

GEWICHTEINSPARUNG IM MEHRSPANNUNGS-BORDNETZ

Da Fahrzeuge mit immer neuen Sicherheits- und Komfortfunktionen ausgestattet werden, wächst auch das Bordnetz kontinuierlich weiter. Unter diesen Gesichtspunkten rückt der Kabelbaum derzeit mehr und mehr in den Fokus. Dräxlmaier hat zum einen untersucht, welche Potenziale das Mehrspannungs-Bordnetz beim Wechsel von 12 auf 48 V bietet. Zum anderen kann durch eine Werkstoffsubstitution von Kupfer durch Aluminium Gewicht eingespart werden.

AUTOREN



GEORG SCHEIDHAMMER

ist Leiter Entwicklung Elektrik bei der Dräxlmaier Group in Vilsbiburg.



DIPL.-ING. JÖRG HIMMEL

ist Experte im Bereich Entwicklung physikalisches Bordnetz bei der Dräxlmaier Group in Ingolstadt.

GEWICHTSEINSPARUNG

Formel-1-Fans wissen es nur zu gut: Je weniger Ballast ein Wagen hat, desto schneller ist er. Doch längst beschränken sich die Bemühungen der Automobilindustrie bezüglich einer leichteren Bauweise von Fahrzeugen nicht mehr nur auf den Motorsport. Auch bei Pkw spielt das Thema Gewichtsreduktion eine immer wichtiger werdende Rolle. Mit einem Unterschied: Hier geht es nicht um Geschwindigkeit, sondern vielmehr darum, den Kraftstoffverbrauch zu senken und der Verordnung der EU zur Verminderung der CO₂-Emissionen nachzukommen.

Doch wo am Fahrzeug ließe sich Gewicht einsparen? Und welche Maßnahmen wären nötig, um das Vorhaben zu realisieren? Fragen, die Entwickler derzeit vor Herausforderungen stellen. Vielversprechende Theorien und konkrete Lösungsansätze sind auch bereits

vorhanden. So ist beispielsweise allgemein bekannt, dass der Fahrzeugleitungssatz mit zu den schwersten Einzelkomponenten im Fahrzeug zählt. Mehr noch: Da Fahrzeuge mit immer neuen Sicherheits- und Komfortfunktionen ausgestattet werden, wächst auch das Bordnetz kontinuierlich weiter. Unter diesen Gesichtspunkten rückt der Kabelbaum derzeit mehr und mehr in den Fokus, birgt er doch enorme Potenziale, um Gewicht einzusparen.

GERINGERE QUERSCHNITTE, LEICHTERE LEITERWERKSTOFFE

Überlegungen, wie sich die Topologie des Bordnetzes in neuen Fahrzeugen verändern müsste, um Kabelbäume leichter zu machen, gibt es bereits: Zum einen wäre da die Idee, die Funktionen im gesamten Fahrzeug so auszulegen, dass Leitungen in ihrer Länge reduziert werden können. Zum anderen stehen auch Überlegungen im Raum, die einzelnen Komponenten am Kabelbaum hinsichtlich ihrer Struktur und Masse zu optimieren.

Lässt man die systematische Herangehensweise einmal außen vor, so ergeben sich im Hinblick auf den letzteren Ansatz zur Gewichtsoptimierung traditionell zwei Wege: Man könnte entweder die Querschnitte der Leitungen weiter verkleinern oder aber das Kupfer, welches in vielen Leitungen verbaut wird und schwer wiegt, durch leichteres Aluminium ersetzen. Im Idealfall ließen sich sogar beide Maßnahmen miteinander kombinieren.

