzeitfähiger Übertragungskanal. Die Plausibilitätsprüfung beinhaltet eine Information über den Status der Kommunikation beziehungsweise des Übertragungskanals mittels Paketnummerierung.

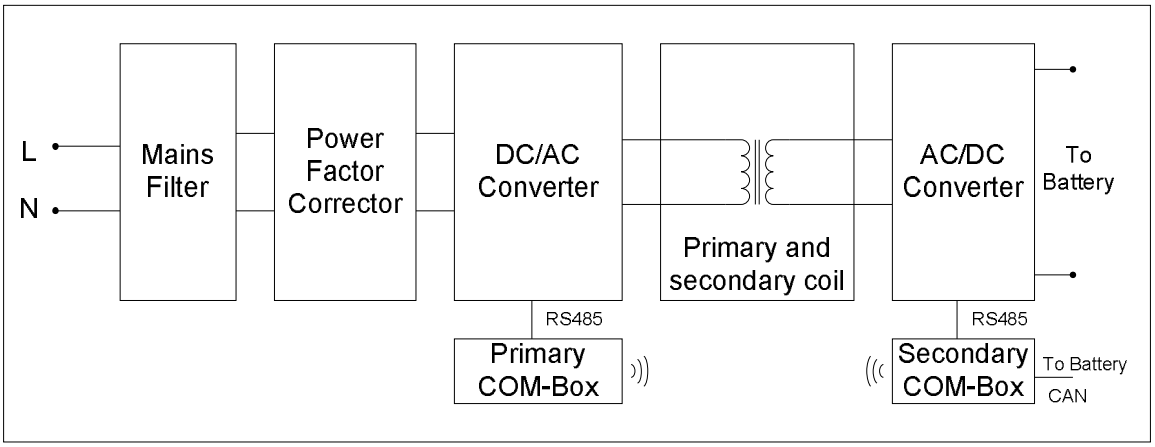


Abbildung 8: Blockschaltbild Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler

Der AC/DC Converter auf der Sekundärseite wurde im Rahmen dieses Projektes neu designt. Er besteht aus folgenden Funktionsgruppen:

- Gleichrichter
- Transformator zu Anpassung des Spulensystems an die Batterie des jeweiligen Fahrzeugs
- Überspannungsschutz
- Ladestrommessung
- Ladespannungsmessung
- RS485 Kommunikationsschnittstelle
- ggf. Resonanzkondensatoren (können Teil des AC/DC Converters oder des Spulensystems sein)

Da im Konsortium noch keine Einigung über das Spulensystem vorlag, wurde zunächst für Implementierung und Test ein Spulensystem aus dem Vorgängerprojekt IndiOn verwendet. Die Resonanzkondensatoren befinden sich in dieser Konfiguration im Gehäuse der Sekundärspule und müssen deshalb nicht in den AC/DC Converter designt werden. Ändert sich das Spulensystem, kann der AC/DC Converter durch die Änderung des Transformators sehr einfach an dieses angepasst werden.
Der AC/DC Converter besteht aus einer Leistungsplatine und einer Mess- und Kommunikationsplatine. Im Rahmen des Arbeitspaketes 1.3.2.1 wurde der fahrzeugseitige AC/DC Converter aufgebaut. Der erste Schritt bestand im Layout der Leistungsplatine und im Layout der Mess- und Kommunikationsplatine. Danach folgte die Konstruktion des Gesamtgerätes. Das Gesamtgerät ist für Luftkühlung mit freier Konvektion ausgelegt. Der Boden des Gerätes ist mit Kühlrippen ausgestattet, bildet also den Kühlkörper. Auf diesen Kühlkörper wird die Leistungsplatine mit den Leistungshalbleitern und der Planartransformator geschraubt. Die Ausführung des Transformators in Planarbauweise ermöglicht einen flachen Aufbau. Die Mess- und Kommunikationsplatine befindet sich über der Leistungsplatine. Die Seitenwände werden seitlich an den Kühlkörper geschraubt und miteinander verschraubt. Ein Deckel schließt das Gerät nach oben ab. Abbildung 9 zeigt das aufgebaute Gerät (ohne Deckel und ohne vollständige Seitenwände).

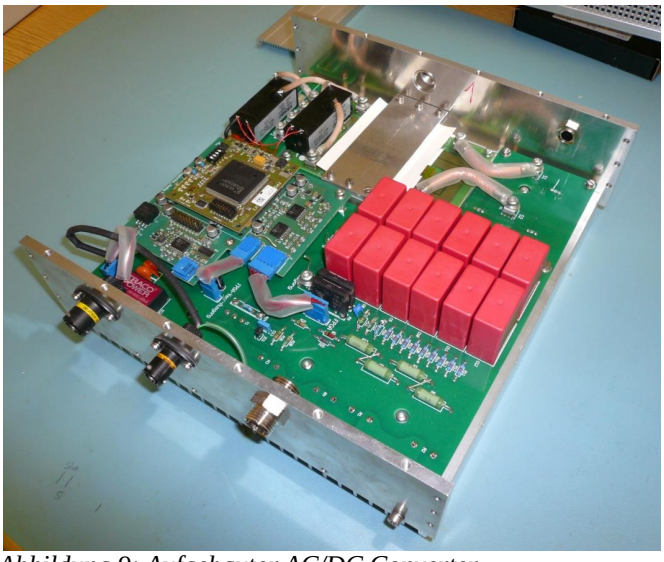


Abbildung 9: Aufgebauter AC/DC Converter

Die Leistungsübertragung ohne DC/DC-Wandler wurde im AP 1.3.2.2 im Labor getestet. Dazu wurde als erstes der AC/DC Converter in Betrieb genommen. Das Kommunikationsprotokoll und der Inhalt der Nachrichten wurden vor der Inbetriebnahme festgelegt und implementiert. Der Kanal wird ausschließlich vom Fahrzeug zur Bodenseite betrieben. Die Bodenseite erhält regelmäßig zwei Nachrichten vom Fahrzeug: Eine vom AC/DC Wandler mit Mess- Status- und Fehlersignalen und eine von der Fahrsteuerung mit Sollwerten von Ladestrom und ggf. Ladespannung.
Nach Test der Komponenten wurde die Leistungsübertragung im Labor erfolgreich getestet. Basis war ein Spulensystem aus dem Vorgängerprojekt IndiOn. Neben dem Betrieb bei verschiedenen Lastfällen und Spulenpositionen wurde ein mehrstündiger Dauertest erfolgreich durchgeführt.

Labordemonstrator Kommunikation
Im Rahmen des Projektes wurde ein Laboraufbau für eine standardnahe Kommunikation realisiert. Die Abbildung 10 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Demonstrators, der aus dem fahrzeugseitigen Steuergerät inkl. WLAN-Modul für die Fernfeldkommunikation, den WLAN-Antennen in der Sekundärspule für die Nahfeldkommunikation, dem WLAN Access Point auf der Infrastrukturseite (Fernfeld), den WLAN-Antennen in der Primärspule (Nahfeld) und dem primärseitigen Steuergerät besteht. Die beiden Steuergeräte sind baugleich.

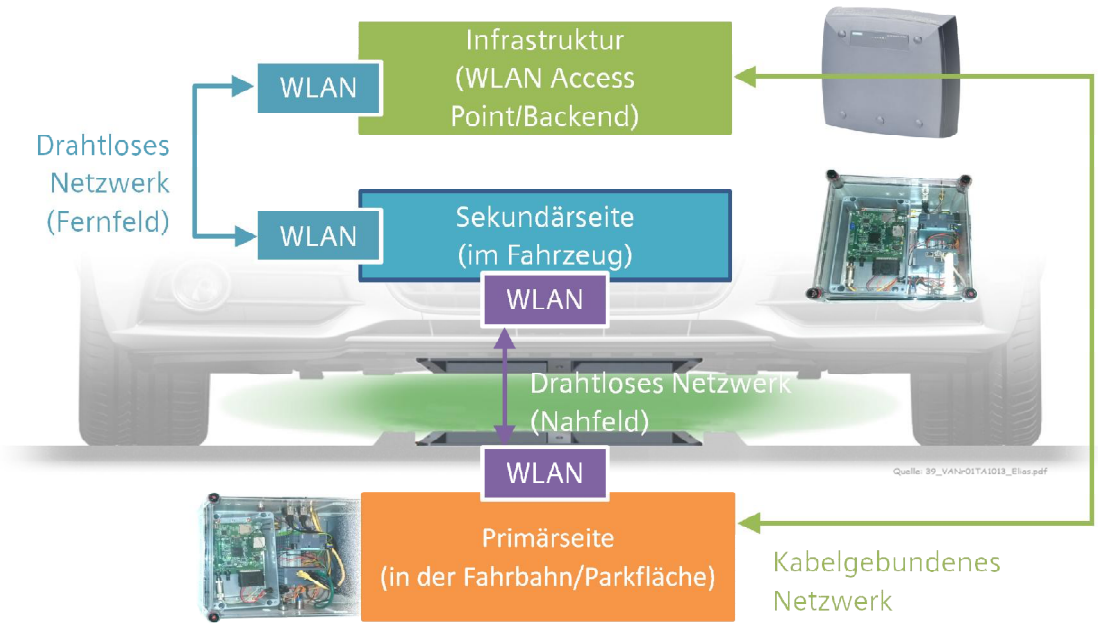


Abbildung 10: Prinzipieller Aufbau Labordemonstrator

Als Hardware-Plattform für die beiden zu realisierenden Steuergeräte (Communications Controller-CC, also EVCC & SECC) wurde ein im RACE-Projekt entwickeltes Steuergerät an die InterOp- Kommunikationsanforderungen angepasst. Als Betriebssystem auf diesen beiden Controllern ist für den InterOp- Laboraufbau Linux zum Einsatz gekommen. Die Software für die Kommunikation auf diesen beiden Controllern wurde in ANSI C/C++ realisiert und beruhte auf einem weitgehend modellbasierten Software-Entwicklungs-Ansatz. Die ausführliche Beschreibung des Steuergerätes erfolgt in der Spezifikation in Anlage 4 (vertraulich).

Ein bedeutender Projektinhalt von Siemens war das Design, der Aufbau und der Test der Einheit für das reichweitenreduzierte WLAN. Siemens hat diese Technologieuntersuchung in Abstimmung mit den anderen Zulieferern exklusiv vorangetrieben, um die Machbarkeit der Technologie für das induktive Laden zu testen und nachzuweisen.
Es wurden Antennenkonzepte für die Ladestation (Primärseite) und für ein Fahrzeug (Sekundärseite) erarbeitet. Dabei wurden geeignete Antennen ausgewählt, bewertet, entwickelt und aufgebaut. Die Schwierigkeit bei der Entwicklung der Antennen sind die Umgebungsbedingungen in unmittelbarere Umgebung der Antennen. Die Antennen sollen in vorhandenes Material wie zum Beispiel Kunststoff integriert werden. Mit Simulationen wurden zunächst geeignete Antennentypen untersucht. Der genaue Lagenaufbau des Lade-Demonstrators lag dabei vor. Gemäß den Simulationsergebnissen wurde dann ein Labormuster aufgebaut, vermessen und in einen Lade-Demonstrator (Fahrzeug und Ladestation) integriert. Mit den aufgebauten Antennen wurden Funktionstests während eines induktiven Ladevorgangs am ifak in Magdeburg durchgeführt. Die Möglichkeit einer reichweitenbegrenzten Funkkommunikation bei 2.4 GHz und 5,8 GHz während eines induktiven Ladevorgangs wurde innerhalb eines definierten Bereiches nachgewiesen. Die ausführlichen Ergebnisse sind als Anlage 3 im Foliensatz „Reichweitenbegrenztes WLAN bei 2,4 GHz und 5,8 GHz“ angehängt.

Das Kommunikationsprotokoll für den Labordemonstrator basiert auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 für DC-Laden, da es zum Zeitpunkt der Projektdurchführung noch keine verwendbare Version des ISO/IEC 15118 Standards für das induktive Laden gab. Als Codec für die im Laboraufbau ausgetauschten Nachrichten zwischen Electrical Vehicle (EV) und Electrical Vehicle Supply Equipment (EVSE) ist OpenV2G in der Version 0.7 (http://openv2g.sourceforge.net/index.php/home.html) – entspricht der DIN 70121 Nachrichten Kodierung – zum Einsatz gekommen. Die Entscheidung, die Messages des DC Ladens wieder zu verwenden, beruht auf der Tatsache, dass es in beiden Ladeverfahren notwendig ist, während der Leistungsübertragung kontinuierlich Daten zwischen EV und EVSE auszutauschen. Die für das Labor realisierte sog. Fern- und Nahfeld-Kommunikation basiert auf IEEE 802.11. Bei der Nahfeld-Kommunikationsstrecke unter dem Fahrzeug handelt es sich um ein reichweitenreduziertes WLAN mit speziellen Antennen, die u.a. für den Einsatz in einem elektromagnetischen Feld konstruiert werden. Das WLAN-Netz im Labor kann im 2,4 GHz. oder 5,8 GHz. Frequenzband betrieben werden. Die Umsetzung der Kommunikation innerhalb des Laboraufbaus hat sich, soweit es möglich war, an den ISO/IEC 15118 DC Standard gehalten. Notwendige Abweichungen vom Standard wurden nur aufgrund spezieller Anforderungen für das induktive Laden implementiert. Von diesem Vorgehen verspricht sich Siemens einen leichteren, schnelleren und effizienteren Umstieg auf den zu erwartenden ISO/IEC 15118 Standard für induktives Laden zu einem späteren Zeitpunkt.
Ziel der im Labor zu entwickelnden Kommunikation zur Ladesteuerung eines induktiven Ladevorgangs war es, die Annäherung des Fahrzeugs an induktive Ladeplätze bei Ausnutzung der sog. Fernfeld-Kommunikation zu realisieren und die eigentliche Ladesteuerung im sog. Nahfeld-Bereich zwischen Primär- und Sekundär-System zu testen und auf deren praktische Umsetzbarkeit hin zu untersuchen. Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem InterOp Laboraufbau werden wieder direkt über die entsprechenden Siemens-Vertreter in den ISO/IEC 15118 Gremien zurückfließen.
Inhalt der „Dokumentation der Kommunikation für den Laboraufbau basierend auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 DC“ (Anlage 2) ist es, die Nachrichten aus der ISO/IEC 15118 DC und deren zeitlichen Ablauf zwischen Electrical Vehicle (EV) und dem Electrical Vehicle Supply Equipment (EVSE) zu dokumentieren, die für die Realisierung des Laboraufbaus herangezogen wurden. Dazu gehört die genaue Beschreibung der jeweiligen verwendeten Nachrichten aus dem Standard, der zugehörigen Parameter mit deren Bedeutung in der InterOp Laborkommunikation und die zeitliche Abfolge der Nachrichten, dokumentiert in Form eines Sequenz-Diagramms. Diese Dokumentation (Anlage 2) wurde erstmalig am 20.01.2015 an die Zulieferer unter den Projektpartnern verteilt und wurde in den laufenden Implementierungsarbeiten weiter aktualisiert.

In Summe wurde im Labordemonstrator Kommunikation folgendes Szenario (Abbildung 11 und 12) realisiert:

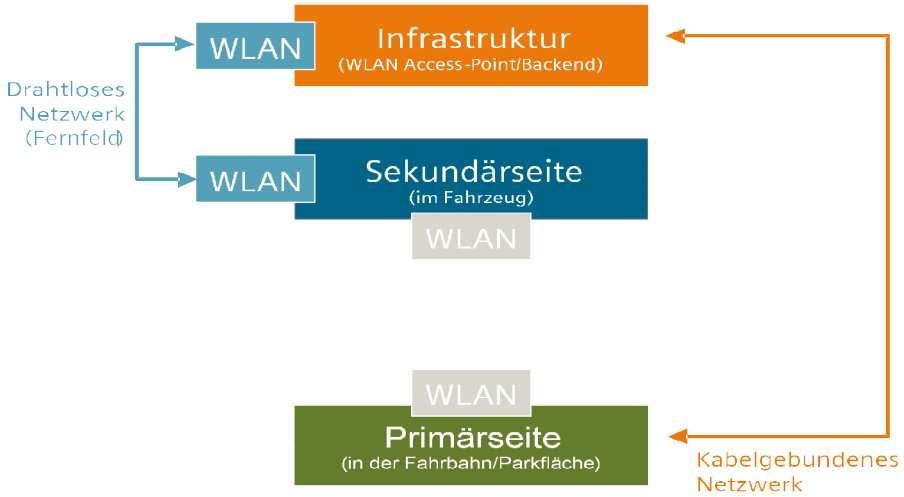


Abbildung 11: Phase 1 Ladeablauf mit Fernfeldkommunikation

- Nach Fahrerwunsch Aufbau Fernfeld- WLAN Verbindung mit Infrastruktur
- Datenaustausch (z.B. Abrechnung, Parametrierung Ladevorgang etc.)
- Umschaltung auf das Nahfeld- WLAN
- weitere Kommunikation sowie geregelter Betrieb der Energieübertragung über Nahfeld WLAN Kommunikation

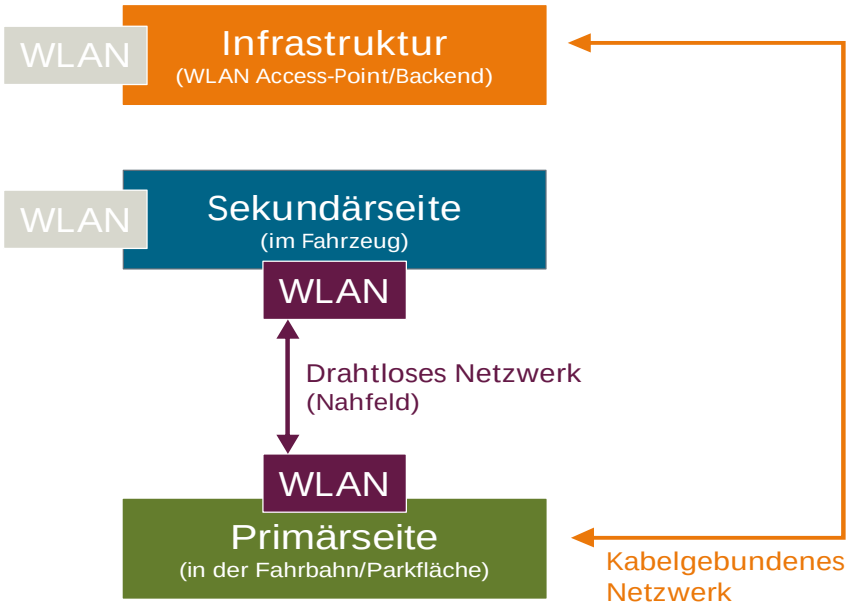


Abbildung 12: Phase 2 Ladeablauf mit Nahfeldkommunikation

- Kommunikation zwischen Primär- und Sekundärseite während des Ladevorgangs über das reichweitenreduzierte Nahfeld- WLAN.
- Verlässt das Fahrzeug die Ladeposition, so reißt nach kurzer Zeit die Nahfeld-WLAN Verbindung ab. Der Ladevorgang wird automatisch beendet.
- Der Access Point ist bei diesem Betriebsmodus nicht an der Kommunikation beteiligt.

Zusätzlich wurde ein sogenanntes Man-in-the-Middle (MiM) Monitor-System entwickelt, welches auch während der Integrationsphase zum Einsatz kommen kann. Dieses Monitor-System dient zur Protokollierung/zum Monitoring der zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur ausgetauschten Nachrichten während eines laufenden Ladevorgangs. Das System wurde den Partnern am 06.06.2014 bereitgestellt mit der Bitte um die Abstimmung der nächsten Schritte.
Mit der Bereitstellung der Nachrichten in einem solchen Test-System wurde den Partnern ermöglicht, schon während der Implementierung der Nachrichten auf deren Seite bereits zur Verfügung stehende Testfälle während der Software-Entwicklung zu nutzen (Test-Driven-Development Ansatz). Zu einem späteren Zeitpunkt wurde dann das entwickelte Test-System um eine entsprechende State-Machine für das realisierte Protokoll erweitert. Schematisch ist der MiM-Testbetrieb in Abbildung 13 dargestellt.

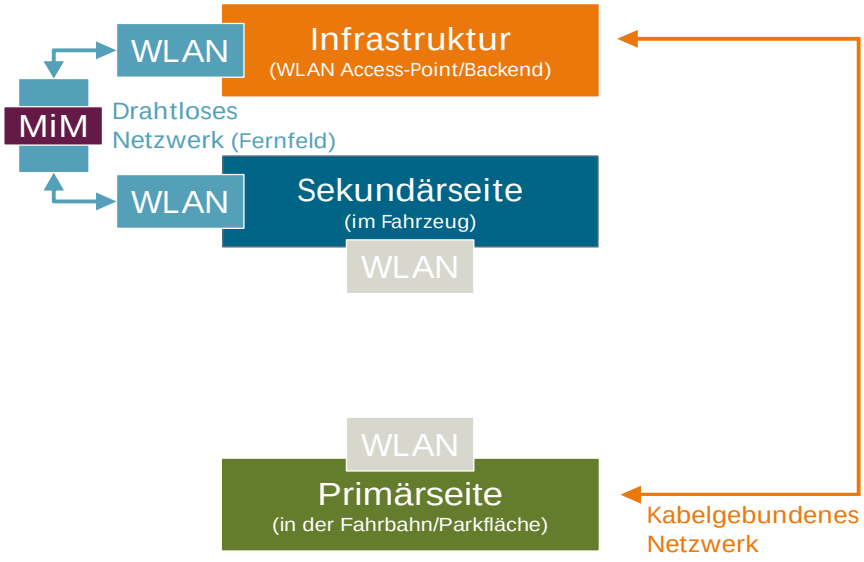


Abbildung 13: Man-in-the-Middle Testbetrieb

- Beim MiM (Man-In-Middle) Testbetrieb wird ein Rechner in den Kommunikationskanal zwischen Primär- und Sekundärseite geschaltet
- Die Kommunikation kann hier nicht über die Nahfeld-Verbindung erfolgen (auch nicht beim Ladevorgang)
- Der MiM Rechner kann die gesamte Kommunikation mitschneiden, auswerten und grafisch darstellen

In Abbildung 14 ist das browser-basierte grafische User Interface (UI) des MiM-Testsystems gezeigt. Folgende Funktionalitäten und Status-Anzeigen sind möglich:

- Graphische Visualisierung von Request- und Response-Nachrichten
- Live-Monitoring der übertragenen ISO/IEC 15118 Nachrichten
- Dekodieren einzelner OpenV2G-Nachrichten auf Anforderung

Ladestatusüberwachung in Echtzeit

- Pro empfangender Nachrichten werden die jeweiligen Status im UI angezeigt
- Status der Anfragen (requests) vom Elektrofahrzeug
- Status der Antworten (responses) von der Ladestation

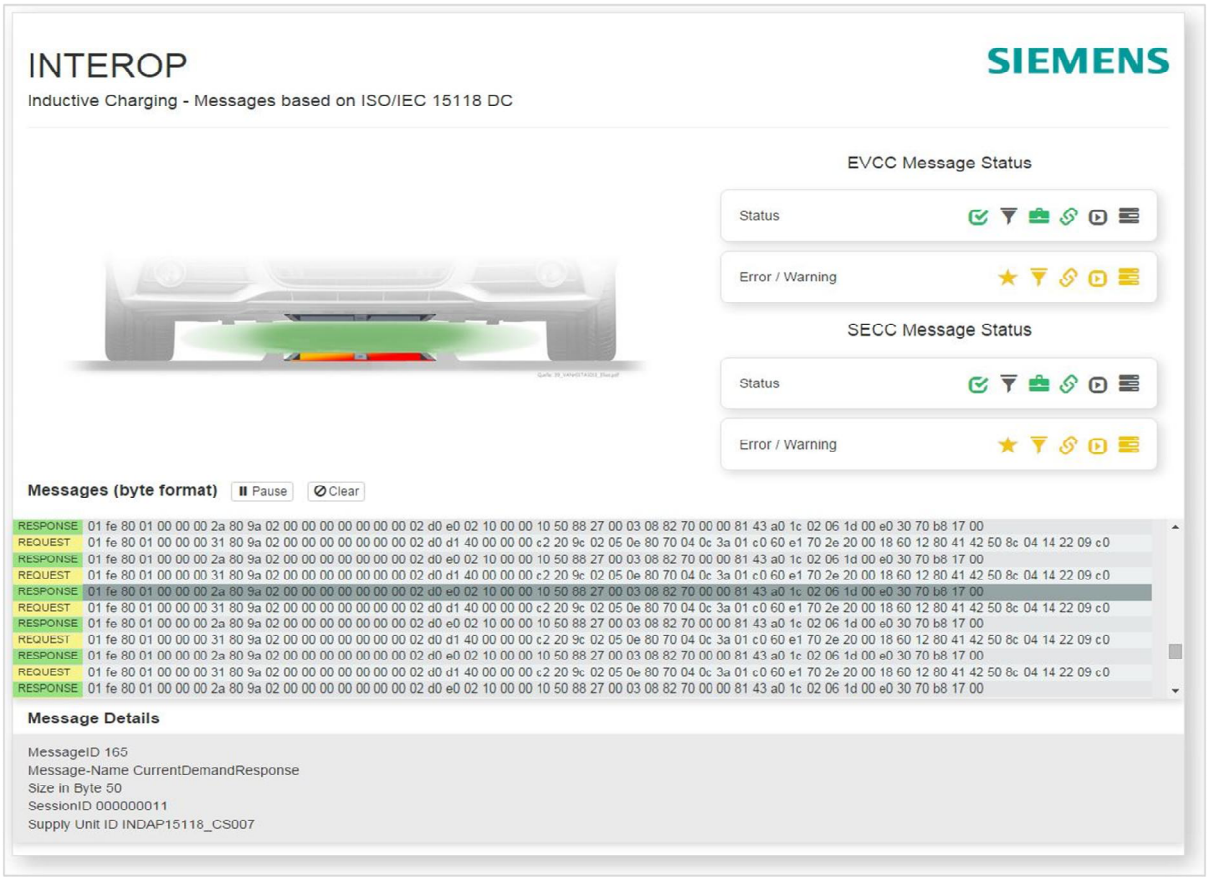


Abbildung 14: Browser-basiertes grafisches User Interface (UI) des MiM-Testsystems

2. Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die in der Anforderungsanalyse gewonnenen Erkenntnisse für InterOperable induktive Ladesysteme sind in die Produktentwicklung bei Siemens eingeflossen in die Anforderungen für die Ladesysteme der nächsten Generation, die eben sowohl den Bauraumanforderungen der OEMs genügen sollen als auch Wege zur InterOperabilität eröffnen sollen. Die Gefahrenidentifikation und Risikoanalyse nach ISO26262 der InterOp- Partner mit gemeinsamer ASIL-Einstufung ist unmittelbar der Produktentwicklung zur Verfügung gestellt worden und dort weiter verwendbar zur Ableitung der nötigen Maßnahmen zur Risikominimierung.
Die Realisierung einer Laderegelung ohne DC/DC führt zu einer Einsparung von Kosten und Gewicht auf der Fahrzeugseite des Ladesystems. Hier kann eine Gewichtseinsparung von ca.10kg erreicht werden, was einer Gewichtsreduktion von ungefähr 20% bei der fahrzeugseitigen Leistungselektronik entspricht.
Die im Rahmen von InterOp entwickelten Kommunikations-Technologien basieren auf einer drahtlosen Datenübertragung zur Steuerung von Ladevorgängen bei Elektrofahrzeugen. Diese Technologien werden in den internationalen Standardisierungsarbeiten bei CEN/CENELEC und ISO/IEC in betreffende Standards eingebracht. Induktives Laden und die Steuerung vollautomatischer Verbindungskomponenten zwischen Infrastruktur und Elektrofahrzeug sind die sich heute abzeichnenden Anwendungsgebiete, in denen die in InterOp entwickelten Ergebnisse zum Einsatz kommen. Die Siemens AG setzt diese Technologien bereits im Bereich des Pantograph-basierten Ladens von Elektrobussen ein.
Auf dem Gebiet der Antennenentwicklung für das Reichweitenreduzierte WLAN wurde eine Erfindungsmeldung eingereicht (vertraulich zu behandeln). Diese lautet: „Antennensystem zum Betrieb innerhalb starker elektromagnetischen Feldern bei gleichzeitiger Unterdrückung von Wirbelströmen unter Gewährleistung einer Kolokalisierung“
Internes Aktenzeichen: 2013E09260 DE

III. Angaben zu Personalkosten/-ausgaben

Es wurden keine neuen unbefristeten oder befristeten Arbeitsverträge abgeschlossen, die unmittelbar dem Projekt zuordenbar sind.

Es wurden 17.626 Bearbeiterstunden aus dem Personalbestand heraus in dem Projekt geleistet, die über das Projekt abgerechnet wurden. Das entspricht 11 Bearbeiterjahren innerhalb der Laufzeit von drei Jahren.

IV. Investitionen

Es wurden keine Geräte als Investitionen angeschafft.

V. Kurzfassung des Schlussberichtes

Dieser wird in einer separaten Datei vorgelegt.

VI. Anhang

Die Anlagen des Berichtes sind vertraulich zu behandeln.

Anlage 1: „Verbundvorhaben InterOp Gefahrenidentifikation und Risikobewertung“

Anlage 2: „Dokumentation der Kommunikation für den Laboraufbau basierend auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 DC“

Anlage 3: „Reichweitenbegrenztes WLAN bei 2,4 GHz und 5,8 GHz“

Anlage 4: „Spezifikation Steuergerät INTEROP“

Verbundvorhaben InterOp
Gefahrenidentifikation und Risikobewertung

Mitwirkende bei der Erstellung des Dokumentes			
Name	**Firma**	**email**	**Funktion**
Dr. Lennart Kilian	Siemens AG	lennart.kilian@siemens.com	Autor
Dr. Kerstin Häse	Siemens AG	kerstin.haese@siemens.com	Mitwirkend
Dr. Axel Hoppe	Ifak	axel.hoppe@ifak.eu	Mitwirkend
Dr. Sven Thamm	Ifak	sven.thamm@ifak.eu	Mitwirkend
Samuel Kiefer	kiefermedia	km@kiefermedia.de	Mitwirkend
Dr. Wolfgang Schnurbusch	IPT Technology	wolfgang.schnurbusch@ipt-technology.com	Mitwirkend
Siegfried Speck	EAI GmbH	s.speck@eai-net.de	Mitwirkend
O. Speck	EAI GmbH	o.speck@eai-net.de	Mitwirkend
M. Bonke	EAI GmbH	m.bonke@eai-net.de	Mitwirkend
Wajdi Hedhli	Streetscooter GmbH	Hedhli@Streetscooter.eu	Mitwirkend
V.d. Lohe	Streetscooter GmbH	VdLohe@Streetscooter.eu	Mitwirkend
Andre Schulze	German E-Cars GmbH	A.Schulze@german-e-cars.de	Mitwirkend
Dr. Rolf Woermann	German E-Cars GmbH	r.woermann@german-e-cars.de	Mitwirkend
Ralf Wiengarten	Vahle GmbH	Ralf.Wiengarten@vahle.de	Mitwirkend
Ulrich Reker	Vahle GmbH	ulrich.reker@vahle.de	Mitwirkend

Änderungshistorie			
Version	**Datum**	**Änderungen gegenüber der Vorversion**	**Kommentare**
0.9	16-05-2014	Abstimmungsversion der ersten offiziellen Version	Gefährdungsidentifikation vollständig und abgeschlossen, Risikobewertung entspricht dem vorläufigen Diskussionsstand innerhalb der Arbeitsgruppe, Dissens besteht noch über die ASIL-Einstufungen in Abschnitt 6.3. Generell müssen die Schlussfolgerungen basierend auf den Feldverteilungen und -stärken für die Systeme der verschieden Konsortialpartner durch die jeweiligen Konsortialpartner bestätigt werden.
0.91	27-05-2014	Anpassung des Abschnittes 8.11 entsprechend der Telko am 23-05-2014	
0.92	02-07-2014	Anpassung entsprechend der Kommentierung von IPT (email vom 30.06.2014), german-e-cars (email vom 24.06.2014). und ifak/EAI (email vom 30.06.2014)	Recht umfangreiche textuelle Änderungen und Änderungen in der Struktur von Gefährdungen und Kapiteln. Risikoeinstufung im Wesentlichen unverändert.
1.0	07-07-2014	Ergänzung Einleitung Berücksichtigung des Herzschrittmacher-Notmodus bei der Bewertung der Gefährlichkeit magnetischer Felder in Abschnitt 2.2, Berücksichtigung von Kennzeichnungen bei der Bewertung für Herzschrittmacherträger. In Abschnitt 6.4 Einfügen eines neuen Systembildes einschließlich Anpassungen der Schnittstellentabelle in Abschnitt 3. Einfügen einer Liste offener Punkte in Abschnitt 9.	Erstellung einer abgestimmten vorläufigen Version zur Dokumentation des Diskussionsstandes im Arbeitskreis InterOp. Einzelne als offen klassifizierte Themen sind in nachfolgenden Versionen zu klären.
1.01	08.08.2014	Einfügen der ergänzten Simulationsdaten der Firma	

		Vahle Ergänzung der Liste offener Punkte entsprechend der Abstimmungen in der Telko vom 30.07.2014 Ergänzung der Präambel in Kapitel 1	
1.02	18.09.2014	Einfügen der Ergebnisse zum Aktivieren des Primärsystems unter einem nicht-kompatiblen Fahrzeug einschließlich einer zugeordneten neuen Gefährdung	
1.03	02.10.2014	Ergänzung von Ergebnissen der Firma SEW Einfügen eines Kapitels zu „Elektromagnetischen Feldern im Alltag“	
1.1	12.01.2015	Erweiterung der Präambel Ergänzung der Abgrenzung hinsichtlich des betrachteten Spulensystems und der betrachteten Betriebsfrequenzen. Ergänzungen im Bereich der Auswirkungen auf Tiere. Erweiterungen im Bereich der Wirkung auf inkompatible Fahrzeuge. Expansion der Anhänge. Einfügen der Tabelle zur Einstufung der Frequenzabhängigkeit	
1.11	17.06.2015	Löschen von SEW im Header und der Autorenliste	
2.0	28.10.2015	Berücksichtigung der Untersuchungen zur Beeinflussung von Herzschrittmachern von D. Stunder et al.	

