



# Ein Ausblick auf zukünftige Bordnetzkonfigurationen in Elektrofahrzeugen

In den kommenden zehn Jahren wird sich das Bordnetz entscheidend verändern – getrieben von den heute bereits erreichten Leistungsgrenzen, den Anforderungen an vernetzte Fahrzeuge und den Ausbaustufen der Hybrid- und Elektrofahrzeugtechniken. Welche Anforderungen lassen sich daraus an die zukünftigen Bordnetzkonfigurationen von Elektrofahrzeugen ableiten? Dieser Frage geht die Dräxlmaier Group nach.



## ANFORDERUNGEN

Die Mobilität der Zukunft wird Alternativen zu fossilen Antriebsquellen benötigen. Elektrische Energiespeicher und Wasserstoff in Kombination mit Elektromotoren bieten sich an. Dies birgt unter Maßgabe der Nutzung von regenerativ erzeugter Energie zudem das Potenzial einer CO<sub>2</sub>-freien Fortbewegung. Aktuelle Systeme werden mit 350 V betrieben, zukünftige mit bis zu 800 V.

Welche technischen und organisatorischen Anforderungen lassen sich insgesamt aus den zahlreich beschriebenen Mobilitätstrends an die zukünftigen Bordnetzkonfigurationen von Elektrofahrzeugen ableiten? Das Hochvoltbordnetz muss ein Mobilitätsmanagement ermöglichen, das eine sichere sowie ressourcenoptimierte Nutzung der Fahrzeuge zum Ziel hat. Hierzu gehören unter anderem auch das Car Sharing oder intelligente, vorausschauende und lernende Routenführungen mit erweiterten Nutzerdaten, etwa wenn es darum geht, einen Parkplatz mit Lade-station zu finden. Für den Nutzer ist es wichtig zu wissen, welche Lademöglichkeiten wo vorhanden und erreichbar sind. Für die Zielführung essenziell sind etwa die Parameter, wie lange ein Aufenthalt dauern soll und ob schnellgeladen werden muss. Ein Energiemanagement im Hochvoltbordnetz soll also vorausschauendes Fahren unterstützen und sein System in Einklang mit der Umwelt bringen. Das Hochvoltbordnetz wird durch das Energiemanagement zudem

in die Sicherheitsarchitektur des Fahrzeugs eingebunden.

Die zukünftigen Funktionen im Bereich der E-Fahrzeuge werden also die heutigen etablierten Anforderungen an die Komponenten sowie die Kompetenzen nachhaltig verändern. Diese Änderungen werden sich auch in Einzelteilvergaben wie in den Spezifikationen der LV214/5/6 niederschlagen. Die neuen Fahrzeugarchitekturen werden durch das Hochvoltbordnetz bestimmt sein. Insbesondere in Folge der Gestaltung von Hybridantrieben, also der Kombination von verschiedenen Antriebstechniken, und der daraus resultierenden Anforderungsprofile, ergeben sich neue Herausforderungen. Diese bilden sich im Aufwand sowie den Kosten der Entwicklung ab. Die Gewichts-optimierung von Fahrzeugen sowie deren CO<sub>2</sub>- und Emissionsverhalten werden komplexer in ihrer Bestimmung. Trotzdem sollen die Entwicklungszeiträume hierdurch nicht belastet werden. Es ist jedoch der Trend erkennbar, dass diese Zeiträume, **BILD 1**, eher verkürzt und neue Fahrzeugmodelle immer schneller zur Marktreife gebracht werden.

## AUTOREN



**Georg Scheidhammer**

leitet die Entwicklung Elektriksysteme bei der Dräxlmaier Group in Vilsbiburg.



**Robert Saller**

leitet die Grundlagenentwicklung im Bereich Elektriksysteme der Dräxlmaier Group in Vilsbiburg.