Geht es darum, Querschnitte zu verkleinern, so ist dies in erster Linie bei Signalleitungen denkbar, da in ihrem Fall Aspekte wie Leiterwiderstand oder Stromtragfähigkeit eine eher untergeordnete Rolle spielen. Ganz unproblematisch ist der Einsatz von immer dünneren Leitungen dennoch nicht. Sie sind in der Regel weniger belastbar, sprich anfälliger, was ihre Zugfestigkeit betrifft, und können darüber hinaus bei manueller Fertigung der Leitungssätze erheblich schwieriger verarbeitet werden. Dass sich durch eine Querschnittsreduzierung am Ende auch merklich Gewicht einsparen lässt, ist jedoch zweifelhaft, zumal jene Leitungen ohnehin bisher so dünn wie möglich ausgeführt wurden. Prinzipiell wäre es zwar auch möglich, die Querschnitte an

Ein Unternehmen, spezialisiert auf Antriebsstränge von Prüfständen, bietet optimale Lösungen zum Test von klassischen und alternativen Antrieben. Kontaktieren Sie uns!



t600

Eine optimal abgestimmte hochelastische Prüfstandswelle.



t1000

Die elastische Kupplung mit nichtlinearer Steifigkeit und sehr hoher Dämpfung. Besonders von Vorteil ist die einstellbare Steifigkeit.



tDock 800

Ein manuelles Docksystem entwickelt zum Docken von Wellen auf Prüfständen.



tDock 1500

Ein automatisches Docksystem, entwickelt für den Einsatz mit Palettensystemen.



1 Hochvoltstecker mit Schirmübergabe und Berührschutz

Versorgungsleitungen zu minimieren. Viel Spielraum steht hier jedoch nicht zur Verfügung, möchte man die standardisierten Abstufungen der Leiterquerschnitte beibehalten. Auch müsste bereits bei der Entwicklung des Leitungssatzes entschieden werden, an welchen Versorgungsleitungen eine Querschnittsreduzierung praktikabel ist, hängt dies doch maßgeblich vom Leistungsbedarf des Aggregats ab, welches mit Strom versorgt werden muss. Schließlich darf es nicht zu einer Unterdimensionierung der Leitung kommen.

Mehr Potenzial, wenn es darum geht, Gewicht einzusparen, scheint dagegen der Ersatz von Kupfer durch Aluminium als Leiterwerkstoff zu bieten: Im Vergleich zu Kupfer besitzt Aluminium lediglich ein Drittel an Dichte. So fällt auch die Tatsache, dass Aluminium einen deutlich geringeren Leitwert als Kupfer hat und dieses Defizit durch einen höheren Leitungsquerschnitt wieder ausgeglichen werden müsste – wodurch sich das Volumen der Leitung um etwa 60 % vergrößern würde – kaum ins Gewicht. Absolut betrachtet, zahlt sich der Ersatz von Kupfer durch Aluminium aus: Bei einer elektrisch gleichwertigen Leitung können 50 % des Gewichts eingespart werden. Insbesondere bei Versorgungsleitungen, die allein mehrere Kilogramm auf die Waage bringen können, ist dieses Einsparpotenzial nicht unerheblich.

ZUSÄTZLICHE SPANNUNGSEBENEN

Doch tun sich über die bereits genannten Ansätze hinaus noch weitere Möglich-

keiten auf, um im Bordnetz Gewicht zu reduzieren. Die Einführung von zusätzlichen Spannungsebenen beispielsweise hätte den Vorteil, dass höhere elektrische Leistungen durch kleinere Leiterquerschnitte übertragen werden könnten.

Anzeige

Passion. Innovation. Solutions.

Your Engineering Partner

ADVANCED POWERTRAIN

DYNAMICS ANALYSIS

FEV VIRTUALENGINE

www.fev.com

Erweiterte man das Bordnetz um die 48-V-Spannungsebene beziehungsweise ersetzte man Teile der 12-V-Spannungsebene durch die 48-V-Ebene, würde dies rein rechnerisch eine Reduzierung der zur Übertragung einer bestimmten Leistung notwendigen Stromstärke um den Faktor vier bewirken – womit sich auch