Vertraulichkeitshinweis: Vertraulich innerhalb der Konsortialpartner

Inhalt

1 Einleitung 8
1.1 Zweck 8
1.2 Referenzen 8
1.3 Abgrenzung hinsichtlich des Ladesystems 9
2 Wirkung elektromagnetischer Felder 10
2.1 Elektromagnetische Felder im Alltag 10
2.1.1 Wissenschaftliche Studien 10
2.1.2 Einstufung der IARC über krebserregende Wirkung 12
2.1.3 EMF-Tabelle 13
2.1.4 Referenzen zu Kapitel 2.1 14
2.2 Grenzwerte der magnetischen Flussdichte 16
2.3 Studie RWTH Aachen 17
3 Systemstruktur und Schnittstellen 19
3.1 Systemstruktur 19
3.2 Schnittstellen 19
4 Vorgehensweise für Gefährdungsanalyse und ASIL-Bestimmung 22
4.1 Systematik und Struktur der Gefährdungen 22
4.2 Prinzipien der Bestimmung des ASIL nach ISO 26262 22
4.3 Grundlagen der Risikobewertung (ASIL-Ableitung) 23
4.3.1 Vorgehensweise der Risikobewertung 23
4.3.2 Umfeldbeschreibung 23
4.3.3 Einstufung der Häufigkeit 24
4.3.4 Grenzwerte der magnetischen Flussdichte 24
5 Gefährdungen 25
5.1 G1: Person im magnetischen Feld (IF), reguläre Ladesituation des Fahrzeugs 25
5.1.1 G1-A: Person ohne Metall am oder im Körper 25
5.1.2 G1-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper 25
5.1.3 G1-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper 25
5.1.4 G1-D: Überschreitung der Grenzwerte im Fahrzeuginneren (FI) 25
5.2 G2: Person im magnetischen Feld (IF), Fahrzeug ist nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet 26
5.2.1 G2-A: Person ohne Metall am oder im Körper 26
5.2.2 G2-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper 26
5.2.3 G2-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper 26

5.3 G3: Person im magnetischen Feld (IF), Aktivierung der Primärspule mit nicht-kompatiblem Fahrzeug, das nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist 27
5.4 G4: Person im magnetischen Feld (IF), Primärspule erzeugt fehlerhaft ein magnetisches Feld und der Zugang zum Feld ist nicht behindert 28
5.4.1 G4-A: Person ohne Metall am oder im Körper 28
5.4.2 G4-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper 28
5.4.3 G4-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper 28
5.5 G5: Erwärmung metallischer Fremdkörper im magnetischen Feld (IF) 29
5.5.1 G5-A: Flache metallische Fremdkörper im magnetischen Feld 29
5.5.2 G5-B: Flache metallische Fremdkörper mit Kontakt zu einer Brandlast im magnetischen Feld 29
5.6 G6: Tiere im magnetischen Feld (IF) 29
5.7 G7: Gefährdung durch ggf. gefährliche Berührspannungen 30
5.7.1 G7-A: Gefährliche Berührspannungen durch eine fehlerhafte Primärspule 30
5.7.2 G7-B: Gefährliche Berührspannungen durch eine fehlerhafte Sekundärspule 30
5.8 G8: Mechanisches Versagen 31
5.8.1 G8-A: Fehlerhafte Bodenintegration: mechanischer Bruch/offener Schacht 31
5.8.2 G8-B: Fehlerhafte Integration in das Fahrzeug/Chassis: mechanischer Bruch 31
5.9 G9: Gefährdungen durch fehlerhaften Energieeintrag in das Fahrzeug 32
5.9.1 G9-A: Unzeitiges Laden mit angeschlossener Batterie, obwohl die Vehicle Control Unit im Zustand „nicht ladebereit“ ist 32
5.9.2 G9-B: Lastabwurf (unzeitiges Öffnen der Schütze im Fahrzeug) 32
5.9.3 G9-C: Ladesystem liefert zu viel Energie 32
5.9.4 G9-D: Fehlerhafte elektrische Parameter des sekundären Ladesystems 32
5.9.5 G9-E: EMV-Beeinflussung von Fahrzeug-Komponenten während des Ladevorgangs 32
5.10 G10: Auswirkungen eines aktivierten Primärsystems auf ein inkompatibles Fahrzeug 32
6 Risikobewertung der Gefährdungen (ASIL-Ableitung) 33
6.1 Gefährdung G1: Person im magnetischen Feld (IF), reguläre Ladesituation des Fahrzeugs 33
6.1.1 Szenario 33
6.1.2 Bewertung 33
6.1.3 Erläuterungen 34
6.2 Gefährdung G2: Person im magnetischen Feld (IF), Fahrzeug ist nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet 35
6.2.1 Szenario 35
6.2.2 Bewertung 35
6.2.3 Erläuterungen 36

6.3 Gefährdung G3: Person im magnetischen Feld (IF), Aktivierung der Primärspule mit *nicht-kompatiblem* Fahrzeug, das nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist 37
6.4 Gefährdung G4: Person im magnetischen Feld (IF), Primärspule erzeugt fehlerhaft ein magnetisches Feld und der Zugang zum Feld ist nicht behindert 38
6.4.1 Szenario 38
6.4.2 Bewertung 39
6.4.3 Erläuterungen 40
6.5 Gefährdung G5: Erwärmung metallischer Fremdkörper im magnetischen Feld (IF) 41
6.5.1 Szenario für Gefährdung G5-A: Flache metallische Fremdkörper im magnetischen Feld 41
6.5.2 Szenario für Gefährdung G5-B: Flache metallische Fremdkörper mit Kontakt zu einer Brandlast im magnetischen Feld 41
6.5.3 Bewertung 42
6.5.4 Erläuterungen 42
6.6 Gefährdung G6: Tiere im magnetischen Feld (IF) 43
6.6.1 Szenario 43
6.6.2 Bewertung 43
6.7 Gefährdung G7: Gefährliche Berührspannungen 44
6.7.1 Gefährdung G7-A: Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Primärspule (IF) 44
6.7.2 Gefährdung G7-B: Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Sekundärspule 44
6.8 Gefährdung G8: Mechanisches Versagen 45
6.8.1 Gefährdung G8-A: Fehlerhafte Bodenintegration: mechanischer Bruch/offener Schacht 45
6.8.2 Gefährdung G8-B: Fehlerhafte Integration in das Fahrzeug/Chassis: mechanischer Bruch 45
6.9 Gefährdung G9 A bis D: Gefährdungen durch fehlerhaften Energieeintrag in das Fahrzeug 46
6.9.1 Typische Konfigurationen der Fahrzeug-Spannungsversorgung 46
6.9.2 Systemdefinition 47
6.9.3 Szenario 47
6.9.4 Bewertung 48
6.9.5 Erläuterungen 48
6.10 Gefährdung G9-E: EMV-Beeinflussung von Fahrzeug-Komponenten während des Ladevorgangs 49
6.11 G10: Auswirkungen eines aktivierten Primärsystems auf ein inkompatibles Fahrzeug 49
7 Gültigkeit der Einstufungen in Abhängigkeit von der Frequenz 50
8 Voraussetzungen – Externe Anforderungen 56
9 Liste offener Punkte 56
10 Anhänge 57
10.1 Simulation magnetische Felder ifak, 21.02.2014 57

10.2 Simulation magnetische Felder, Firma Vahle, 02.06.2014 62
10.3 Messung magnetischer Felder, ifak, 26.06.2014 70
10.4 Simulation zur Situation eines imkompatiblen Fahrzeugs über einer aktivierten Primärspule, ifak, 22.08.2014 74
10.5 Simulationsdaten zur Feldverteilung seitens der Firma SEW 78
10.6 Auswirkungen auf inkompatible Fahrzeuge, ifak 19.11.2014 79
10.7 Tiere im Magnetfeld, Vahle, 10.07.2014 83

1 Einleitung

1.1 Zweck

Dieses Dokument beschreibt die im Projekt INTEROP identifizierten Gefährdungen. Zu jeder Gefährdung wird – ggf. unterschieden in unterschiedliche Teilszenarien – beschrieben, welcher ASIL nach ISO 26262 zuzuweisen wäre.

Die Erkenntnisse, die in der INTEROP-Risikoanalyse erarbeitet wurden, sind als Orientierungshilfe für den Start einer Produktentwicklung zu sehen. Die Ergebnisse basieren auf dem Erfahrungsaustausch der beteiligten Firmen. Es wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es muss bei Start einer Produktentwicklung die sicherheitstechnische Betrachtung auf den konkreten Anwendungsfall erfolgen.

Die Einstufung des Risikos in den verschiedenen Szenarien stellt den aktuellen, aber keinen abschließenden Diskussionsstand dar. Das Dokument identifiziert in Kapitel 9 einzelne offene Punkte. Es ist offensichtlich, dass sich die Einstufung durch die Klärung der als offen identifizierten Punkte oder auch weiteren Erkenntnissen ändern kann.

1.2 Referenzen

Kürzel	Referenz
/ISO 26262/	Standard für funktionale Sicherheit im Automotive-Umfeld
/DGUV/	BGI/DGUV-I 5111 Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder
/ICNIRP(1998)/	Guideline der International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection, Version 1998
/ICNIRP(2010)/	Guideline der International Commision on Non-Ionizing Radiation Protection, Version 2010
/DIN VDE 0848-3-1/	VDE Norm: Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern - Teil 3-1: Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz
/BS ISO 14117:2012/	ISO Standard: Active implantable medical devices. Electromagnetic compatibility. EMC test protocols for implantable cardiac pacemakers, implantable cardioverter defibrillators and cardiac resynchronization devices
/GUV-V-B11/	Gesetzliche Unfallversicherung, Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder, Juli 2002
/Studie RWTH Aachen/	FAT-Schriftenreihe „Studie zur Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder in der Umwelt auf medizinische Implantate“; durchgeführt am Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit der RWTH Aachen; frei verfügbar unter www.vda.de/de/services/Publikationen.html (ab Ende November 2015)

Kürzel	Referenz
/D. Stunder et al./	Seckler T, Jagielski K, Stunder D (2015): Assessment of Electromagnetic Interference with Active Cardiovascular Implantable Electronic Devices (CIEDs) Caused by the Qi A13 Design Wireless Charging Board. Int J Environ Res Public Health. 2015; 12:5886-5904

1.3 Abgrenzung hinsichtlich des Ladesystems

Die Betrachtung dieses Dokumentes bezieht sich auf ein 3 kW Ladesystem.

Eine Änderung der Ladeleistung hat voraussichtlich keine Auswirkungen auf die Gefährdungsidentifikation.

Bei Änderung der Ladeleistung müssen sämtliche Aussagen der Risikobewertung überprüft werden. Unter anderem müssen aus heutiger Sicht folgende Themen betrachtet werden:

- Ausgehend von neuen Modellrechnungen und Messungen muss überprüft werden, ob die Einschätzungen zum Ort der Überschreitung der Grenzwerte geändert werden muss und ob dies Auswirkungen auf die Einstufung der Exposure hat.
- Es ist zu überprüfen, ob die Einschätzung, dass Träger von passiven Implantaten in der Regel nur sehr geringfügigen Beeinträchtigungen ausgesetzt sind, weiterhin voll gültig ist.

Die Betrachtung gilt für das InterOp Spulensystem mit einer Primärspulenkonfiguration entsprechend IEC 61980.

Die Betrachtung gilt grundsätzlich für die beiden Betriebsfrequenzen 140 kHz und 85 kHz. Unterschiede in der Bewertung werden gesondert dargestellt, soweit erforderlich.

2 Wirkung elektromagnetischer Felder

Dieses Kapitel fasst Erkenntnisse zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen zusammen, um eine Basis für die nachfolgenden Bewertungen des induktiven Ladesystems zu legen.

2.1 Elektromagnetische Felder im Alltag

Der moderne Mensch ist im Alltag verschiedensten Feldern mit unterschiedlichsten Frequenzen ausgesetzt, ohne sich dessen bewusst zu sein. Vergleicht man die Technologien bzw. Geräte, die im Alltag Elektromagnetfelder erzeugen, müssen sowohl der Abstand zum menschlichen Körper, als auch die Frequenz berücksichtigt werden. Wegen unterschiedlicher Feldverteilung und verschiedener Anteile an H- und E-Feld ist eine direkte Vergleichbarkeit zwischen alltagsüblichen Technologien mit einer induktiven Ladestation für Pkw nicht gegeben. Die unten zusammengestellte Tabelle soll dennoch eine Übersicht über schon heute verbreitete magnetische Flussdichten und ihre Grenzwerte in Abhängigkeit von Frequenz und Abstand geben.

2.1.1 Wissenschaftliche Studien

Schon seit Jahrzehnten wird durch neue medizinische Studien mit stetig wechselndem Fokus die Suche nach sicheren Grenz- bzw. Schwellenwerten in der Fachwelt verfeinert. Standen eine Zeit lang Handys im Fokus der kritischen Betrachtung, könnten demnächst induktive Ladestationen in die Diskussion geraten. Anzumerken sei in dem Zusammenhang, dass nationale Instanzen nicht zwingend die gleichen Sicherheitsstandards haben, da Ihr Sicherheitsverständnis unterschiedlichen Schwerpunkten unterliegt.

Bisher wurden keine empirischen Studien zur Auswirkung von induktiver Energieübertragung bei Elektroautos mit echten Lebewesen durchgeführt. Computer-Simulationen sollen diese ersetzen. Da in den meisten Studien nur Anwendungen mit der in Europa gebräuchlichen Netzfrequenz 50 Hz betrachtet werden, induktive Ladesysteme von Elektroautos aber im Bereich 20 bis 200 kHz operieren, ist die Aussagekraft gering.

Am **Institut Laboratoire de Génie Electrique de Paris (GEP)** in Frankreich haben Wissenschaftler 2013 [i] und 2014 [ii] mit Computersimulationen die Auswirkungen eines kabellosen Ladesystems für Elektrofahrzeuge auf den menschlichen Körper untersucht. Ergebnis: Bei dem simulierten System, das Energie mit einer Frequenz von 50 kHz überträgt, sind zwischen Mensch und Ladespulen keine bedenklichen Flussdichten zu beobachten. Ein Sicherheitsabstand von 80 cm zur Ladespule wird empfohlen, während das Fahrzeug mit Strom geladen wird.

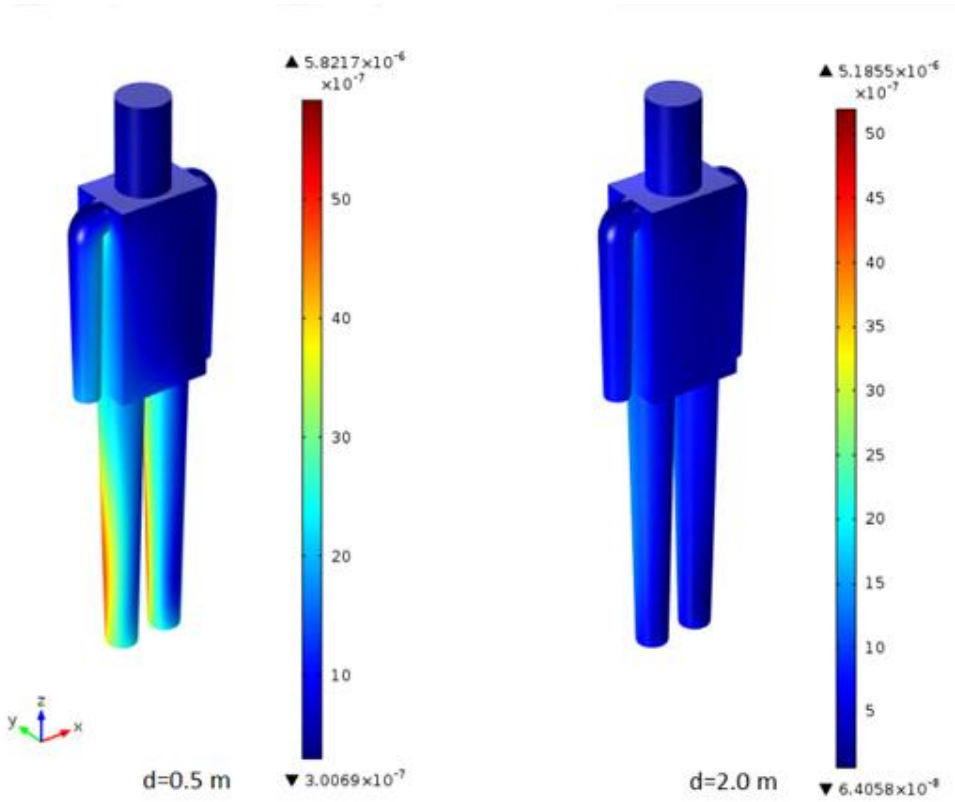


Figure 3: Magnitudes of magnetic flux density on the surface of the human body when d=0.5 and 2.0 m, respectively.

Foto1: Simulation der magnetischen Flussdichte bei 20 und bei 50 cm Abstand zwischen Spule und Mensch (Grafik: GEP [iii])

Chris Mi von der **Universität Michigan-Dearborn**, die mit der Toyota-Tochter Denso zusammenarbeitet, hat die Auswirkungen eines 6,6 kW-Ladesystems mit zwei runden Spulen (500 X 500 mm) auf Menschen simuliert und ist zu folgendem Ergebnis gekommen: Das maximal am menschlichen Körper gemessene Magnetfeld betrug 0,25 Mikrotesla und 0,17 Mikrotesla am Herzschrittmacher. Somit geht laut der Simulation in keinem Szenario eine Gefahr von dem 6,6 kW Drahtlos-Ladesystem aus, das mit einer Arbeitsfrequenz von 79 kHz operierte. Nicht einmal im Worst-Case-Szenario - ein in Spulennähe neben dem Auto am Boden liegender Mensch - waren die Messungen der Universität Michigan-Dearborn über dem ICNIRP-Referenzwert.

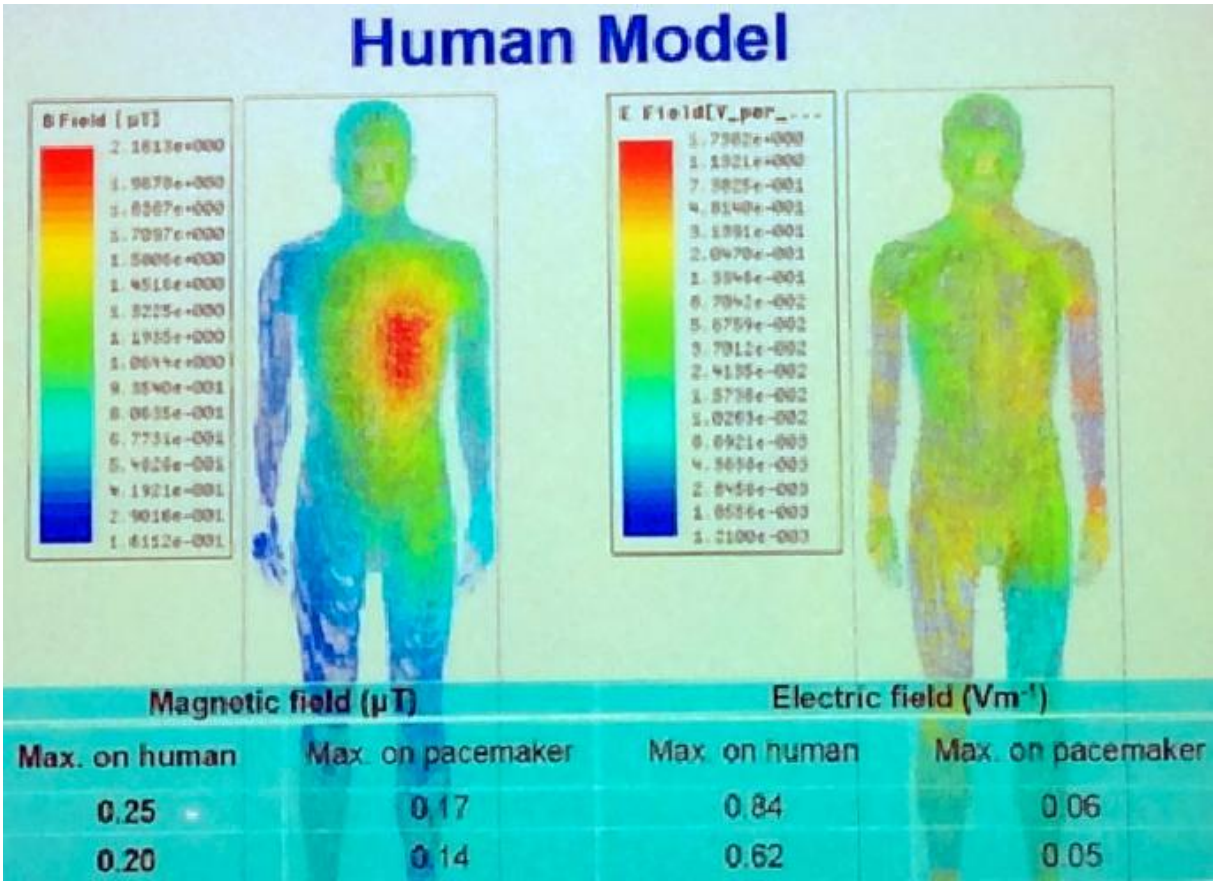


Foto2: Wirkung von Elektro- und Magnetfeld eines 6,6 kW-Drahtlos-Systems auf den Menschen (Grafik: UM, Chris Mi [iv])

2.1.2 Einstufung der IARC über krebserregende Wirkung

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC), Teil der Weltgesundheitsorganisation (WHO), hat seit 2001 über 900 Stoffe in puncto Kanzerogenität klassifiziert. Elektromagnetische Felder und Wellen liegen im unteren Mittelfeld der Risikoeinstufung [v]. Das Deutsche Krebsforschungszentrum meint dazu: „Sowohl nationale als auch internationale Strahlenschutzorganisationen halten es aufgrund der langjährigen Forschung für immer weniger wahrscheinlich, dass eine Wechselwirkung mit negativen Folgen tatsächlich besteht. Ausgeschlossen wird ein Krebsrisiko deshalb jedoch noch nicht. Die wissenschaftliche Diskussion gilt nicht als beendet: Ein Unschädlichkeitsbeweis fehlt ebenfalls.“ [vi]

2.1.3 EMF-Tabelle

Elektromagnetische Felder im Alltag (Wechselfelder)				
Gerät	**Magnet. Flussdichte in µT**	**Frequenz in Hz**	**Abstand zur Feldquelle in cm**	**Referenzwert f. Allgemeinbevölkerung in µT lt. EU-Ratsempfehlung [vii]**
Kabellosladen bei E-Autos (lt. deutscher Anwendungsregel [viii])	<6,25	20.000-150.000	Fahrzeug-umfeld (80 cm ab Spulenmitte)	6,25
Mikrowelle [ix]	4-8	50	30	100
Haarföhn [x]	6-2.000	50	3	100 [xii]
Luftbefeuchter / Heizlüfter [xi]	10-20	50	30	100 [xii]
Zutrittskontrollsystem (RFID mit Vicinity Coupling) [xiii]	10	120.000	12	6,25
Luftbefeuchter, Heizlüfter [xiv]	10-40	50	30	100
Elektr. Rasierer [xv]	15-1.500	50	3	100
Staubsauger [xvi]	bis zu 20	50	30	100
Induktionskochfeld (Worst-Case-Szenarien) [xvii]	~50	20.000	10	6,25
Leitungen Deutsche Bahn [xviii]	50-110	16,7	100 ab Bahnsteigkante	300
S- und U-Bahnsteig [xix]	50-110	50-300	100	100 bzw.-16,67
Fahrgastraum einer U- oder S-Bahn [xx]	80	50-300	n. n.	100 bzw.16.67
Antenne RFID-Anlage [xxi]	113,6	5.000	10	6,25
Niederfrequenz-Schleusen zur Warensicherung (Kaufhäuser) [xxii]	141-189	50	In der Warenschleuse	100

Deaktivatoren von Sicherheitsetiketten (Handel, Bibliotheken) [xxiii]	1.000	50	Arbeitsplatz	1.358

2.1.4 Referenzen zu Kapitel 2.1

[i] Electromagnetic Field Computation in Human Body exposed to Wireless Inductive Charging System

01/2013, GEP

[ii] Evaluation of Electromagnetic Fields in Human Body Exposed to Wireless Inductive Charging System

02/2014, GEP, komplette Studie nur abrufbar mit IEEE-Registrierung

[iii]Evaluation of Electromagnetic Fields in Human Body Exposed to Wireless Inductive Charging System

02/2014, GEP, komplette Studie nur abrufbar mit IEEE-Registrierung

[iv] Vortrag auf der ETEV 2014, Nürnberg, verifiziert via Email am 7.10.2014

[v] Die Untersuchungen dazu hat die IARC 2002 und 2013 veröffentlicht:

Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static And Extremely Low-Frequency (Elf) Electric And Magnetic Fields, 2002

http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol80/mono80.pdf

Non-ionizing Radiation,

Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields, 2013

http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol102/mono102.pdf

[vi] Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg 2011

http://www.krebsinformationsdienst.de/vorbeugung/risiken/elektrosmog.php

[vii] Werte sind der ICNIRP 1998 entnommen, da ICNIRP 2010 bisher nicht als EU-Ratsempfehlung übernommen wurde

vgl. EU-Ratsempfehlung von 1999

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999H0519&from=DE

[viii] Anwendungsregel des VDA/VDE DKE-Arbeitskreises (GAK 353.0.1)
„Berührungsloses Laden von Elektrofahrzeugen“

[ix] Strahlenschutzkommision (SSK) des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)
http://www.bfs.de/de/elektro/nff/anwendung_vorkommen/haushaltsgeraete_elektroinstallationen.html

[x] Bundesamt für Strahlenschutz: Repräsentative Werte magnetischer Flussdichten von Haushaltsgeräten in unterschiedlichen Abständen (µT):
www.bfs.de/de/elektro/nff/anwendung_vorkommen/haushaltsgeraete_elektroinstallationen.html

[xi] Bayrisches Landesamt für Arbeitsschutz (LfAS): Elektromagnetische

Felder am Arbeitsplatz 2002

http://www.stmas.bayern.de/imperia/md/content/stmas/stmas_internet/arbeitsschutz/elektromagn-felder.pdf

[xii] Anmerkung der Redaktion: Am Arbeitsplatz sind die Referenzwerte höher, betrachtet wird hier aber nur der Alltag

[xiii] BfS: Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und

zum Strahlenschutz. Ergänzende Analysen von Daten zur Exposition durch RFID

Technologien, August 2014

https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221201408061145 4/3/BfS_2014_3612S80004.pdf

[xiv] Bayrisches Landesamt für Arbeitsschutz (LfAS): Elektromagnetische

Felder am Arbeitsplatz 2002

http://www.stmas.bayern.de/imperia/md/content/stmas/stmas_internet/arbeitsschutz/elektromagn-felder.pdf

[xv] Landesamt f. Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Elektromagnetische Felder im Alltag, 2010

[xvi] Bundesanstalt für Arbeitsschutz u. Arbeitsmedizin, Neuschulz, H.: Grenzwerte für EMF und Auswirkungen am Arbeitsplatz

http://www.vdbw.de/fileadmin/01-Redaktion/04-Fortbildung/02-PDF/Vortraege_sonstige_Veranstaltungen/LV_Berlin_-_Neuschulz_-_Grenzwerte_EMF_Auswirkungen_am_Arbeitsplatz_f_Hz_09_03_13.pdf

[xvii] Christ, A. et al: Exposure of the Human Body to Professional and Domestic Induction Cooktops Compared to the Basic Restrictions.
Zürich 2012 in: Bioelectromagnetics, Wiley Periodics.

[xviii] Umweltamt Baden-Württemberg

http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6464/felder_in_der_umwelt.pdf%3Fcommand=downloadContent&filename=felder_in_der_umwelt.pdf

[xix] EMF-Portal der RWTH Aachen

http://www.emf-portal.de/lfu13.php?l=g&detail=11&sstate=YTo0OntpOjE7aToxO2k6MDtpOjE7aTo0MDtpOjE7aTo4O2k6MTt9#headline

[xx] Industriemesstechnik Kolter Electronic, 2000

http://www.pci-card.com/EM-FELDER.pdf

[xxi] BfS: Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und

zum Strahlenschutz. Ergänzende Analysen von Daten zur Exposition durch RFID

Technologien, August 2014

https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221201408061145 4/3/BfS_2014_3612S80004.pdf

[xxii] EMF-Studie für Angestellte durch Warensicherungssysteme in Finnland 2014

Occupational exposure to intermediate frequency and extremely low frequency magnetic fields among personnel working near electronic article surveillance systems.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24615825

[xxiii] EMF-Portal der RWTH Aachen

http://www.emf-portal.de/lfu13.php?l=g&detail=11&sstate=YTo0OntpOjE7aToxO2k6MDtpOjE7aTo0MDtpOjE7aTo4O2k6MTt9#headline

2.2 Grenzwerte der magnetischen Flussdichte

Die Vorgaben für den Grenzwert der magnetischen Flussdichte variieren für verschiedene Anwendungsfälle:

Beschreibung	**Wert**	**Quelle**
Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ bzw. „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 2010“	Referenzlevel (3-150 kHz): 6,25 µT >150 kHz frequenzabhängige Berechnung	ICNIRP(1998)
	LF-Bereich (0-100 kHz) Referenzlevel (3-10 MHz): 27 µT ab 100 kHz RF-Referenzlevel zu berücksichtigen: 6,25µT >150 kHz frequenzabhängige Berechnung	ICNIRP(2010)
Vorgabe bis zu welcher magnetischen Störbeeinflussung Herzschrittmacher angemessen störfest sein müssen. „Grenzwert der magnetischen Flussdichte für Träger von Herzschrittmachern nach VDE 0848—3-1“	8.75 µT (@100 kHz)	DIN VDE 0848-3-1
Testvorgabe für die fehlerfreie Funktion von Herzschrittmachern bei Anwesenheit magnetischer Felder	12.6 µT (@3-140 kHz)	BS ISO 14117:2012
Berufliche Exposition	14,28 µT	ICNIRP(1998)
Maximal tolerierbarer Wert für Personen ohne passive oder aktive Körperhilfsmittel im beruflichen Umfeld.	90 µT (@140 kHz)	GUV-V-B11
Testvorgabe für den Zerstörungsschwellwert von	134 µT (@140 kHz)	BS ISO 14117:2012

Herzschrittmachern. Nach dem Test muss das Gerät ohne weitere Justage fehlerfrei funktionieren. Während des Tests sind Fehlfunktionen zulässig. „Zerstörungsschwellwert“		
Grenzwert abgeleitet aus Ergebnissen von Studien der RWTH Aachen zur Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder in der Umwelt auf medizinische Implantate. Wert entspricht „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“	(1-200 kHz): 6,25 µ	/Studie RWTH Aachen/ /D. Stunder et al./

Maßgeblich für die nachfolgenden Analysen ist der Wert „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ einheitlich für die Allgemeinbevölkerung und Träger von Herzschrittmachern.

Der gegenüber der ICNIRP 1998 höhere Grenzwert der ICNIRP 2010 für Frequenzen unterhalb von 100 kHz wird nicht verwendet, weil die Untersuchungen /Studie RWTH Aachen/ und /D. Stunder et al./ anzeigen, dass die Grenzwerte der ICNIRP 2010 keinen sicheren Betrieb von Herzschrittmachern garantieren.

Der gegenüber der ICNIRP 1998 höhere Grenzwert aus der Norm BS ISO 14117:2012 wird nicht zur Bewertung herangezogen, weil nicht sichergestellt ist, dass bereits der deutlich überwiegende Anteil von existierenden Herzschrittmachern nach dieser Norm entwickelt ist.

Generell wird angenommen, dass Therapieveränderungen bei Patienten mit Herzschrittmachern als unmittelbar gefährlich zu bewerten sind. Daher werden die erhöhten Werte des Zerstörungsschwellwertes in den nachfolgenden Analysen nicht berücksichtigt.

Für Personen ohne Herzschrittmacher führen in der Regel erst deutliche Überschreitungen der Grenzwerte zu unmittelbaren Auswirkungen. Beobachtet werden hierbei insbesondere reversible Nervenirritationen.

2.3 Studie RWTH Aachen

Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit der RWTH Aachen wurde eine Studie zur Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder in der Umwelt auf medizinische Implantate durchgeführt. Ergebnisse der Studie sind unter /Studie RWTH Aachen/ und /D. Stunder et al./ veröffentlicht.

In der Studie wurde die Wirkung magnetischer Felder auf unipolare und bipolare Herzschrittmacher untersucht. Die Untersuchungen erfolgten in einem experimentellen Aufbau mit einem Körpermodell innerhalb eines Helmholzspulenpaars. In diesem Aufbau können die infolge eines magnetischen Wechselfeldes induzierten Spannungen am Schrittmacher unmittelbar untersucht werden. Über die tolerierten maximalen Spannungen, können Aussagen zum zulässigen magnetischen Fluss getroffen werden. Durch das Körpermodell werden Auswirkungen des Körpers unmittelbar berücksichtigt.

Wesentliche Ergebnisse der Studie sind:

- Je höher die Frequenz, desto besser die Dämpfung eines Störsignals durch den Herzschrittmacher/Defibrillator und damit zunächst desto sicherer ist der Herzschrittmacher-/Defibrillatorträger.

- Je höher die Frequenz des magnetischen Feldes, desto höher ist aber auch die induzierte Spannung in die Sonde (überproportionaler Zusammenhang bei bipolarer Sonde).
- Zwischen 1 kHz und 200 kHz heben sich diese gegenteiligen Effekte von Induktion und Dämpfung teilweise auf, so dass insgesamt festgehalten werden kann, dass bei Einhaltung der ICNIRP 1998 Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung keine Gefährdung eines Herzschrittmacher-/Defibrillatorträgers zu befürchten ist.
- Eine Verringerung der magnetischen Flussdichte, beispielsweise aufgrund eines anderen Systems, ist noch sicherer.
- Hingegen kann kein sicherer Betrieb bei den Referenzwerten der ICNIRP 2010 garantiert werden.
- Ferner gilt, dass gepulste und niederfrequent modulierte Störsignale hinsichtlich ihrer Störbeeinflussung von Herzschrittmachern/Defibrillatoren deutlich kritischer zu sehen sind, als festfrequente CW Sinussignale.

Von zentraler Bedeutung für die Risikoananalyse InterOp ist die belastbare Feststellung, dass

- der Grenzwert aus ICNIRP 1998 für Herzschrittmacherträger die maßgebliche Bewertungsgrundlage ist.
- Bei gleicher Feldstärke die Wirkung des Feldes auf Herzschrittmacher weitgehend unabhängig von der Frequenz ist.
- Die Verwendung von Continuous Wave Sinussignalen, wie für das InterOp-System festgelegt, vorteilhaft für die Vermeidung unerwünschter Wirkungen ist.

Zusätzlich kann durch die höhere Übertragungsfrequenz des InterOp-Systems die gleiche Leistung mit geringerem magnetischem Fluss übertragen werden, als bei Verwendung geringerer Übertragungsfrequenzen. Hierdurch verringern sich die unerwünschten Wirkungen.

3 Systemstruktur und Schnittstellen

3.1 Systemstruktur

Die Abbildung 1 zeigt ein schematisches Bild des betrachteten Systems, seiner Komponenten und den externen Komponenten bzw. externen Beteiligten.

Das induktive Ladesystem besteht aus einem Primärsystem (Primary device) und einem Sekundärsystem (Secondary device), die zur Leistungsübertragung induktiv über ein Spulenpaar gekoppelt sind. Zur Informationsübertragung besteht eine weitere Kopplung.

Auf der Primärseite ist das System an das Grid gekoppelt. Zusätzlich bestehen informationstechnische Kopplungen zur Steuerung der Bereitstellung der Energie.

Auf der Sekundärseite ist das System an das HV-Netz des Fahrzeugs gekoppelt. Zusätzlich besteht eine informationstechnische Kopplung zum Fahrzeug (vor allem BMS) zur Steuerung des Ladeprozesses.

Die zu betrachtende Systemgrenze ist als blau gestrichelte Linie eingezeichnet.

Das System kann mit der Umwelt, Personen und Gegenständen insbesondere durch das magnetische Feld der Primärspule bzw. im Luftspalt wechselwirken. Zusätzlich sind allgemeine Wechselwirkungen mit der Umwelt durch die Informationsübertragungssysteme oder einen unbeabsichtigten Wärme- bzw. Energieeintrag möglich.

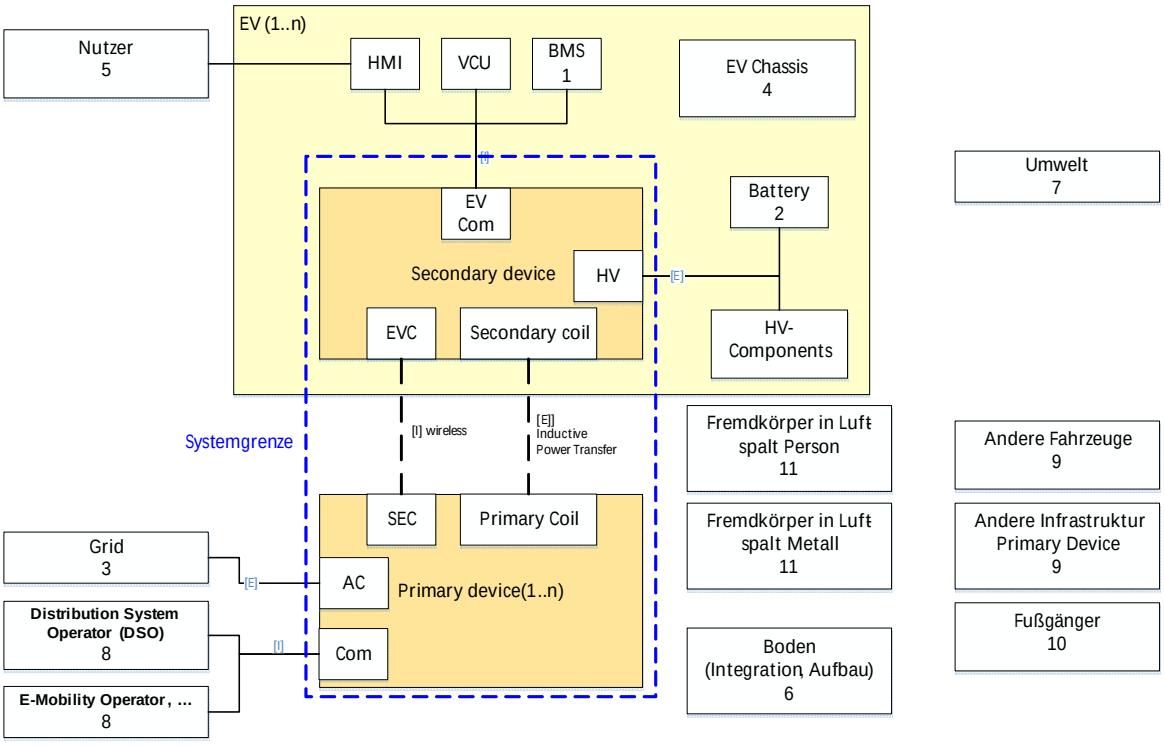


Abbildung 1: Systemdefinition und Systemgrenze

3.2 Schnittstellen

Nr.	von	zu	Typ	Spezifikation
1	BMS/ Fahrzeugsteuerung	Mobile Ladesteuerung	I	via CAN; Anforderungen BMS an Ladeeinheit (U,I,P…)
	Mobile	BMS/	I	tbd. (mit Fahrzeugintegrator klären; z.B.