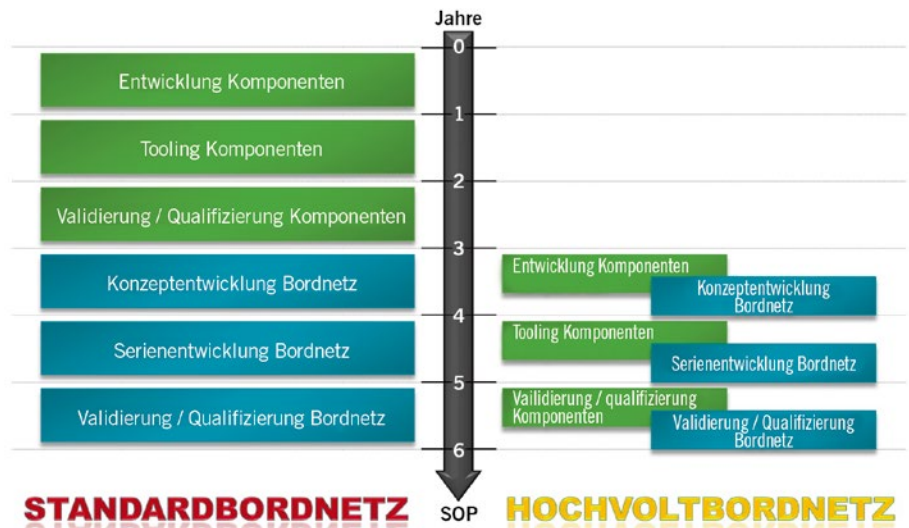


**Oliver Druhm**

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

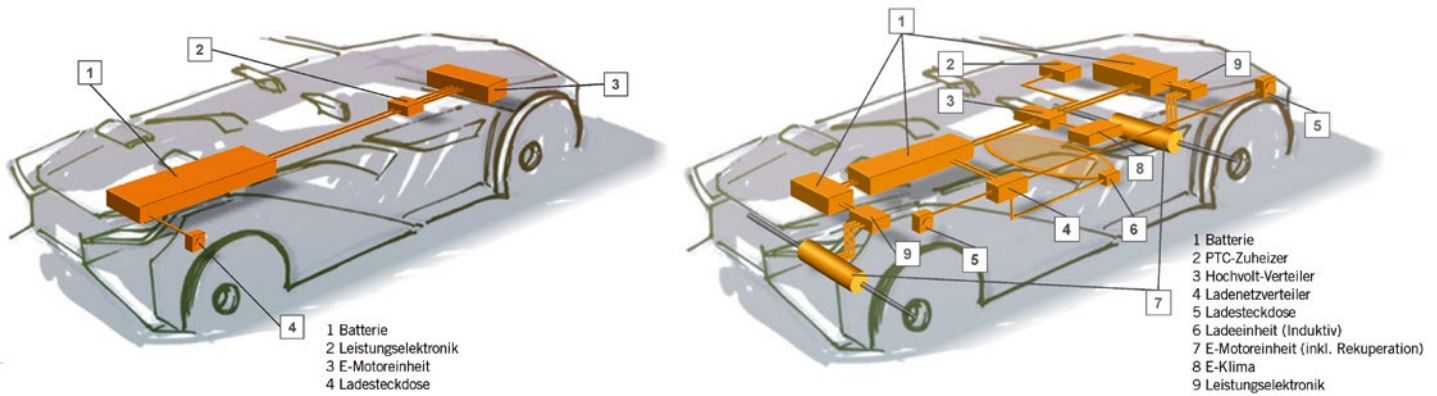
## VERÄNDERUNGEN DER TRAKTIONSKOMPONENTEN

Welche wesentlichen Komponenten sich im Zuge der Einführung von E-Fahrzeugen verändern werden, zeigt **BILD 2**. Zum einen ist da der Energiespeicher. Heute wird dieser in der Regel durch eine einfache Komponente dargestellt: den Tank. Er nimmt die zu speichernde Energie



**STANDEBORDNETZ** SOP **HOCHVOLT BORDNETZ**

**BILD 1** HV-Komponenten können erst spät im Entwicklungszyklus aufgesetzt werden, hieraus resultiert eine Halbierung der Entwicklungszeit



