

Links

www.pe.mw.tum.de/forschung/projekte/leiko
www.utg.mw.tum.de
www.hsa.ei.tum.de

Ein Universalwerkstoff erobert die (Kabel-)Seelen

Ein interdisziplinäres Team aus TUM Forschern und Industrie entwickelt eine Aluminium-Steckverbindung für die Hochvolt-Bordnetze künftiger Elektroautos

Gäbe es einen Preis für den erfolgreichsten Stoff auf der Welt, müsste er an Aluminium vergeben werden: Es ist das dritthäufigste Element nach Sauerstoff und Silizium und das häufigste Metall in der Erdkruste noch vor Eisen und weit vor Kupfer. Außerdem kommt Aluminium als Spurenelement sowohl in menschlichen als auch in pflanzlichen Zellen vor und ist ebenso Bestandteil von Trinkwasser.

Längst hat sich das silberweiße Metall zum Lieblingswerkstoff von Designern, Architekten und Konstrukteuren entwickelt. Warum das so ist? Es ist leicht, korrosionsbeständig, lässt sich gut verarbeiten und sieht auch noch edel aus. Vor allem die Baubranche, der

Maschinenbau und die Verpackungsindustrie setzen auf Aluminiumprodukte. Doch der höchste Marktanteil entfällt nach Angaben des Gesamtverbands der Aluminiumindustrie (GDA) mit 44 Prozent auf den Verkehrssektor. Kein Wunder, denn angesichts knapper Ressourcen und steigender Ansprüche an den Umweltschutz ist Leichtbau gefragt. Ob es um die Innenausstattung, Karosserien oder die Rohbauten moderner Züge, Flugzeuge, Autos oder Nutzfahrzeuge geht oder deren Innenleben mit Motorblöcken oder Zylinderköpfen, überall ist der Werkstoff verbaut.

Eigentlich ist das Leichtgewicht im Motorraum schon weit vorgedrungen. Trotzdem ist sein Potenzial noch



Das eKart ist ein studentisches Projekt am Lehrstuhl für Produktentwicklung zum Bau eines vollständig elektrifizierten Gokarts. Das Fahrzeug dient als Demonstratorobjekt und Entwicklungsplattform für die verschiedenen Module – darunter auch das Hochvoltbordnetz

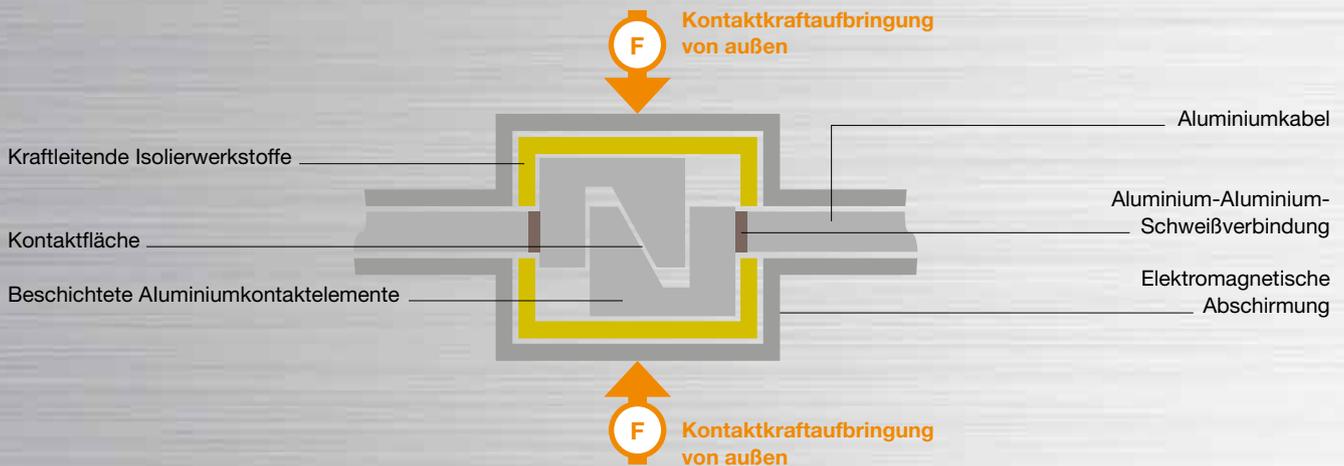
nicht ausgereizt. Allein bei Automobilen ließen sich laut GDA bei konsequentem Einsatz von Aluminium aufgrund des geringeren Gewichts mehr als 1,3 Liter Kraftstoff auf 100 Kilometer sparen. Nun da Elektrofahrzeuge auf dem Vormarsch sind, kommt es auf jedes Gramm an, denn je leichter ein E-Mobil ist, desto größer die Reichweite.