Nr.	von	zu	Typ	Spezifikation
	Ladesteuerung	Fahrzeugsteuerung		Batterieaktivierung, Fahrfunktionsverriegelung)
2	Ladegerät	Batterie	E	Ladestrom und Spannung
3	Grid	Power Supply Unit (Infrastruktur)	E	230V; 16A
4	Fzg.- Chassis	Energy Receiveing Unit	P/ E	mechanische Anbindung und Wärmeabfuhr
5	Nutzer	HMI (im Fahrzeug)	I	Initiierung Laden und Ladeabbruch
	HMI (im Fahrzeug)	Nutzer	I	Ladestatus
6	Bodenintegration	Wireless Power Supply Unit (Infrastruktur)	P/ E	mechanische Anbindung und Wärmeabfuhr
7	Umwelt	Wireless Power Supply Unit (Infrastruktur und Fahrzeug)	P/ E	Wärmezufuhr, Witterung, EMVU, WLAN anderer Nutzer; Einbringung Fremdkörper (Hagel, Getränkedose etc.)
	Wireless Power Supply Unit (Infrastruktur und Fahrzeug)	Umwelt	P/ E	Wärmeabfuhr, EMV, WLAN anderer Nutzer
8	EVU/ Betreiber (Backend)	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	I	tbd.
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	EVU/ Betreiber (Backend)	I	tbd.
9	andere Fzg.	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	P	Überfahren, Abstellen oder Vibration durch andere Fzg. (inkl. LKW, Strassenkehrmaschine etc.)
	andere Fzg.	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	I	Car2X anderer Fzg.; WLAN anderer Induktiv- Fzg.
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	andere Fzg.	I	WLAN
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	andere Fzg.	E	Energieübertrag zu anderen Fzg. (Fehlassoziation und Einschalten Wireless Power Supply Unit (Infrastruktur) mit anderem Fzg. Auf Ladeparkplatz)
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	andere Fzg.	P	mechanische Schädigung anderer Fzg. Durch Wireless Charging Station (Infrastruktur)
10	Fußgänger	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	P	Vandalismus,
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	Fußgänger	P	Stolpern etc.
	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	Fußgänger	E	Einschalten Energieübertrag ohne Fzg. Mit Fußgänger
11	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	Fremdkörper	E	Energieeintrag in organische oder metallische Fremdkörper
	Fremdkörper	Wireless Charging Station (Infrastruktur)	E	Schädigung/ Erwärmung durch erhitzten metallischen Fremdkörper
	Energy Receiveing	Fremdkörper	E	Energieeintrag durch

Nr.	von	zu	Typ	Spezifikation
	Unit			Nahfeldkommunikation
	Fremdkörper	Energy Receiveing Unit	E	Schädigung/ Erwärmung durch erhitzten metallischen Fremdkörper
	Fremdkörper	Energy Receiveing Unit	P	mechanische Schädigung durch Fremdkörper

Schnittstellenklassifizierung

P Physically touching/ spatial interface
E Energy transfer
I Information exchange
M Material exchange

Normale Beeinflussungen durch Fehler an anderen Fahrzeugen wurden nicht gesondert betrachtet, da das induktive Ladesystem so auszulegen ist, dass solche Beeinflussungen toleriert werden. Solche Beeinflussungen könnten sein: Verlust von Kühlflüssigkeit, heißer Verbrennungsmotor.

4 Vorgehensweise für Gefährdungsanalyse und ASIL-Bestimmung

4.1 Systematik und Struktur der Gefährdungen

Die Gefährdungen werden aus der Betrachtung der folgenden Themenkreise abgeleitet:

- Wirkung magnetischer Felder auf Menschen und Gegenstände unter Beachtung der Erreichbarkeit
- Verwendung und Zugänglichkeit hoher Spannungen
- Allgemeine bauliche Gefährdungen (Schächte usw.)
- Wirkung fehlgeleiteter Energieflüsse

Weiterhin folgt die Identifikation den in der Systemdefinition festgelegten Schnittstellen des Systems auf der Systemgrenze.

Die Strukturierung der Gefährdungen anhand von übergeordneten Themenkreisen und den Außenschnittstellen der Systemdefinition verfolgt das Ziel, systematisch eine möglichst vollständige Liste der relevanten Gefährdungen zu identifizieren.

Die Gefährdungen aus der Wirkung magnetischer Felder und erhöhten EMV-Niveaus sind spezifisch für das induktive Laden von Elektrofahrzeugen. Die anderen Gefährdungen, insbesondere die Wirkung fehlgeleiteter Energieflüsse, können weitgehend auch beim galvanisch gekoppelten Ladeprozess auftreten.

4.2 Prinzipien der Bestimmung des ASIL nach ISO 26262

Der ASIL wird gem. ISO 26262 anhand der folgenden Tabelle bestimmt:

		C1	C2	C3
S1	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	QM
	E3	QM	QM	A
	E4	QM	A	B
S2	E1	QM	QM	QM
	E2	QM	QM	A
	E3	QM	A	B
	E4	A	B	C
S3	E1	QM	QM	A
	E2	QM	A	B
	E3	A	B	C
	E4	B	C	D

Tabelle 1: ASIL-Bestimmung

Dabei werden die Parameter *Severity* (S), *Controllability* (C) und *Exposure* (E) anhand der folgenden Tabellen bestimmt:

Class	S0	S1	S2	S3
Description	No injuries	Light and moderate injuries	Severe and life-threatening injuries (survival probable)	Life-threatening injuries (survival uncertain), fatal injuries
Class	**C0**	**C1**	**C2**	**C3**
Description	Controllable in general	Simply controllable	Normally controllable	Difficult to control or uncontrollable
Class	**E1**	**E2**	**E3**	**E4**
Description	Very low probability	Low probability	Medium probability	High probability
Definition of duration/ probability of exposure	Not specified	< 1% of average operating time	1% - 10% of average operating time	> 10% of average operating time
Definition of frequency	Situations that occur **less often than once a year** for the great majority of drivers	Situations that occur **a few times a year** for the great majority of drivers	Situations that occur **once a month or more often** for an average driver	All situations that occur during **almost every drive on average**

Tabelle 2: Tabelle zur Einstufung der Parameter Severity, Controllability und Exposure

4.3 Grundlagen der Risikobewertung (ASIL-Ableitung)

4.3.1 Vorgehensweise der Risikobewertung

Die Risikobewertung der oben definierten Gefährdungen erfolgt mit dem folgenden mehrschrittigen Schema:

- Definition der generellen Situation in dem der Ladevorgang erfolgt.
- Je Gefährdung: Beschreibung des Szenarios, welches zum potentiellen Unfall (Eintreten des Risikos) führt. Die Beschreibung muss geeignet sein, um die drei Fragen hinsichtlich Unfallschwere, Häufigkeit und Beherrschbarkeit beantworten zu können.
- Je Gefährdung: Qualitative Einstufung hinsichtlich Unfallschwere (Severity), Häufigkeit (Exposure) und Beherrschbarkeit (Controllability) entsprechend der Vorgaben aus der 26262.
- Je Gefährdung: Ableitung des erforderlichen ASIL für die Sicherheitsfunktion, die mit der Gefährdung gekoppelt ist. In der Regel ergeben sich die Sicherheitsfunktionen aus der Invertierung der Gefährdungsbeschreibung (Positivformulierung hinsichtlich der Vermeidung der betrachteten Gefährdung).

4.3.2 Umfeldbeschreibung

Die nachfolgenden gefährdungsspezifischen Szenarien basieren auf drei grundlegenden Umfeldsituationen, die für Installationen für das induktive Laden angenommen werden.

	Umfeld-Kategorie	Eigenschaften
A	Geschlossener Raum (z.B. Tiefgarage)	Deutlicher Publikumsverkehr (mindestens zeitweise), hierbei wird auch die Tiefgarage im Heimbereich berücksichtigt.
B	Freifläche (z.B. Parkplatz vor Bahnhof)	Deutlicher Publikumsverkehr, Betreten der Ladefläche wahrscheinlich, der Parkplatz kann sich auch vor einem Kindergarten befinden.
C-I	Heimbereich (Garage, Carport)	geringer Publikumsverkehr, sonst wie Freifläche
C-II	Heimbereich (Garage, Carport)	Alle Eigenschaften wie bei C-I, zusätzlich erfolgt aber ein Installationsverbot für Haushalte mit Herzschrittmacherträgern.

4.3.3 Einstufung der Häufigkeit

Bei der Bewertung der Häufigkeit in den Szenarien wird die Wahrscheinlichkeit, dass die Person Herzschrittmacherträger ist oder ein Implantat hat, für die Umfeldsituation C-I nicht reduzierend berücksichtigt. Hintergrund dieser Festlegung ist, dass in der Umfeldsituation C-I für eine spezifische Installation ggf. immer die gleiche Person betroffen ist. Eine Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors durch Mittelung über mehrere Installationen ist hierbei nicht zulässig.

Für die Installationen in den Umfeldsituationen A, B und C-II ist es zulässig, die Wahrscheinlichkeit reduzierend zu berücksichtigen, dass eine Person Herzschrittmacherträger ist.

4.3.4 Grenzwerte der magnetischen Flussdichte

Maßgeblich in der Bewertung ist der „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“, sowohl für die Allgemeinbevölkerung als auch für Träger von Herzschrittmachern (Erläuterungen siehe Abschnitt 2.2).

Es wird angemerkt, dass für die Risikobewertung nur wesentliche Änderungen von Grenzwerten maßgeblich sind. In die Risikobewertung gehen die Abstände ein, an denen die Messwerte überschritten werden. Infolge der stark nicht-linearen Abhängigkeit zwischen Feldstärke und Abstand, führen erst wesentliche Änderungen des Grenzwertes auch zu einer signifikanten Änderung des Ortes, an dem der Grenzwert überschritten wird. Nur diese wesentlichen Abstandsänderungen führen letztlich zu anderen Einstufungen hinsichtlich der Exposure.

5 Gefährdungen

Zur Erläuterung der betrachteten Detailgefährdungen werden Skizzen verwendet. Dabei werden die folgenden Abkürzungen verwendet.

Legende
FI: Gefahrenbereich *Fahrzeuginneres*
IF: Gefahrenbereich *Im (magnetischen) Feld*

5.1 G1: Person im magnetischen Feld (IF), reguläre Ladesituation des Fahrzeugs

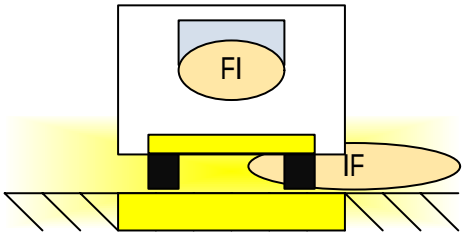


Abbildung 2 Fahrzeug lädt

5.1.1 G1-A: Person ohne Metall am oder im Körper

In dieser Gefährdung werden die Beeinträchtigungen bewertet, die auftreten, wenn eine Person dem magnetischen Feld im Rahmen des regulären Ladevorgangs ausgesetzt wird.

In der Gefährdung G1-A werden konkret Personen ohne Metall im (passive Implantate) oder am Körper (Schmuck) betrachtet. In starken magnetischen Feldern sind Nervenirritationen möglich, die in der Regel vollständig reversibel sind.

5.1.2 G1-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper

In dieser Gefährdung werden die Beeinträchtigungen bewertet, die auftreten, wenn eine Person dem magnetischen Feld im Rahmen des regulären Ladevorgangs ausgesetzt wird.

In der Gefährdung G1-B werden konkret Personen mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper betrachtet. Im magnetischen Wechselfeld können sich Metallgegenstände erwärmen, wodurch Verbrennungen ausgelöst werden können.

5.1.3 G1-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper

In dieser Gefährdung werden die Beeinträchtigungen bewertet, die auftreten, wenn eine Person dem magnetischen Feld ausgesetzt wird.

In der Gefährdung G1-C werden konkret Personen mit aktiven Implantaten (Herzschrittmacher, Insulinpumpen) betrachtet. Im magnetischen Wechselfeld können diese Geräte Fehlfunktionen zeigen, die als gefährlich einzustufen sind.

5.1.4 G1-D: Überschreitung der Grenzwerte im Fahrzeuginneren (FI)

Bei Überschreitung von Grenzwerten im Fahrzeuginneren könnten Menschen gefährdet werden.

In der vorliegenden und auch in anderen Gefährdungssituationen erfolgt keine weitere Betrachtung dieser Gefährdung. Es wird angenommen, dass die gefährlichen Auswirkungen konstruktiv durch geeignete Abschirmung beherrscht werden. Im Rahmen der Fahrzeugintegration ist nachzuweisen, dass in keinem Ladezustand die Grenzwerte im Fahrzeuginneren überschritten werden.

5.2 G2: Person im magnetischen Feld (IF), Fahrzeug ist nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet

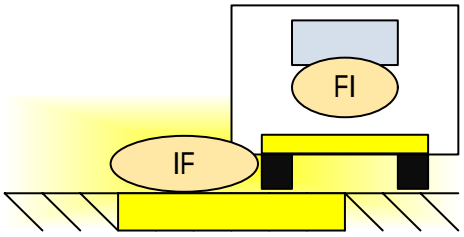


Abbildung 3 Fahrzeug auf dem Ladeplatz ist nicht korrekt ausgerichtet

5.2.1 G2-A: Person ohne Metall am oder im Körper

Siehe G1-A mit dem Unterschied, dass das Fahrzeug nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist und daher größere Feldwerte in zugänglichen Bereichen erreicht werden können.

5.2.2 G2-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper

Siehe G1-B mit dem Unterschied, dass das Fahrzeug nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist und daher größere Feldwerte in zugänglichen Bereichen erreicht werden können.

5.2.3 G2-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper

Siehe G1-C mit dem Unterschied, dass das Fahrzeug nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist und daher größere Feldwerte in zugänglichen Bereichen erreicht werden können.

5.3 G3: Person im magnetischen Feld (IF), Aktivierung der Primärspule mit nicht-kompatiblem Fahrzeug, das nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist

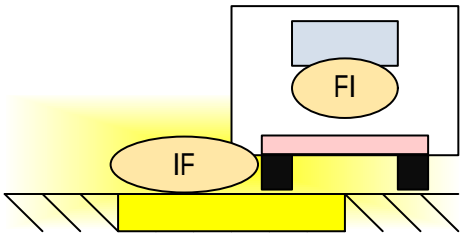


Abbildung 4 Nicht kompatibles Fahrzeug auf dem Ladeplatz ist nicht korrekt ausgerichtet

Diese Gefährdung hat geringere oder die gleichen Folgen wie Gefährdung G4 in Kapitel 5.4. Für die Betrachtung siehe dort.

5.4 G4: Person im magnetischen Feld (IF), Primärspule erzeugt fehlerhaft ein magnetisches Feld und der Zugang zum Feld ist nicht behindert

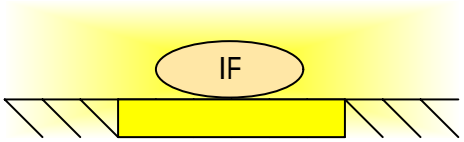


Abbildung 5 Magnetisches Feld ohne Fahrzeug auf dem Ladeplatz (dies ist typischerweise ein Fehlerzustand)

Zu diesem Szenario kann es kommen, wenn ein Fahrzeug vom Ladeplatz rollt oder fährt, der Ladevorgang aber aufgrund einer Fehlfunktion nicht abgebrochen oder unzeitig aktiviert wird.

5.4.1 G4-A: Person ohne Metall am oder im Körper

Siehe G1-A mit dem Unterschied, dass die Ladeplatte voll zugänglich ist.

5.4.2 G4-B: Person mit passiven Implantaten im oder Schmuck am Körper

Siehe G1-B mit dem Unterschied, dass die Ladeplatte voll zugänglich ist.

5.4.3 G4-C: Person mit aktiven Implantaten im Körper

Siehe G1-C mit dem Unterschied, dass die Ladeplatte voll zugänglich ist.

5.5 G5: Erwärmung metallischer Fremdkörper im magnetischen Feld (IF)

Die Szenarien betrachten hinsichtlich der Stärke des Feldes den Fall des regulär positionierten Fahrzeuges. Infolge der dann maximalen Resonanzüberhöhung ist dies der „worst case“.

Die ggf. unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten des Anfassens erhitzter Gegenstände bei Fehlpositionierungen des Fahrzeugs, infolge der leichteren Erreichbarkeit der heißen Gegenstände unter dem Auto, werden vernachlässigt.

5.5.1 G5-A: Flache metallische Fremdkörper im magnetischen Feld

Flache metallische Fremdkörper, zum Beispiel Blechdosen, können sich potenziell während des Ladens derart erhitzen, dass sich Personen in der Folge verbrennen.

5.5.2 G5-B: Flache metallische Fremdkörper mit Kontakt zu einer Brandlast im magnetischen Feld

Flache metallische Fremdkörper, zum Beispiel Kaugummipapiere oder andere metallische Gegenstände, die Kontakt zu einer Brandlast (z. B. Laub, Papier) haben, können sich potenziell während des Ladens derart erhitzen, dass es in der Folge zu einem Brand kommt.

5.6 G6: Tiere im magnetischen Feld (IF)

Wenn Tiere unter dem Fahrzeug herlaufen (z. B. eine Katze) könnten diese geschädigt werden. Dies ist zwar nicht im engeren Sinne sicherheitsrelevant, doch reduziert es die Akzeptanz der Technologie Induktives Laden ggf. erheblich.

Das Szenario hängt nicht von der Positionierung des Fahrzeugs ab.

5.7 G7: Gefährdung durch ggf. gefährliche Berührspannungen

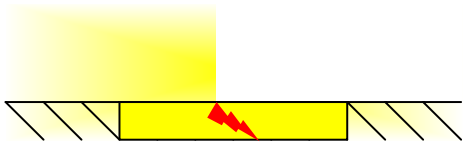


Abbildung 6 Schadhafte Spule führt ggf. zu gefährlichen Berührspannungen (mit oder ohne Feldausbildung)

5.7.1 G7-A: Gefährliche Berührspannungen durch eine fehlerhafte Primärspule

Im Falle einer beschädigten Primärspule kann es potenziell zu einer Gefährdung durch zu hohe Berührspannungen kommen.

Dieses Gefährdungsszenario kann entstehen, wenn zum Beispiel ein sehr schweres Fahrzeug über die Ladespule fährt und diese dadurch mechanisch beschädigt wird. Ferner kann dieses Gefährdungsszenario durch einen harten Fremdkörper (zum Beispiel eine Schraube) auf der Ladeeinheit entstehen, wenn ein Fahrzeug darüber fährt und die Oberfläche der Ladeeinheit beschädigt.

5.7.2 G7-B: Gefährliche Berührspannungen durch eine fehlerhafte Sekundärspule

Mechanisch Beschädigungen an der Fahrzeugunterseite (zum Beispiel nach Überfahren von zu hohen, kurzen Bodenwellen, Bordsteinkanten, oder ähnlichem) können eine unzureichende Isolation der Sekundärspule zur Folge haben. In der Folge kann es ggf. zu gefährlichen Berührspannungen kommen.

5.8 G8: Mechanisches Versagen

5.8.1 G8-A: Fehlerhafte Bodenintegration: mechanischer Bruch/offener Schacht

Fahrzeug oder Fußgänger fallen oder stolpern in den Schacht. Dies führt ggf. zu Verletzungen oder einem elektrischen Schlag.

5.8.2 G8-B: Fehlerhafte Integration in das Fahrzeug/Chassis: mechanischer Bruch

Abfallen, umherfliegende Teile.

5.9 G9: Gefährdungen durch fehlerhaften Energieeintrag in das Fahrzeug

Die nachfolgenden Sub-Gefährdungen betrachten Auswirkungen einer Fehlleitung von Energie.

Die folgenden Situationen werden als ungefährlich angesehen und nicht weiter betrachtet:

1. Bereitstellung von zu wenig Energie
2. Anforderung von zu viel Energie beim EVU (Beherrschung erfolgt durch externe Leitungsschutzschalter des EVU).
3. Erwärmung des Bauwerks durch eine fehlerhafte Bodenintegration, so dass die Primärspule zu nah an Stahl im Bauwerk verbaut ist. Dies führt zwar zu einer möglichen Erwärmung des Bauwerks; dies wird aber als ungefährlich angesehen

Der Schutz der HV-Batterie ist Aufgabe des Batterie-Management-Systems und wird hier nicht betrachtet. Im Rahmen der Integration ist nachzuweisen, dass die externen Anforderungen des BMS durch das Ladesystem eingehalten werden.

5.9.1 G9-A: Unzeitiges Laden mit angeschlossener Batterie, obwohl die Vehicle Control Unit im Zustand „nicht ladebereit“ ist

Dies führt zu ungewollter Energie im Fahrzeugsystem und ggf. einem erhöhten Magnetfeld im Luftspalt oder einem elektrischen Schlag.

5.9.2 G9-B: Lastabwurf (unzeitiges Öffnen der Schütze im Fahrzeug)

Die öffnenden Schütze können sowohl die Batterie-Lade-Schütze, als auch Hauptschütze der sekundären Ladeeinheit sein, die die sekundäre Ladeeinheit vom HV-System trennen.

Aufgrund der induktiven Last kommt es zu Spannungen im HV-Fahrzeugsystem oder dem sekundären Ladesystem, welche deutlich höher als vorgesehen sind. Die Folge kann die Zerstörung von Komponenten oder ein Brand sein.

5.9.3 G9-C: Ladesystem liefert zu viel Energie

Es kommt zur Überlastung von Komponenten bzw. einem zu starken Magnetfeld und ggf. zum Öffnen der Schütze. Potenzielle Folgen: Zerstörung von Komponenten, Brand bzw. erhöhtes Magnetfeld.

5.9.4 G9-D: Fehlerhafte elektrische Parameter des sekundären Ladesystems

Unter dieser Gefährdung werden Fehler bei der Bereitstellung der Gleichspannung am HV-Ausgang des sekundären Ladesystems betrachtet.

5.9.5 G9-E: EMV-Beeinflussung von Fahrzeug-Komponenten während des Ladevorgangs

Unter dieser Gefährdung werden Auswirkungen auf die Fahrzeugelektronik durch die speziellen EMV-Bedingungen bzw. die Energieeinprägung während des Ladevorgangs betrachtet.

5.10 G10: Auswirkungen eines aktivierten Primärsystems auf ein inkompatibles Fahrzeug

Unter dieser Gefährdung wird betrachtet, inwieweit der Energieeintrag in den Fahrzeugunterboden eines konventionellen Fahrzeugs zu gefährlichen Situationen führen kann. Im Fokus sind hierbei beispielsweise die Erwärmung von Benzinleitungen oder Bremsleitungen.

6 Risikobewertung der Gefährdungen (ASIL-Ableitung)

6.1 Gefährdung G1: Person im magnetischen Feld (IF), reguläre Ladesituation des Fahrzeugs

6.1.1 Szenario

Im Rahmen der normalen Ladesituation, werden die erlaubten Grenzwerte zur Exposition nur dann überschritten, wenn unter das Fahrzeug gegriffen wird bzw. eine Person unter das Fahrzeug kriecht. Nur in dieser Situation können potentiell die Unfallfolgen eintreten.

Zur Situation „Person greift unter das Fahrzeug“ kommt es beispielsweise, wenn ein Schlüssel unter das Fahrzeug fällt. Die Situation „Person kriecht unter das Fahrzeug“ betrifft in erster Linie spielende Kinder.

Die exemplarisch für das ifak System durchgeführte Simulation des magnetischen Feldes zeigt auf, dass der „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ nur innerhalb der Fahrzeugumrandung überschritten wird (siehe angehängtes Dokument in Kapitel 10.1). Unter den Voraussetzungen dieser Simulation kann ein Herzschrittmacher nur Fehlfunktionen zeigen, wenn ein Herzschrittmacherträger mit dem Oberkörper unter das Fahrzeug kriecht. Dies wird als ein sehr seltenes Ereignis angesehen. Nachdem die Feldverteilung von den konkreten Spulenkonfiguration und den ggf. feldformenden Abschirmungen abhängt, gilt die Aussage zunächst nicht für ein allgemeines Spulensystem. Außerdem muss die Simulation durch eine Messung exemplarisch verifiziert werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die Situation für Erwachsene seltener als einmal im Jahr auftritt (E1). Für spielende Kinder muss insbesondere in der Umfeldsituation C-I bzw. C-II von einer Häufigkeit von wenigen Ereignissen je Jahr ausgegangen werden (E2). Sicherheitshalber wird für alle Umfeldsituationen die Einstufung E2 verwendet.

Eine Ausnahme stellt die Situation mit Herzschrittmacherträgern dar. Bei dieser wird in den Umfeldsituationen A, B und C-II die begrenzte Wahrscheinlichkeit, dass die Person, die unter das Auto greift, auch Herzschrittmacherträger ist, berücksichtigt. Weiterhin zeigen die Simulationen auf, dass ein Herzschrittmacherträger mit dem Oberkörper unter das Fahrzeug kriechen muss, um den „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ zu überschreiten. Daher kann für alle Umfeldsituationen einschließlich C-I die Einstufung E1 verwendet werden. Die Gültigkeit der Simulationsergebnisse muss für das konkrete System nachgewiesen werden.

Herzschrittmacherträger müssen durch eine Kennzeichnung auf die Gefährdung hingewiesen werden. Diese Kennzeichnung führt in der Regel zu einer Kontrollierbarkeit (C2). Diese Kontrollierbarkeit wird auch für den seltenen Fall von Kindern mit Herzschrittmacher angenommen, wobei die Eltern mitwirken müssen. Für alle anderen Personen werden keine Barrieren angenommen (C3).

Unter dem Fahrzeug wird „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ in jedem Fall überschritten. Generell werden Kurzzeitexposition bei >20kHz für Menschen ohne Metallimplantate und Herzschrittmacher als ungefährlich eingeschätzt, wobei allerdings in starken Magnetfeldern ggf. reversible Nervenirritationen auftreten können. Allerdings ist die Datenlage bislang wenig robust. Daher wird sicherheitshalber von leichten Verletzungen ausgegangen (S1).

Metallimplantate im Körper (typischerweise aus Titan) erwärmen sich im Bereich der Energieübertragung. Die Erfahrungen zeigen aber, dass die Erwärmung langsam erfolgt. Zusätzlich ist die Erwärmung spürbar, so dass geringe bis mittlere Verletzungen anzunehmen sind (S1). Gefährlich ist die Situation für Träger von Herzschrittmachern, für die die Exposition zum Feld im Bereich der Energieübertragung potentiell lebensbedrohlich ist (S3).

6.1.2 Bewertung

Die Bewertung wird separat für die Situationen Person ohne Metall, Person mit Metall und Person mit Herzschrittmacher durchgeführt.

Gefährdung G1-A: Person ohne Metallimplantat

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	QM

Gefährdung G1-B: Person mit Metallimplantat

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	QM

Gefährdung G1-C: Person mit Herzschrittmacher, Fall Umfeldsituation A, B, C-I und C-II

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E1	rare / very low probability	siehe Szenarienbeschreibung	QM

6.1.3 Erläuterungen

Weil Auswirkungen ohne Metallimplantat und mit Metallimplantat gering sind und die Häufigkeit der Situation selten ist, ergibt die ASIL-Einstufung die Kategorie QM. Dies bedeutet, dass keine besonderen Sicherheitsfunktionen des Systems zur Beherrschung der Situation gefordert werden.

Für die abschließende Entscheidung zur Einstufung E1 für den Fall Herzschrittmacher ist es essentiell, dass technisch die genauen Bedingungen für die Überschreitung der Expositionsgrenzwerte am Ort des Herzschrittmachers bestimmt werden. Wenn eine Person mit dem Brustkorb unter das Fahrzeug kriechen muss, um die Grenzen zu überschreiten, besteht eine robuste Begründung für die Einstufung E1. Reicht es aber bereits aus, den Arm unter das Fahrzeug zu strecken, erscheint mindestens in der Umfeldsituation C-I eine Einstufung E2 realistischer. Bislang liegen Informationen zur Verteilung der magnetischen Flussdichte in Form einer Simulation nur für das ifak System vor. Die Gültigkeit der Simulation und die Allgemeingültigkeit der Aussagen sind für weitere Systeme zu verifizieren.

Für die ASIL-Einstufung QM macht die Norm die Aussage, dass keine normativen Anforderungen eingehalten werden müssen. Hieraus kann aber **nicht** unmittelbar abgeleitet werden, dass keine Schutzfunktion erforderlich ist. Die Norm lässt offen, ob dies bedeutet, dass keine Schutzfunktion erforderlich ist oder eine Schutzfunktion generell erforderlich ist, aber für diese Schutzfunktion keine besonderen Vorgaben gestellt werden.

Ein Anhaltspunkt für die Notwendigkeit einer Schutzfunktion ergibt sich aus dem Querbezug zur Safety-Norm für Maschinen ISO 13849. Diese Norm stuft über den normativ verbindlichen Risikographen grundsätzlich alle Ereignisse, die potentiell zum Tod einer Person führen können, mit einem erforderlichen Performance-Level von mindestens c ein. Dies entspricht nach Vergleichstabelle einem oberen SIL 1. Vor dem Hintergrund der Einstufung PL c nach ISO13849 scheint für den Fall einer Einstufung in die Kategorie QM schwer begründbar, auf eine Sicherheitsfunktion vollständig zu verzichten. Die letztliche Entscheidung obliegt dem Hersteller des Systems.

6.2 Gefährdung G2: Person im magnetischen Feld (IF), Fahrzeug ist nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet

6.2.1 Szenario

In diesem Szenario ist die Energieübertragung eingeschaltet, aber die Position des Fahrzeugs ist zwar noch über der Primärspule, aber außerhalb des Toleranzbereiches (Fahrzeugaußenkante fluchtet mit der Kante der Primärspule).

Infolge der Fehlpositionierung können der Expositionsgrenzwert auch in der direkten Umgebung des Fahrzeuges überschritten werden. Herzschrittmacher können geschädigt werden, wenn sich der Träger am Fahrzeug herunterbeugt.

Die Häufigkeit des Auftretens der gefährlichen Situationen ist größer als im Fall des richtig positionierten Fahrzeugs (E3). Für die Umfeldsituationen A, B und C-II wird die Wahrscheinlichkeit, dass die betroffene Person Herzschrittmacherträger ist, reduzierend berücksichtigt (E2). Für die Umfeldsituation C-I erfolgt keine Reduktion.

Die exemplarisch für das ifak System durchgeführte Simulation des magnetischen Feldes zeigt auf, dass der „Grenzwert der magnetischen Flussdichte“ bzw. „Grenzwert der magnetischen Flussdichte für Herzschrittmacherträger“ weiterhin nur innerhalb der Fahrzeugumrandung überschritten wird (siehe angehängtes Dokument in Kapitel 10.1). Unter den Voraussetzungen dieser Simulation kann ein Herzschrittmacher nur Fehlfunktionen zeigen, wenn ein Herzschrittmacherträger mit dem Oberkörper unter das Fahrzeug kriecht. Dies wird als ein sehr seltenes Ereignis angesehen (E1). Nachdem die Feldverteilung von den konkreten Spulenkonfiguration und den ggf. feldformenden Abschirmungen abhängt, gilt die Aussage zunächst nicht für ein allgemeines Spulensystem. Außerdem muss die Simulation durch eine Messung exemplarisch verifiziert werden. Die sonstigen Bewertungen zur Beherrschbarkeit und den Auswirkungen entsprechen der Situation im richtig positionierten Fahrzeug.

6.2.2 Bewertung

Die Bewertung wird separat für die Situationen Person ohne Metall, Person mit Metall und Person mit Herzschrittmacher durchgeführt.

Gefährdung G2-A: Person ohne Metall

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G2-B: Person mit Metall

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G2-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation A, B und C-II

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G2-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation C-I

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	B

Gefährdung G2-C: Person mit Herzschrittmacher, alle Umfeldsituationen, unter Voraussetzung der allgemeinen Gültigkeit der ifak-Simulation

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E1	rare / very low probability	siehe Szenarienbeschreibung	QM

6.2.3 Erläuterungen

Die Systemfunktion zur Vermeidung von Fehlpositionierungen ist erforderlich und muss in den Umfeldsituationen A, B und C2 mit einem ASIL A realisiert werden. Für die Umfeldsituation C-I ist die erhöhte Einstufung ASIL B erforderlich.

Für den Fall der allgemeinen Gültigkeit der ifak-Simulation für die Verteilung der magnetischen Flussdichte reduziert sich die ASIL-Einstufung für Situationen mit Herzschrittmachern auf QM.

6.3 Gefährdung G3: Person im magnetischen Feld (IF), Aktivierung der Primärspule mit *nicht-kompatiblem* Fahrzeug, das nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist

Keine Betrachtung erforderlich, weil in Gefährdung G4 enthalten.

6.4 Gefährdung G4: Person im magnetischen Feld (IF), Primärspule erzeugt fehlerhaft ein magnetisches Feld und der Zugang zum Feld ist nicht behindert

6.4.1 Szenario

Die Situation ist ein im Betrieb befindliches Primärsystem ohne Fahrzeug.

Modellrechnungen des ifak und der Firma Vahle (siehe Kapitel 10.1und 0) zeigen für ihre Systeme auf, dass der „Grenzwert der magnetischen Flussdichte nach ICNIRP 1998“ in Herzhöhe eines Erwachsenen, der sich über der Ladeplatte befindet, nicht überschritten wird (siehe angehängte Dokumente in Kapitel 10). Seitens des Ifak ist die Simulation auch durch Messungen verifiziert (siehe Kapitel 0). Für die folgenden Bewertungen wird diese Eigenschaft vorausgesetzt. Um die Einstufungen für ein konkretes Ladesystem anwenden zu können, muss für das jeweilige System nachgewiesen sein, dass die Bedingungen entsprechend der Simulationsdaten der Anhänge eingehalten werden.

Unter den Voraussetzungen dieser Simulation kann ein Herzschrittmacher nur Fehlfunktionen zeigen, wenn sich ein Herzschrittmacherträger deutlich herunterbeugt oder kniet. Die Auswirkungen dieser Fehlfunktionen des Herzschrittmachers werden mit S3 eingestuft.

Für die Träger von Metallimplantaten bzw. Personen ohne Implantate sind Verletzungen möglich (S1).

In den Umfeldsituationen A und B wird ein Ladeplatz ggf. oft bis sehr oft betreten. Hierbei darf aber für den Fall „mit Herzschrittmacher“ reduzierend betrachtet werden, dass nur ein geringer Anteil der Personen auch einen Herzschrittmacher haben. Zusätzlich tritt die Gefährdung nur ein, wenn sich die Person mit Herzschrittmacher im Bereich der Ladeplatte herunterbeugt. Aufgrund der erforderlichen Kopplung der Ereignisse zum Eintreten der Gefährdung wird die reduzierte Einstufung E1 verwendet.

In der Umfeldsituation C-I und C-II kann der unbesetzte Ladeplatz oft betreten werden. Hierbei wird für C-I die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person ein Träger eines Herzschrittmachers ist, nicht zur Reduktion verwendet (E3), während sie bei Umfeldsituation C-II reduzierend berücksichtigt wird (E2). Es ist zu klären, ob im Bereich eines Abstellplatzes bzw. einer Garage das „Herunterbeugen“ tatsächlich so selten ist, dass eine Reduktion der Häufigkeit um eine Stufe auf E2 bzw. E1 möglich ist.

Es ist nicht abschließend geklärt, ob ein Träger eines Herzschrittmachers Warnhinweise bei einer nicht besetzten und augenscheinlich inaktiven Ladestation berücksichtigt. Wenn angenommen wird, dass ein geeignet unterwiesener Herzschrittmacherträger die Gefahren von elektromagnetischer Strahlung kennt, darf insbesondere in der Umfeldsituation C angenommen werden, dass sich die Kontrollierbarkeit der Situation signifikant verbessert. Hierdurch würde sich die Kontrollierbarkeit von C3 nach C2 verbessern. Hierdurch würde sich die ASIL-Einstufung um eine Stufe ändern.

6.4.2 Bewertung

Die Bewertung wird separat für die Situationen Person ohne Metall, Person mit Metall und Person mit Herzschrittmacher durchgeführt.

Gefährdung G4-A: Person ohne Metall

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G4-B: Person mit Metall

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G4-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation A und B

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E1	rare / very low probability	siehe Szenarienbeschreibung	A

Gefährdung G4-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation C-I

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	C

Gefährdung G4-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation C-II

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	B

Gefährdung G4-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation C-I, Annahme einer verbesserten Kontrollierbarkeit durch Warnhinweise

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E3	often / 1 to 10% of oerating time	siehe Szenarienbeschreibung	B

Gefährdung G4-C: Person mit Herzschrittmacher, Umfeldsituation C-II, Annahme einer verbesserten Kontrollierbarkeit durch Warnhinweise

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S3	life-threatening/fatal injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C2	normally controllable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	A

6.4.3 Erläuterungen

Maßgeblich ist erneut die Gefährdung mit Herzschrittmacherträgern. Die Einstufung in ASIL A für die Umfeldsituationen A und B zeigen, dass die unzeitige Aktivierung ohne Fahrzeug mit einer moderaten Sicherheitsintegrität beherrscht werden muss.

In den Umfeldsituationen C-I und C-II kann ggf. durch eine Kennzeichnung die Kontrollierbarkeit erhöht werden, was zu einer von ASIL C bzw. ASIL B auf ASIL B bzw. ASIL A reduzierten Einstufung führt.

Die Änderungen in der ASIL-Einstufung zeigen, dass der Hersteller in gewissen Grenzen die technischen Sicherheitsanforderungen durch betriebliche Maßnahmen, wie eine Kennzeichnung, ersetzen kann.

Das Runterbeugen, Knien oder Liegen wird in oder vor einer Garage als nicht unwahrscheinlich eingeschätzt.

6.5 Gefährdung G5: Erwärmung metallischer Fremdkörper im magnetischen Feld (IF)

6.5.1 Szenario für Gefährdung G5-A: Flache metallische Fremdkörper im magnetischen Feld

In diesem Szenario gelangt während des Ladens ein metallischer Gegenstand unter das Auto (Schlüssel, Geldbörse, kleine Gartengeräte, Konservendose) bzw. der Gegenstand befindet sich bereits zu Beginn des Ladens unter dem Fahrzeug. Dieser Gegenstand wird entweder während des Ladevorgangs oder direkt nach Beendigung des Ladevorgangs angefasst.