**BILD 2** Die zukünftigen Funktionen und die daraus resultierende Komplexität in den Hochvoltbordnetzen der Elektrofahrzeuge werden die Anforderungen an die Komponenten und Kompetenzen nachhaltig verändern

in Form von fossilen Brennstoffen auf. In Zukunft wird die Energie jedoch in Batterien gespeichert – und das vielleicht nicht nur in einer. Während das System „Tank“ in der Regel lediglich um einen Sensor für den Füllstand ergänzt wird, so sind beim HV-Speicher komplexe Regels- und Kontrollsysteme notwendig, **BILD 3**. Hinzu kommt eine völlig neuartige Betankung. Für den Nutzer soll das HV-System ähnlich einfach zu handhaben sein wie das herkömmliche Tanken. Hierfür sind jedoch Systeme zur Überwachung der Ladestruktur sowie des Ladevorgangs der Batterien beziehungsweise der Speichersysteme notwendig. Darzustellen sind das Temperatur- und Energiemanagement des Gesamtsystems, hierbei sind gegebenenfalls auch verschiedene Möglichkeiten des Ladens, wie etwa Schnellladen oder Induktionsladen zu berücksichtigen. Noch komplexer wird es, wenn alternative Energiebereitstellungssysteme hinzukommen, etwa Wasserstoffspeicher oder Brennstoffzellen.

Die Energieverteilung wird derzeit noch durch Kraftstoffpumpen und -leitungen abgebildet. Die Energie wird durch entsprechende Anlagen, beispielsweise durch Einspritzer am Motor, aufbereitet. Diese Komponenten sind vergleichsweise einfach aufgebaut, die Energie muss in der Regel auch nicht auf verschiedene Verbraucher aufgeteilt werden. Das HV-Bordnetz hingegen ist komplexer und wesentlich mehr als nur eine einfache Kraftstoffleitung. Es wird durch HV-Leitungen, HV-Verteiler und notwendige AC/DC-Wandler realisiert. Im Crashfall muss alles sicher sein. Da neben den 12V Leitungen hochvoltführende Leitungen verwendet werden, muss ein Berüh-

rungsschutz gewährleistet sein. Das HV-System wird deshalb so ausgelegt, dass es selbst bei gezogenen oder geöffneten Komponenten sicher ist. Auch die Wandlung der Traktionsenergie wird sich maßgeblich verändern. Werden Fahrzeuge derzeit noch durch einen Verbrennungsmotor angetrieben, so kommen zukünftig ein oder sogar mehrere E-Motoren zum Einsatz, zum Beispiel Achsmotoren. Die zugehörige softwaregesteuerte elektrische Energieverteilung steuert intelligent Möglichkeiten wie das Boosten oder die Traktionsverteilung bei Einzelachsenantrieben. Auch hier erfährt das Traktionssystem also eine Steigerung in der Komplexität. Je nach Traktionssystem, insbesondere bei Hybridsystemen, verändert sich sogar das Abgassystem. Denkbar ist auch, dass es gänzlich entfällt. Das Emissionsthema verlagert sich somit aus dem Automobil heraus hin zu den Erzeugern erneuerbarer Energien. Spätestens hier wird

erkennbar, dass das Automobil nicht als eine Blackbox, sondern als Teil eines Mobilitätssystems betrachtet werden muss.

