



## Das Bordnetz der Zukunft

Motiviert durch die Megatrends unserer Zeit wird das Bordnetz zukünftig eine Schlüsselfunktion bei der Etablierung neuer Fahrzeugfunktionen einnehmen. Doch welchen Anforderungen müssen sich die Bordnetztopologien der Zukunft stellen, und wie müssen sie gestaltet sein? Dräxlmaier wagt einen Ausblick auf gangbare Wege von heutigen klassischen Fahrzeugarchitekturen zu jenen von morgen.



© vege | Fotolia

## AUTOREN



**Georg Scheidhammer**  
leitet die Entwicklung  
Elektriksysteme bei der  
Dräxlmaier Group  
in Vilsbiburg.



**Oliver Druhm**  
verantwortet das Bordnetz-  
Innovationsmanagement  
bei der Dräxlmaier Group  
in Vilsbiburg.

städte werden immer größer. Zudem ist Zeit im Alltag der meisten Menschen ein kostbares Gut. Fahrer und Mitfahrer wollen ihre knapp bemessene Zeit entweder produktiv nutzen oder suchen Entspannung – auch und vielleicht gerade dann, wenn sie im Auto sitzen. Automobilhersteller und -zulieferer müssen sich daher auf die Anforderungen der Kunden an das Auto von morgen einstellen und Lösungen für die Implementierung neuer, innovativer Fahrzeugfunktionen finden.

Die Anbindung ans Internet und damit die Möglichkeit, auf multimediale Inhalte, soziale Netzwerke und die Cloud zuzugreifen sowie jederzeit Kommunikationstools wie Outlook oder Google zu nutzen, werden vor diesem Hintergrund zu einer Grundvoraussetzung im Fahrzeug. Einen ebenso hohen Stellenwert wird die Home-Integration einnehmen, die es dem Fahrzeugnutzer ermöglicht, überall von unterwegs mit seinem Zuhause oder Büro verbunden zu sein. Videokonferenz- und Unterhaltungssysteme, modulare Infotainmentkomponenten, aber auch individualisierte Fahrerinformationssysteme werden Einzug ins Fahrzeug halten. Im Bereich des Mobilitätsmanagements steht die sichere und ressourcenoptimierte Nutzung von Fahrzeugen im Mittelpunkt. Beispiele hierfür sind unter anderem Car Sharing oder die optimierte Zielführung anhand von Nutzerdaten. Beim Fahrzeugmanagement steht das Ziel im Vordergrund, die Unterhaltskosten zu optimieren sowie den

## MOTIVATION

Individualität, Mobilität, Konnektivität, Umweltschutz, Urbanisierung – diese fünf Megatrends [1] beeinflussen nicht nur unser alltägliches Leben immer stärker, **BILD 1**. In den kommenden Jahren werden sie auch unser Fahrverhalten und die Erwartungshaltungen an ein Fahrzeug immer stärker bestimmen. Denn die Wünsche der Kunden nach umweltschonender, nachhaltiger Mobilität, nach mehr Flexibilität und Wendigkeit in Anbetracht wachsender Mega-



**BILD 1** Megatrends und Lösungsansätze in Elektrik- und Elektronik (© Dräxlmaier)

Nutzungskomfort zu erhöhen. Nicht zuletzt sorgen bewegliche Komponenten im Interieur sowie integrierte Lichtapplikationen mit funktioneller Ausrichtung für ein Wohlfühlambiente in der Fahrgastzelle und damit für eine Steigerung des Raumerlebnisses. Die Zeit, die Menschen im Auto verbringen, soll zur Quality-Time werden.

Die Einführung des autonomen Fahrens ist deshalb nur noch eine Frage der Zeit. Es wird die Weichen stellen für innovative Einparksysteme über automatische Bereitstellung von Fahrzeugen bis hin zu E-Chauffeurdiensten. Das teil- und vollautomatisierte Fahren erfordert jedoch auch neue Sicherheitsfunktionen. Sie müssen im Fall einer externen Gefahr den Fahrer warnen oder aber die funktionalen Bordsicherheitsysteme des Fahrzeugs mobilisieren. Hierzu wird

das Fahrzeug mit der Umwelt und der umgebenden Infrastruktur durch Sensorik und Aktuatorik vernetzt [2].