Zu einer relevanten Erwärmung, die Verbrennungen erzeugen kann, kommt es erst nach einigen Minuten. Nach Beendigung des Ladevorgangs kühlen die Gegenstände innerhalb von 1 min bis in den ungefährlichen Bereich ab.

Bei den zu erwartenden Temperaturen werden beim Anfassen leichte lokale Verbrennungen erwartet (S1).

Nach Einschätzung des Arbeitskreises tritt die Situation mit einer Häufigkeit von wenigen Ereignissen je Jahr auf (E2).

In der Regel ist die Gefährdung für die Person nicht im Vorfeld erkennbar (C3). Die Beherrschung durch Loslassen des Gegenstandes ist über die Einstufung der Auswirkungen berücksichtigt.

6.5.2 Szenario für Gefährdung G5-B: Flache metallische Fremdkörper mit Kontakt zu einer Brandlast im magnetischen Feld

Insbesondere Objekte wie Stahlwolle, Gasdosen und beschichtete Folien können im Feld zwischen den Spulen so heiß werden, dass sich bei Vorhandensein von sekundärem Brandmaterial ein Brand ausbildet. Generell wird aber die Wahrscheinlichkeit, dass sich tatsächlich ein Brand ausbildet als gering eingestuft (E1).

Wenn es zu einem Brand kommt, ist im Freien die Beherrschbarkeit gut (C1), im Parkhaus möglich (C2) und im Heimbereich schwierig (C3). Konservativ wird bei der Bewertung der Gefährdung die Einstufung C3 verwendet.

Im Freien werden leichte Verletzungen erwartet (S1), Im Parkhaus und im Heimbereich können schwere Verletzungen auftreten (S2).

Generell gilt für diese Gefährdung, dass das Szenario schwer einzustufen ist, weil die konkreten Folgen von den spezifischen Vorkehrungen gegen die Auswirkungen von Bränden abhängen (z.B. Rauchmelder in Wohnhäusern, Sprinkleranlagen in Parkhäusern). Es erscheint zumindest zweifelhaft, ob die Norm ISO26262 geeignet ist, hierzu sinnvolle Risikoeinstufungen zu unterstützen

6.5.3 Bewertung

Gefährdung G5-A:

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S1	light/moderate injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	QM

Gefährdung G5-B:

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S2	severe/life-threatening injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E1	rare / very low probability	siehe Szenarienbeschreibung	QM

6.5.4 Erläuterungen

Die Auswirkungen sind gering, was zusammen mit der erwarteten geringen Häufigkeit zur Einstufung QM führt. Es erscheint vertretbar, keine technischen Schutzmaßnahmen zur Beherrschung der Gefährdung zu implementieren.

Um die Seltenheit der Situation Brand zu erreichen, sollten dem Benutzer im Handbuch Hinweise zur Vermeidung von Brandlasten gegeben werden

6.6 Gefährdung G6: Tiere im magnetischen Feld (IF)

6.6.1 Szenario

Tiere können während des Ladeprozesses in der Regel ungehindert in den Bereich der Energieübertragung unter dem Auto gelangen. Betrachtet werden hierbei typische Haustiere oder kleinere Wildtiere, wie Katzen, Hunde, Igel oder Marder.

Infolge der Zeitdauer des Ladeprozesses ist davon auszugehen, dass sich ohne weitere Schutzmaßnahmen bei jedem Ladeprozess mindestens einmal ein Tier im Bereich der Energieübertragung befindet.

6.6.2 Bewertung

Es erfolgt für die Gefährdung G6 keine Bewertung nach ISO 26262, sondern nur eine qualitative Einschätzung des Risikopotentials.

Eine Untersuchung hat ergeben, dass Tiere keinen relevanten Energiemengen ausgesetzt sind (Siehe Anhang in Kapitel 10.7). Es ist davon auszugehen, dass Tiere nicht geschädigt werden.

6.7 Gefährdung G7: Gefährliche Berührspannungen

6.7.1 Gefährdung G7-A: Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Primärspule (IF)

Diese Gefährdung wird nicht im Rahmen der Norm ISO26262 hinsichtlich der Auswirkungen eingestuft. Die ISO26262 ist nur dann auf Gefährdungen durch Überspannung anwendbar, wenn sich die gefährliche Überspannung infolge eines Funktionsversagens eines elektrischen oder elektronischen Steuerungssystems ergibt. Die Beherrschung erfolgt durch Einhaltung anderer geeigneter elektrischer Normen zur Isolation (z.B. Nachweis über CE-Prüfung).

Zusätzlich besteht zwar grundsätzlich das betrachtete System aus einem fahrzeugseitigen und einem nicht-fahrzeugseitigen Anteil. Die ISO26262 ist aber formal nur auf den fahrzeugseitigen Anteil anwendbar. Auch aus diesem Grund erfolgt keine Risikoeinstufung entsprechend ISO26262 für Isolationsfehler der Primärspule.

6.7.2 Gefährdung G7-B: Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Sekundärspule

Diese Gefährdung wird nicht im Rahmen der Norm ISO26262 hinsichtlich der Auswirkungen eingestuft. Die ISO26262 ist nur dann auf Gefährdungen durch Überspannung anwendbar, wenn sich die gefährliche Überspannung infolge eines Funktionsversagens eines elektrischen oder elektronischen Steuerungssystems ergibt. Die Beherrschung erfolgt durch Einhaltung anderer geeigneter elektrischer Normen zur Isolation (z.B. Nachweis über ECR 100 Prüfung).

6.8 Gefährdung G8: Mechanisches Versagen

6.8.1 Gefährdung G8-A: Fehlerhafte Bodenintegration: mechanischer Bruch/offener Schacht

Diese Gefährdung wird nicht im Rahmen der Norm ISO26262 beschrieben und beherrscht, da die Gefährdung weniger aus dem funktionalen Zusammenwirken entsteht. Die Beherrschung erfolgt durch Einhaltung anderer geeigneter Normen (z.B. Nachweis über CE-Prüfung bzw. Bauvorschriften).

6.8.2 Gefährdung G8-B: Fehlerhafte Integration in das Fahrzeug/Chassis: mechanischer Bruch

Diese Gefährdung wird nicht im Rahmen der Norm ISO26262 hinsichtlich der Auswirkungen eingestuft. Die ISO26262 ist nur dann auf Gefährdungen durch mechanischen Bruch anwendbar, wenn sich dieser infolge eines Funktionsversagens eines elektrischen oder elektronischen Steuerungssystems ergibt. Die Beherrschung erfolgt durch Einhaltung anderer geeigneter Normen zur Festigkeit.

6.9 Gefährdung G9 A bis D: Gefährdungen durch fehlerhaften Energieeintrag in das Fahrzeug

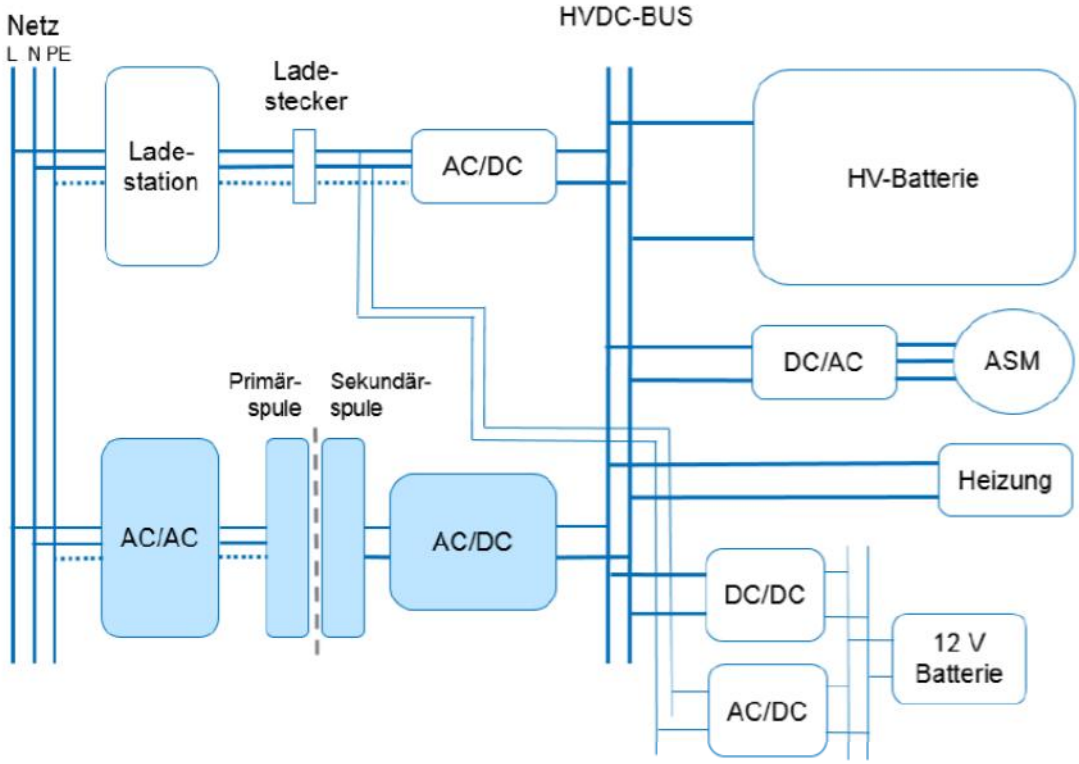
Unter dieser Gefährdung werden die unten folgenden Gefährdungen aus der Gefährdungsidentifikation zusammengefasst. Diese Gefährdungen aus der Gefährdungsidentifikation sind Ursachen der zusammengefassten Gefährdung:

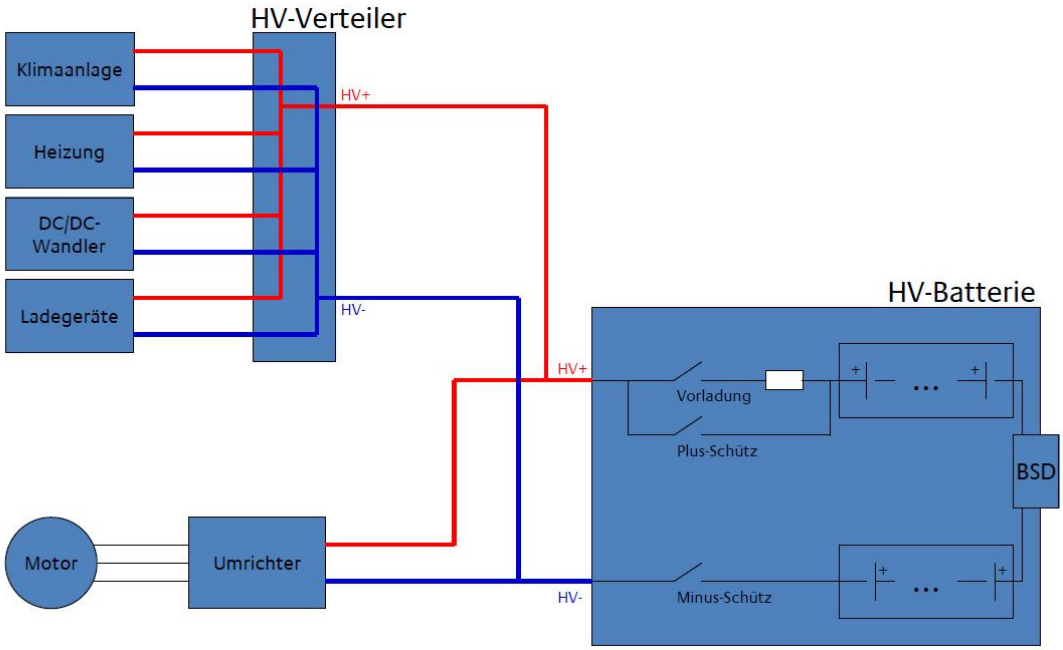
- Gefährdung G9-A: Fehlfunktionen im System - Fehlerhaftes Laden mit angeschlossener Batterie, obwohl die VCU (Vehicle Control Unit) im Zustand „nicht ladebereit“ ist
- Gefährdung G9-B: Fehlfunktion im System - Lastabwurf (unzeitiges Öffnen der Schütze)
- Gefährdung G9-C: Fehlfunktion im System - Ladesystem liefert zu viel Energie
- Gefährdung G9-D: Fehlerhafte elektrische Parameter des sekundären Ladesystems

Für diese Gefährdung bzw. die Gefährdungsursachen ist die Überspannung im Sekundärsystem oder dem Zwischenkreis eindeutig mit dem Versagen von Funktionen des Ladesystems gekoppelt. Daher erfolgt eine Einstufung des Risikos infolge der Gefährdung basierend auf der ISO26262.

6.9.1 Typische Konfigurationen der Fahrzeug-Spannungsversorgung

Die zwei nachfolgenden Abbildungen zeigen typische Konfigurationen.





6.9.2 Systemdefinition

Die Gefährdung „Überspannung“ tritt am Übergang zwischen dem Ladegerät und der HV-Bordelektrik auf. Bei der Betrachtung der Auswirkungen dürfen Schutzfunktionen des Fahrzeugs Risiko-reduzierend berücksichtigt werden, soweit diese für die möglichen Überspannungen ausgelegt sind und ihre Eigenschaften durch die Überspannung nicht verlieren

Die Batterie und das Batteriemanagementsystem stellen einen Sonderfall dar. Einerseits kann die Batterie, durch den Schutz des Batterie-Managementsystems und die allpolige Trennung, aus der Risikobetrachtung herausgenommen werden, soweit das BMS gegen die Überspannung geschützt ist (beispielsweise müssen Sensorleitungen für die Spannung im HV-Bordnetz geeignet gegen Überspannungen geschützt sein) und die Schütze für die möglichen Überspannungen ausgelegt sind. Andererseits können das Batterie-Management-System und die Schütze die Gefährdung durch Öffnen der Schütze während des Ladevorgangs gerade auch auslösen.

Zum Schutz gegen elektrischen Schlag durch Berührspannung ist das HV-Bordsystem von Elektrofahrzeugen mit einer Schutztrennung und einem Isolationswächter versehen. Das HV-System ist potentialfrei, d.h. Einzelfehler in der Isolation führen nur dazu, dass das Potential des HV-System definiert wird, es kann jedoch kein Strom fließen. Über diese Maßnahmen werden Auswirkungen infolge von Berührspannungen beherrscht.

Es muss davon ausgegangen werden, dass die infolge der Gefährdung auftretende Überspannung größer als die spezifizierte Maximalspannung der Komponenten ist. Es darf daher nicht vorausgesetzt werden, dass die Komponenten hinreichend gegen diese Spannung geschützt sind. In der Regel werden diese ein erhebliches Fehlverhalten bis hin zur Zerstörung der Komponente zeigen. Hierbei kann ggf. in der Folge auch der komponenteninterne Isolationsschutz versagen.

6.9.3 Szenario

Bei der vorläufigen Betrachtung wird davon ausgegangen, dass der Isolationsschutz bestehen bleibt und die Batterie vor der Überspannung geschützt werden kann. Diese Annahme ist zu verifizieren.

Bei der Betrachtung der Auswirkungen wird, wie üblich, die Wirksamkeit der Schutzfunktion, bzw. der Abschaltung der Ladefunktion nicht berücksichtigt. Betrachtet wird daher eine kontinuierlich anstehende Überspannung.

Unter diesen Annahmen ist die Hauptauswirkung, dass entweder die gesamte Ladeleistung unkontrolliert in einer Komponente umgesetzt wird oder es zu Überschlägen kommt. In der Folge kommt es zu einem Brand. Dieser Brand geht aber primär nicht von der Batterie aus.

Die Einstufung von Severity und Controllability entspricht der Einstufung der Gefährdung „Metallkörper erzeugt Brand“. Die Einstufung der Exposure wurde um eine Stufe erhöht, weil davon ausgegangen wird, dass es in der Situation „Überspannung liegt vor“ eine relevante Wahrscheinlichkeit für die Ausbildung eines Brandes gibt.

6.9.4 Bewertung

Parameter (Spalte B wählen)		Text	Erläuterung	ASIL
Severity	S2	severe/life-threatening injuries	siehe Szenarienbeschreibung	
Controllability	C3	difficult to controll/uncontrollable	siehe Szenarienbeschreibung	
Exposure	E2	sometimes / <1% of operating time	siehe Szenarienbeschreibung	**A**

6.9.5 Erläuterungen

Die Bewertung zeigt auf, dass die zeitgerechte Abschaltung der Ladeleistung und richtige Bereitstellung der Energie für das Fahrzeug mit einem moderaten Sicherheitsniveau ASIL A realisiert werden muss.

Es ist noch zu klären, ob die Abschaltfunktion im Fahrzeug und/oder im Ladeprotokoll zwischen Fahrzeug und Ladestation zu allokieren ist. Diese Allokation ist allerdings keine Aufgabe im Rahmen der Risikoanalyse, sondern ist im Rahmen der Realisierung bzw. der Definition von Anforderungen an die Teilsysteme zu klären.

6.10 Gefährdung G9-E: EMV-Beeinflussung von Fahrzeug-Komponenten während des Ladevorgangs

Bewertung offen. EMV-Bedingungen müssen eingehalten werden.

6.11 G10: Auswirkungen eines aktivierten Primärsystems auf ein inkompatibles Fahrzeug

Zur Untersuchung wurde ein Unterboden modelliert und hinsichtlich der Verlustleistung simuliert. Die Simulation enthält gewisse Unsicherheiten hinsichtlich der zu verwendenden magnetischen Permeabilität. In Worst case Szenarien ergeben sich Verlustleistungen von 130 W über die gesamte Fläche. Infolge der konvektiven Kühlung über die Fläche ist davon auszugehen, dass keine signifikanten Temperaturerhöhungen zu beobachten sein werden.

Das Unterbodenmodell enthält auch Vertiefungen und kleinräumig erhöhte Strukturen, so dass der Energieeintrag in derartige Strukturen überprüft werden kann. Auch in diesen Bereichen wurden keine Überhöhungen der Verlustleistung beobachtet.

Die Simulation zeigt, dass der Energieeintrag zu klein ist, als das ein relevantes Risiko aus der Situation entstehen kann.

7 Gültigkeit der Einstufungen in Abhängigkeit von der Frequenz

7.1 Einstufung durch beteiligte Projektpartner

Gefährdungs-nummer	Gefährdungs-beschreibung	Szenario	ifak: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Begründung - Erläuterung	Siemens: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Vahle: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz
G1A	Person im magnetischen Feld (IF), reguläre Ladesituation des Fahrzeugs	Person ohne Metallimplantat	nein	Grundsätzlich gilt für 85 kHz ein höherer Grenzwert für die Flussdichte als bei 140 kHz, aber die Flussdichten bei 85 kHz sind ca. 1,6 mal höher Einschätzung gilt nur für InterOP-Systeme, bei anderen Auslegungen und evtl. höheren Flussdichte ist eine Neubewertung erforderlich (z.B. kleine Zirkularspulen benötigen höhere Flussdichten, insbesondere bei Verschiebung (ca. 300-400 A, InterOP ca. 120 A),	nein	nein
G1B		Person mit Metallimplantat	nein	s.o. G1A	nein	nein

Gefährdungs-nummer	Gefährdungs-beschreibung	Szenario	ifak: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Begründung - Erläuterung	Siemens: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Vahle: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz
G1C		Person mit Herzschrittmacher	nein	hier werden die zulässigen Grenzwerte der magn . Flussdichte im Luftspalt für Herzschrittmacher unabhängig von der Frequenz überschritten, Gefährdung bleibt gleich	nein	nein
G2A	Person im magnetischen Feld (IF), Fahrzeug ist nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet	Person ohne Metall	nein	s.o. G1A	nein	nein
G2B		Person mit Metall	nein	s.o. G1A	nein	nein
G2C		Person mit Herzschrittmacher	nein	s.o. G1C	nein	nein
G3	Person im magnetischen Feld (IF), Aktivierung der Primärspule mit *nicht-kompatiblem* Fahrzeug, das	Nicht relevant, weil in G4 enthalten			nein	nein

Gefährdungs-nummer	Gefährdungs-beschreibung	Szenario	ifak: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Begründung - Erläuterung	Siemens: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Vahle: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz
	nicht korrekt auf dem Ladeplatz ausgerichtet ist					
G4A	Person im magnetischen Feld (IF), Primärspule erzeugt fehlerhaft ein magnetisches Feld und der Zugang zum Feld ist nicht behindert	Person ohne Metall	nein	s.o. G1A	nein	nein
G4B		Person mit Metall	nein	s.o. G1A	nein	nein
G4C		Person mit Herzschrittmacher	nein	s.o. G1C	nein	nein
G5A	Erwärmung metallischer Fremdkörper im magnetischen Feld (IF)	Flache metallische Fremdkörper im magnetischen Feld	nein	bei 85 kHz ist aufgrund der höheren Flussdichte zwar eine höhere Erwärmung zu erwarten, die Gefährdung bleibt aber gleich	nein	nein

Gefährdungs-nummer	Gefährdungs-beschreibung	Szenario	ifak: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Begründung - Erläuterung	Siemens: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Vahle: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz
G5B		Flache metallische Fremdkörper mit Kontakt zu einer Brandlast im magnetischen Feld	nein	s.o. G5A	nein	nein
G6	Tiere im magnetischen Feld (IF)	Keine Unterszenarien	nein	s.o. G1A	nein	nein
G7A	Gefährliche Berührspannungen	Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Primärspule (IF)	nein	frequenzunabhängig	nein	nein
G7B		Ggf. gefährliche Berührspannungen an der Sekundärspule	nein	frequenzunabhängig	nein	nein
G8A	Mechanisches Versagen	Fehlerhafte Bodenintegration: mechanischer Bruch/offener Schacht	nein	frequenzunabhängig	nein	nein
G8B		Fehlerhafte Integration in das	nein	frequenzunabhängig	nein	nein

Gefährdungs-nummer	Gefährdungs-beschreibung	Szenario	ifak: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Begründung - Erläuterung	Siemens: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz	Vahle: ASIL-Einstufung ändert sich voraussichtlich bei Änderung der Frequenz von 140kHz auf 85 kHz
		Fahrzeug/Chassis: mechanischer Bruch				
G9A G9B G9C G9D	Gefährdungen durch fehlerhaften Energieeintrag in das Fahrzeug	Allgemein Fehler bei der Energieübertragung an das HV-Netz des Fahrzeugs	nein	frequenzunabhängig	nein	nein
G9E		EMV-Beeinflussung von Fahrzeug-Komponenten während des Ladevorgangs	nein	frequenzunabhängig	nein	nein
G10	Auswirkungen eines aktivierten Primärsystems auf ein inkompatibles Fahrzeug	Keine Unterszenarien	nein	bisherige Simulationen zeigen unwesentliche Energieeinträge in metallische Elemente, eine Gefährdung wird bisher als unkritisch eingeschätzt	nein	nein

7.2 Einstufung basierend auf Untersuchungen der RWTH Aachen

Die Untersuchungen /Studie RWTH Aachen/ und /D. Stunder et al./ zeigen auf, dass bei gleicher magnetischer Flussdichte die Beeinflussung von Herzschrittmachern weitgehend unabhängig von der Frequenz ist. Infolge der Erhöhung der magnetischen Flüsse zum Erreichen der gleichen Übertragungsleistung bei niedrigeren Übertragungsfrequenzen, ist die Exposition bei niedrigeren Frequenzen voraussichtlich höher.

8 Voraussetzungen – Externe Anforderungen

Die Analyse gilt unter den folgenden Voraussetzungen:

- Es werden bei den Bewertungen die Simulationen und Messungen aus Kapitel 10 vorausgesetzt. Für das jeweils betrachtete konkrete System muss die Einhaltung der in den Simulationen enthaltenen Werte bestätigt werden.

9 Liste offener Punkte

1. Bestätigung der Annahmen zur Erwärmung von Metallgegenständen und Implantaten im magnetischen Feld.
   2014-12-12: Aktueller Stand: Keine neue Information, Vahle hat Lieferung zugesagt.

10 Anhänge

10.1 Simulation magnetische Felder ifak, 21.02.2014

Simulation der magnetischen Felder für die Spulenkonfiguration des ifak Systems für die Situationen

- Regulär positioniertes Fahrzeug
- Fahrzeug mit Versatz
- Primärsystem ohne Fahrzeug

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulationen zu magnetischen Feldern
Institut für Automation und Kommunikation e.V.
21.02.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulationen zu magnetischen Feldern
Institut für Automation und Kommunikation e.V.
21.02.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Rahmenbedingungen

		Spulensystem, Flachspulen (primär ca. 800x800 und sekundär 700x700),
φ_{12}	$\pi/2$	Phasenwinkel zwischen Primär- und Sekundärstrom
f/kHz	140	Frequenz
gap/cm	145	Abstand Kupfer-Kupfer
μ_F	2400	Relative Permeabilität des Ferritmaterials
Θ_1	~100 A	Primärdurchflutung
Θ_2	~200 A	Sekundärdurchflutung

Vertraulich

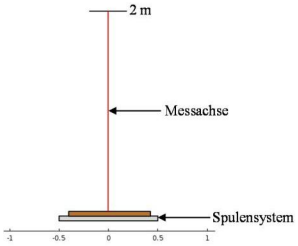
Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Rahmenbedingungen

Messbedingungen bei Versatz im Normalbetrieb:

- Die Messachse für die magnetische Flussdichte ist genau in der Mitte des Kupferabstands.
- Der Abstand (Kupfer-Kupfer) beträgt 145 mm.

Messbedingungen bei nicht überdeckter Primärspule

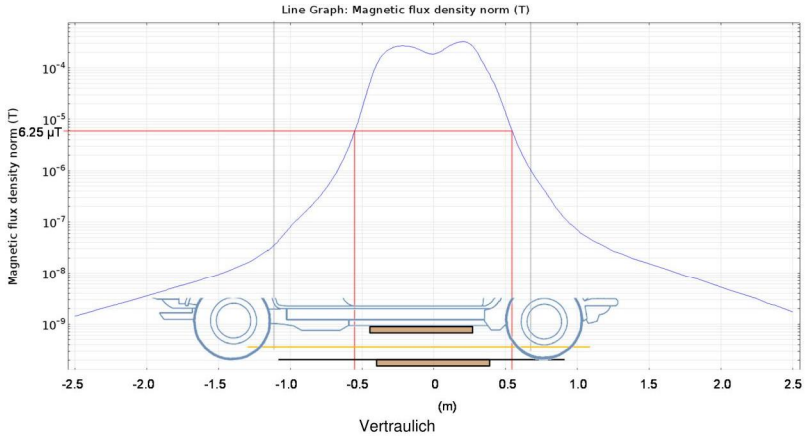


Vertraulich

26.02.2014 3

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei Versatz in Fahrtrichtung (V_x=10 cm)

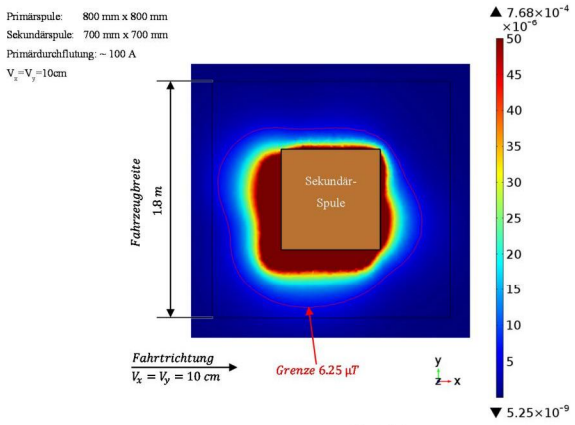


Vertraulich

26.02.2014 4

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei Versatz längs und quer zur Fahrtrichtung (Vx=Vy=10 cm)



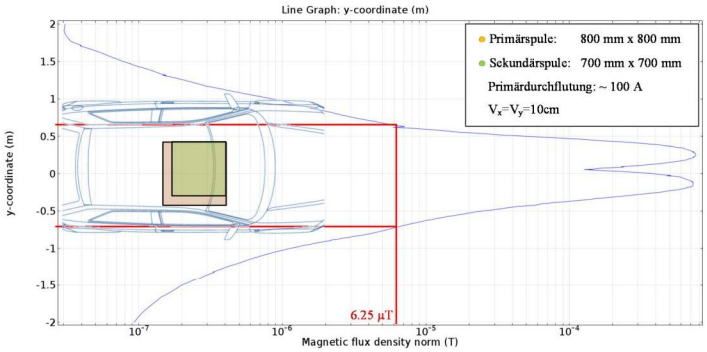
rot: 6.25µT,
Aluplatte (schwarze Umrandung) 1.8 m

vertraulich

26.02.2014 5

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei Versatz längs und quer zur Fahrtrichtung (Vx=Vy=10 cm)



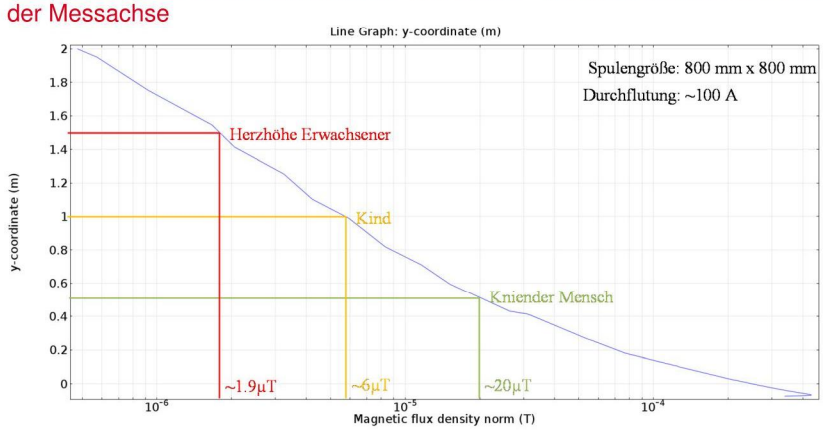
Magnetische Flussdichte von -2m bis 2m

vertraulich

26.02.2014 6

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei nicht überdeckter Primärspule - Magnetische Flussdichte an der Messachse

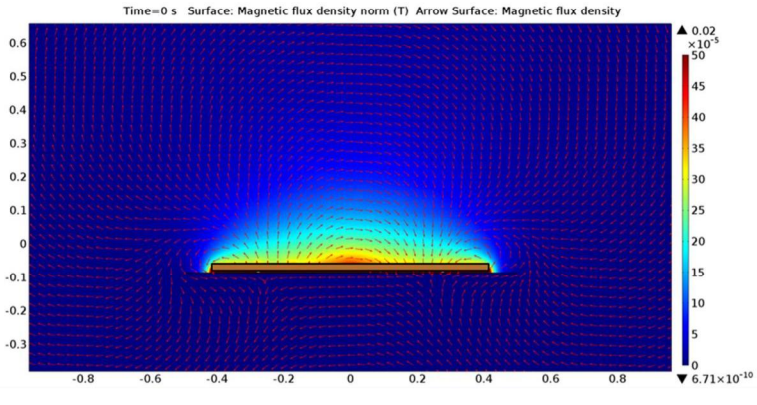


vertraulich

26.02.2014 7

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei nicht überdeckter Primärspule - Flussdichte und Feldverlauf



vertraulich

26.02.2014 8

10.2 Simulation magnetische Felder, Firma Vahle, 02.06.2014

Simulation der Situationen: Eingeschaltete Primärseite ohne Fahrzeug, versetzt geparktes Auto und falschgeparktes Auto

Folie 1
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Inhalt

1. Eingeschaltete Primärseite ohne Auto (Folie 3 - 6)
2. Auto versetzt geparkt (∆x=100mm, ∆y=100mm) (Folie 3 bis 6) (Folie 8 - 9)
3. Falsch geparktes Auto (∆y=400mm) (Folie 10 - 12)

Folie 2
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

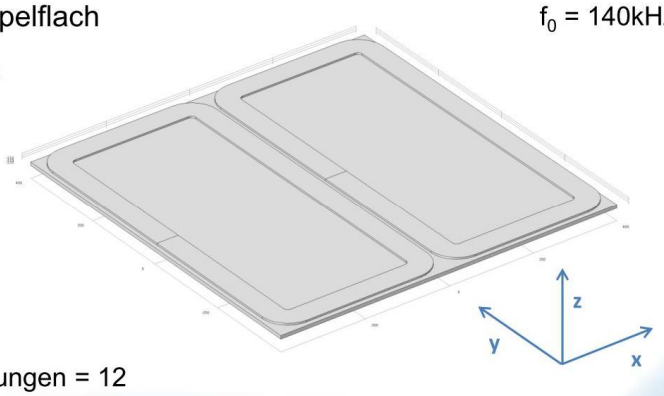
VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Anordnung für die Simulation ohne Auto

Aufbau Doppelflach

f_0 = 140kHz

80cm x 80cm



n = 2·6 Windungen = 12

i = $10A_{eff}$

→ Θ = $120A_{eff}$

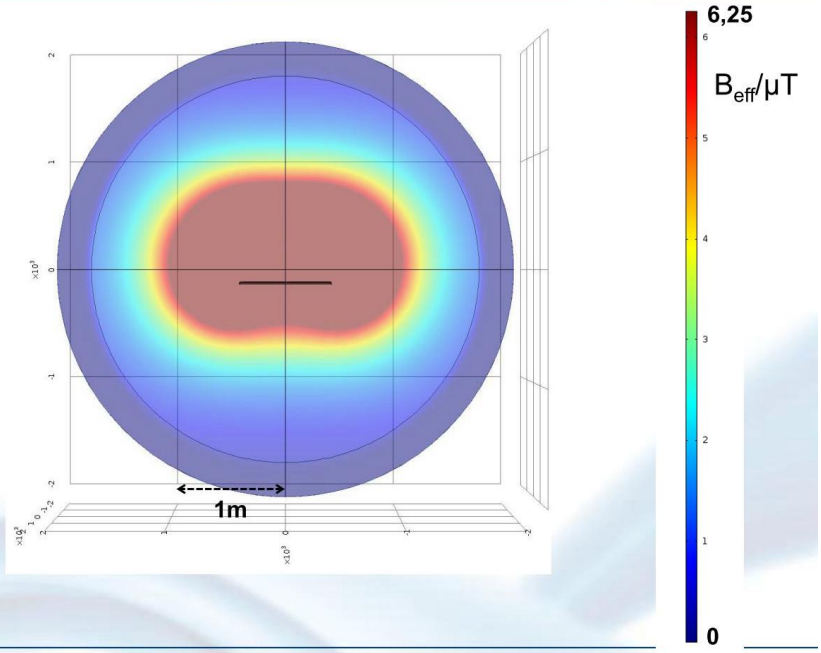
Folie 3
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten

Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Betrag der Flussdichte B_{eff} in der xz-Ebene, y = 0



xz-Ebene

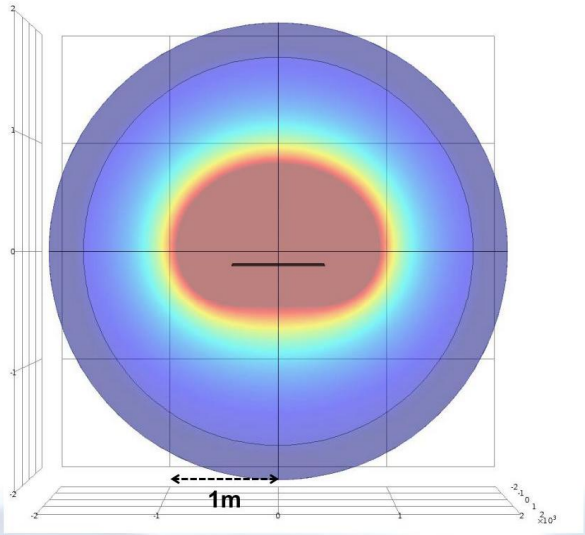
Folie 4
InterOP Gefahrenanalyse

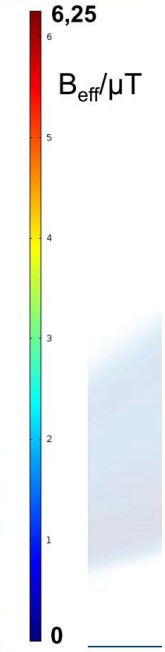
Viktor Reising, Ralf Wiengarten

Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Betrag der Flussdichte B_{eff} in der yz-Ebene, x = 0





yz-Ebene

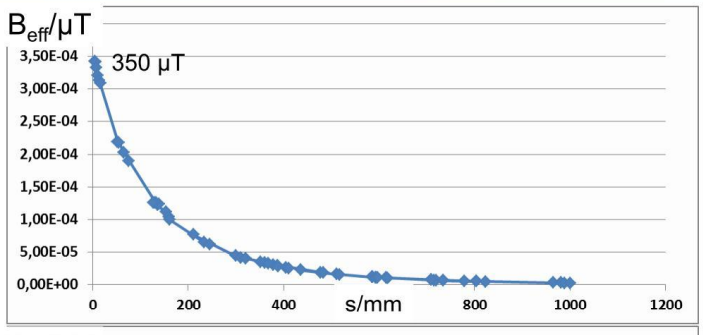
Folie 5
InterOP Gefahrenanalyse

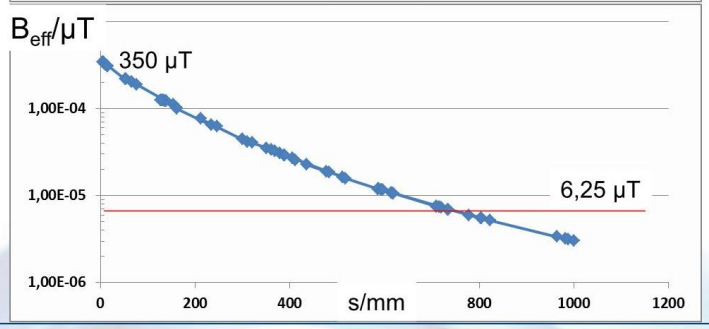
Viktor Reising, Ralf Wiengarten

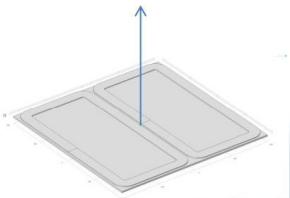
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Betrag der Flussdichte B_{eff} auf der z-Linie (x=0,y=0)







Folie 6
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten

Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Anordnung für die Simulation mit Auto versetzt / falsch geparkt

Pick-Up

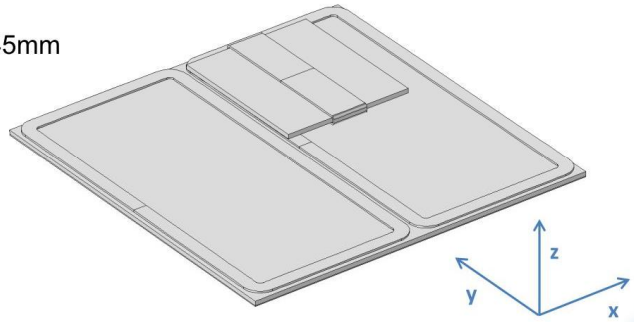
33cm x 33cm

I_{sek} = 10A_{eff}

$Abstand_{CU}$ = 145mm

Topologie: Doppelflach

f_0 = 140kHz



Primär

80cm x 80cm

n = 2·6 Windungen = 12

i = 10A_{eff}

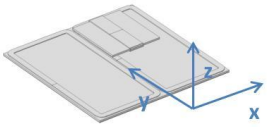
→ Θ = 120A_{eff}

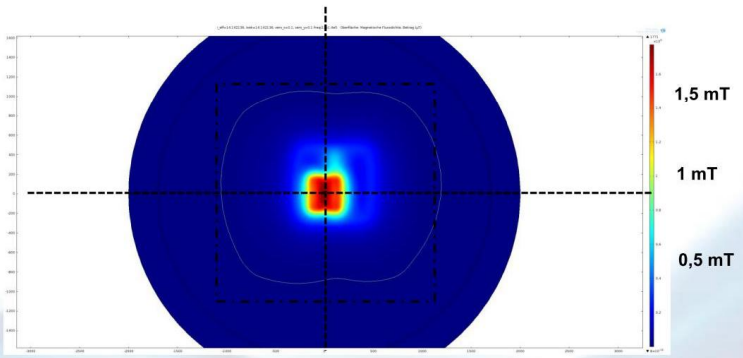
Auto: 1,8m x 1,8m große Aluplatte direkt über Pick-UP

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

Versetzt geparkt 1/2

Δx = 10cm Δy = 10cm
Δz = 100mm über Kupfer



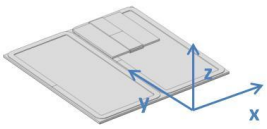


- **hellblaue Linie: Isolinie auf der 6,25 µT noch herrschen**
- **gestrichelt + gepunktete Linie stellt 1,8m x 1,8m großes KFZ dar**

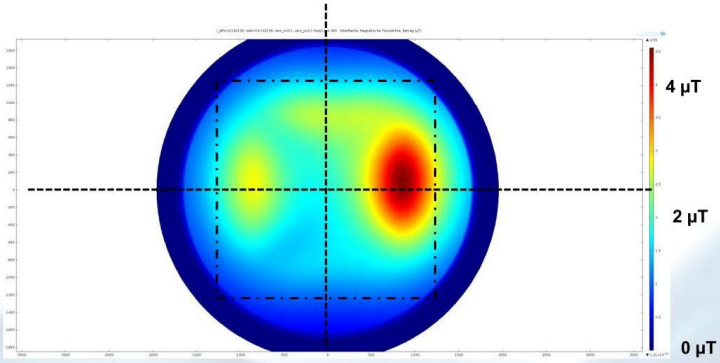
Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

Versetzt geparkt 2/2

$\Delta x = 10cm$ $\Delta y = 10cm$
$\Delta z = 500mm$ über Kupfer



- **gestrichelt + gepunktete Linie stellt 1,8m x 1,8m großes KFZ dar**



B-Feld < 6,25µT in 500mm höhe in Nähe des Autos.