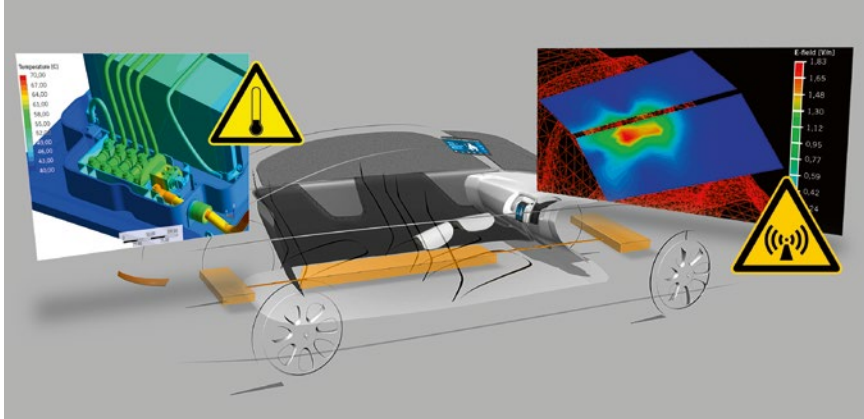
Aus all diesen Punkten folgt ein höherer Kompensationsaufwand für die fehlende Felderfahrung. Evolutionszyklen der Komponenten müssen revolutioniert werden, womit sich der Anspruch in der Entwicklung vom reinen Anforderungsmanagement hin zur Grundlagen- und Anforderungsentwicklung verschiebt. Entstehungs-, Nutzungs- sowie Entsorgungsprozesse gilt es zu überdenken.

**ENTWICKLUNG VON HV-BORDNETZEN**

Die Bordnetzsimulation von HV-Leitungen wird einen ersten wesentlichen Punkt in der Entwicklung einnehmen, **BILD 4**. Um frühzeitig und zielgerichtet die Gesamtsysteme gestalten zu können, sollen hier durch simulierte Testszenarien eventuell auftretende Kombinationen und



**BILD 3** Neben dem sicheren Betrieb der Hochvoltsspeicher stellt die Integration sowohl in die Bordnetzarchitektur als auch in das Fahrzeug die wesentliche Herausforderung dar; zugleich gilt es, Anforderungen hinsichtlich Bauraum und Leichtbau zu erfüllen



**BILD 4** Die Bordnetzsimulation von Hochvoltleitungen wird einen ersten wesentlichen Punkt in der Entwicklung einnehmen; Schwerpunkte hierbei sind die EMV-Simulation sowie die thermische Simulation (© [M] Schild links: T. Michel | Fotolia | Schild rechts: fofohansel | Fotolia)

das Verhalten im Bauraum untersucht werden. Die Leitungsdimensionierung muss wesentlich präziser erfolgen, mithilfe einer gezielten Auslegung und Belastungssimulationen. Diese Simulationen orientieren sich an praxisnahen Lastprofilen und deren Charakteristika. Welche Kabel zum Einsatz kommen, richtet sich nach der zu erwartenden Energieübertragung. Klar ist, dass sie höheren Temperaturen gewachsen sein müssen. Dies stellt eine Herausforderung an die verwendeten Materialien dar, da die Leitungen und Systemkomponenten unter Dauerlast arbeiten müssen. Heutige Systeme arbeiten im Kleinspannungsbereich und sind nur sehr selten einer dauerhaften Belastung ausgesetzt. Hinzu kommt, dass die neuen Systeme, wie oben schon angedeutet, besser gegen Beschädigungen und Berührung geschützt werden müssen. Insbesondere im Crashfall. Es handelt sich schließlich um Systeme mit bis zu 800 V im Rahmen des Niederspannungsbereichs.

Auch in Bezug auf die Nutzung des Bauraums ist eine optimierte Auslegung erforderlich. Übliche Leitungsquerschnitte im HV-Bereich liegen bei 16 bis 120 mm<sup>2</sup>. Da wird schnell klar, dass es einen erheblichen Unterschied macht, ob drei Leitungen mit 16 oder aber mit 120 mm<sup>2</sup> parallel zu verlegen sind. Hinzu kommt, dass durch die steigende Anzahl von Komponenten, die es anzuschließen gilt, auch die Zahl der Leitungen steigt. Ein möglichst geringer Querschnitt ist dennoch wünschenswert.