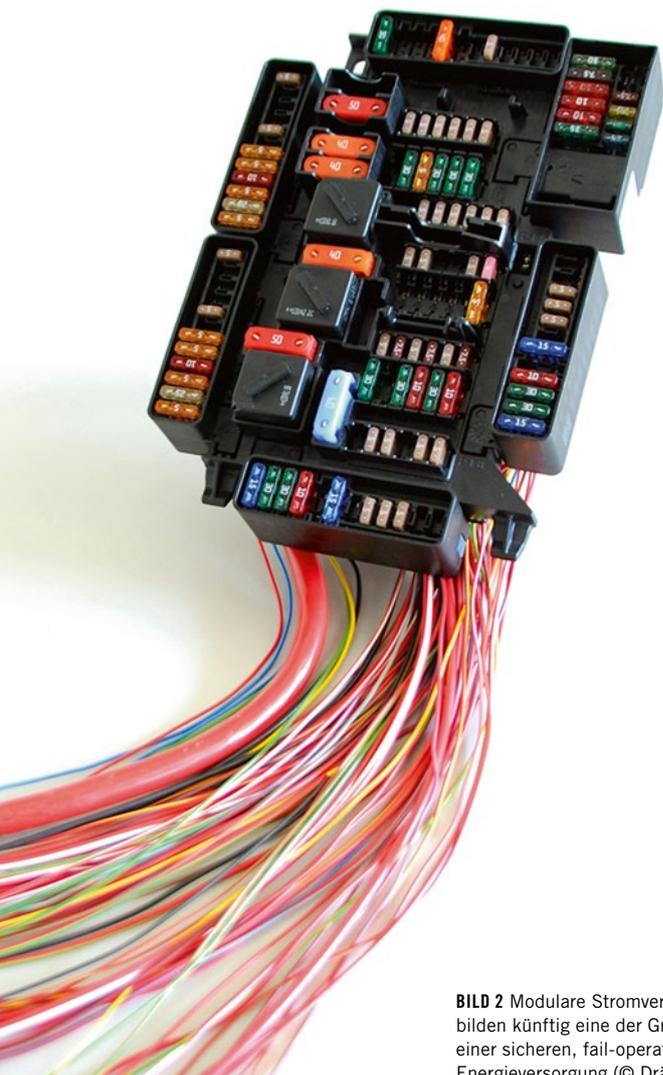
## NEUER BORDNETZBAUKASTEN

Im Rahmen der funktionalen Sicherheit muss der Weg wegführen von einer reinen Fail-Safe-Strategie. So darf beispielsweise die Lenkunterstützung im Fall eines Systemfehlers nicht länger komplett ausfallen. Ein Fahrzeug muss vielmehr operativ und fehlertolerant, sprich fail-operational, sein. Konkret bedeutet dies, dass sich der Insasse im Fehlerfall auf die Lenkunterstützung verlassen und weiterfahren kann. Um Individualität und Vielfalt zu berücksichtigen, die sich aus der Interaktion mit der Umwelt ergeben, sind vernetzte Architekturen, skalierbare Bordnetztopologien sowie neue Sicherheitsar-

chitekturen notwendig. Diese stellen die Bausteine des künftigen Bordnetzes dar und bilden das Fundament für die Integration neuer Verfahren, Technologien und Innovationen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Skalier- und Erweiterbarkeit der Architekturen. Ein ebenso wichtiger Teil innerhalb des neuen Bordnetzbaustens wird die Bordnetzsimulation sein. Schon heute können nicht in allen Test-szenarien jegliche eventuell auftretenden Kombinationen der Gesamtsystemauslegung berücksichtigt werden. Ist aber fail-operational das Ziel, so wird die Absicherung des Systems erheblich an Bedeutung gewinnen. Hinzu kommt, dass die Anzahl der Fahrzeugfunktionen stark ansteigen wird. Vor diesem Hintergrund kann die Bordnetzsimulation einen umfassenden Anteil zur Systemabsicherung beitragen – und das, bevor überhaupt ein System aufgebaut wird.