Folie 9
InterOP Gefahrenanalyse

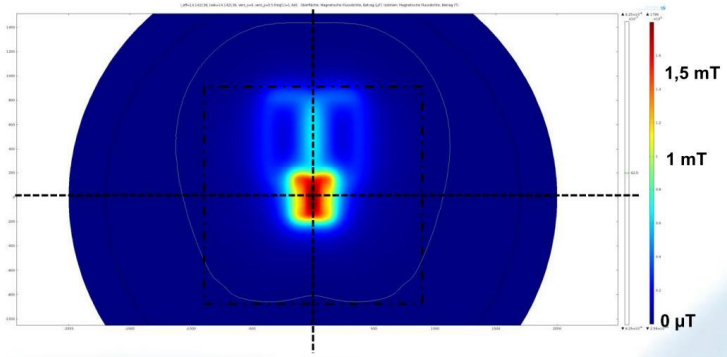
Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

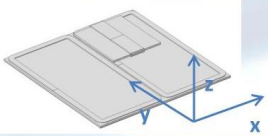
Falsch geparkt 1/3

Schnittbild in xy-Fläche, $\Delta z = 100mm$ über Kupfer

Falsch geparkt: eine Autokante liegt gleich auf mit Kante der Primärseite



- **hellblaue Linie: Isolinie auf der 6,25 µT noch herrschen**
- **gestrichelt + gepunktete Linie stellt 1,8m x 1,8m großes KFZ dar**



Folie 10
InterOP Gefahrenanalyse

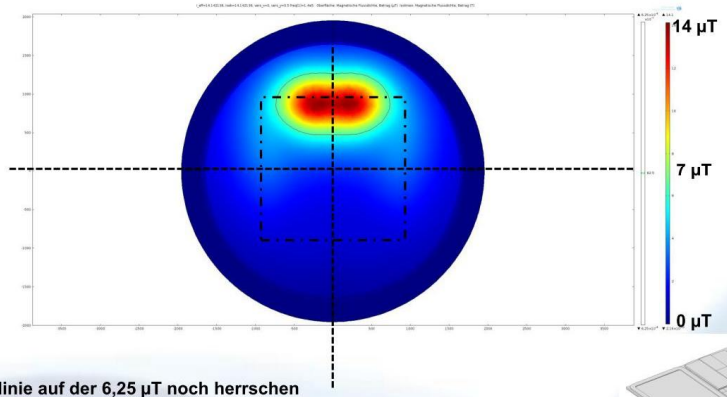
Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

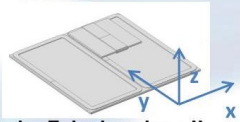
VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Falsch geparkt 2/3

Schnittbild in xy-Fläche, Δz = 500mm über Kupfer

Falsch geparkt: eine Autokante liegt gleich auf mit Kante der Primärseite





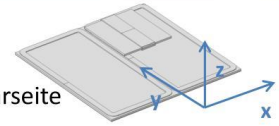
- **graue Linie: Isolinie auf der 6,25 µT noch herrschen**
- **gestrichelt + gepunktete Linie stellt 1,8m x 1,8m großes KFZ dar**

Ein B-Feld > 6,25µT in 500mm höhe in Nähe der Fahrertür noch auffindbar beim Falschparken !!

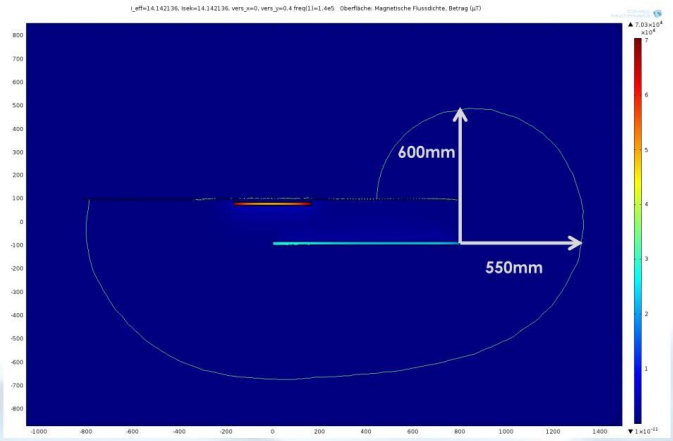
Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

Falsch geparkt 3/3

Schnittbild in yz-Fläche, x = 0mm



Falsch geparkt: eine Autokante liegt gleich auf mit Kante der Primärseite



Helllaue Linie: Ort wo noch 6,25 µT herrschen.

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

Zusammenfassung und Ausblick

Unkritisch: Versetzt geparkt

Kritisch: Falsch geparkt – 6,25 µT-Grenze ca. 50cm-Radius

Sehr kritisch: Primärseite eingeschaltet ohne Auto

Ende Juni: Messungen

Folie 13
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

VAHLE
MACHT STROM MOBIL

Vielen Dank!

Folie 14
InterOP Gefahrenanalyse

Viktor Reising, Ralf Wiengarten
Vertraulich, nur für die Projektpartner InterOP bestimmt!

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

10.3 Messung magnetischer Felder, ifak, 26.06.2014

Messungen der Feldverteilung bei nicht überdeckter Spule.

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Messungen zu magnetischen Feldern
Institut für Automation und Kommunikation e.V.
26.06.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Messungen zu magnetischen Feldern
Institut für Automation und Kommunikation e.V.
26.06.2014

Vertraulich

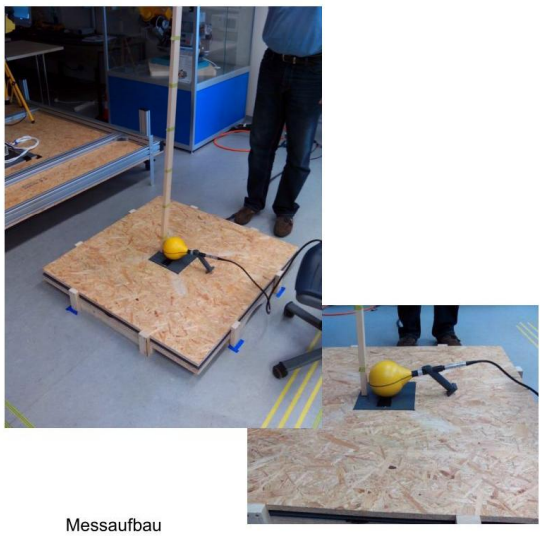
26.06.2014 1

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Rahmenbedingungen

- Spulenaufbau InterOp – Primärsystem
- Außenmaße: 800 x 800 mm
- Doppelflachsystem
- stromgespeist
- Durchflutung 120 A
- Messung auf der „Straßenoberfläche“
- Ferritüberdeckung ca. 35 mm

- Messgerät:
  - Narda ELT-400 mit 100cm²-Kugelsonde
  - Messung:
  - Mode 8mT (Feldstärke)
  - Detect: RMS und Peak
  - Low-Frequency ab 10Hz
  - Range: Low



Messaufbau

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Messbedingungen bei nicht überdeckter Primärspule

Messentfernung ab Oberfläche in m	magnetische Flussdichte in µT Messart: RMS	magnetische Flussdichte in µT Messart: PEAK
0	278	398
0,2	53,6	81
0,4	18,7	29
0,6	7,6	13
0,8	4	7,5
1	2	5,1
1,2	1,4	4,2
1,4	1,2	3,6
1,6	1	3,3
1,8	1	3,3

Vertraulich

26.06.2014 3

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Erstes Fazit:

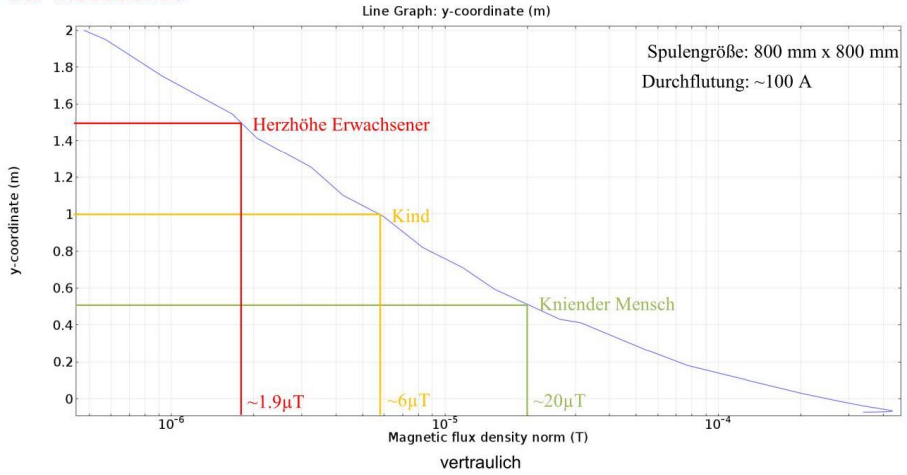
- Messwerte bestätigen die Simulationsergebnisse von ifak und Vahle
- Unterschiede in den Werten sind zum Teil in der Messmethode (Kugelsonde misst in 3-Achsen) und in den Messabständen (Simulation ab Kupfer, Messung ab Straße) begründet

Zum Vergleich nachfolgend noch einmal die ifak-Simulationsergebnisse:

26.06.2014 4

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

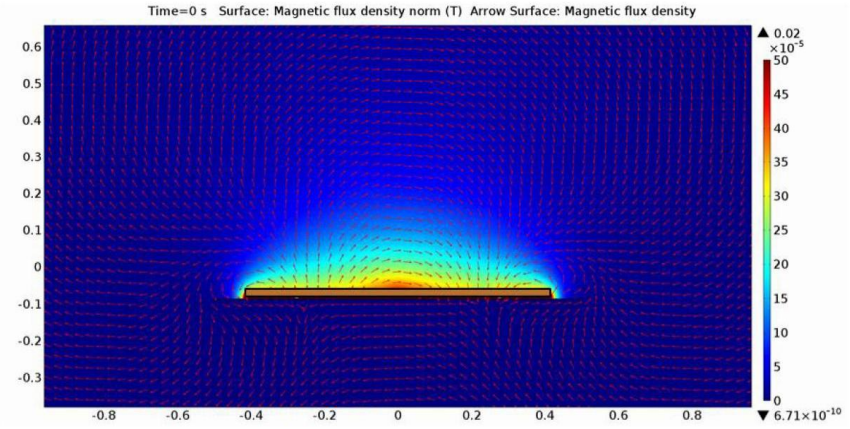
Feldverteilung bei nicht überdeckter Primärspule - Magnetische Flussdichte an der Messachse



vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Feldverteilung bei nicht überdeckter Primärspule - Flussdichte und Feldverlauf



vertraulich

10.4 Simulation zur Situation eines imkompatiblen Fahrzeugs über einer aktivierten Primärspule, ifak, 22.08.2014

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulation unbedeckte Primärspule mit inkompatiblem Fahrzeug

Institut für Automation und Kommunikation e.V.

22.08.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulation unbedeckte Primärspule mit inkompatiblem Fahrzeug

Institut für Automation und Kommunikation e.V.

22.08.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Rahmenbedingungen Simulation

- Spulenaufbau InterOp – Primärsystem
- Außenmaße: 800 x 800 mm
- Doppelflachsystem
- stromgespeist
- Durchflutung 120 A
- Nichtkompatibles Fahrzeug
- Vereinfachung durch Alu-Platte 2.4x1.6 m
- Luftspalt (Kupfer-Alu): 190 mm

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Ergebnisse Simulation

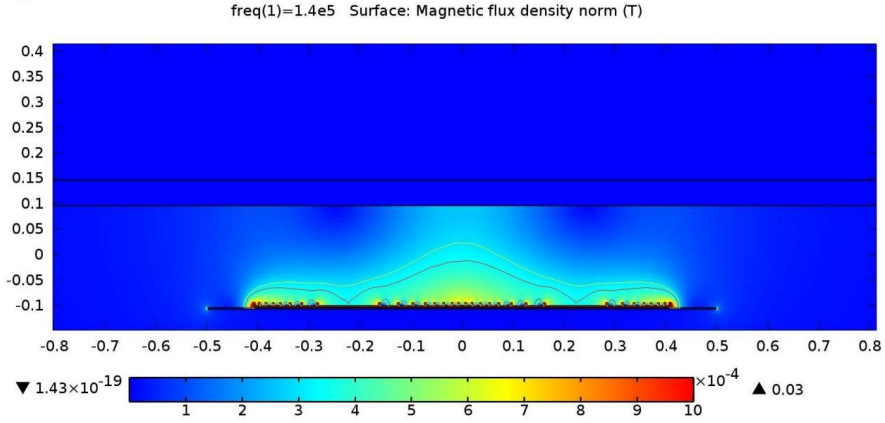


Abbildung 1: Flussdichte in der xz-Ebene, Fahrtrichtung ---->, rot: Grenze 350 µT, gelb: 300 µT

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Ergebnisse Simulation

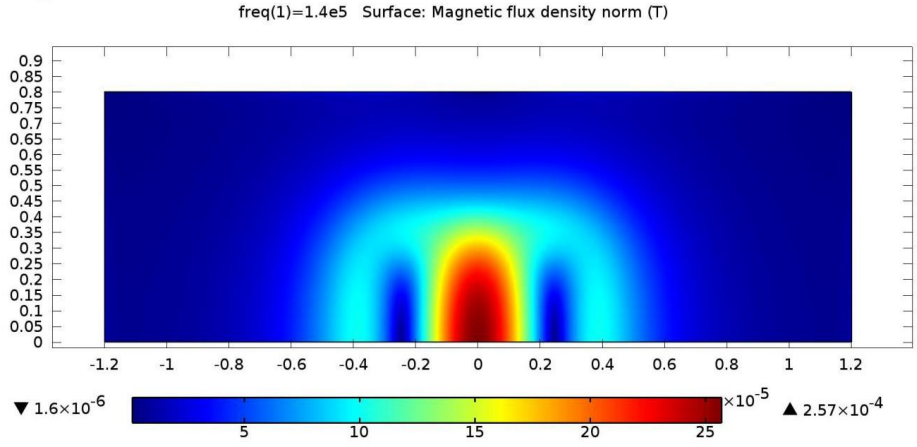


Abbildung 3: Magnetische Flussdichte auf der Unterseite der Aluplatte, y=0 → Symmetrieachse

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Ergebnisse Simulation

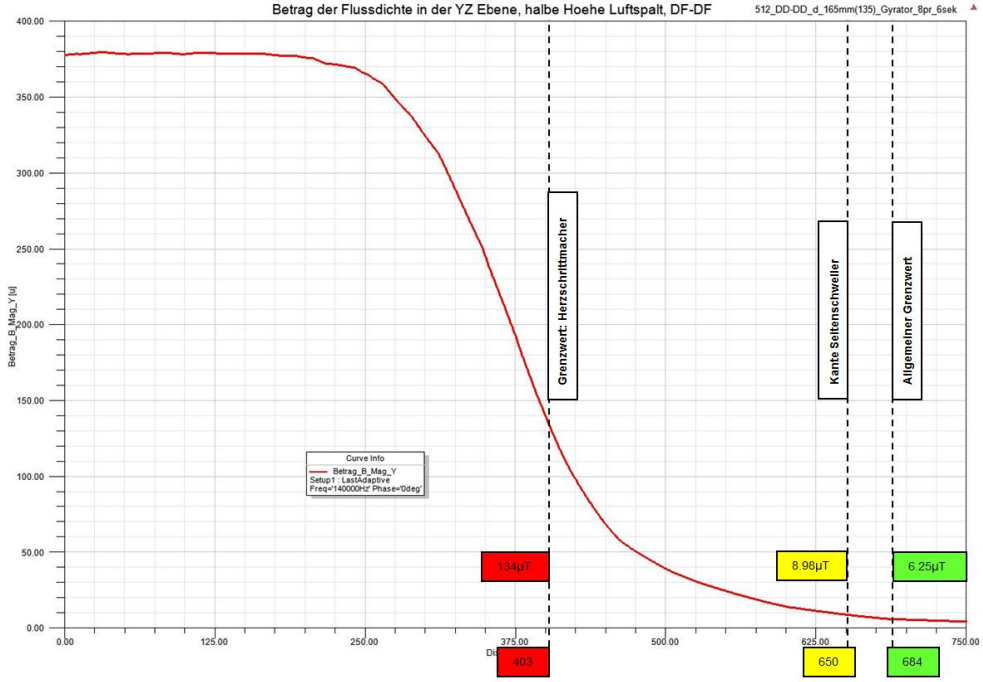
- Verlustleistung laut Simulation: P_V=2·0.28455 W=0.5691 W

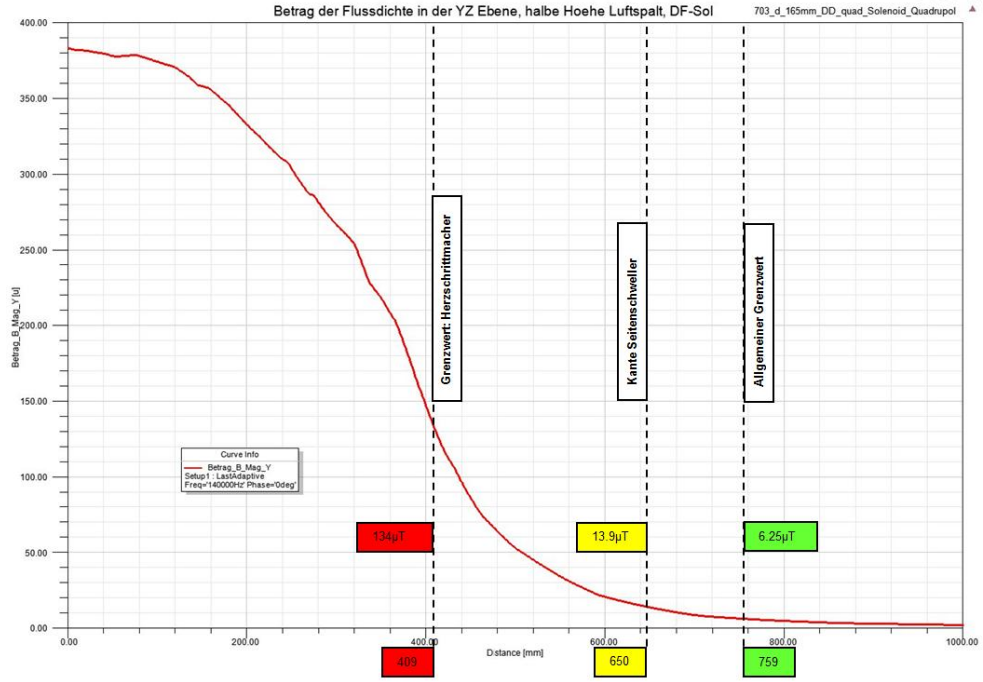
Fazit:

- Energieeintrag bisher eher unkritisch
- Verbesserung der Simulation durch detailliertere Nachbildung des Unterbodens
- Abstimmung mit GEC läuft

10.5 Simulationsdaten zur Feldverteilung seitens der Firma SEW

Kommentar L. Kilian: Als Grenzwert für ein kritisches Fehlversagen von Herzschrittmachern wird in den Abbildungen der Wert 135 µT verwendet. Nach neuerem Verständnis ist der maßgebliche Grenzwert für Herzschrittmacher der ICNIRP 1998 Wert mit 6,25 µT.





10.6 Auswirkungen auf inkompatible Fahrzeuge, ifak 19.11.2014

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulation zu magnetischen Feldern
fehlerhaft eingeschaltete Primärspule, Fahrzeugunterboden

Institut für Automation und Kommunikation e.V.
19.11.2014

Vertraulich

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulation zu magnetischen Feldern
fehlerhaft eingeschaltete Primärspule, Fahrzeugunterboden

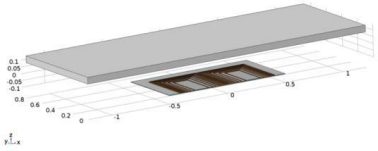
Institut für Automation und Kommunikation e.V.
19.11.2014

Vertraulich

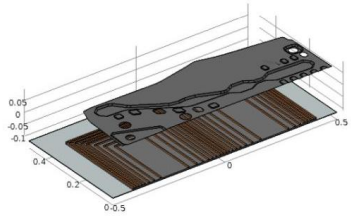
Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Rahmenbedingungen der Simulationen

- Spulenaufbau InterOp – Primärsystem
  - Doppelflachsystem
  - Außenmaße: 800 x 800 mm
  - 2*8 Windungen
  - stromgespeist
  - Durchflutung 120 A
- Nichtkompatibles Fahrzeug
  - Abstand Kupfer – Platte: 190 mm
  - Approximation:
    - Platte 2.4 x 1.6 m
    - Nachgebildeter Unterboden



Simulationsanordnung, quaderförmiger Unterboden



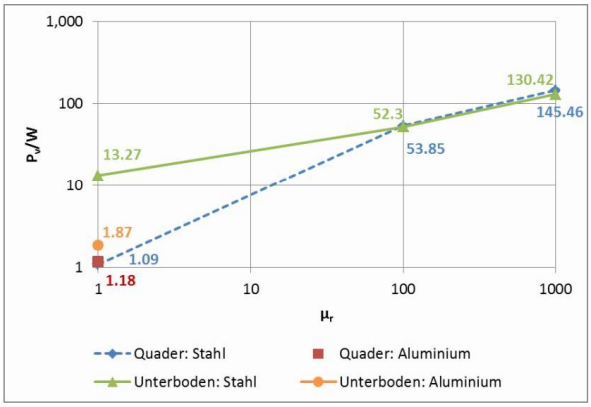
Simulationsanordnung, vereinfachter Unterboden

- Material: Aluminium ($\sigma_{Al} = 37.74\ MS/m$)
  Unbeschichteter Stahl ($\sigma_{St} = 1.74\ MS/m$; $\mu_{St_r} = 1{,}100{,}1000$)

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulationsergebnisse

	P_V/W			
	Quader		Vereinfachter Unterboden	
μ_r	Stahl	Aluminium	Stahl	Aluminium
1	1.09	1.18	13.27	1.87
100	53.85		52.30	
1000	145.46		130.42	



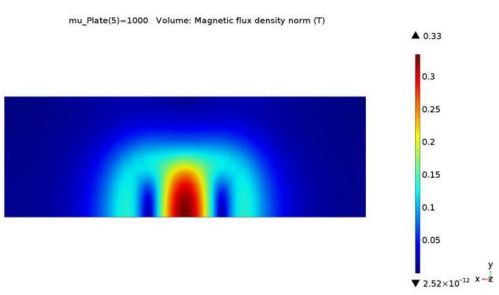
Verlustleistung in Abhängigkeit des Materials und der relativen Permeabilität

19.11.2014 Vertraulich 3

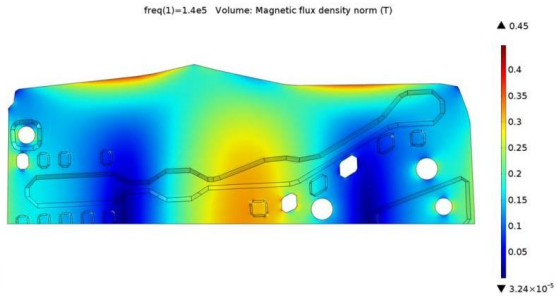
Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Simulationsergebnisse

	P_V/W			
	Quader		Vereinfachter Unterboden	
μ_r	Stahl	Aluminium	Stahl	Aluminium
1	1.09	1.18	13.27	1.87
100	53.85		52.30	
1000	145.46		130.42	



Magnetische Flussdichte auf der Unterseite des quaderförmigen Unterbodens; Stahl, μ_r=1000



Magnetische Flussdichte auf der Unterseite des vereinfachten Unterbodens; Stahl, μ_r=1000

19.11.2014 Vertraulich 4

Verbundvorhaben InterOp
Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation

Zusammenfassung

- Keine nennenswerten Änderungen bezüglich der Verlustleistung
- Erwartungsgemäß an Kanten und Unebenheiten Feldmaxima
- Verlustleistung wird auf große, konvektiv gekühlte Fläche aufgebracht
- Erwärmung wird als unkritisch eingeschätzt

- Unsicherheitsfaktoren:
  - keine Angaben zum Material (Frequnzabhängigkeit des μr)
  - kein vollständiger Unterboden
  - in Simulation: unbeschichteter Stahl

19.11.2014 Vertraulich 5

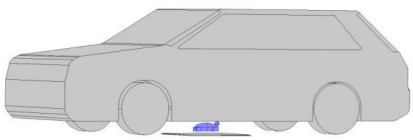
10.7 Tiere im Magnetfeld, Vahle, 10.07.2014

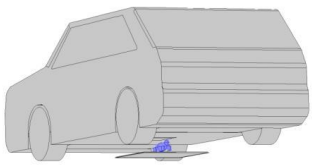
Folie 1
DKE 353.0.1 (07 / 2014)

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Untersuchung Katze im Spulen-Zwischenraum

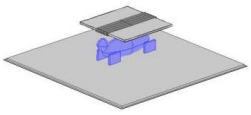
- Modell einer Katze/Baby im Luftspalt durch erstellen eines (Zylinder-)Volumen mit der Leitfähigkeit eines Elektrolyten (1 S/m) und daraus dessen Erwärmung durch Körperströme ermitteln. Grenzwert = 2°C Erhöhung gemittelt über 6 Minuten (< 2W/kg)





Primärseite:
Doppelflach 800x800mm

Sekundärseite:
Solenoid 310x310mm



Folie 2
DKE 353.0.1 (07 / 2014)

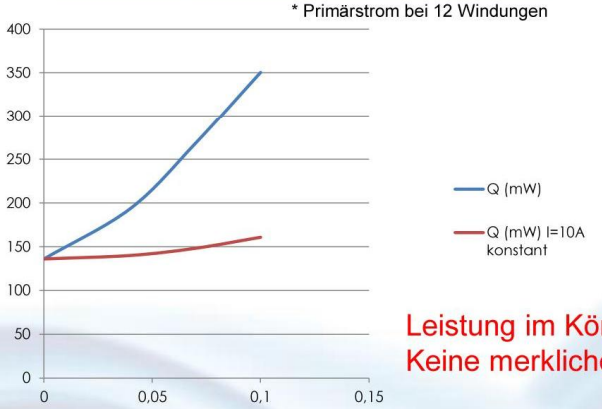
VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

Untersuchung Katze im Spulen-Zwischenraum

Verlauf der Leistung im Körper bei seitlichem Versatz

Versatz in Y(mm)	Ip(A)*	Q (mW)	Q (mW) I=10A konstant
0	14.14214	136.02768	136.02768
0.04	16.97056	193.81261	140.03394
0.07	19.79899	268.36814	148.23717
0.1	22.62742	350.46067	160.77948

* Primärstrom bei 12 Windungen



Leistung im Körper sehr klein.
Keine merkliche Erwärmung.

Folie 3
DKE 353.0.1 (07 / 2014)

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

VAHLE
MACHT STROM MOBIL

Vielen Dank!

Dr.-Ing. Faical Turki
Paul Vahle GmbH und Co. KG,
Westicker Str. 52, 59174 Kamen
faical.turki@vahle.de
Tel.: 02307 / 704 271

Folie 4
DKE 353.0.1 (07 / 2014)

VAHLE STROMZUFÜHRUNGEN

CONDUCTIX
wampfler
ifak
DB
SIEMENS
streetscooter!
e·on
VAHLE

SIEMENS

Projekt INTEROP

Dokumentation der Kommunikation für den Laboraufbau

basierend auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 DC

SIEMENS

1 Inhalt

1 Inhalt 2
2 Änderungsvermerke des Dokuments 4
3 Autoren des Dokuments 4
4 Allgemeiner Überblick 5
4.1 Einschränkung gegenüber dem Standard 6
5 Architektur des Laboraufbaus 7
6 INTEROP Kommunikation basierend auf ISO/IEC 15118-2 DC 9
6.1 Auflistung der Nachrichten 9
7 Phasen der Ladesteuerung 12
7.1 EVCC & SECC Startup 12
7.2 Kommunikationssetup & Ladesteuerung 13
7.3 Neustart SECC bzw. EVCC beendet Programmlauf 14
8 Parameter-Beschreibung 15
8.1 SupportedAppProtocolReq 15
8.2 SupportedAppProtocolRes 15
8.3 SessionSetupReq 15
8.4 SessionSetupRes 15
8.5 ServiceDiscoveryReq 16
8.6 ServiceDiscoveryRes 16
8.7 ChargeParameterDiscoveryReq 16
8.8 ChargeParameterDiscoveryRes 17
8.9 ServicePaymentSelectionReq 17
8.10 ServicePaymentSelectionRes 17
8.11 ContractAuthenticationReq 18
8.12 ContractAuthenticationRes 18
8.13 PowerDeliveryReq 18
8.14 PowerDeliveryRes 18
8.15 CurrentDemandReq 19
8.16 CurrentDemandRes 19
8.17 SessionStopReq 20
8.18 SessionStopRes 20
9 Anhang 21
9.1 XML-Definition DC_EVSEStatusType 21

9.2 XML-Definition DC_EVSEStatusCodeType....21
9.3 XML-Definition DC_EVStatusType....21
9.4 XML-Definition ResponseCodeType....22
9.5 XML-Definition PhysicalValueType....22

2 Änderungsvermerke des Dokuments

Datum	Beschreibung	Version	Name
11.11.2014	Erste Version des Dokuments, verteilt zum SAG internen Review.	0.1	Reiner Müller
08.01.2015	Erster SAG interner Review	0.2	Dr. Kerstin Häse Reiner Müller
13.01.2015	Ergänzung weiterer Beschreibungen und Dokumentation weiterer Nachrichten-Parametern	0.3	Reiner Müller
20.01.2015	Neuer Version nach Review durch Anton Schmitt	0.4	Reiner Müller Anton Schmitt

3 Autoren des Dokuments

Kürzel	Name	Firma
rm	Reiner Müller	Siemens AG, CT RTC NEC EMB-DE
as	Anton Schmitt	Siemens AG, CT RTC NEC EMB-DE
kh	Dr. Kerstin Häse	Siemens AG, CT NTF CAR

4 Allgemeiner Überblick

Im Rahmen des Förderprojekts INTEROP wird bei der Siemens AG ein Laboraufbau für die Kommunikation realisiert. Das Kommunikationsprotokoll dafür wird auf dem Standard ISO/IEC 15118-2 für DC-Laden basieren, da es gegenwärtig noch keine verwendbare Version des ISO/IEC 15118 Standards für das induktive Laden gibt.

Zweck dieses Dokuments ist es, die Nachrichten aus der ISO/IEC 15118 DC und deren zeitlichen Ablauf zwischen Electrical Vehicle (EV) und dem Electrical Vehicle Supply Equipment (EVSE) zu dokumentieren, die für die Realisierung des Laboraufbaus herangezogen werden. Dazu gehört die genaue Beschreibung der jeweiligen verwendeten Nachrichten aus dem Standard, der zugehörigen Parameter mit deren Bedeutung in der INTEROP Laborkommunikation und die zeitliche Abfolge der Nachrichten, dokumentiert in Form eines Sequenz-Diagramms.

Als Codec für die im Laboraufbau ausgetauschten Nachrichten zwischen Electrical Vehicle (EV) und Electrical Vehicle Supply Equipment (EVSE) wird OpenV2G in der Version 0.7 (http://openv2g.sourceforge.net/index.php/home.html) – entspricht der DIN 70121 Nachrichten Kodierung – zum Einsatz kommen. Die Entscheidung die Messages des DC Ladens wieder zu verwenden, beruht auf der Tatsache, dass in beiden Ladeverfahren es notwendig ist, während der Leistungsübertragung kontinuierlich Daten zwischen EV und EVSE auszutauschen.

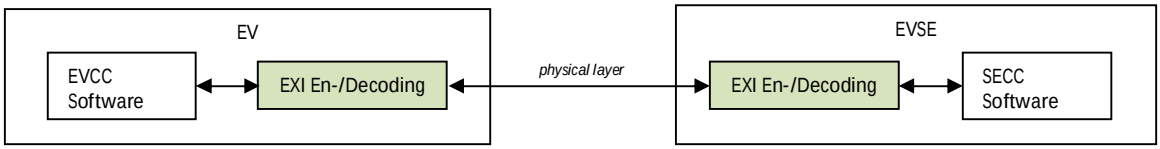


Abbildung 1: Nachrichten-Kodierung

Die für das Labor realisierte sog. Fern- und Nahfeld-Kommunikation wird auf IEEE 802.11 basieren. Bei der Nahfeld-Kommunikationsstrecke unter dem Fahrzeug handelt es sich um ein Reichweiten-reduzierten WLAN mit speziellen Antennen, die u.a. für den Einsatz in einem elektromagnetischen Feld konstruiert werden.