Des Weiteren gilt es, die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sicherzustellen. Der Bauraum wird durch neue Funktionalitäten im Fahrzeug immer knapper – HV-Komponenten und andere Systeme rücken immer näher zusammen und müssen unter erheblichem Aufwand gegeneinander geschirmt werden. An

dieser Stelle klingt es etwas paradox, dass das zukünftige, in Teilen ungeschirmte HV-Bordnetz hierbei eine Lösung sein kann. Messungen an Einzelkomponenten und im Gesamtfahrzeug haben gezeigt, dass die Störsignalreduktion auch alternativ über geeignete Filtersysteme realisierbar sind, **BILD 5**. Sollen Störungen durch eine effektive Beschaltung im System vermieden werden, kann das HV-Bordnetz möglicherweise eine gute Lösung sein, wenn es darum geht, Bauraum optimiert zu nutzen und die EMV sicherzustellen. Auch hier kann die Bordnetzsimulation einen wichtigen Beitrag zur Absicherung der Systeme liefern, und das schon zu einem frühen Zeitpunkt in der Entwicklung.

Wie angedeutet, steht das HV-Bordnetz in den E-Fahrzeugen unter Dauerlast. Entsprechend gilt es, alle Komponenten entsprechend auszulegen. Kontaktsysteme müssen, aufgrund ihres Einsatzzeitraums und ihrer Belastung, in hohem Maße alterungsbeständig sein. Die gesamte Konfektionierung muss prozesssicherer dargestellt und die Realisierung wesentlich intensiver geprüft und getestet werden. Dies ist umso wichtiger, wenn im Sinne einer nachhaltigen Systemrealisierung statt Kupfer leichteres Aluminium zum Einsatz kommen soll. Durch den Einsatz von Aluminium können Leichtbau- sowie Stecksysteme nach individuellen Designvorgaben leicht umgesetzt werden und zeitgleich höchste EMV-Ansprüche erfüllen, **BILD 6**. Vor dem Hintergrund des enormen Schädigungspotenzials durch hohe Gleichspannungen, etwa im Crashfall, müssen neue Komponenten für EMV-Schutzmaßnahmen, Steckverbinder, Sicherungen sowie Verteiler für den Bereich der Schutz- und Haltesysteme entwickelt werden.

Mit den zukünftigen HV-Bordnetzen erreichen die Anforderungen an die

## High Speed Position-sensor

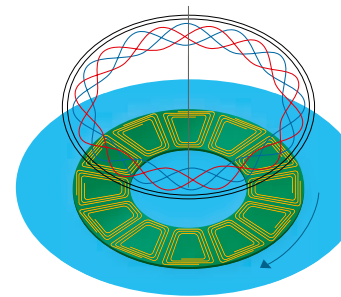
**Höchste Genauigkeit, schnelle Reaktionszeit**

### Besondere Eigenschaften

- Induktive Messung von Geschwindigkeit und Position
- Detektion von Motorstart bis zu 20.000 rpm
- Immun gegen niederfrequente magnetische Felder

### Typische Anwendungen

- Rotorpositionserkennung in Elektro- und Hybridfahrzeugen
- Elektr. Servolenkungen (EPS)
- Aktive Fahrwerksysteme



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

## TT Electronics

Ihr Partner für:

### Sensing

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

### Control

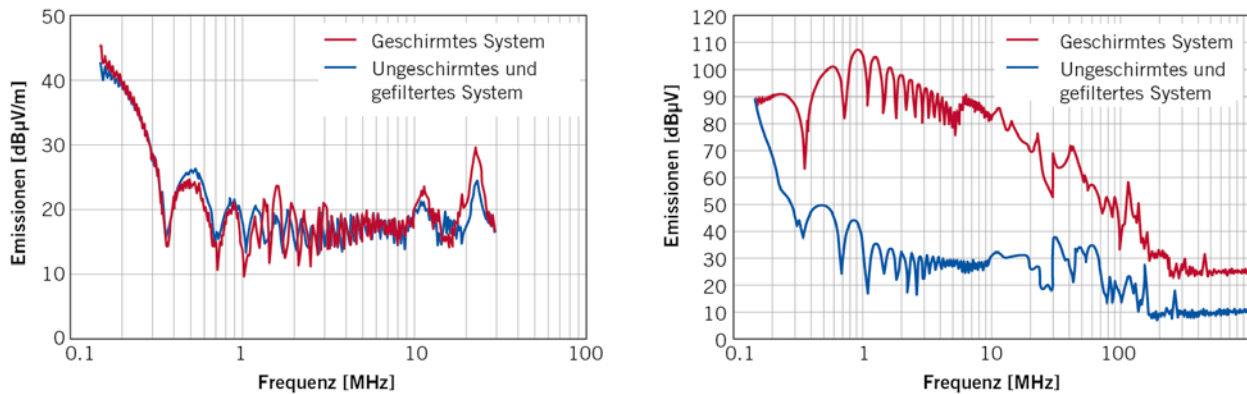
- Intelligente Power Module
- Motor Control Units
- Electronic Control Units
- LED-Module (Präzisionsbestückung)