Das Hochvolt(HV)-Bordnetz spielt derzeit bereits eine wesentliche Rolle im Fahrzeugbau und gilt als eine der größten technologischen Herausforderungen: Elektrik, Elektronik und Mikro-Prozes-sortechnik kommen auf immer enger werdendem Raum zusammen. Störungen und Beeinflussungen der Systeme untereinander nehmen zu. Um dem entgegenzuwirken, geht man hier mit dem ungeschirmten HV-Bordnetz neue Wege. Unerwünschte Effekte werden durch eine effektive Beschaltung im System an der Quelle vermieden. 48 V als künftige Spannungsebene ist herstellerübergreifend in der Entwicklung. Darüber hinaus werden derzeit Spezifikationen und Lösungsmöglichkeiten zwischen den OEMs und Tier-1-Zulieferern definiert. Das 48-V-Netz bietet geeignete Lösungen zur Umsetzung von Kundenanforderungen. Um die Fail-Operational-Funktion zu gewährleisten, müssen die Bordnetze der einzelnen Spannungsebenen miteinander kommunizieren. Künftige Fahrzeugarchitekturen müssen genau das berücksichtigen, damit autonomes Fahren Realität wird.

Auch elektronische Stromverteiler werden an Bedeutung gewinnen, **BILD 2**. Sie bilden in Zukunft die Grundlage einer sicheren Energieversorgung, die fail-operational ist. Mithilfe modularer Stromverteiler werden Fahrzeuge in der Lage sein, den Zustand der Energieversorgung eindeutig zu erfassen, zu bewerten und zu verarbeiten. Die Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die



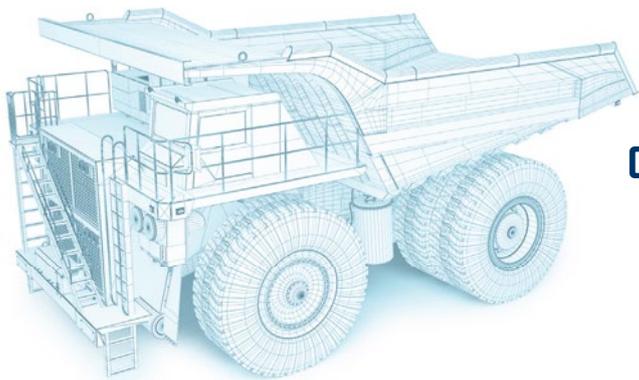
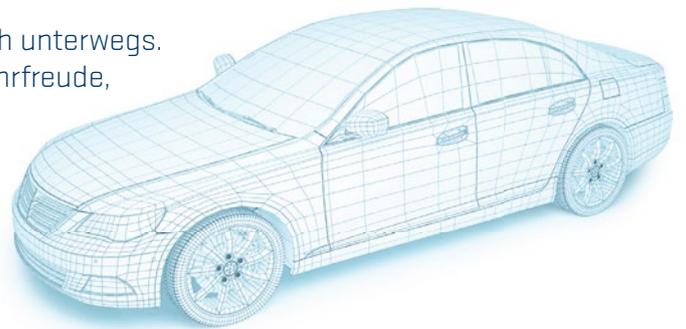
**BILD 2** Modulare Stromverteiler bilden künftig eine der Grundlagen einer sicheren, fail-operationalen Energieversorgung (© Dräxlmaier)

# Wegbereitend liegt uns.

Model-based Design, Systemintegration und Prototypenentwicklung im Speerspitzenbereich hybrider und elektrischer Antriebskonzepte - wir entwickeln ganzheitliche Engineering-Lösungen für konkrete High-end-Anwendungen im heute und für visionäre Antriebssysteme von morgen.

## **ON-HIGHWAY** Elektrisch unterwegs.

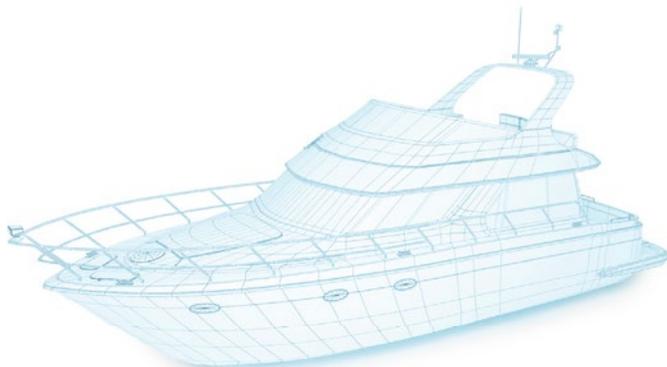
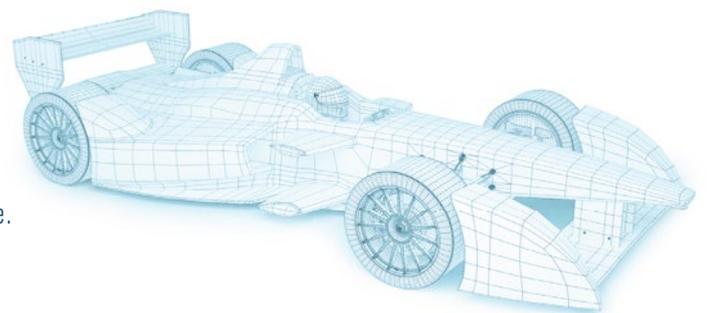
Ziel ist die perfekte Balance zwischen Fahrfreude,  
Sicherheit, Leistung und Reichweite.