Hohe elektrische Spannungen

Eine weitere Aufgabe für die Konstrukteure besteht darin, die erforderlichen hohen elektrischen Spannungen zur Verfügung zu stellen und zu beherrschen. Bei Autos mit Verbrennungsmotor reicht das gängige

Bordnetz mit seinen 12 Volt aus. Aber Hybrid- bzw. Elektrofahrzeuge benötigen zusätzlich ein Hochvoltbordnetz. So treten bei Hybridfahrzeugen Spannungen von 100 Volt auf, bei Nutzfahrzeugen sogar bis zu 1000 Volt. Diese hohen Spannungen sind notwendig, um den Elektromotor und Nebenaggregate wie Klimakompressor, elektrische Lenkung oder Heizung ausreichend mit Strom zu versorgen.

Für die Versorgungsleitungen zwischen Hochvoltbatterie, Leistungselektronik und Elektromotor setzen die Entwickler bislang Kupferkabel ein. Doch Kupfer ist teuer und schwer, eine preiswertere und auch leichtere Alternative wäre Aluminium. Des- ▶



Das Schaubild zeigt den Aufbau des Steckers mit den ineinandergreifenden Kontaktstellen aus Aluminium. Ein Stahlblechkäfig, aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit ohnehin notwendig, übernimmt die mechanische Stabilisierung des Steckers

halb beschäftigen sich die Ingenieure damit, das verzweigte Elektrobordnetz zu optimieren und das Kupfer in der Kabelseele durch Aluminium zu ersetzen. Letzteres weist eine um zwei Drittel geringere Dichte im Vergleich zu Kupfer auf, allerdings ist auch seine Leitfähigkeit um 40 Prozent geringer. Deshalb müssen Aluminiumleiter (bei gleichem elektrischem Widerstand) einen rund 67 Prozent höheren Querschnitt aufweisen. Das bedeutet auch, dass mehr Bauraum dafür eingeplant werden muss.

Während beim üblichen Bordnetz standardisierte und geprüfte Komponenten vorhanden sind, müssen die Entwickler beim Hochvoltnetz praktisch von vorn anfangen, einheitliche Standards existieren nicht. Eine der größten Hürden für den Einsatz des Leichtmetalls liegt in der Verbindungstechnik beziehungsweise den elektrischen Kontakten. Aluminium bildet an der Luft eine Oxidationsschicht, eigentlich ein Vorteil, da diese den Werkstoff vor Korrosion schützt. Der Nachteil dabei ist, dass an den Kontaktstellen der Übergangswiderstand sehr hoch ist – ein Ausschlusskriterium für elektrische Verbindungen. Zudem neigt Aluminium dazu, bei höheren Temperaturen zu „kriechen“, also sich wie ein Kuchenteig zu verformen, mit der Folge, dass die Kontaktierung locker wird und der Verbindungswiderstand zunimmt.

Kabelstecker mit Aluminiumkontakten

Diese Probleme lassen sich lösen, das beweisen TUM Forscher, die im Gemeinschaftsprojekt LEIKO mit Partnern aus der Industrie ein innovatives Kontaktierungs-konzept auf Basis von Aluminium entwickelt haben. Dabei handelt es sich um einen Kabelstecker, dessen keilförmige Kontaktstellen wie Haken ineinandergreifen. Damit die Verbindung hält, befindet sich auf der Oberseite des Steckers eine Blattfeder. „Nicht nur, dass wir mit der Blattfeder eine ausreichende Kontaktkraft sichern. Das Kriechverhalten von Aluminium ist sogar sehr vorteilhaft, denn im Laufe der Zeit schmiegen sich die Kontakte weiter an. Dadurch wird die elektrische Verbindung noch besser“, erläutert Prof. Hartmut Hoffmann, dessen Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen an LEIKO beteiligt ist.