AB Elektronik GmbH  
AB Elektronik Sachsen GmbH  
AB Mikroelektronik GmbH  
Companies of TT Electronics plc

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

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



**BILD 5** EMV-Filter in HV-Bordnetzen bringen die elektromagnetischen Eigenschaften ungeschirmter HV-Leitungen auf das Niveau von geschirmten HV-Leitungen; zu sehen sind Messungen der gestrahlten (links) sowie leitungsgebundenen Emission (rechts) einer HV-Leitung

Sicherheitsarchitektur des gesamten Elektriksystems neue Dimensionen. An diesem Punkt wird die Sicherheitsstrategie von Fail-safe weggeführt. Fail-operational wird das neue Maß sein. Neuartige Sicherheitsarchitekturen in der gesamten Bordnetzarchitektur werden sich fehlertolerant verhalten müssen. Wie angedeutet, wird dies zu neuen Prüf- und Validierungsanforderungen und somit zu neuen sowie umfangreichen Sicherheitseinrichtungen führen. Die ISO 26262 bildet hierbei die Grundlage für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept. Es sind konzeptionell Redundanzen im System Bordnetz und auch im HV-Anteil (wie Speicher, Verbindungstechnik, Wandlung, Elektronik, Sensorik/Aktorik) vorzuhalten. Das HV-System ist als ein Teil des Safety-Energy-Manager angewendet. Ziel ist es, eine sichere Energieversorgung aufrechtzuerhalten.

### PROZESSE RUND UM DAS HV-BORDNETZ

Der gesamte Entwicklungsprozess wird an einigen Punkten erheblich angepasst werden müssen. Ein Frontloading durch Simulation, wie zuvor beschrieben, kann hierbei die Konzeptentwicklung unterstützen. Es muss sichergestellt werden, dass gemäß den neuen Anforderungen, alterungsresistente Kontaktsysteme entwickelt, validiert und dem Markt zur Verfügung gestellt werden. Hier bedarf es Prozessanpassungen im Rahmen der Industrialisierung. Die entstandenen höheren Qualitäts- und Sicherheitsansprüche bedingen wirksame End-of-Line-Prüfungen. Um der beschriebenen Komplexität in den HV-Bordnetzen zu bege-

nen, wird es darüber hinaus unabdingbar sein, den Grad in der automatisierten Fertigung zu erhöhen. Im Rahmen der Verarbeitung von geschirmten Leitungen im HV-Bereich könnte – im Vergleich zu einer rein manuellen Tätigkeit – eine maschinelle Schirmbearbeitung eine hohe Prozesssicherheit bei adäquater Prozess-Taktung ermöglichen. Eine entsprechend automatisierte qualifizierte Schirmbearbeitung ist die Voraussetzung, um den Sicherheitsanforderungen Rechnung zu tragen. Im weiteren Verlauf des Prozesses sind zur Kontaktierung die notwendigen automatisierten Verfahren zur Umsetzung zu bringen. Je nach Material und Kontakt werden verschiedene Schweißverfahren, zum Beispiel Ultraschall-Schweißen angewendet. Da sich gleichermaßen Kupfer- und Aluminiumleitungen mit dem Reibschweißverfahren verbinden lassen, ist dies das bevorzugte Verfahren. Hierbei gilt es, vielfältige und schwer beeinflussbare Einflüsse zu beherrschen. Zum Beispiel reduziert sich die Festigkeit durch mangelhafte Oberflächenqualität signifikant und kann zum Abfallen

der Leitung am Terminal führen. Die prozessbegleitende Schweißstellenanalyse ist daher aus Qualitätsgründen unabdingbar.