der Leitungsquerschnitt auf ein Viertel verringern würde. Da für den Einsatz der 48-V-Ebene nach gegenwärtigem Stand keine speziellen Kontaktierungen oder Kabel erforderlich sind, würde sich die Gewichtsersparnis durch die Reduktion der Leiterquerschnitte direkt auf das Leitungssatzgewicht auswirken. Einziger Nachteil: Da die 12-V-Ebene beim Einsatz einer 48-V-Ebene nicht entfällt, reduzieren sich Versorgungssysteme wie etwa die B-plus-Leitung oder die Zentralabsicherung zwar ein Stück weit, sie bleiben aber dennoch im Leitungssatz enthalten. Nicht mitgerechnet ist hierbei außerdem das Versorgungssystem der neuen 48-V-Ebene, welches den Gewichtsvorteil deutlich schrumpfen ließe. Darüber hinaus werden für die Integration einer neuen Spannungsebene zusätzliche Komponenten wie DC/DC-Wandler, Energiespeicher oder Leistungselektronik erforderlich. Nicht nur, dass diese ein gewisses Eigengewicht mitbringen: Da sie unverzichtbare zentrale Bestandteile des 48-V-Bordnetzes sind, müssen auch sie elektrisch versorgt werden. Das wiederum würde dazu führen, dass mehr Leitungen gelegt werden müssten und das Gewicht des Leitungssatzes erneut steigen würde.

EINSPARUNGSPOTENZIALE IM HOCHVOLTBEREICH

Aluminium statt Kupfer, kleine statt große Leitungsdurchschnitte, 48 V statt 12 V – bündelte man sämtliche Optimierungsmöglichkeiten und vernachlässigte man erst einmal die zusätzlichen Umfänge, so würde in der Gesamtschau schlussendlich doch eine Gewichtsreduzierung um 88 % erzielt werden können. Gleichzeitig würden für die Realisierung nunmehr nur noch rund 40 % des ursprünglichen Bauraums von Nöten sein. Eine im Grunde positive, sehr zufriedenstellende Bilanz.

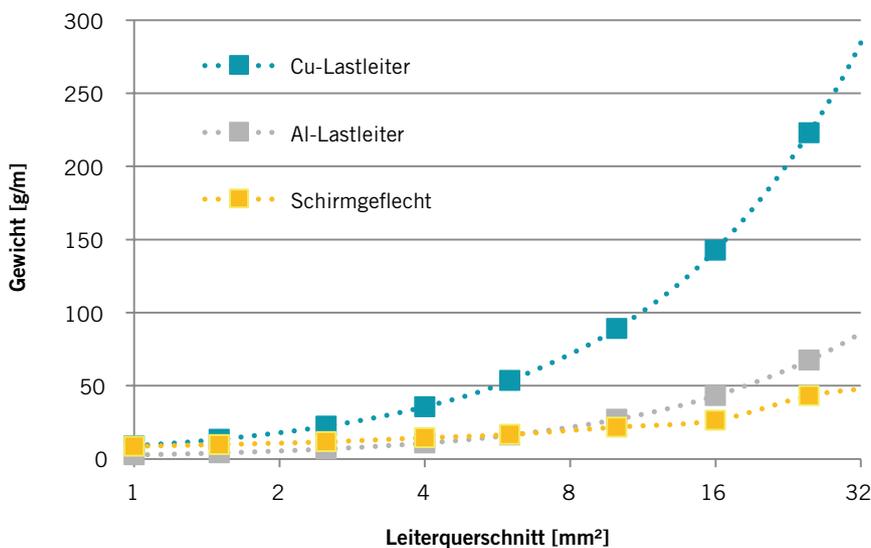
Schwieriger wird es im Hochvoltbereich. Lassen sich die dargestellten Maßnahmen zur Gewichtsreduktion doch nicht so einfach auf höhere Spannungsebenen übertragen, da hier andere Faktoren eine Rolle für das Gewicht des Leitungssatzes spielen.

Hohe Spannungen im Bordnetz, das heißt Spannungen im Bereich zwischen 130 und 600 V, herrschen überall dort, wo leistungsintensive Verbraucher oder Funktionen versorgt werden müssen:

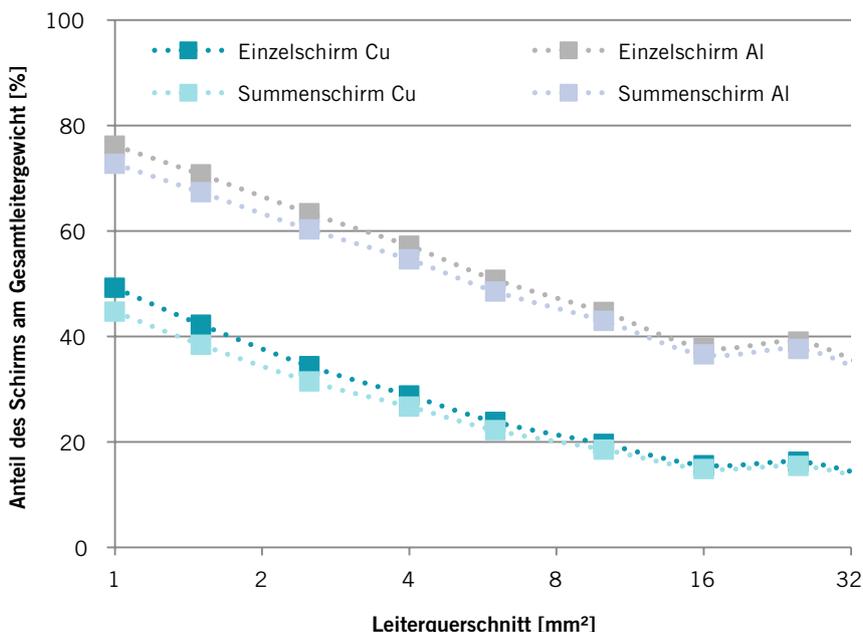
etwa im Bereich elektrisches Fahren beziehungsweise elektrische Antriebsunterstützung oder Rekuperation. Dem entsprechend groß sind die Querschnitte bei den dafür benötigten Leitungen. Hier gibt es also möglicherweise weitere Optionen, um Fahrzeuge leichter zu machen.

Potenzial wäre durchaus vorhanden. Jedoch gilt es zunächst, die besonderen Gegebenheiten im Hochvoltbereich zu beleuchten: Anders als im 48-V-Netz erzeugen Leistungskomponenten wie E-Maschine oder Leistungselektronik

mitunter enorme elektromagnetische Störungen auf den Leitungen. Diese müssen zum Schutz aller übrigen Fahrzeugsysteme mithilfe von Schirmungsmaßnahmen abgefangen werden. Darüber hinaus ist ein Berührschutz für sämtliche potenzialführende Teile Voraussetzung. Diese beiden Anforderungen haben auf das Gewicht der Steckerverbinder erhebliche Auswirkungen: So muss beispielsweise garantiert sein, dass in einem Steckerverbinder, **1**, mit einer 360°-Abdeckung um die Lastleiter herum das Schirmungsmaterial so ausreichend



2 Gewichte von Schirm und Lastleitern (theoretische Darstellung mit Schirmgeflecht nach LV216-2)



3 Anteil der Schirmung am Gesamtleitengewicht bei Einzeladern und zweiadriger Mantelleitung (theoretische Darstellung mit Schirmgeflecht nach LV216-2, Innenleitenaufbau kreisrund)

OUR TOOLS MOVE THE WORLD

- UMFORMWERKZEUGE
- IHU-WERKZEUGE
- DRUCKGIESSWERKZEUGE
- SCHNEIDWERKZEUGE
- FEINSCHNEIDWERKZEUGE
- PRÄZISIONSTEILEFERTIGUNG
- WERKZEUGNAHE AUTOMATISIERUNGSEINRICHTUNGEN