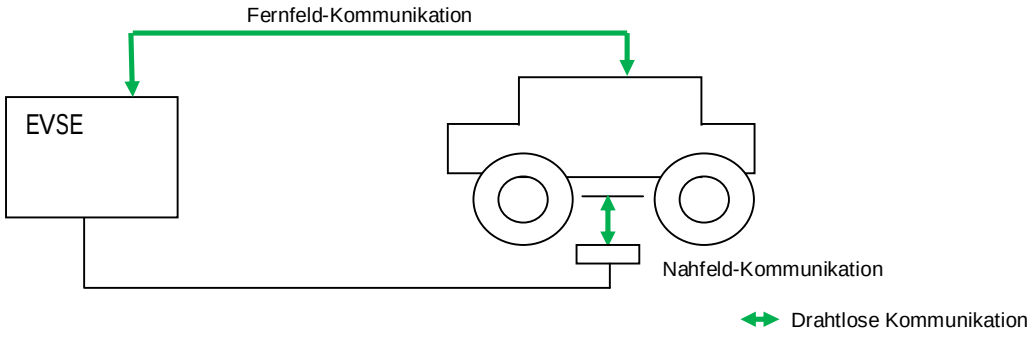


Abbildung 2: Nah- und Fernfeldkommunikation

Das WLAN-Netz im Labor kann im 2,4 GHz. oder 5,8 GHz. Frequenzband betrieben werden. Die Umsetzung der Kommunikation innerhalb des Laboraufbaus wird sich, soweit es möglich

ist, an den ISO/IEC 15118 DC Standard halten. Evtl. notwendige Abweichungen vom Standard werden sich nur Aufgrund spezieller Anforderungen für das induktive Laden ergeben.
Von diesem Vorgehen insgesamt versprechen wir uns einen leichteren, schnelleren und effizienteren Umstieg auf den zu erwartenden ISO/IEC 15118 Standard für induktives Laden zu einem späteren Zeitpunkt.

Ziel der im Labor zu entwickelnden Kommunikation zur Ladesteuerung eines induktiven Ladevorgangs ist es, die Annäherung des Fahrzeugs an induktive Ladeplätze bei Ausnutzung der sog. Fernfeld-Kommunikation zu realisieren und die eigentliche Ladesteuerung im sog. Nahfeld-Bereich zwischen Primär- und Sekundär-System zu testen und auf deren praktische Umsetzbarkeit hin zu untersuchen. Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem INTEROP Laboraufbau werden wieder direkt über die entsprechenden Siemens-Vertreter in den ISO/IEC 15118 Gremien zurückfließen.

Als Hardware-Plattform für die beiden zu realisierenden Communication-Controller (CC, also EVCC & SECC) wird ein im RACE-Projekt entwickeltes Steuergerät an die INTEROP-Kommunikationsanforderungen entsprechend angepasst. Als Betriebssystem auf diesen beiden Controllern wird für den INTEROP Laboraufbau Linux zum Einsatz kommen. Die Software für die Kommunikation auf diesen beiden Controllern wird in ANSI C/C++ realisiert und auf einem weitgehend modellbasierten Software-Entwicklungs-Ansatz beruhen.

4.1 Einschränkung gegenüber dem Standard

Im Rahmen des von der Siemens CT zu realisierenden Laboraufbaus wird es zu keiner Energieübertragung/keine Leistungsübertragung kommen, d.h. der für die Kommunikation notwendige Leistungsanteil wird in entsprechend notwendigen Umfang von der Software Implementierung durch geeignete Adapter simuliert werden.

Der Hauptunterschied zwischen der ISO/IEC 15118-2 DC und dem Ansatz für den Laboraufbau besteht darin, dass es keinen physikalischer Layer in Form von Power Line Communication (PLC) und PWM Signalisierung nach IEC 61851, wie im Standard gefordert, geben wird. Beide Technologien setzen eine kabelgebundene Kopplung zwischen EV und EVSE auf physikalischer Ebene voraus. Auch wird es mit dem gewählten Ansatz, eine ISO/IEC 15118 DC basierte Kommunikation zu realisieren, vorerst keine Implementierung des im Standard beschriebenen Transportschichtsicherheits-Ansatzes (TLS-Ansatz) geben.

Alle im Standard beschriebenen Abläufe, die über den normalen „Geradeauslauf“ durch das 15118 Protokoll hinaus gehen, werden in Rahmen des INTEROP-Laboraufbaus vorerst nicht realisiert. Abläuft wie z.B. Pause des Ladevorgangs, Wiederaufnahme eines Ladevorgangs bzw. einer bereits früher vereinbarten Sitzung (Session) usw. werden im zu realisierenden Laboraufbau vorerst nicht berücksichtigt.

5 Architektur des Laboraufbaus

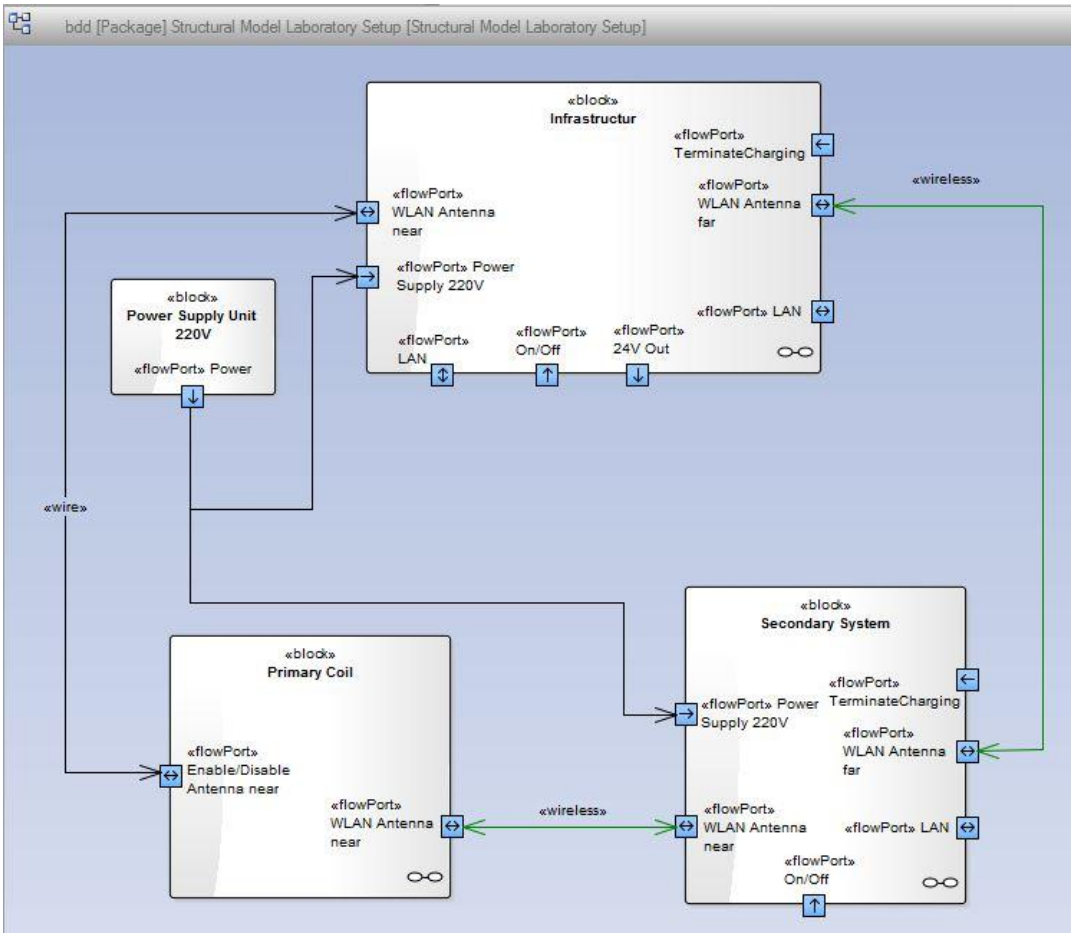


Abbildung 3: Systemarchitektur Laboraufbau

Die auf Seiten der Ladeinfrastruktur zum Einsatz kommenden Komponenten sind die Blöcke `Infrastructur`, `Primary Coil` und `Power Supply Unit`. Der Block `Secondary System` dient der Simulation des Elektrofahrzeugs mit den für die reine Kommunikation mit der Infrastruktur wichtigen Teilkomponenten und wird auf einem mobilen Labortisch für eine entsprechende Elektrofahrzeug-Simulation montiert sein.

Als `Primary Coil` kommt ein reales Primär-Spulensystem zum Einsatz, um die Umgebung für die WLAN-Nahfeld-Antennen primärseitig möglichst realistisch aufzubauen. Es wird jedoch wie bereits weiter oben erwähnt, innerhalb des INTEROP-Laboraufbaus auf Seiten der Siemens AG keinerlei Leistungsübertragungsmöglichkeit geben.
In vorangegangenen Labor-Versuchen wurde bereits erfolgreich nachgewiesen, dass die WLAN-Nahfeld-Kommunikation mit einem solchen Aufbau auch bei aktiver Leistungsübertragung (übertragene Leistung bis 3.6 kW) uneingeschränkt und störungsfrei funktioniert. Einer dieser Tests wurden z.B. beim INTEROP Projektpartner ifak in Magdeburg durchgeführt.

Auf der Sekundär-Seite innerhalb des `Secondary System` wird die WLAN-Nahfeld-Antenne ebenfalls in einer entsprechenden, einer realen Fahrzeugunterseite möglichst nahe kommenden, Umgebung verbaut sein. Unterboden des Fahrzeugs und Spulensystem im Fahrzeug werden durch eine Metallplatte simuliert, inkl. einer Kunststoffplatte für die Simulation des Spulengehäuses.

Abbildung 3: Aufbau Nahfeldantenne

6 INTEROP Kommunikation basierend auf ISO/IEC 15118-2 DC

Wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, sollen die schon als International Standard (IS) zur Verfügung stehenden Nachrichten der ISO/IEC 15118-2 für DC- Laden mit wenigen Abwandlungen für einen ersten Kommunikations-Labordemonstrator verwendet werden.

Basierend auf dem weiter unten folgenden Sequenz-Diagrammen und unter Verwendung der im Standard definierten und im folgenden aufgelisteten ISO/IEC 15118 DC-Nachrichten, kann die gesamte Kommunikation zur Ladesteuerung eines induktiven Ladevorgangs bereits realisiert und auf deren praktische Umsetzbarkeit hin untersucht werden. In der gesamten Abfolge der Nachrichten werden für die Laborkommunikation auch Nachrichten aus dem Standard mit verwendet, die nicht unbedingt für die induktive Ladesteuerung im Labor notwendig sind, um möglichst nah am im Standard definierten Nachrichtenablauf zu bleiben. Die eigentlichen Anpassungen für die induktive Ladesteuerung werden über die Parameter und deren Verwendung/Bedeutung in den einzelnen Nachrichten geschehen; d.h. wir verwenden zwar die im Standard beschriebenen Nachrichtennamen und deren Parameter, die Semantik der Parameter wird aber teilweise für den Einsatz in der INTEROP-Laborkommunikation entsprechend abgeändert.

Entsprechend den Vorgaben aus dem ISO/IEC 15118 gilt: Für den gesamten im Rahmen von INTEROP realisierten Laboraufbau wird das Elektrofahrzeug aus Kommunikationssicht der Client/Master sein, wobei die Infrastruktur Dienste als Server/Slave dem Fahrzeug zur Verfügung stellt.

Nachrichten aus dem ISO/IEC 15118 Standard (jeweils in der Tabelle blau geschrieben), gesendet vom Elektrofahrzeug in Richtung Ladeinfrastruktur (requests) werden hinten im Namen immer mit „Req“ bezeichnet, die in entgegengesetzter Richtung laufenden Nachrichten (responses) enthalten entsprechend ein „Res“.

6.1 Auflistung der Nachrichten

DC-Nachricht	Bemerkung	Phase
EstablishWirelessCommunication	Nicht Bestandteil des Standards ISO/IEC 15118 DC und nur lokal auf dem jeweiligen CC verwendet. Abhängig vom Parameter-Wert wird entweder die Fernfeld- oder die Nahfeld-Kommunikation mittels WLAN aufgebaut. Das jeweilige zu verwendende Frequenzband auf den WLAN-Strecken wird durch eine entsprechende Konfiguration der Software festgelegt.	COMMUNICATION-SETUP
TerminateWirelessCommunication	Nicht Bestandteil des Standards ISO/IEC 15118 DC. Dient dem beenden einer bestehenden Kommunikationsstrecke. Wird wie EsbablishWirelessCommunication() nur lokal auf einem CC verwendet.	COMMUNICATION-TERMINATION

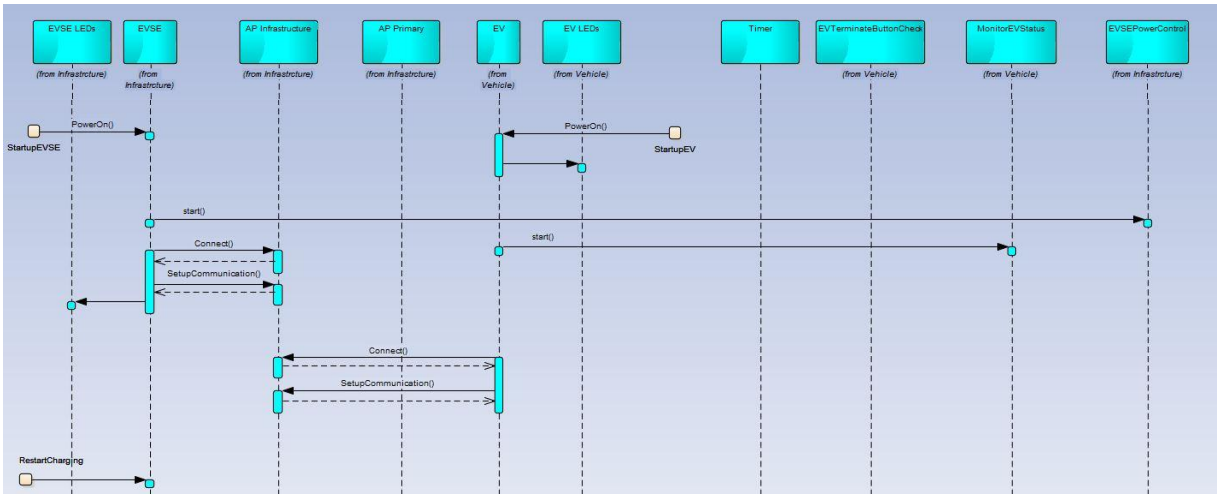
SupportedAppProtocolReq		CHARGINGSETUP
SupportedAppProtocolRes		CHARGINGSETUP
SessionSetupReq		SESSIONSETUP
SessionSetupRes		SESSIONSETUP
ServiceDiscoveryReq		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ServiceDiscoveryRes		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ChargeParameterDiscoveryReq		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ChargeParameterDiscoveryRes		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ServicePaymentSelectionReq		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ServicePaymentSelectionRes		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ContractAuthenticationReq		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ContractAuthenticationRes		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ChargeParameterDiscoveryReq		POWERTRANSFER-PRECHARGE
ChargeParameterDiscoveryRes		POWERTRANSFER-PRECHARGE
PowerDeliveryReq	Abhängig vom Parameter-Wert wird ein power delivery „Start“ oder ein power delivery „Stop“ ausgeführt.	POWERTRANSFER-ACTIVATION
PowerDeliveryRes		POWERTRANSFER-ACTIVATION
CurrentDemandReq	Nachricht innerhalb der eigentlichen Ladeschleife.	POWERTRANSFER
CurrentDemandRes	Nachricht innerhalb der eigentlichen Ladeschleife.	POWERTRANSFER
SessionStopReq	Beenden einer Ladesitzung von Seiten des Elektrofahrzeugs.	POWERTRANSFER-DEACTIVATION
SessionStopRes	Quittierung des Wunsches, eine Ladesitzung zu beenden.	POWERTRANSFER-DEACTIVATION

Alle im Folgenden gezeigten Sequenz-Diagramme sind Screenshots von Sequenz-Diagrammen, die mit dem Werkzeug für modellbasierte Software-Entwicklung Enterprise Architect von Sparx System Inc. erstellt wurden. Das komplette System-Engineering für das im Rahmen von INTEROP realisierte Laborsystem wird mittels dieses Werkzeugs basieren auf SysML durchgeführt.

7 Phasen der Ladesteuerung

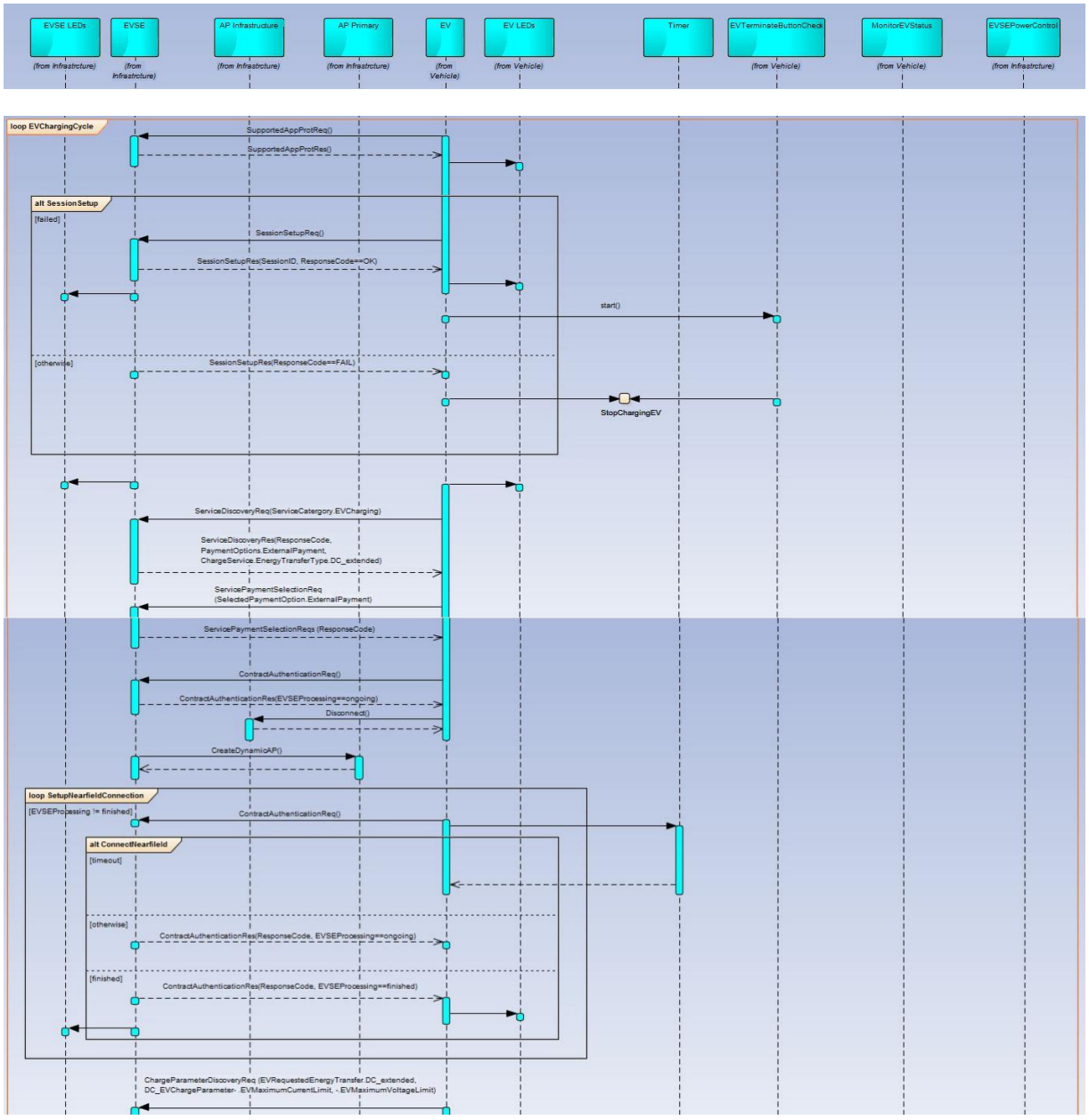
7.1 EVCC & SECC Startup

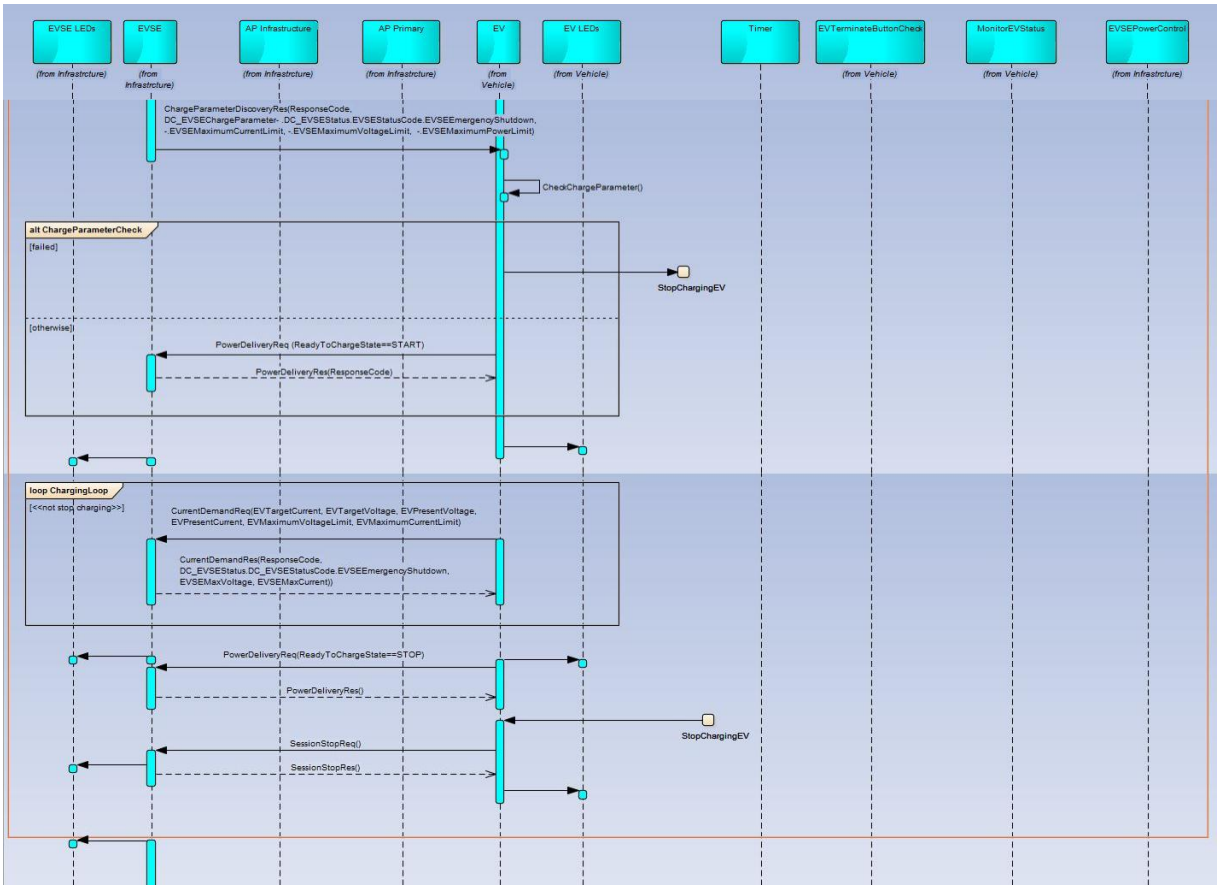
(Stand 15.12.2014, Änderungen vorbehalten)



7.2 Kommunikationssetup & Ladesteuerung

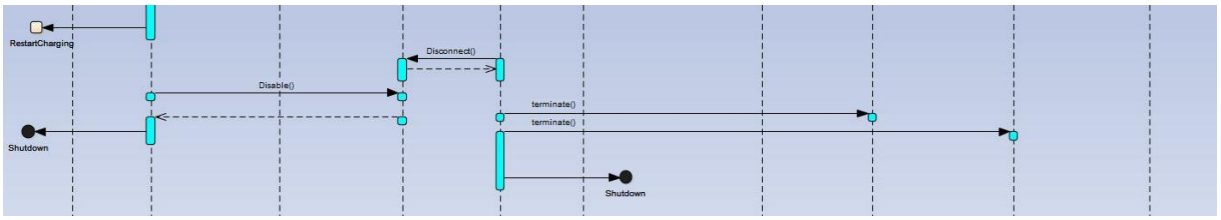
(Stand 15.12.2014, Änderungen vorbehalten)





7.3 Neustart SECC bzw. EVCC beendet Programmlauf

(Stand 15.12.2014, Änderungen vorbehalten)



8 Parameter-Beschreibung

Bei den im nachfolgenden aufgeführten Nachrichten handelt es sich genau um die Nachrichten aus dem ISO/IEC 15118 DC Standard, die für die INTEROP Kommunikation verwendet werden. Im Rahmen von INTEROP werden weder Nachrichtennamen noch deren jeweiligen Parameter umbenannt, geändert oder anderweitig modifiziert. Nur bei der Interpretation/der Semantik eines Parameter-Wertes kann es zu Abweichungen gegenüber dem Standard kommen.

Alle im nachfolgenden aufgeführten Nachrichten aus dem Standard werden für den INTEROP Laboraufbau zum Einsatz kommen. Die Beschreibung/Dokumentation der verwendeten Parameter und deren Werte pro Nachricht sind in diesem Dokument ein Arbeitsstand vom 15.12.2014. Inhaltliche Änderungen werden sich im Laufe der weiteren Arbeiten ergeben und werden in den Folgeversionen dieses Dokumentes entsprechend dokumentiert.

8.1 SupportedAppProtocolReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
ProtocolNamespace	„urn:din:70121:2012:MsgDef“	Fester Wert
VersionNumberMajor	2	Fester Wert
VersionNumberMinor	0	Fester Wert
SchemaID		
Priority		

8.2 SupportedAppProtocolRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
ResponseCode	0	ResponseCodeType (OK)
SchemaID		Echo SchemaID aus dem Request

8.3 SessionSetupReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID	0x00	Fester Wert
Notification		
Signature		
Body		
EVCCID		Maximal 6 Zeichen lang

8.4 SessionSetupRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID	<unique session id>	Muss in allen nachfolgenden Nachrichten im Header angegeben werden; mindestens 7 Zeichen lang, maximal 37 Zeichen lang

Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode	1, 2 oder 5	ResponseCodeType (new session established (1), old session joined (2) oder sequence error (5))
EVSEID		
DateTimeNow		

8.5 ServiceDiscoveryReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ServiceScope		
ServiceCategory	0	Service Kategorie ist EV charging

8.6 ServiceDiscoveryRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode	0	ResponseCodeType (OK)
PaymentOptions	1	External payment
ChargeService	3	DC_extended (neuer Wert, nicht definiert im Standard)
ServiceList		Keine Liste

8.7 ChargeParameterDiscoveryReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
EVRequestedEnergyTransferType	DC_extended	
DC_EVChargeParameter		
DC_EVStatus		

EVMaximumCurrentLimit	<ev config value>	
EVMaximumPowerLimit		
EVMaximumVoltageLimit	<ev config value>	
EVEnergyCapacity		
EVEnergyRequest		
FullSOC		
BulkSOC		

8.8 ChargeParameterDiscoveryRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode		ResponseCodeType
EVSEProcessing		
SASchedules		
DC_EVSEChargeParameter		
DC_EVSEStatus	EVSEEmergencyShutdown	
EVSEMaximumCurrentLimit	<evse config value>	
EVSEMaximumPowerLimit	<evse config value>	
EVSEMaximumVoltageLimit	<evse config value>	
EVSEMinimumCurrentLimit		
EVSEMinimumVoltageLimit		
EVSECurrentRegulationTolerance		
EVSEEnergyToBeDelivered		

8.9 ServicePaymentSelectionReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
SelectedPaymentOption	1	External payment
SelectedServiceList		Keine Liste

8.10 ServicePaymentSelectionRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		

Signature		
Body		
ResponseCode	0	ResponseCodeType (OK)

8.11 ContractAuthenticationReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
Id		
GenChallenge		

8.12 ContractAuthenticationRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode	0	ResponseCodeType (OK)
EVSEProcessing	0 oder 1	Ongoing (1) oder finished (0)

8.13 PowerDeliveryReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ReadyToChargeState	START oder STOP	
ChargingProfile		
DC_EVPowerDeliveryParameter		

8.14 PowerDeliveryRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		

ResponseCode	ResponseCodeType	
DC_EVSEStatus		

8.15 CurrentDemandReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
DC_EVStatus		
EVSEEmergencyShutdown	TRUE oder FALSE	
EVTargetCurrent	<ev config params>	
EVMaximumVoltageLimit	<ev config params>	
EVMaximumCurrentLimit	<ev config params>	
EVMaximumPowerLimit	<ev config params>	
BulkChargingComplete		
ChargingComplete		
RemainingTimeToFullSoC	EVPresentCurrent	Dieser Parameter aus der 15118 wird für die aktuelle Spannung auf EV Seite verwendet.
RemainingTimeToBulkSoC	EVPresentVoltage	Dieser Parameter aus der 15118 wird für den aktuellen Strom auf EV Seite verwendet.
EVTargetVoltage	<ev config params>	

8.16 CurrentDemandRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode	ResponseCodeType	
DC_EVSEStatus		
EVSEEmergencyShutdown	TRUE oder FALSE	
EVSEPresentVoltage		
EVSEPresentCurrent		
EVSECurrentLimitAchieved		
EVSEVoltageLimitAchieved		
EVSEPowerLimitAchieved		
EVSEMaximumVoltageLimit	<evse config params>	
EVSEMaximumCurrentLimit	<evse config params>	

EVSEMaximumPowerLimit	<evse config params>	

8.17 SessionStopReq

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		

8.18 SessionStopRes

Parametername	Werte/Wertebereich	Bemerkung
Header		
SessionID		
Notification		
Signature		
Body		
ResponseCode	ResponseCodeType	

9 Anhang

9.1 XML-Definition DC_EVSEStatusType

```
<xs:complexType name="DC_EVSEStatusType">
<xs:complexContent>
<xs:extension base="EVSEStatusType">
<xs:sequence>
<xs:element name="EVSEIsolationStatus" type="isolationLevelType" minOccurs="0"/>
<xs:element name="EVSEStatusCode" type="DC_EVSEStatusCodeType"/>
<xs:element name="NotificationMaxDelay" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="EVSENotification" type="EVSENotificationType"/>
</xs:sequence>
</xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

9.2 XML-Definition DC_EVSEStatusCodeType

```
<xs:simpleType name="DC_EVSEStatusCodeType">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="EVSE_NotReady"/>
<xs:enumeration value="EVSE_Ready"/>
<xs:enumeration value="EVSE_Shutdown"/>
<xs:enumeration value="EVSE_UtilityInterruptEvent"/>
<xs:enumeration value="EVSE_IsolationMonitoringActive"/>
<xs:enumeration value="EVSE_EmergencyShutdown"/>
<xs:enumeration value="EVSE_Malfunction"/>
<xs:enumeration value="Reserved_8"/>
<xs:enumeration value="Reserved_9"/>
<xs:enumeration value="Reserved_A"/>
<xs:enumeration value="Reserved_B"/>
<xs:enumeration value="Reserved_C"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

9.3 XML-Definition DC_EVStatusType

```
<xs:complexType name="DC_EVStatusType">
<xs:complexContent>
<xs:extension base="EVStatusType">
<xs:sequence>
<xs:element name="EVReady" type="xs:boolean"/>
<xs:element name="EVCabinConditioning" type="xs:boolean" minOccurs="0"/>
<xs:element name="EVRESSConditioning" type="xs:boolean" minOccurs="0"/>
<xs:element name="EVErrorCode" type="DC_EVErrorCodeType"/>
<xs:element name="EVRESSSOC" type="percentValueType"/>
</xs:sequence>
</xs:extension>
</xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

9.4 XML-Definition ResponseCodeType

```
<xs:simpleType name="responseCodeType">
<xs:restriction base="xs:string">
<xs:enumeration value="OK"/>
<xs:enumeration value="OK_NewSessionEstablished"/>
<xs:enumeration value="OK_OldSessionJoined"/>
<xs:enumeration value="OK_CertificateExpiresSoon"/>
<xs:enumeration value="FAILED"/>
<xs:enumeration value="FAILED_SequenceError"/>
<xs:enumeration value="FAILED_ServiceIDInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_UnknownSession"/>
<xs:enumeration value="FAILED_ServiceSelectionInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_PaymentSelectionInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_CertificateExpired"/>
<xs:enumeration value="FAILED_SignatureError"/>
<xs:enumeration value="FAILED_NoCertificateAvailable"/>
<xs:enumeration value="FAILED_CertChainError"/>
<xs:enumeration value="FAILED_ChallengeInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_ContractCanceled"/>
<xs:enumeration value="FAILED_WrongChargeParameter"/>
<xs:enumeration value="FAILED_PowerDeliveryNotApplied"/>
<xs:enumeration value="FAILED_TariffSelectionInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_ChargingProfileInvalid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_EVSEPresentVoltageToLow"/>
<xs:enumeration value="FAILED_MeteringSignatureNotValid"/>
<xs:enumeration value="FAILED_WrongEnergyTransferType"/>
</xs:restriction>
</xs:simpleType>
```

9.5 XML-Definition PhysicalValueType