Unabdingbar wird es auch sein, einen neuen zusammenhängenden Entwicklungs- und Produktionsprozess einschließlich der Industrialisierung zu etablieren. Nur so kann die notwendige Transparenz von der Anforderung über die Konzeption und Entwicklung bis hin zur Produktion erreicht werden. Damit ist klar, dass die Einzelprozesse schon in der Planung die Anforderungen an einen gesamthaften Automatisierungsprozess berücksichtigen müssen. Diese Einzelprozesse sind im Rahmen einer gesamthaften Qualitätsstrategie abzusichern.

Weil auch heute die Hochvoltssysteme noch immer zu den Neuentwicklungen am Markt zählen, ist eine spezielle Ausrüstung für die HV-Entwicklungen notwendig. Teilweise sind die entsprechenden Laborausstattungen am Markt nicht verfügbar und müssen durch die Entwickler speziell konzipiert und hergestellt werden.

**BILD 6** Anzahl und Abstand der Verschraubungen basieren nicht etwa auf mechanischen Anforderungen, sondern dienen im Wesentlichen der EMV



## HV-BORDNETZ DER ZUKUNFT

Den angesprochenen Herausforderungen in der Produkt- und Prozessentwicklung zum Trotz, muss das HV-Bordnetz mit der elektromobilen Evolution schritthalten, wenn nicht sogar diesem Voranschub leisten. Bei der Suche nach den Komponenten, die aktuell die meisten Kosten verursachen, den meisten Bauraum benötigen und zu den größten Gewichtstreibern im Bordnetz zählen, wird man schnell fündig: Die hauptsächlichsten Kostenverursacher sind geschirmte Einzelleitungen sowie all jene Komponenten, die hohen EMV-Anforderungen unterliegen. Alternativen zu Einzelleitungen sowohl im Wechsel- als auch im Gleichstrom-Bereich sollten daher im Fokus der HV-Bordnetzentwicklung liegen.

Neue Ansätze liegen in der Auslegung alterungsbeständiger und konfektionierungsfreundlicher Summenschirmlösungen für die E-Motorensteuerung. Elektronische Filter im Traktionsbordnetz deuten auf ein signifikantes Inparpotenzial hin. Allerdings können diese Potenziale nur mit neuen, angepassten Komponenten gehoben werden.

Kabel müssen mit Blick auf die zukünftigen Anforderungen neu ausgelegt werden, Steckverbinder mit höherer Vibrationsfestigkeit ausgestattet sein. Außerdem müssen sie für die Summenschirmung sowie für ungeschirmte Anwendungen optimiert ausgelegt werden.

HV-Verteiler schaffen die Voraussetzungen für die komplexen und variantenreichen Bordnetze. Durch sie werden die skalierbaren HV-Bordnetze erst möglich. Mit zunehmender Anzahl an Funktionen und den daraus resultierenden Komponenten im Fahrzeug werden Themen wie Entwärmung und EMV komplexer. Damit einher geht die Installation entsprechender Schaltboxen, **BILD 6**. Die in ihnen verbaute Sensorik für Strom- und Spannungsmessung, die präzise Daten für das Energiemanagement liefert, ermöglicht durch ihre hohe Messgenauigkeit eine sehr genaue Bestimmung des Ladezustands der Hochvoltbatterien und damit der Reichweite des Fahrzeugs. Individuelle Auslegung und Fahrzeugintegration für EMV-Filter müssen gewährleistet werden, um den zukünftigen Sicherheitsanforderungen gewachsen zu sein.

## FAZIT

Die Elektromobilität steigert die Anforderungen an die Entwicklungskompetenzen von OEM und Zulieferer gleichermaßen. Komponenten, aber auch die Anforderungen an die Kompetenzen werden sich nachhaltig verändern. Im Rahmen der Entwicklung ist die Leistungsfähigkeit der Komponenten und verwendeten Materialien sicherzustellen. Oft ist durch die jeweiligen Entwickler das passende Entwicklungsumfeld parallel mit aufzubauen. Dies stellt alle Beteiligten vor große Herausforderungen.