## **OFF-HIGHWAY** Leistungsspitzen und Emissionsfreiheit.

Keine Kompromisse für den Off-Highway-Fahrzeugbau  
bei 100%-Zweckorientiertheit.

**MOTORSPORT** Performance hart am Limit,  
Leistung auf engstem Raum. Hier entscheiden  
minimalste Faktoren über Sieg oder Niederlage.



## **PERSPEKTIVEN** Ideen ohne Grenzen.

Was sich bewegt, kann elektrifiziert werden!  
Zu Land, zu Wasser und in der Luft ...

Schaltungsebenen reduziert werden. Die elektronischen Stromverteiler übernehmen in Eigenverantwortung die Klemmen- und Funktionsschaltung, die Absicherung sowie die präventive Diagnose der jeweiligen Kanäle. Erst hierdurch lässt sich Spitzenlast im Bordnetz verringern, etwa über eine autonome Abschaltung von Verbrauchern. Dezentrale Sicherungskonzepte bieten darüber hinaus mehr gestalterische Freiheit beim Design neuer Bordnetzarchitekturen. Da hier verringerte Leitungs- und Bündelquerschnitte möglich sind, kann Gewicht im Bordnetz eingespart werden. Architekturen der Zukunft müssen zudem für ein stabiles Bordnetz sorgen und automatisiert herstellbar sein. Individualität und Skalierbarkeit sind deshalb die wesentlichen Herausforderungen an die Entwicklungs- und Produktionsprozesse künftiger Bordnetztopologien.

**INNOVATIVE ARCHITEKTUREN**

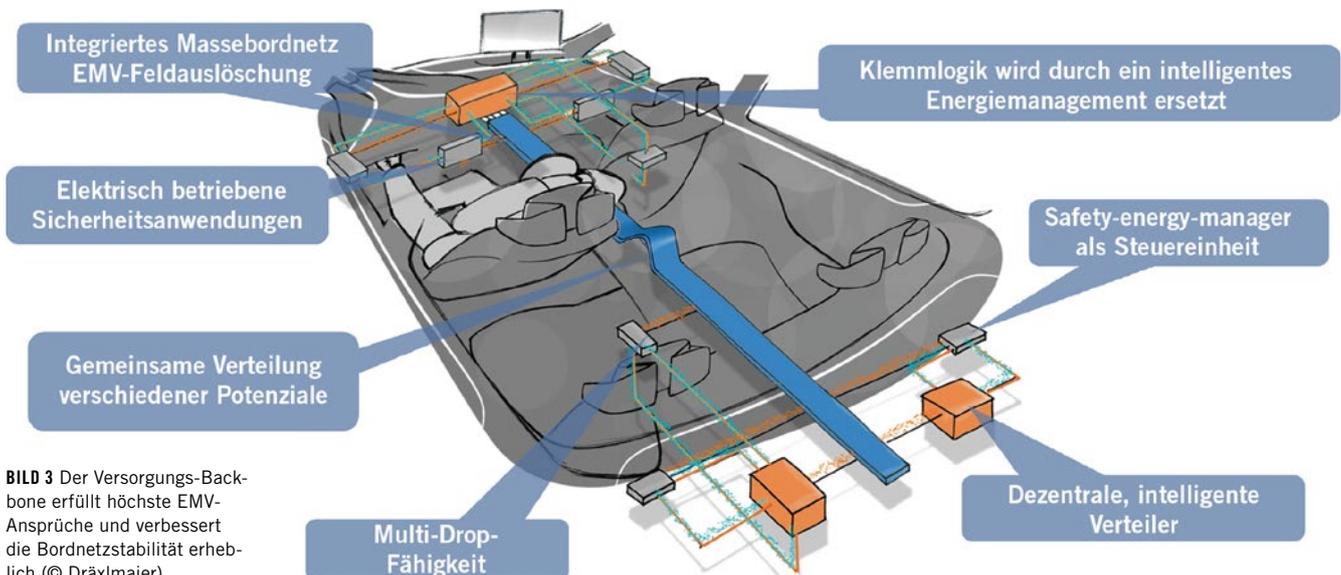
Beim autonomen Fahren ist es wichtig, eine hohe Sicherheit zu gewährleisten. Die ISO-Norm 26262 für sicherheitsrelevante elektrische und elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen bildet die Grundlage für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept. Die Systeme müssen jedoch nicht nur funktional sicher gestaltet werden, sondern dürfen eben keinen Fehlerzustand einnehmen. Das heißt, das Fahrzeug muss operativ und fehler-tolerant sein. Es gilt also, Redundanzen