```
<xs:complexType name="PhysicalValueType">
<xs:sequence>
<xs:element name="Multiplier" type="unitMultiplierType"/>
<xs:element name="Unit" type="unitSymbolType"/>
<xs:element name="Value" type="xs:short"/>
</xs:sequence>
</xs:complexType>
```

SIEMENS

Siemens Corporate Technology | July 2014

INTEROP

Reichweitenbegrenztes WLAN bei 2,4 GHz und 5,8 GHz

F. Kurz und Dr. D. Müller – CT RTC ELE RFT-DE

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

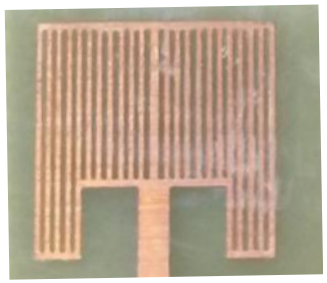
Anforderungen an Antennen

Merkmale	Bemerkung
Blickrichtung der Antenne (Richtcharakteristik)	senkrecht nach oben (Primärseite) senkrecht nach unten (Sekundärseite)
Funktionalität	Eigenschaften sollen nicht durch Ladevorrichtung (Ferrit, Wicklungen etc.) beeinflusst werden
Kopplung zu benachbarten Ladestationen	soll vermieden werden
Erwärmung	Ladevorgang soll Antennenstruktur möglichst nicht erwärmen
Reichweite	Kommunikation soll nur im begrenzten Bereich (max. 50 cm; kreisförmig) funktionsfähig sein
Ausführungen	für Primär- und Sekundärseite
Einbauort	mittig in Ladevorrichtung (Primär – und Sekundärseite), integriert in Kunststoffplatte, horizontal liegend
Frequenz	jeweils 2,4 GHz & 5,8 GHz

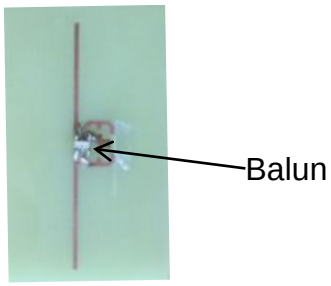
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Mögliche Antennentypen

geschlitzte Patch-Antenne	Dipol-Antenne
Mittlere Kupferfläche nötig	kaum Kupferfläche nötig
geringe Beeinflussung durch Umgebung → Ladevorrichtung muss bei Design wenig berücksichtigt werden	starke Beeinflussung durch Umgebung → Ladevorrichtung muss bei Design berücksichtigt werden
Anschluss: Balun nicht nötig → Koaxial-Kabel kann direkt angeschlossen werden	Anschluss: Balun nötig → kl. Bauteil/Struktur zw. Antenne und Koaxial-Kabel nötig
Antenne strahlt vorzugsweise nach oben	Antenne strahlt in Kombination mit Abschirmplatte nach oben → Abstand/Umgebung zur Metallplatte muss berücksichtigt werden



Muster einer geschlitzten Patch-Antenne (seitliche Speisung)



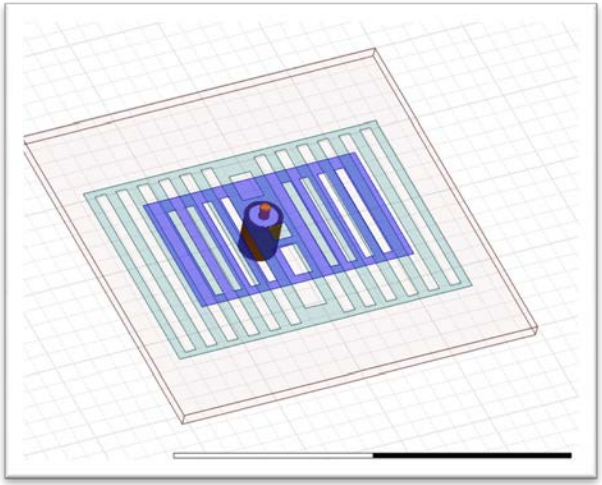
Muster einer Dipol-Antenne mit diskretem Balun

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

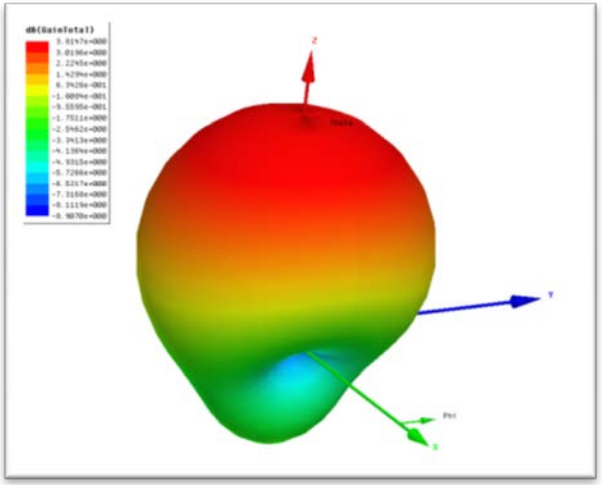
Realisierte Patch-Antenne

Geschlitzte Patch-Antennen für 2,4 GHz und 5,8 GHz

- Realisiert auf Leiterplattensubstrat mit hoher Dielektrizitätskonstante (➔ geringe Abmessungen)
- Maximal mögliche Schlitzung der Kupferflächen (Strahler und Reflektor) ohne Performanceeinbußen



3D-Ansicht, Variante für 5,8 GHz
(obere Substratschicht fehlt)

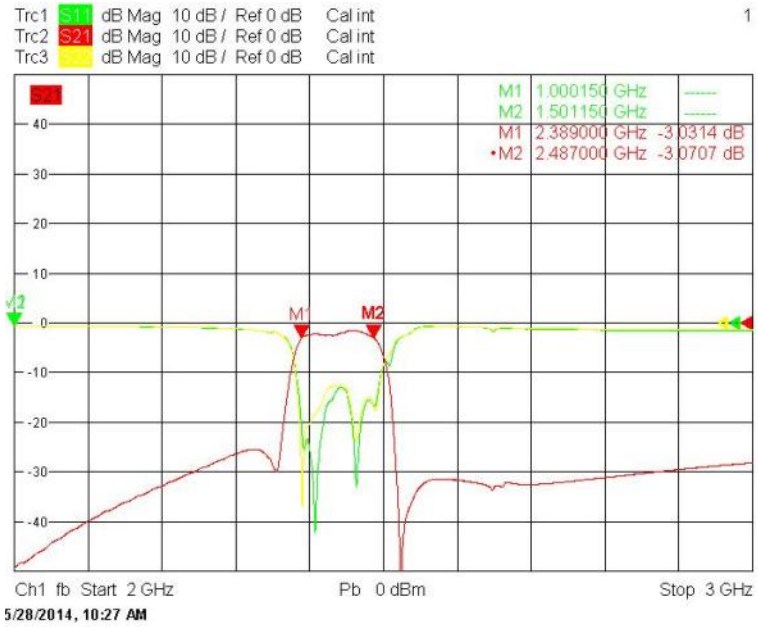


Abstrahlcharakteristik

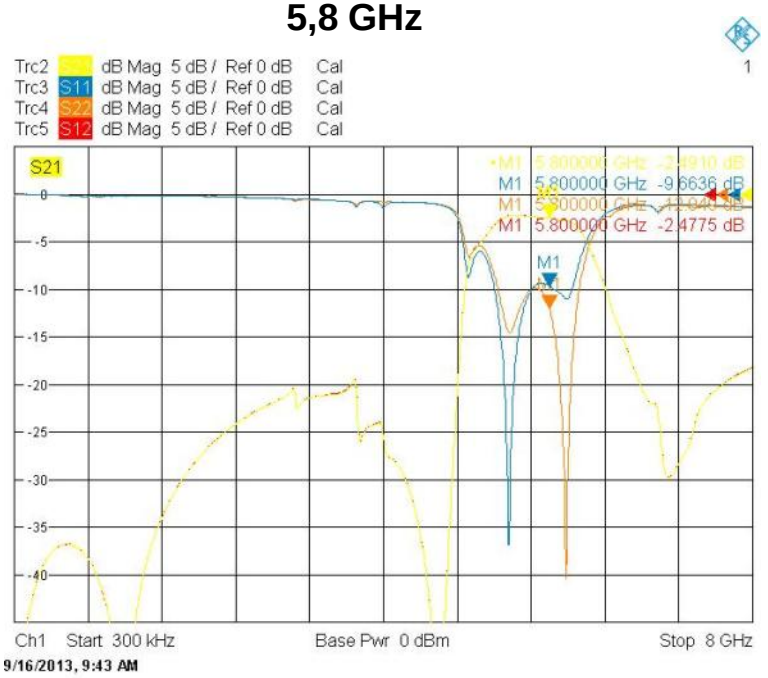
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Bandpassfilter

2,4 GHz



5,8 GHz



- Bandpassfilter zur Unterdrückung von möglichen Störfrequenzen außerhalb des Nutzbandes
- Anschluss direkt an CC-Box

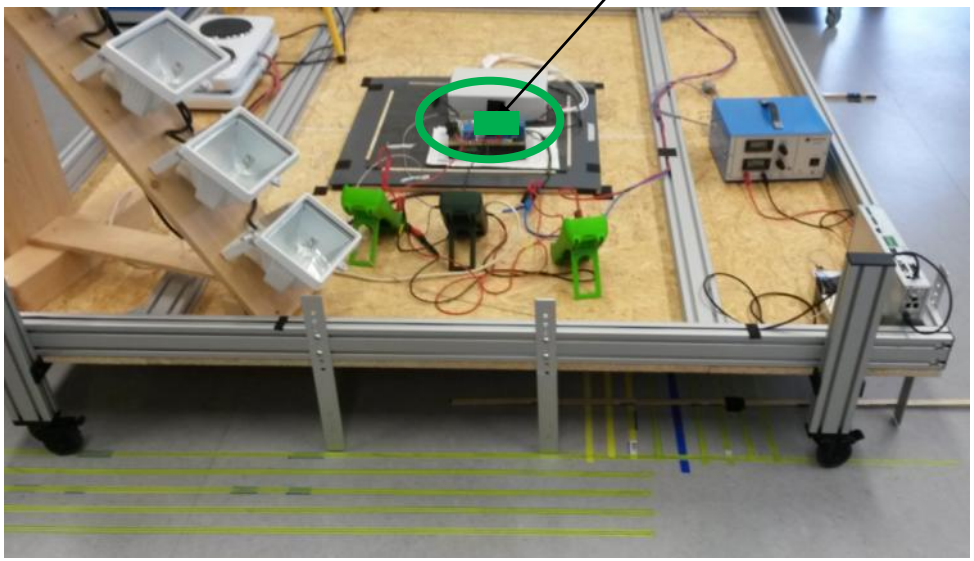
Realisierter Bandpassfilters in SAW-Technologie

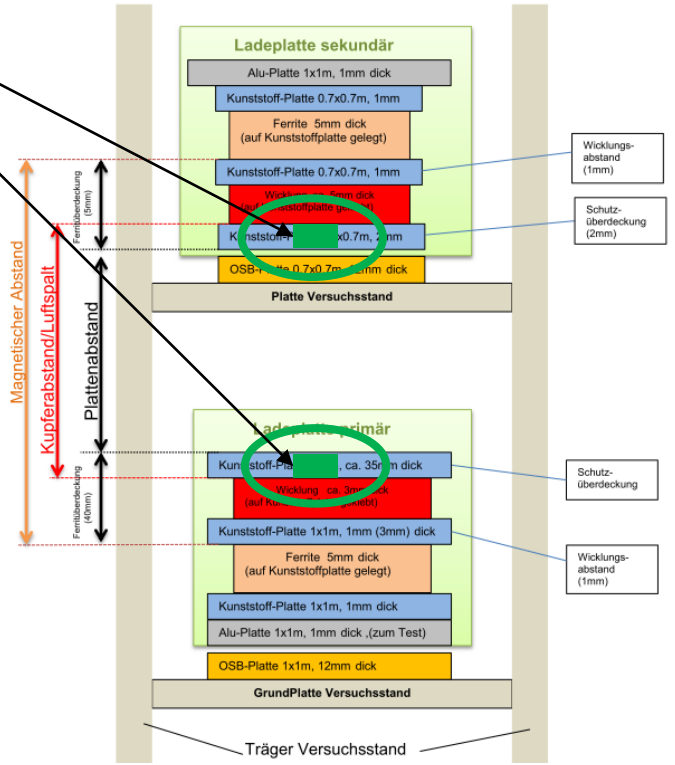
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Versuchsaufbau (IFAK e.V. Magdeburg)

- Sekundärspuleneinheit in x- und y-Richtung gegenüber Primäreinheit (auf dem Boden) verschiebbar
- WLAN-Antennen (2.4 GHz und 5.8 GHz) im Zentrum der Spuleneinheiten (s. Skizze) montiert
- Messung der Signalstärke der WLAN-Verbindung bei verschiedenen Verschiebungen
- Tests mit und ohne Leistungsübertragung

Einbauort Antenne mit Abdeckplatte

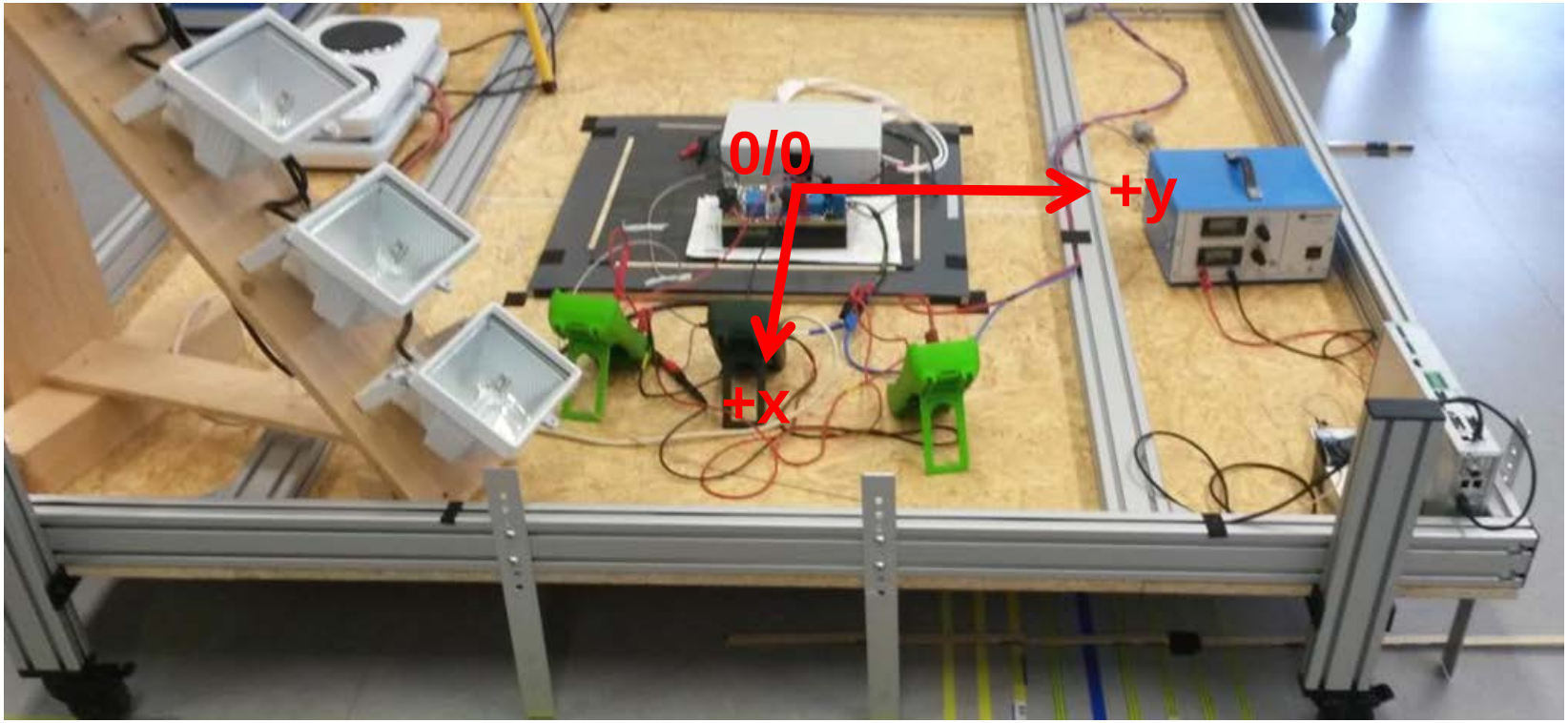




Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Koordinatensystem

Ansicht des Messaufbaus mit Angabe des verwendeten Koordinatensystems



Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Durchgeführte Messungen

Messungen ohne Leistungsübertragung

- Dipol- und Patch-Antenne; 2,4 GHz und 5,8 GHz ➔ 4 Messreihen
- Messbereich:
  - y-Achse: +50 cm .. -50 cm in 10 cm-Schritten
  - x-Achse: 0 cm bis 50 cm in 10 cm-Schritten
    - ➔ **66 Messwerte pro Antennen- und Frequenzkombination (insges. 264)**

Messungen mit Leistungsübertragung

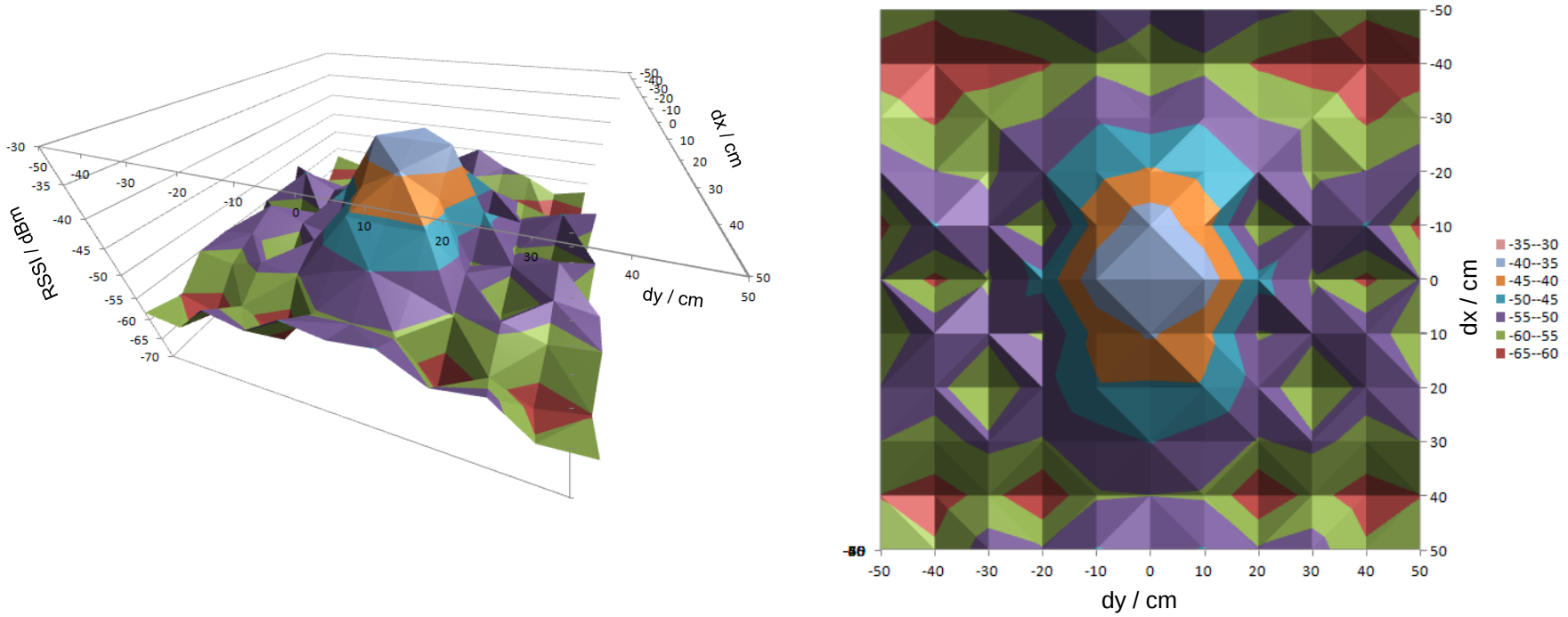
- Dipol- und Patch-Antenne; 2,4 GHz und 5,8 GHz ➔ 4 Messreihen
- Messbereich (eingeschränkt):
  - y-Achse: +15 cm .. -15 cm in 5 cm-Schritten
  - x-Achse: 0 cm bis 15 cm in 5 cm-Schritten
    - ➔ **28 Messwerte pro Antennen- und Frequenzkombination (insges. 112)**

Jeder Messpunkt wurde durch manuelles Verschieben der Vorrichtung angefahren (Genauigkeit etwa +/- 1 cm) und danach für ca. 10 Sekunden RSSI-Werte aus der WLAN-Übertragung aufgezeichnet.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Dipol-Antenne bei 2,4 GHz – ohne Last

Gemessene Signalstärke* (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 2,4 GHz mit Dipol-Antenne.



Typisches Feldstärkenbild gemäß Richtcharakteristik eines Dipols. Nebenminima und –maxima aufgrund der Umgebung des Einbauortes (Reflexionen an Metallobjekten).

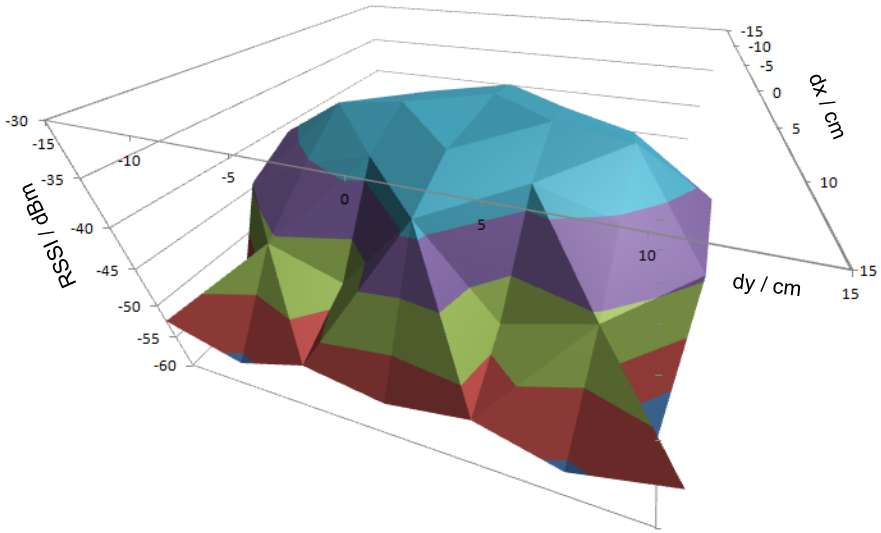
* zwei Quadranten gemessen; Werte für x < 0 cm zur besseren Darstellung gespiegelt

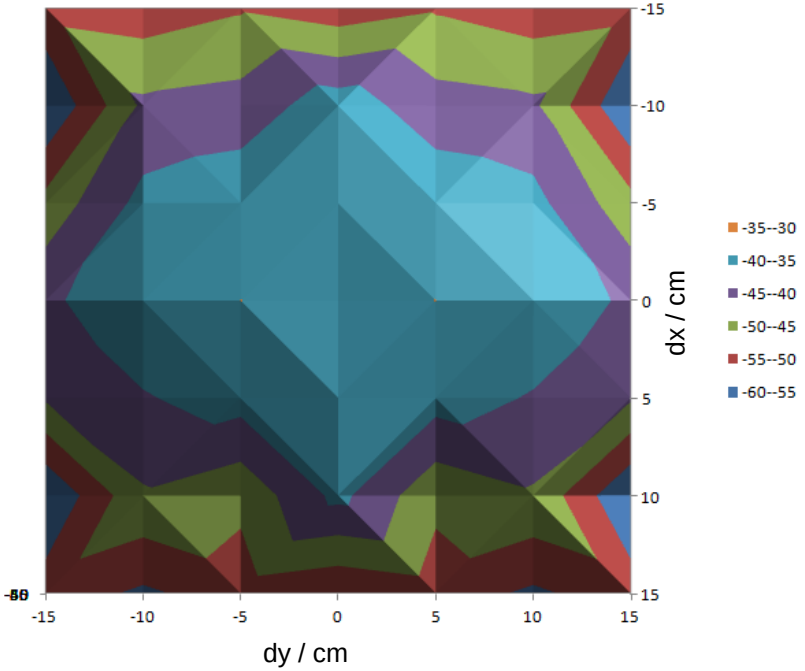
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Dipol-Antenne bei 2,4 GHz – mit Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 2,4 GHz mit Dipol-Antenne.

Hinweis: Geänderter Messbereich!



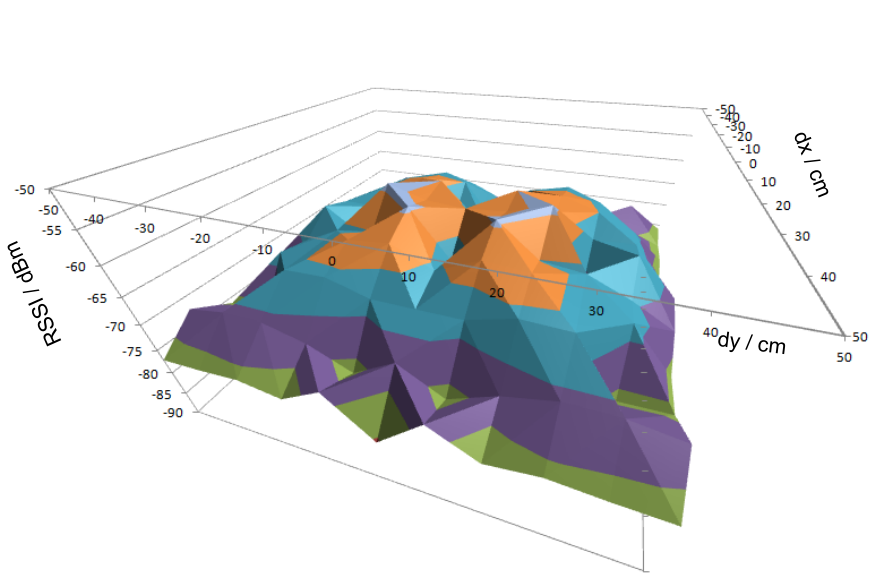


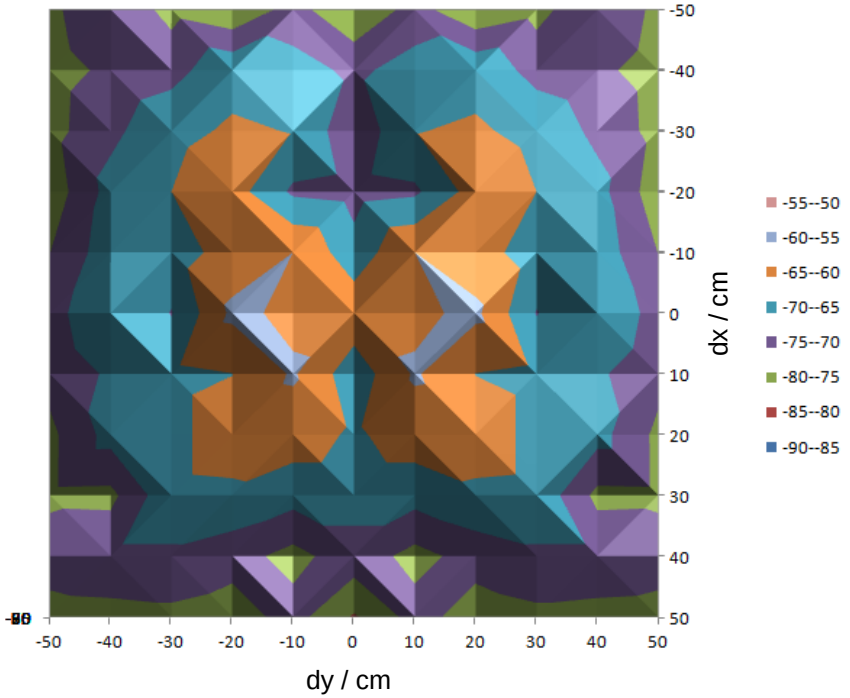
Reduzierte Reichweite deutlich sichtbar durch starken Abfall der Empfangsleistung bei Verschiebung gegenüber der Mittenposition. Feldstärkeverteilung in etwa identisch zum Betrieb ohne Leistungsübertragung.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Dipol-Antenne bei 5,8 GHz – ohne Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 5,8 GHz mit Dipol-Antenne.





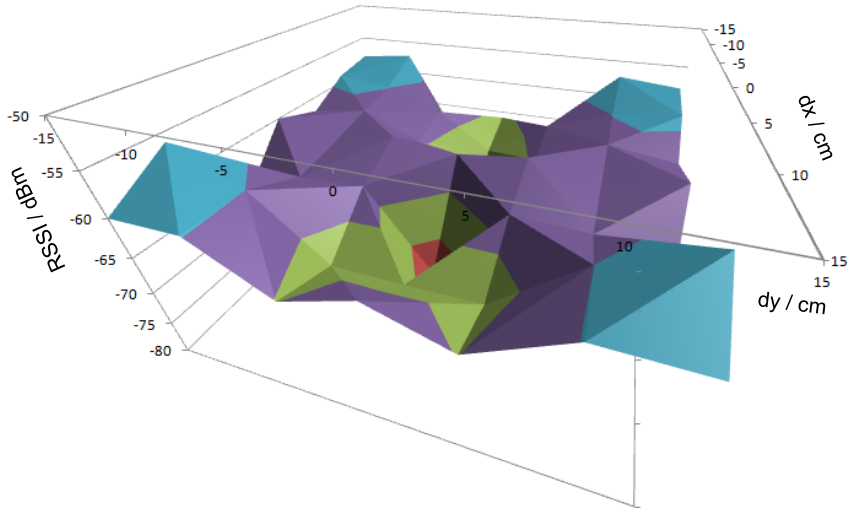
Hauptmaxima in der Mitte deutlich erkennbar, vermehrte Nebenminima und –maxima bedingt durch erhöhte Umgebungsempfindlichkeit aufgrund der höheren Frequenz. Anpassung an genaue Geometrie der Umgebung nötig.

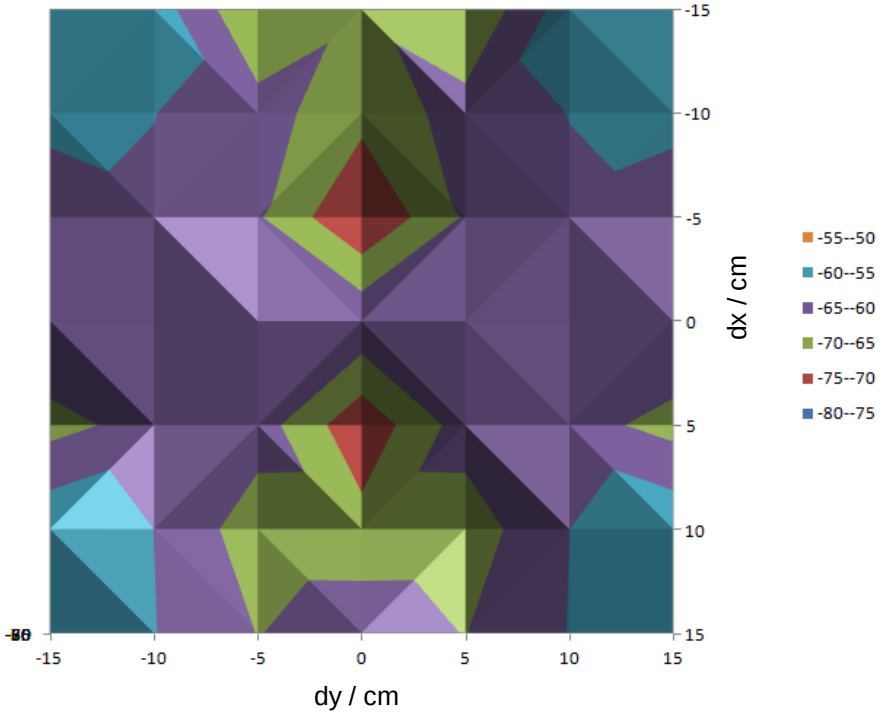
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Dipol-Antenne bei 5,8 GHz – mit Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 5,8 GHz mit Dipol-Antenne.

Hinweis: Geänderter Messbereich!



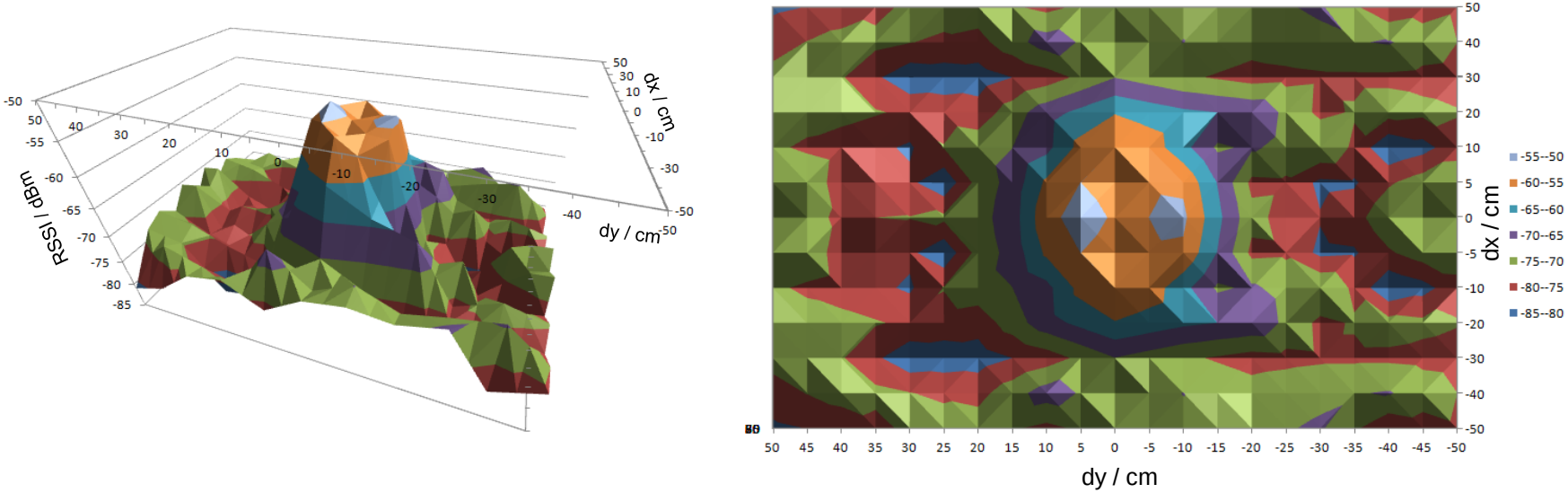


Feldstärkeverteilung in etwa identisch zum Betrieb ohne Leistungsübertragung.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Patch-Antenne bei 2,4 GHz – ohne Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 2,4 GHz mit Patch-Antenne.



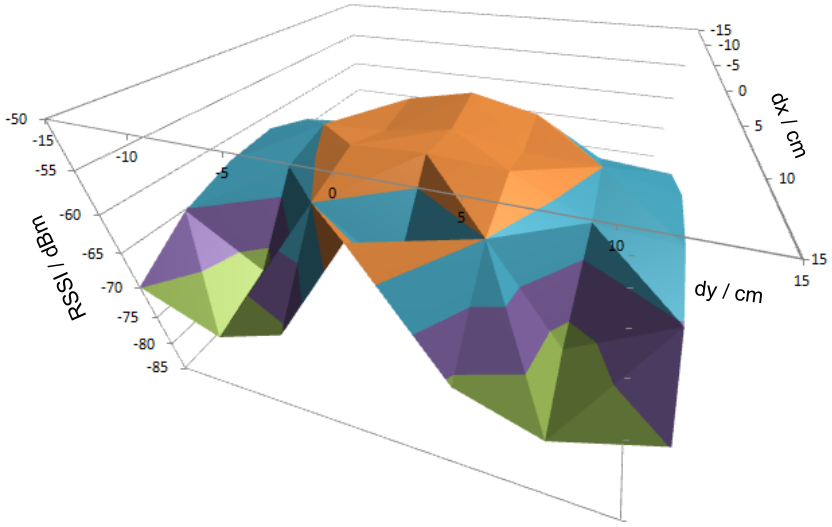
Deutlich erkennbarer Abfall der Feldstärke bei definiertem Radius, z. B. 30 cm. Keine nennenswerten Nebenmaxima erkennbar.

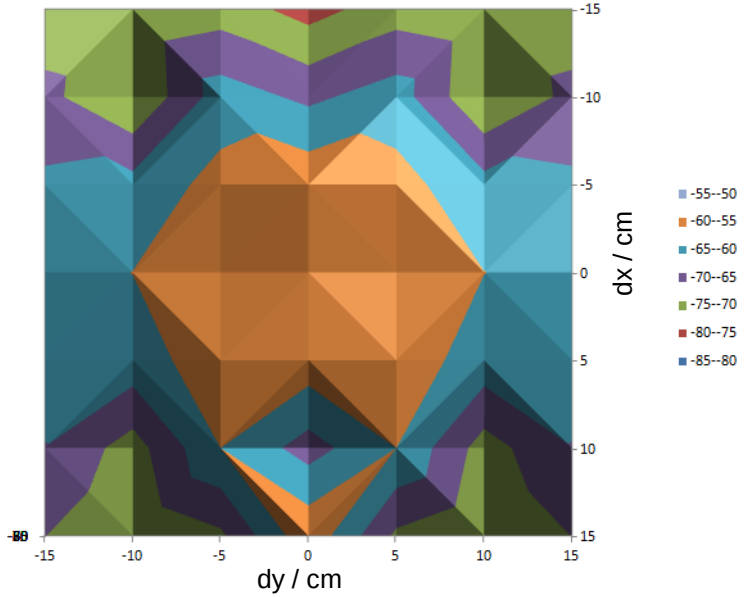
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Patch-Antenne bei 2,4 GHz – mit Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 2,4 GHz mit Patch-Antenne.

Hinweis: Geänderter Messbereich!



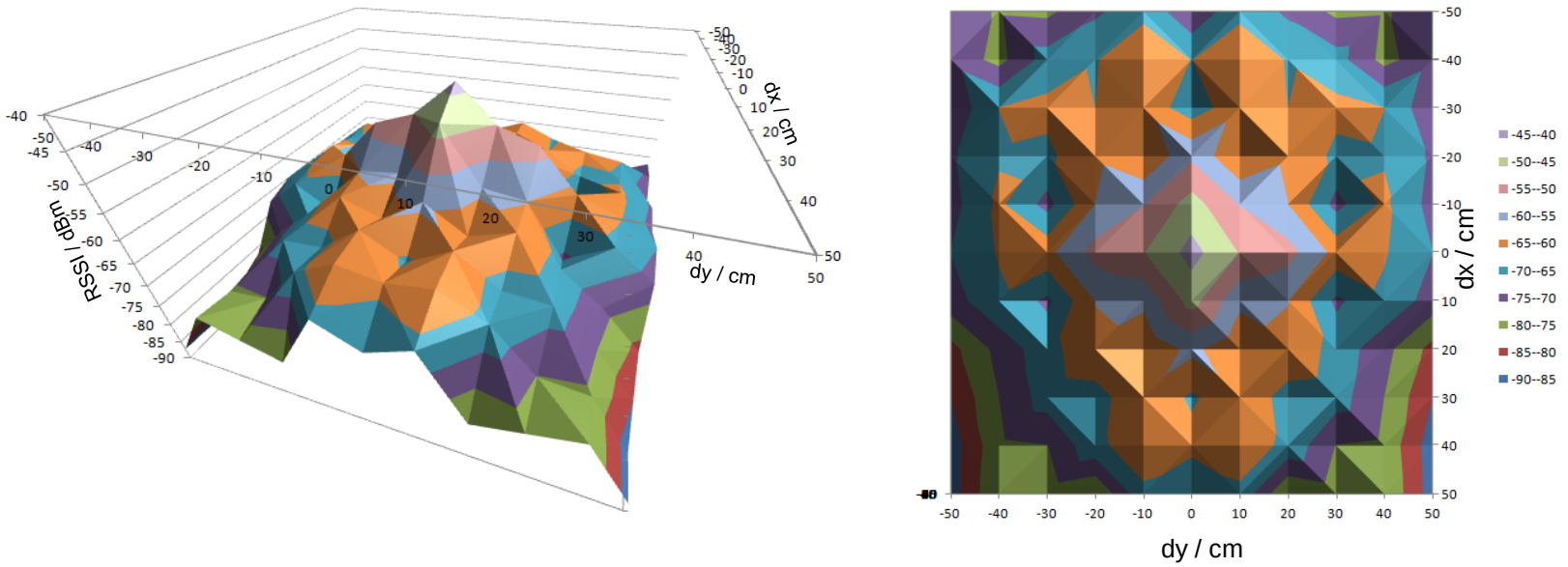


Feldstärkeverteilung in etwa identisch zum Betrieb ohne Leistungsübertragung.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Patch-Antenne bei 5,8 GHz – ohne Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 5,8 GHz mit Patch-Antenne.



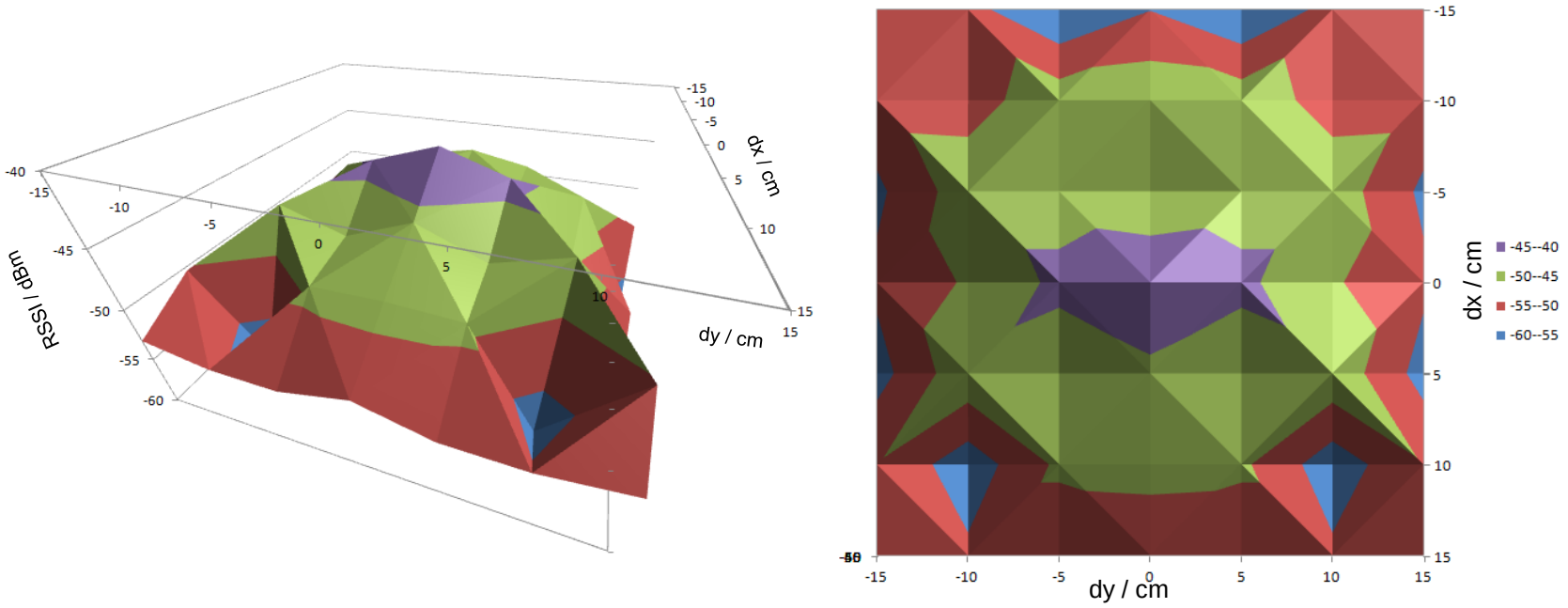
Deutlich erkennbarer Abfall der Feldstärke bei definiertem Radius (kleiner als bei 2,4 GHz, etwa 15 cm). Leichte Zunahme der Nebenmaxima durch stärkere Reflexionen bei 5,8 GHz.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Patch-Antenne bei 5,8 GHz – mit Last

Gemessene Signalstärke (RSSI-Wert) über x/y-Versatz bei 5,8 GHz mit Patch-Antenne.

Hinweis: Geänderter Messbereich!

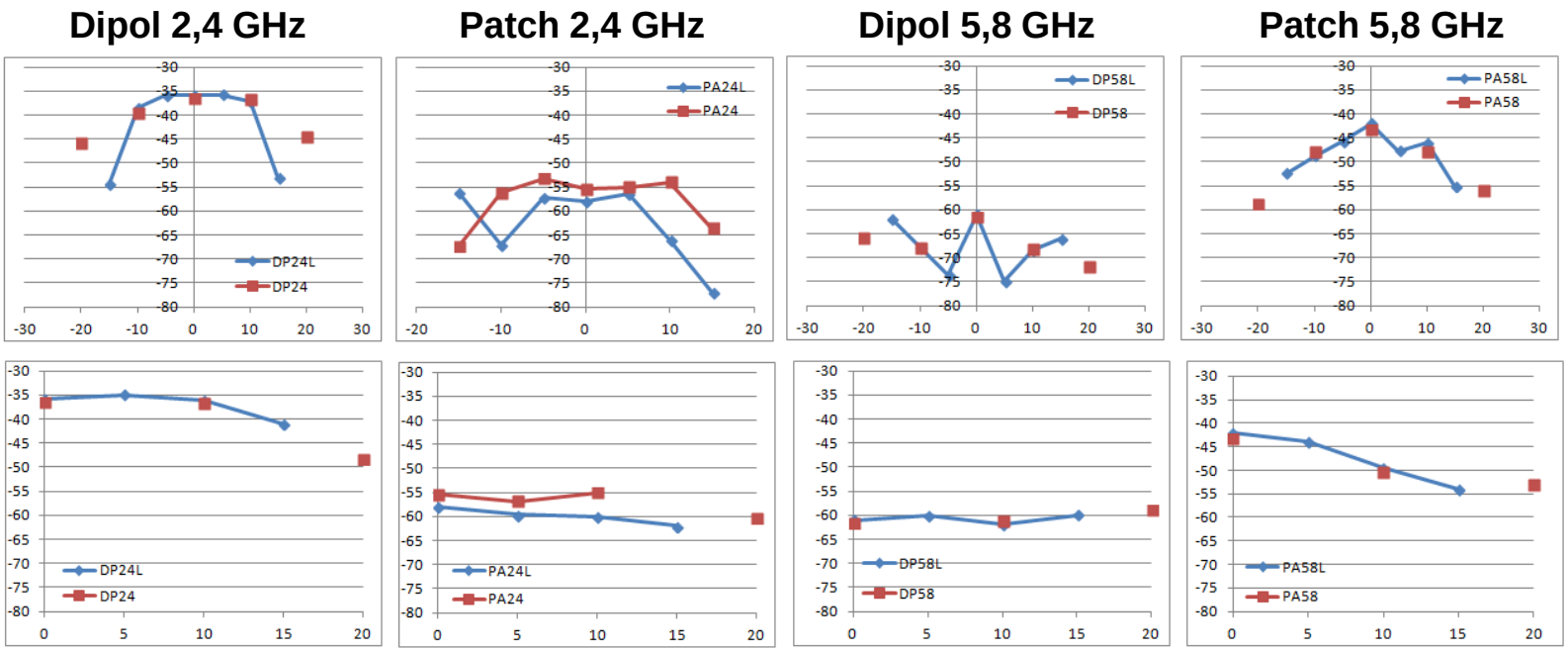


Feldstärkeverteilung in etwa identisch zum Betrieb ohne Leistungsübertragung.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Einfluss der Leistungsübertragung

Schnitte durch die gemessenen RSSI-Werte bei x = 0 cm (oben) und y = 0 cm (unten), mit und ohne Leitungsübertragung (z. B. DP24 = Dipol, 2,4 GHz; DP24L = Dipol, 2,4 GHz mit Leistung)



- Allgemein gute Übereinstimmung, d. h. wenig oder keine Beeinflussung durch Leistungsübertragung
- Größere Abweichungen nur bei der Patch-Antenne auf 2,4 GHz (ggf. nähere Untersuchung erforderlich.)
- Kleinere Schrittweite bei Leistungsübertragung ➔ manche Minima werden nur hier sichtbar

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Temperaturbetrachtung beim Ladevorgang

Um eine mögliche Erwärmung der Kupferstrukturen der Antennen während eines Ladevorgangs zu überprüfen, sind die Antennen

a) Dipol für 5,8 GHz

b) Patch für 5,8 GHz

folgendermaßen auf der Sekundärseite positioniert worden:

a) exakt in der Mitte

b) 5 cm verschoben zur Mitte

c) 10 cm verschoben zur Mitte

Mit Hilfe einer Wärmebildkamera wurde die Temperatur auf der Rückseite der Antennenstrukture geschätzt. Bei der Aufnahme war jedoch die Rückseite der Antenne mit Ferrit verdeckt. Die Rückseite der Antennenstruktur war nur durch das Bohrloch für die Kabelführung sichtbar.

Eine Kalibrations des Emissionsgrades wurde im ersten Schritt nicht durchgeführt.

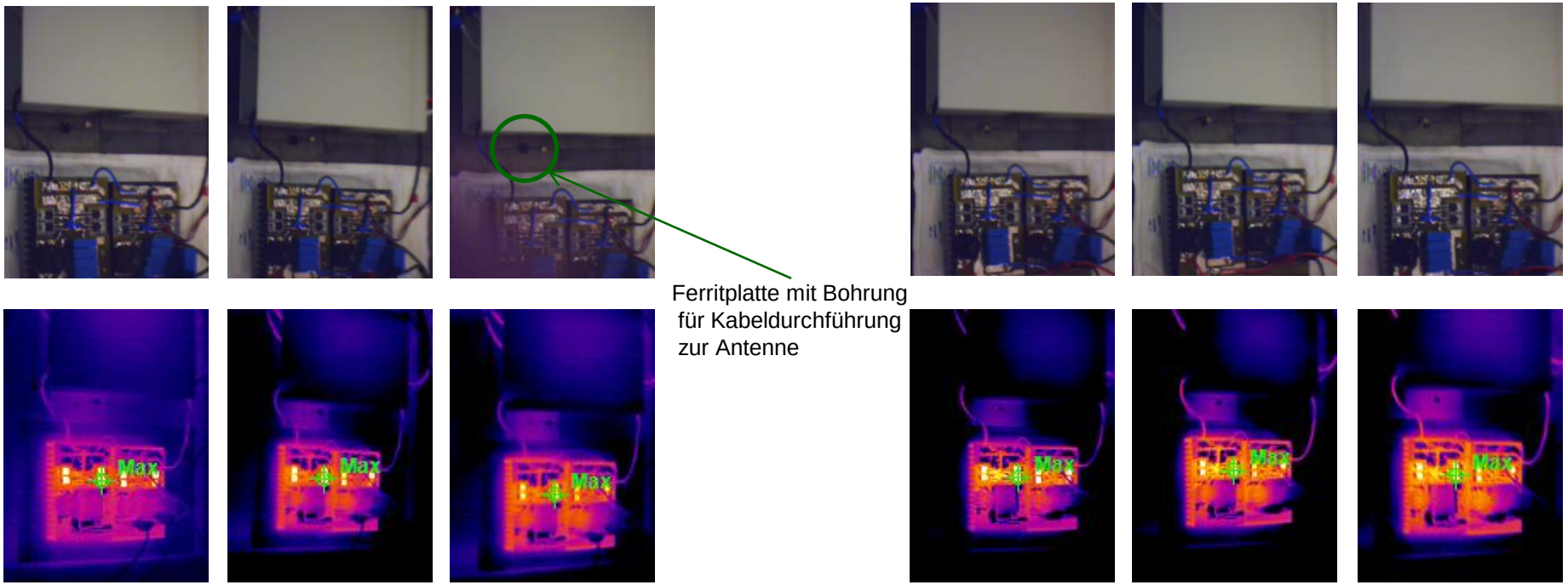
Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Temperaturbetrachtung beim Ladevorgang

Dargestellter Temperaturbereich: 26 ° - 35°

Dipol 5,8 GHz mit Last

Patch 5,8 GHz mit Last



Ferritplatte mit Bohrung für Kabeldurchführung zur Antenne

0 cm Versatz | 5 cm Versatz | 10 cm Versatz | 0 cm Versatz | 5 cm Versatz | 10 cm Versatz

Eine Erwärmung von mehr als 35° konnte mit dieser Messmethode nur für die Leistungselektronik festgestellt werden. Eine genauere Untersuchung einer möglichen zu hohen Erwärmung der Antennenstrukturen wird empfohlen.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Zusammenfassung

- Datenübertragung unter Last grundsätzlich möglich, keine systematische Beeinflussung der Funkkommunikation feststellbar
- Reichweitenreduzierung kann prinzipiell mit allen Antennentypen realisiert werden
- Die Dipol-Antennen zeigen vermehrte Nebenmaxima und –minima, die mit steigender Frequenz zunehmen
- Die Patch-Antennen sind weniger empfindlich gegenüber Umgebungseinflüssen und zeigen einen steileren Abfall der Feldstärke
- Temperaturerhöhung auf der Rückseite der Antennenstrukturen konnte mit einfachen Messmitteln nicht festgestellt werden
- Der Schwellwert zur Begrenzung des Kommunikationsradius kann entweder auf Softwareseite (Bregrenzung des minimal akzeptierten RSSI-Wertes) oder durch Hardwaremaßnahmen (Verwendung von Abschwächern) gesetzt werden.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Ausblick

- Optimierung des Feldstärkeabfalls bei Verschiebung durch Einsatz von Antennenarrays möglich (z. B. zwei oder vier Antennenelemente)
- Untersuchung dynamischer Testszenarien zur Messung des Empfangsverhaltens während der Anfahrt des Fahrzeugs
- Bewertung der Kommunikation in Anwesenheit von anderen Nutzern/Störern (WLAN und anderen Funkstandards) im Nutzband
- Weitere Temperaturuntersuchungen bei Übertragung höherer Leistungen sowie Dauerversuche
- Festlegung von Testszenarien/Use cases bzgl. Kommunikationsprotokoll und –ablauf.

Restricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

InterOp

Spezifikation Steuergerät (RACE Basis)

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

Erstellt von	Ort, Datum	Unterschrift
Marco Cyriacks, CT RTC POA MSD-DE	München, 07. Feb. 2013	
Überprüft von	**Ort, Datum**	**Unterschrift**
Freigegeben von	**Ort, Datum**	**Unterschrift**

Änderungen	Ort, Datum Autor	Unterschrift
Dokument umbenannt, Aktualisierung, Anpassung an Änderung der Projektinhalte SAG	München, 13. Feb. 2015 Marco Cyriacks	

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

Inhalt

1 EINLEITUNG 4

2 HARDWARE SPEZIFIKATION 4

2.1 ÜBERSICHTSDIAGRAMM 5

2.1.1 CPU Board 6

2.1.2 APS 7

2.1.3 APS uC 7

2.1.4 SDIO (SD card & WiFi module) 7

2.1.5 Extension Board 7

2.2 SCHNITTSTELLEN EXTERN 8

2.2.1 Ethernet 8

2.2.2 RACE Ethernet 9

2.2.3 Applikationsstecker 9

3 SOFTWARE 10

4 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 12

5 ANHANG 12

5.1 PROTOKOLLBESCHREIBUNG KOMMUNIKATION 12

5.2 DATENBLÄTTER 12

5.3 LINKS 12

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

1 Einleitung

Im Rahmen der Projektes InterOp arbeitet das Konsortium an einer interoperablen Lösung zum induktiven Laden von Elektrofahrzeugen. Zum Nachweis der Interoperabilität werden zum Projektende die im Konsortium entwickelten Ladesysteme über Herstellergrenzen hinweg getestet.