Nur im Systemverbund zeigen sich die Vorteile der neuen HV-Bordnetzarchitekturen. Die vielfältigen Anforderungen, gepaart mit unterschiedlichen Stückzahlen, erfordern das Gesamtsystemverständnis. Dies gilt nicht nur für die OEMs, sondern auch für die Zulieferer. Nur so werden im Rahmen von skalierbaren Bordnetzen die notwendigen individuellen Lösungen realisiert werden können. Die vielen unterschiedlichen Parameter und Rahmenbedingungen verhindern Standardlösungen aus dem Blickwinkel der Kosten, des Gewichts und des Bauraums. Diese würden dem Anspruch nach Individualität auch nicht gerecht werden.

Ein Konfektionär und Entwickler für Fahrzeugelektrik steht also insbesondere im Hochvoltbereich wesentlich komplexeren Aufgaben gegenüber als noch vor zehn Jahren. Die neuen Herausforderungen fordern gerade von den HV-Bordnetzentwicklern mehr Kreativität und Flexibilität im Rahmen der Grundlagenentwicklung und Konzeption von neuen HV-Bordnetzen.

Die Rolle des Systemlieferanten wird bestimmt durch eine systemweit abgestimmte Vorgehensweise und die Entwicklung eines zielführenden Gesamtbilds. Es gilt, die übergreifend geltenden Vorgaben und Standards zu integrieren und umzusetzen. Mit Blick auf die geforderten Qualitäts- und Sicherheitsaspekte werden zukünftig neue Produktionsprozesse entwickelt.



DOWNLOAD DES BEITRAGS

[www.springerprofessional.de/ATZelektronik](http://www.springerprofessional.de/ATZelektronik)



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

order your test issue now:

[springervieweg-service@springer.com](mailto:springervieweg-service@springer.com)

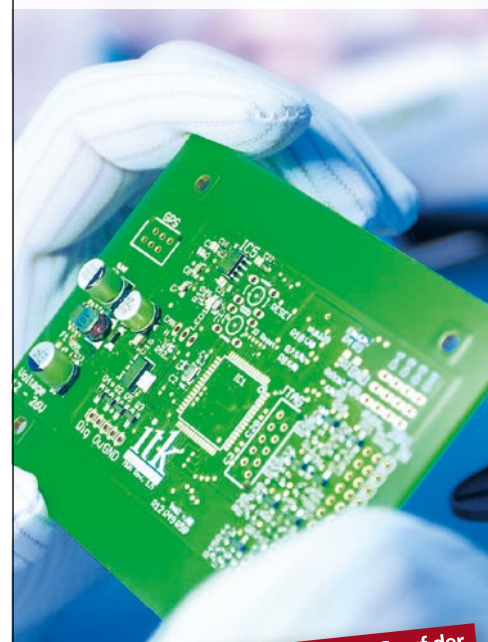
# Steuergeräte – kompakt und gleichzeitig leistungsstark?

Intelligentes Schaltungsdesign mit  
durchdachtem Wärmekonzept macht  
es möglich.

Nicht nur minimale Verlustleistung bei hoher Leistungsdichte zeichnet unsere Steuergeräte aus, sondern auch die Entwicklung aus einer Hand. Das heißt, von der Konzeption und Serienentwicklung über Fertigung und Test bis hin zum Produktsupport-Ende übernehmen wir den gesamten Prozess. Was das für Sie bedeutet? Ein zentraler Ansprechpartner und die vollständige Erfüllung Ihrer Anforderungen. Kompakt eben.

ITK Engineering AG – Ihr Generalunternehmer für schlüsselfertige Systemlösungen.

[www.itk-engineering.de](http://www.itk-engineering.de)



Besuchen Sie unseren Stand Nr. 4 / UG auf der

Baden-Baden 2015  
Elektronik im Fahrzeug