im System Bordnetz zu schaffen. Fällt beispielsweise ein Teilnetz aus, kann auf eine andere Spannungsebene zugegriffen werden, wenn ein Safety-Energy-Manager als Steuereinheit integriert wurde. Denkbar ist, dass das 48-V-Netz als neue Spannungsebene nicht nur einen Beitrag für eine gesicherte Energieversorgung leisten, sondern eventuell auch als Rück-fallebene für HV-Bordnetze fungieren könnte. Viel wichtiger werden jedoch neuartige Fahrzeugarchitekturen sein. Diese werden durch autonome Verteiler für intelligent gesteuerte Teilnetze geprägt. Die Koexistenz verschiedener Spannungsebenen (Masse, 12 V, 48 V, HV) inklusive einer im Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) optimierten Auslegung wird ebenso ein Merkmal neuer Architekturen sein. Um der Forderung nach Individualität Rechnung zu tragen, sind skalierbare Bordnetztopologien notwendig.

Die daraus resultierenden Anforderungen in Bezug auf eine zukünftige sicherere Energieversorgung können beispielsweise durch eine Backbone-Versorgungsarchitektur dargestellt werden, **BILD 3**. Durch die intelligenten, vernetzten und modular ausgeführten Verteiler kann die starre Klemmenlogik aufgelöst werden; sie legen somit den Grundstein für ein Energiemanagement von morgen. Schaltungsfunktionen können mit ihrer Hilfe direkt wahrgenommen werden, wie beispielsweise Fensterheber, die Außen- und Innenbeleuchtung oder die Heckscheibenheizung.

Hierzu sind im Vorfeld Betrachtungen hinsichtlich einer einheitlichen energetischen Beschreibung und Auslegung der jeweiligen Wirkketten erforderlich. Die Wirkkette beginnt bei den jeweiligen Lasten und setzt sich fort über den Leitungssatz bis zu den verschiedenen Energiequellen wie etwa der Batterie und dem Generator.

Genau hier liegt jedoch ein gravierendes Problem bei der heutigen Bordnetzauslegung: Die interdisziplinären und arbeitsteiligen Auslegungen von Wirkketten, wie sie bis heute üblich sind, führen bislang zu einem erheblichen Informationsverlust über die Zusammenhänge der einzelnen Komponenten. Noch fehlt ein Konsens über den Austausch sowie die Beschreibungsweise von Betriebsbereichen der Lasten beziehungsweise Funktionen. Die Methodik zur Ermittlung und Beschreibung der Last-Charakteristiken ist jedoch eine wesentliche Grundvoraussetzung für jegliches Safety-Energy-Management. Letzteres wird nur möglich sein, wenn das Gesamtsystem betrachtet und Abhängigkeiten identifiziert werden. Über die skalierbare Multi-Drop-Fähigkeit können im Zusammenwirken mit den modular ausgelegten Stromverteilern gezielt Teilnetze betrieben werden. Abgriffe können für eine dislozierte Energieversorgung genutzt werden. Die gesamte Backbone-Versorgungsarchitektur stellt die notwendigen Spannungsebenen bereit und erlaubt zeitgleich die Integration von Massebordnetzen.