Innerhalb dieses Konsortiums widmet sich die Siemens AG (SAG) der Referenzimplementation eines induktiven Ladesystems ohne Leistungselektronik. Das dabei zum Einsatz kommende Kommunikationsprotokoll ist an die 15118/2 DC angelehnt und wird in Form einer Spezifikation (siehe Anhang 5.1) den Partnern zur Verfügung gestellt. Das Ziel auf der Seite von SAG ist die Evaluation und Demonstration unter Laborbedingungen. Dazu gehört neben der Implementierung des Kommunikationsprotokolls in Software auch die Hardware für den Laboraufbau. Letztere wird in diesem Dokument detailliert beschrieben.

2 Hardware Spezifikation

Das sowohl sekundär- als auch primär-seitig zum Einsatz kommende Steuergerät basiert auf einer Hardware-Basis die im Rahmen des Förderprojektes RACE entwickelt wurde.

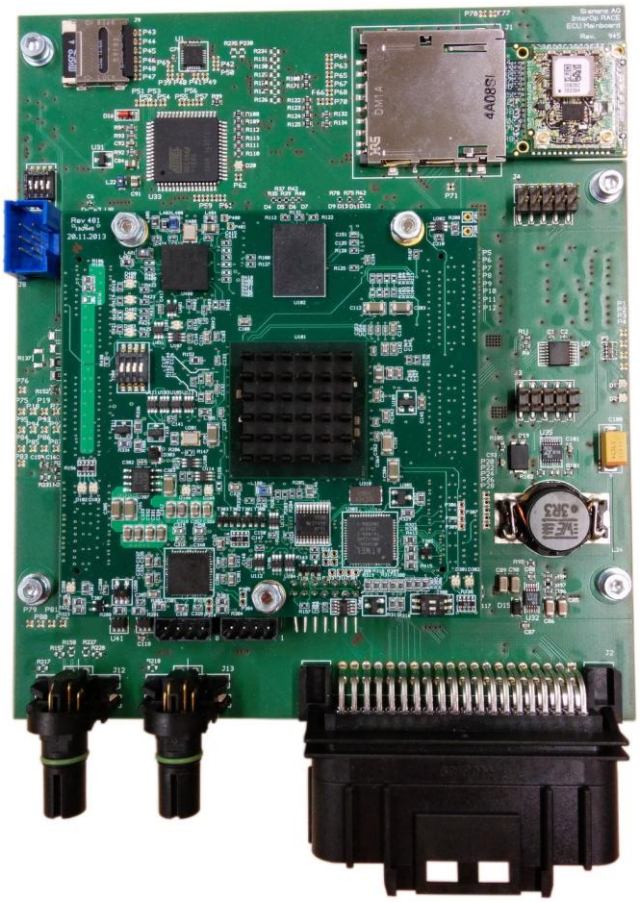


Abbildung 1: Aktuelle Version des Steuergerätes

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

2.1 Übersichtsdiagramm

Der Hauptprozessor des Steuergerätes basiert auf dem ZynQ der Fa. Xilinx. Dieser System-On-Chip (SoC) befindet sich zusammen mit seiner äußeren Beschaltung auf dem „CPU Board“, welches auf dem als Trägerplatine ausgeführten „Main Board“ gesteckt ist. Letzteres stellt die gesamte benötigte Peripherie zur Verfügung.

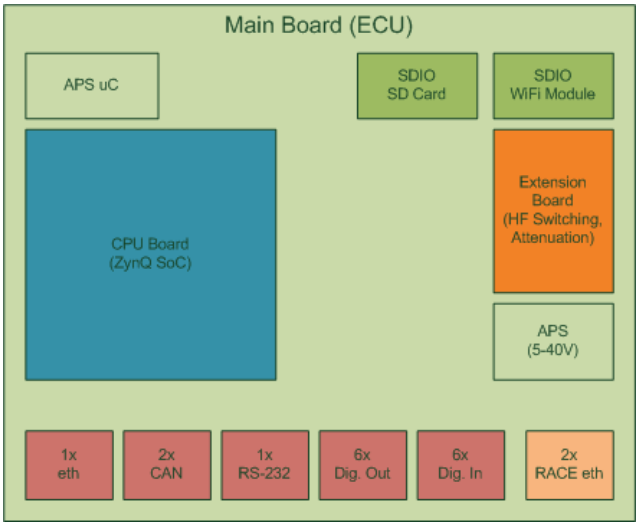


Abbildung 2: Komponenten InterOp RACE Steuergerät

Die weiteren Komponenten sind wie folgt:

- Der „APS uC“ dient der Steuerung des Schaltnetzteils „APS“ auf dem Mainboard und der Realisation von unterschiedlichen Energiemodi wie z.B. einem Sleep-Modus mit minimaler Stromaufnahme.
- Die zwei „SDIO“ Slots (einer im normalen und einer im Mikro Format) werden zum einen für die SD Karte und zum anderen für das eingesetzte WLAN Modul eingesetzt. Auf der SD Karte befinden sich die zum Starten der Hardware benötigten Firmware Dateien. Das WLAN Modul integriert die Funkstandards 802.11a/b/g/n.
- Das „Extension Board“ wird über zwei 10polige Steckverbinder auf dem „Main Board“ befestigt und dient der Realisation von HF Antennen-Umschaltung und Dämpfung.
- Das „APS“ (Auxiliary Power Supply) erzeugt aus einer beliebigen Eingangsspannung (diese muss lediglich zwischen 5V und 40V liegen) die benötigten Hilfsspannungen 3,3V und 5V. Beide sind über den „APS uC“ ein- bzw. auszuschalten.
- Für Test und Programmierzwecke steht eine Ethernet Netzwerkschnittstelle zur Verfügung.
- Weitere Schnittstellen sind:
  - 2x CAN
  - 1x RS-232
  - 6x analoge Eingänge
  - 6x digitale Ausgänge
  - 6x digitale Eingänge
- Des Weiteren sind die für die Integration in eine RACE Fahrzeugarchitektur obligatorischen RACE Ethernet Schnittstellen vorhanden.

Im Folgen werden diese Schnittstellen/Komponenten detaillierter beschrieben.

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

2.1.1 CPU Board

Das „CPU Board“ ist mit dem ZynQ SoC XC7Z045 (Datenblatt siehe 5.2) bestückt. Dieses „System on Chip“ vereint einen modernen Dual-Core ARM Cortex-A9 basierten Prozessor (PS – processing system) mit einer programmierbaren Logik (PL – programmable logic, FPGA). Auf der PS wird das Betriebssystem inkl. der Anwendungssoftware ausgeführt. Auf der PL werden die komplexen Protokollstacks der RACE Ethernet Schnittstellen realisiert. Es folgen einige Eckdaten zum PS (Auszug aus dem Datenblatt siehe 5.2):

- CPU Frequenz: bis zu 667 MHz
- 1GB DDR Speicher
- ARMv7-A Architektur
- Cache 32KB Level 1 (einer für jeden CPU Kern), 512KB Level 2 (gemeinsam genutzt)
- On Chip „boot ROM“ zum booten von unterschiedlichen Medien wie SD Karte, Flash, nicht veränderbar
- 256KB On-chip Speicher (OCM)
- 2x SDIO, 2x CAN, Ethernet, 2x UART, …

Die integrierte PL besitzt unter anderem folgende Spezifikationen:

- Kintex® FPGA
- ~1,9 Millionen 125K Logikzellen
- 78.000 Look-up Tabellen
- 157.200 Flip-Flops
- ~1MB Block RAM

Das PS und die PL sind über einen „ARM AMBA AXI interconnect“ miteinander und der übrigen Peripherie verbunden. Einen Überblick des PS gibt die folgende Abbildung.

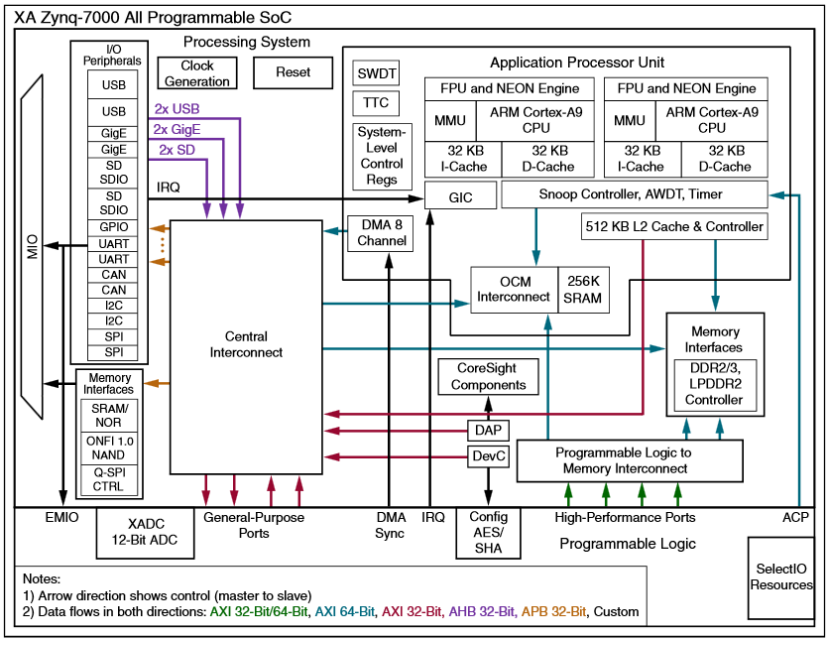


Abbildung 3: ZynQ SoC Überblick aus Datenblatt

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

2.1.2 APS

Die „APS“ erzeugt aus der Eingangsspannung die erforderlichen Hilfsspannungen von 3,3V und 5V. Dabei erlaubt sie mit 5V bis 40V einen sehr großen Eingangsspannungsbereich, der insbesondere für den Einsatz an batteriegestützten Fahrzeugboardnetzen ausgelegt ist. Die folgenden Spannungen werden erzeugt:

Name	Spannung	Strombelastbarkeit	Schaltbar	Beschreibung
3V3_AUX	3,3V	350mA	Nein	Permanent erzeugte Spannung als Versorgung für „APS uC“. An 12V führt das zu einer maximalen Stromaufnahme von 100mA im „Sleep“ Modus.
3V3_TO_ZY	3,3V	5A	Ja	Hauptversorgungsspannung für den ZynQ. Eine weitere Hilfs-spannung von 1,8V wird erst auf dem „CPU Board“ erzeugt und von diesem zur Verfügung gestellt.
5V	5V	1,2A	Ja	Hilfsspannung für Bauteile mit Standard 5V TTL Pegel.

Die „APS“ wird über einen 40poligen Stecker mit der Eingangsspannung 5V bis 40V (Klemme 30) versorgt. Zusätzlich steht ein Schaltsignal (Klemme 15) zur Verfügung mittels derer die Schlaffunktionalität im Fahrzeug realisiert werden kann.

2.1.3 APS uC

Dieser Mikrocontroller dient der Steuerung der „APS“. Er schaltet die Schaltbaren Spannungen und überwacht das Schaltsignal Klemme 15 sowie die Aktivität auf dem CAN-Bus. Dadurch kann zusätzlich eine Wake-on-CAN Funktionalität realisiert werden.

2.1.4 SDIO (SD card & WiFi module)

Die zur Verfügung stehenden SDIO Steckplätze dienen der Aufnahme von SD Karte bzw. WLAN Modul. Die Integration des WLAN Moduls über diesen Steckplatz ermöglicht eine flexible Nutzung des Steuergerätes (auch ohne WLAN wenn nötig) oder den einfachen Austausch gegen ein WLAN Modul das neuere Funkstandards unterstützt (Stichwort Car2X/WLAN p).

Da es sich um Standard SDIO Steckplätze handelt kann die entsprechende Pinbelegung wie unter 5.3 beschrieben nachgelesen werden.

2.1.5 Extension Board

Das „Extension Board“ wird im Rahmen des Projektes dafür eingesetzt ein Hochfrequenz Modul zu integrieren über das die Antennenkanäle des WLAN Moduls umgeschaltet und gedämpft werden können. So kann das Steuergerät im Rahmen des Projektes InterOp wahlweise über Antenne 1 (z.B. Fahrzeugdach) oder

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

Antenne 2 (Ladesystem unter dem Fahrzeug) kommunizieren. Das Signal der Antenne 2 lässt sich zusätzlich dämpfen um die Sende-/Empfangsreichweite reduzieren/regulieren zu können (Stichwort Reichweiten-begrenztes WLAN). Zur Ansteuerung dieser Funktionalitäten stehen auf den zwei 10poligen Steckern folgende Signale bereit:

Signal	Pin „Main Board“	Pegel	Beschreibung
3V3_TO_ZY	J3.1	3,3V	Spannungsversorgung 3,3V (Erzeugt von „APS“)
GND	J3.2	GND	Gemeinsame Masse
1V8_ZY	J3.3	1,8V	Spannungsversorgung 1,8V (erzeugt auf „CPU Board“)
5V	J3.4	5V	Spannungsversorgung 5V (Erzeugt von „APS“)
ANT_CH_SELECT	J3.5	3,3V	Antennenauswahl, Steuerleitung HF Schalter
<not used>	J3.6		
EXT_IO_0	J3.7	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang Bit 0
EXT_IO_1	J3.8	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang Bit 1
EXT_IO_2	J3.9	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang Bit 2
EXT_IO_3	J3.10	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang Bit 3
ANT_ATT_LE	J4.1	3,3V	„Logic Enable“, toggeln um Dämpfungseinstellungen an ANT_ATT_D0 – D3 zu übernehmen
GND	J4.2	GND	Gemeinsame Masse
<not used>	J4.3		
ANT_ATT_D0	J4.4	3,3V	Einstellung der Dämpfung Bit 0
<not used>	J4.5		
ANT_ATT_D1	J4.6	3,3V	Einstellung der Dämpfung Bit 1
EXT_IO_4	J4.7	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang 4
ANT_ATT_D2	J4.8	3,3V	Einstellung der Dämpfung Bit 2
EXT_IO_5	J4.9	1,8V	Digitaler Ein/Ausgang 5
ANT_ATT_D3	J4.10	3,3V	Einstellung der Dämpfung Bit 3

2.2 Schnittstellen extern

Die externen Schnittstellen werden über drei Steckverbinder zugänglich gemacht. Jeweils ein 8poliger Steckverbinder für die Ethernet und RACE Ethernet Kommunikation und ein 40poliger Steckverbinder zur Integration des Steuergerätes in die Anwendungsumgebung. Die Pinbelegungen werden im Folgenden beschrieben.

2.2.1 Ethernet

Die 8 Ethernet Datenleitungen werden über einen M12 Rundstecker vom Typ Phoenix 1437009 (siehe 5.2) nach außen geführt. Die Belegung ist wie folgt:

Pin	Signal
1	ETH0_N3
2	ETH0_P4
3	ETH0_N4
4	ETH0_N1
5	ETH0_P2
6	ETH0_P1
7	ETH0_P3
8	ETH0_N2

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

Der passende Gegenstecker besitzt den Typ Phoenix 1543236. Ein Datenblatt dazu ist unter 5.2 referenziert.

2.2.2 RACE Ethernet

Die jeweils vier Datenleitungen der zwei RACE Ethernet Kanäle werden über einen gemeinsamen Stecker nach außen geführt. Dieser ist ebenfalls vom Typ Phoenix 1437009 (siehe 5.2). Die Belegung ist wie folgt:

Pin	Signal
1	RACE_ETH1_N1
2	RACE_ETH0_N0
3	RACE_ETH0_P0
4	RACE_ETH0_P1
5	RACE_ETH0_N1
6	RACE_ETH1_N0
7	RACE_ETH1_P1
8	RACE_ETH1_P0

Der passende Gegenstecker besitzt den Typ Phoenix 1543236. Ein Datenblatt dazu ist unter 5.2 referenziert.

2.2.3 Applikationsstecker

Der 40polige Applikationsstecker ist vom Typ JAE MX23A (siehe Datenblatt unter 5.2). Der passende Gegenstecker ist auch in diesem Datenblatt zu finden. Die Steckerbelegung ist wie folgt:

Pin	Signal	Pin	Signal
1	CAN 0 High	21	CAN 0 Low
2	CAN 1 High	22	CAN 1 Low
3	ADC in 1	23	ADC in 2
4	ADC in 3	24	ADC in 4
5	ADC in 5	25	SPI 1 MOSI
6	SPI 1 CLK	26	SPI 1 CS#
7	SPI 1 MISO	27	SPI 0 MOSI
8	SPI 0 CLK	28	SPI 0 CS#
9	SPI 0 MISO	29	UART 1 TxD
10	UART 1 RxD	30	DIG in 1
11	DIG in 2	31	DIG in 3
12	DIG in 4	32	DIG in 5
13	DIG in 6	33	DIG out 1
14	DIG out 2	34	DIG out 3
15	DIG out 4	35	DIG out 5
16	DIG out 6	36	Klemme 15
17	5V	37	5V
18	Klemme 30 (5V- 40V)	38	Klemme 30 (5V – 40V)
19	GND	39	GND
20	GND	40	GND

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

3 Software

Aufgrund der inzwischen weit verbreiteten ARM Architektur lassen sich eine Vielzahl von Betriebssystemen auf dem PS einsetzten. Im Rahmen von InterOp kommt Linux als Betriebssystem in SMP (symmetric multiprocessing, das Betriebssystem läuft auf beiden CPU Kernen verteilt) Konfiguration zum Einsatz. Die Kommunikation läuft in einer User-Space Anwendung. Die zum Einsatz kommenden Netzwerkprotokolle in den OSI Schichten 1-4 werden vom Betriebssystem zur Verfügung gestellt. Das Kommunikationsprotokoll in den OSI Schichten 5-7 (InterOp spezifisch) wird in 5.1 ausführlich beschrieben. Die folgende Abbildung veranschaulicht den Bootprozess des Systems in SMP Konfiguration.

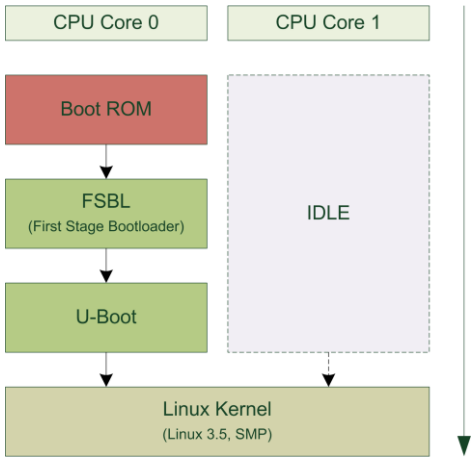


Abbildung 4: Boot in SMP Konfiguration

Alternativ besteht für zukünftige Anwendungen die Möglichkeit das Steuergerät in AMP (asymmetric multiprocessing, unterschiedliche Programme werden auf den CPU Kernen getrennt ausgeführt). Der Bootvorgang sehe dann folgendermaßen aus:

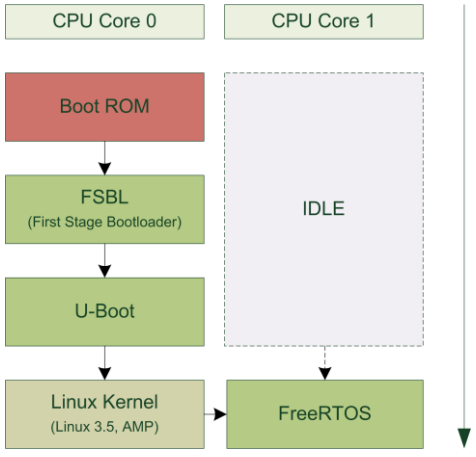


Abbildung 5: Boot in AMP Konfiguration

In dieser Konfiguration könnten auf dem zweiten CPU Kern Echtzeitregelungen auf Basis des Open Source Echtzeitbetriebssystems FreeRTOS realisiert werden die unabhängig von dem Linux ausgeführt werden.

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

Wenn das Steuergerät in eine RACE Fahrzeugarchitektur integriert wird, so kommt PikeOS als Betriebssystem auf der Hardware zum Einsatz. Um in diesem Fall die bestehende SW weiter einsetzen zu könnten wird Linux dann in einer PikeOS Partition ausgeführt werden. Der Bootvorgang sähe folgendermaßen aus:

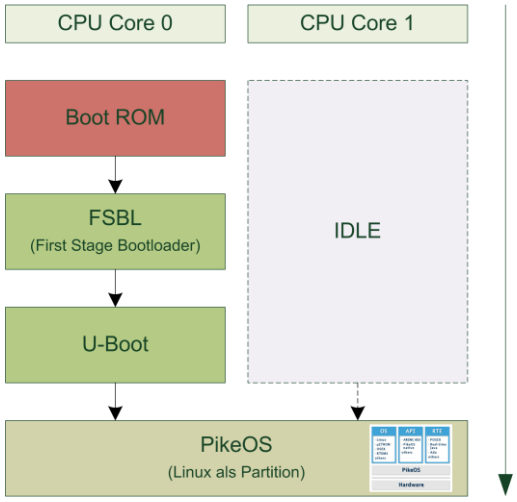


Abbildung 6: Boot in RACE Konfiguration

Weitere Informationen zum PikeOS sind auf der Internetseite des Hersteller Sysgo AG (siehe Link unter 5.3) zu finden.

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.

4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aktuelle Version des Steuergerätes 4

Abbildung 2: Komponenten InterOp RACE Steuergerät 5

Abbildung 3: ZynQ SoC Überblick aus Datenblatt 6

Abbildung 4: Boot in SMP Konfiguration 10

Abbildung 5: Boot in AMP Konfiguration 10

Abbildung 6: Boot in RACE Konfiguration 11

5 Anhang

5.1 Protokollbeschreibung Kommunikation

Datum	Bearbeiter	Dateiname
20.01.2015	Müller	INTEROP.Kommunikation.SAG.Laboraufbau.150120.pdf

5.2 Datenblätter

Datum	Autor	Dateiname
10.10.2014	Xilinx	ds188-XA-Zynq-7000-Overview.pdf [link]
13.02.2015	Phoenix Contact	Phoenix 1437009 - Einbausteckverbinder [link]
13.02.2015	Phoenix Contact	Phoenix 1543236 - Bussystem-Steckverbinder [link]
13.02.2015	JAE - Japan Aviation Electronics Industry, Ltd.	MB-0094-2E_MX23A.pdf [link]

5.3 Links

Autor	Dateiname
Wikipedia – The Free Encyclopedia	Secure Digital [link]
Sysgo AG	PikeOS [link]

Copyright © Siemens AG 2015 All Rights Reserved.