Heavy-Duty-, On- und Off-Highway-Motoren

Synergien über Systemgrenzen hinweg nutzen

9. Internationale MTZ-Fachtagung

18. und 19. November 2014

Saarbrücken

NEUE DIESEL-, GAS- UND DUAL-FUEL-MOTOREN

Zündung, Thermodynamik und variable Ventilsteuerung

EMISSIONSREDUZIERUNG

Kraftstoffe und Abgasnachbehandlungssysteme

MOTOR- UND SYSTEMOPTIMIERUNG

Mechanische Optimierung, Einspritzung und Aufladung

/// KEYNOTE-VORTRAG

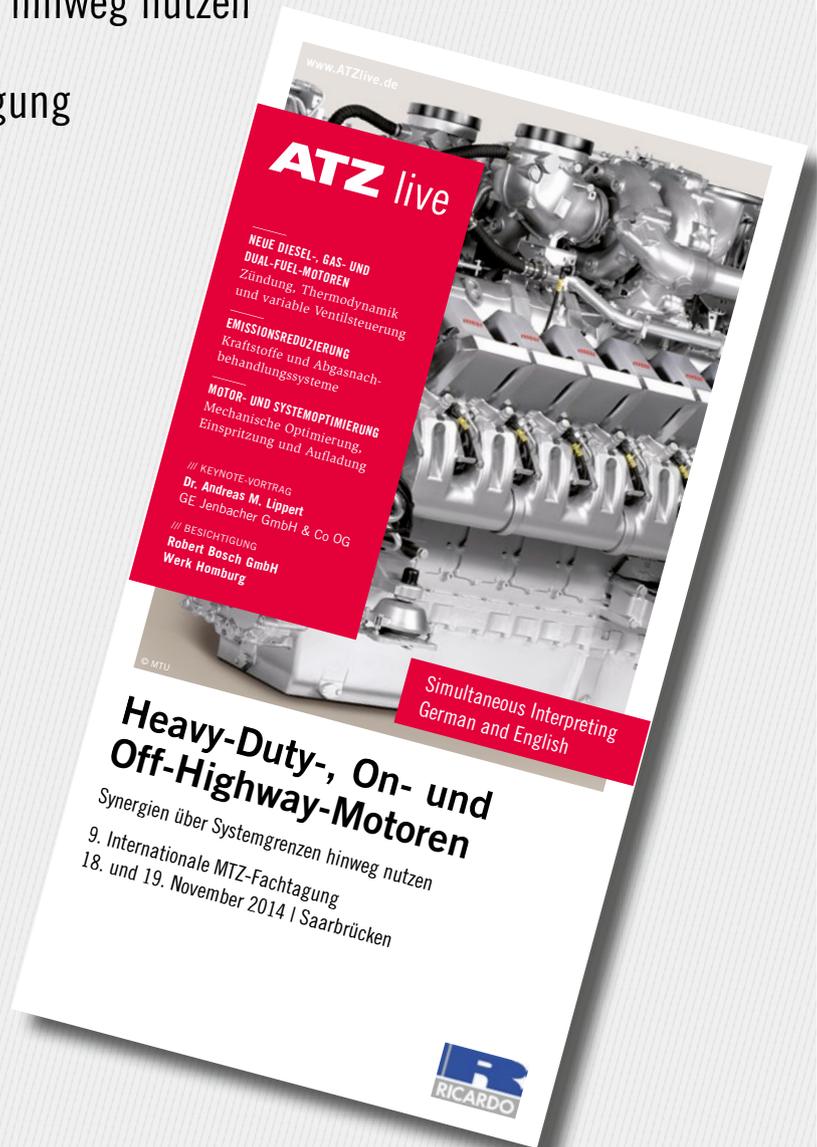
Dr. Andreas M. Lippert

GE Jenbacher GmbH & Co OG

/// BESICHTIGUNG

Robert Bosch GmbH

Werk Homburg



/// MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG VON



ATZ live
Abraham-Lincoln-Straße 46
65189 Wiesbaden | Deutschland

Telefon +49 611 7878-131
Telefax +49 611 7878-452
ATZlive@springer.com

PROGRAMM UND ANMELDUNG
www.ATZlive.de

vorhanden ist, dass an keiner Stelle die Gefahr eines elektromagnetischen Lecks besteht.

SCHIRMGEWICHTE: IDEEN ZWISCHEN THEORIE UND PRAXIS

Ließe sich möglicherweise auch an der Schirmung Gewicht einsparen? Oder würde dies zu Ungunsten der Sicherheit ausfallen? Eine Veranlassung zur Sorge besteht hier nicht, ist eine Reduzierung der Mantelmasse in der Theorie doch jedenfalls denkbar. Vernachlässigt man einmal die Isolierung, so setzt sich das Gewicht einer geschirmten Leitung aus der Masse des Lastleiters und der Masse des Schirms zusammen. Das Gewicht des Schirms ist dabei direkt vom Durchmesser des Lastleiters und damit vom Querschnitt abhängig. Hierbei gilt: Je niedriger der Querschnitt der Leitung, desto größer der Anteil des Schirmgewichts am Gesamtgewicht. Da Schirmungen stets mit Kupferlitzen realisiert werden, machen sich größere Querschnitte hinsichtlich des Gewichts deutlich bemerkbar, ❷. Bei Aluminiumleitungen bis 4 mm² Leiterquerschnitt bleibt das Gewicht der Schirmung dagegen höher als das des Lastleiters. Soll heißen: Eine geschirmte Aluminiumleitung wiegt mehr als doppelt so schwer wie eine nicht geschirmte Aluminiumleitung.