**BILD 3** Der Versorgungs-Backbone erfüllt höchste EMV-Ansprüche und verbessert die Bordnetzstabilität erheblich (© Dräxlmaier)

# Power Stack

Vertikal integriertes  
Chip-Stack-Power-Modul

Teil-/Vollelektrifizierung  
in Fahrzeugen

- Höhere Leistungsdichte in kleinerem Bauraum
- Doppelseitige Kühlung
- Kosteneffizienz durch Aluminiumträger-technologie

Starke Marken, starke Leistung:  
AB Mikroelektronik GmbH  
erhält den Innovationspreis  
Verena Award 2015



Small Dimension  
70 x 70 x 7 mm

[www.abelektronik.com/powerstack](http://www.abelektronik.com/powerstack)

**TT Electronics**

Ihr Partner für:

**Sensing**

- Fahrpedale
- Druck
- Position
- Temperatur
- Drehzahl
- Qualität

**Control**

- Intelligente Power Module
- Motor Control Units
- Electronic Control Units
- LED-Module  
(Präzisionsbestückung)

**ab** AB Elektronik GmbH  
AB Mikroelektronik GmbH  
Companies of TT Electronics plc

[www.abelektronik.com](http://www.abelektronik.com)

Wir heißen Sie willkommen:  
VDI-Kongress 2015  
14. – 15. Oktober 2015  
Baden Baden, Deutschland

**BILD 4** Auch Hochvoltsteckverbinder müssen eine hohe EMV-Abschirmung garantieren (© Dräxlmaier)



Bedingt durch die neuartige Bauform ermöglicht der Backbone ein optimiertes EMV-Verhalten. Die Multischiene zeigt eine signifikant geringere Flussdichte als ein Rundleiterblech einer Karosserie. Durch einen hohen Grad der Felddauslöschung werden zudem Störemissionen reduziert und die Magnetfeldeinwirkung auf die Fahrzeuginsassen minimiert, obwohl die Multischiene in der Fahrgastzelle verlegt ist. Die Anforderungen gemäß den ICNIRP-Kriterien [3] werden erfüllt. Darüber hinaus wird das Bordnetz hierdurch auch robuster und stabiler. Wenn die gesamte Bordnetzenergie effizient genutzt und Leitungsquerschnitte signifikant verringert werden, kann durch die Gewichtseinsparung der CO<sub>2</sub>-Ausstoß erheblich reduziert werden.

Aber nicht nur beim Backbone ist ein optimiertes EMV-Verhalten wichtig. Auch bei Hochvoltsteckverbindern, die bei Spannungen bis zu 1000 V und hohem Gleichstrom alle Sicherheitsanforderungen erfüllen müssen, ist eine sehr gute EMV-Abschirmung essenziell, **BILD 4**.

## FAZIT

Für kommende Fahrzeuggenerationen führt der Weg von den heutigen klassi-

schen Bordnetzarchitekturen über modulare und intelligente Stromverteiler hin zu dislozierten Energieversorgungs- und Energiemanagementkonzepten. Um den fünf Megatrends Mobilität, Urbanisierung, Umweltschutz, Individualisierung und Konnektivität begegnen zu können, müssen skalierbare Bordnetztopologien aufgestellt und hochflexible, durchgängige Entwicklungs- und Produktionsprozesse implementiert werden. Transparenz zu schaffen – beginnend bei der Anforderung über die Konzeption und Entwicklung bis hin zur Produktion – hat hierbei oberste Priorität. Nur unter dieser Zielsetzung und diesen Voraussetzungen werden die Funktionen realisierbar sein, welche in Zukunft von einem Fahrzeug erwartet werden.

## LITERATURHINWEISE

[1] Zukunftsinstitut GmbH (Hrsg.): Megatrends – MEGATREND-MAP 2.0. In: <http://www.zukunftsinstitut.de/dossier/megatrends/> (Zugriff vom 22. April 2015)

[2] Bratzel, S.; Ahlemann, D.: Mit „Connected Cars“ zu neuen Geschäftsmodellen. In: Handelsblatt Journal – Connected Car, Ausgabe Oktober 2014, S. 4

[3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (Hrsg.): ICNIRP Guidelines for limiting exposure to Time-varying electric and magnetic Fields (1 Hz – 100 kHz). 2010. In: <http://www.icnirp.org/en/frequencies/low-frequency/index.html> (Zugriff vom 16.04.2015)