Da im Hochvoltbereich auch B-minus-Leitungen geschirmt sein und als eigenes Potenzial mitgeführt werden müssen, gab es zunächst die Idee, die Leitungen durch einen Summenschirm gemeinsam zu bedämpfen, um Material und damit Gewicht einzusparen. Theoretisch wäre dies immer dann vorstellbar, wenn Komponenten mit Hochspannung versorgt werden sollen, die einen geringeren Leistungsbedarf haben als die Antriebskomponenten, also zum Beispiel im Fall des Klimakompressors, des Kühlerlüfters, der Frontscheibenheizung sowie der Kat- beziehungsweise PTC-Heizungen. Außerhalb der Labore zeigte sich jedoch, dass jene Lösungsansätze nicht praktikabel sein würden. So stellte sich heraus, dass ein Summenschirm bei einer Mantelleitung, die ja einen deutlich größeren Durchmesser des inneren Leiteraufbaus aufweist, aus Sicht der Gewichtsreduzierung nicht effektiv sein würde – der Anteil der Schirmmasse am

Gesamtgewicht des Leiters im Querschnittsbereich läge für mittlere Verbraucher gerade einmal bei 25 bis 30 %, ❸. Allerdings sind geschirmte mehradrige Aluminium-Mantelleitungen, wie sie theoretisch existieren, praktisch nicht verfügbar, wodurch auch dieses Potenzial zur Gewichtseinsparung nicht nutzbar ist. Denkbar wäre es, die Schirmung bei Leitungsquerschnitten von 2,5 bis 4 mm² bei gleichzeitigem Einsatz von Aluminiumleitungen gänzlich wegfallen zu lassen. Tests ergaben, dass sich das Leitergewicht so um mehr als die Hälfte verringern ließe. Auch Verteilerboxen, genauso wie viele andere Komponenten, könnten ohne Schirmung ebenfalls deutlich leichter werden. Fraglich bleibt nur, welche Auswirkungen es haben würde, an den Steckerverbindungen auf Schirmungen zu verzichten.

OPTIMIERUNG DES GESAMTSYSTEMS

Die Verteilung der elektrischen Leistung im Fahrzeug sowie der Einsatz höherer Spannungsebenen bieten deutliche Potenziale, um das Gesamtgewicht von Fahrzeugen zu reduzieren. Einerseits können viele bereits bestehende Komponenten durch Anpassung an höhere Spannungsebenen optimiert werden, andererseits werden künftig viele Funktionen im Fahrzeug hinzukommen, die ohne das Leistungspotenzial höherer Spannungsebenen bisher nicht realisierbar sind. Ziel wird es zukünftig sein, das Gesamtsystem aus Leitungssatz und elektrischen Komponenten so zu optimieren, dass die gleiche Leistung mit weniger Energie erbracht werden kann, und damit also auch bei niedrigerer Stromstärke und mit einem geringeren Leitungsdurchschnitt. Ausgehend von jenen neuen Entwicklungsschwerpunkten wird es notwendig sein, dass Entwickler von Aggregaten und Kabelsatzlieferanten in Zukunft wohl noch verzahnter werden zusammenarbeiten müssen.



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.springerprofessional.de/ATZ



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
springervieweg-service@springer.com

Validierung des Energiemanagements ohne entsprechende Hardware- Komponenten?

Der Einsatz von Simulationsmodellen
macht es möglich!

Die Modellierung des Energiemanagements ermöglicht die frühzeitige Absicherung des Zusammenwirkens von Energiespeicher, Antriebseinheiten sowie der Leistungselektronik. Durch den Einsatz von Verhaltens-, Physikalischen- und Kommunikationsmodellen ersetzen wir fehlende Hardware-Komponenten und reduzieren sicherheitskritische Realtests am HV-Bordnetz.

ITK Engineering AG – Ihr Entwicklungspartner seit
20 Jahren.



www.itk-engineering.de