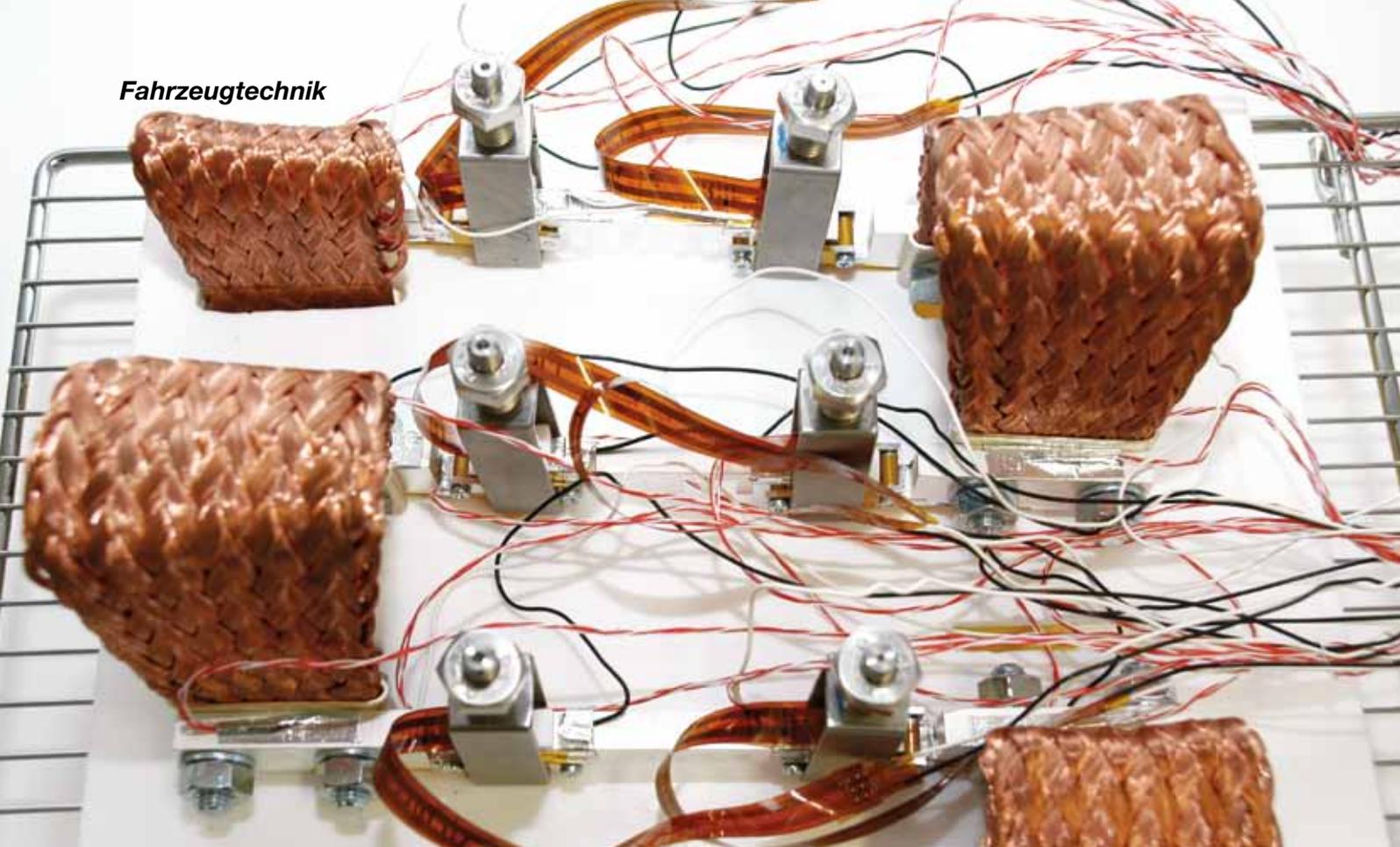
Damit die Kontaktstellen nicht korrodieren, beschichten die Wissenschaftler den Aluminiumwerkstoff mit edleren Metallen. Eine Hülle aus Kunststoff sorgt für den notwendigen Berührschutz. „Dieser verhindert, dass der Fahrer einen Stromschlag abbekommt, falls er sich unter der Motorhaube zu schaffen macht“, erklärt Prof. Udo Lindemann. Sein Lehrstuhl für Produktentwicklung ist für das Konzept des Kabelsteckers verantwortlich. Eine dritte Umhüllung bildet ein Stahlblechkäfig, der aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit ►



Die keilförmigen Kontaktstellen greifen wie Haken ineinander. Besonderes Augenmerk legen die Forscher auf die Verbindung zwischen Aluminiumkabel und Kontaktelement. Um sicheren Halt zu gewährleisten, wenden sie unter anderem Ultraschall-Schweißverfahren an

Zu Demonstrationszwecken an der Batterie des eKart hat der Stecker hier ein Gehäuse aus Plexiglas. So sind die Kontaktteile von außen sichtbar, aber geschützt





In diesem Versuchsaufbau werden die Kontaktelemente Langzeittests unterworfen. Dazu werden sie im Wärmeofen Temperaturen von bis zu 140 Grad ausgesetzt. So überprüfen die Wissenschaftler die elektrische Leitfähigkeit und Alterungseffekte

Das Elektroauto MUTE

Die TUM geht neue Wege: 20 Lehrstühle haben sich zusammengeschlossen, um das Elektromobil MUTE zu entwickeln. Es soll bezahlbar und für die Massenproduktion geeignet sein. Derzeit arbeiten zahlreiche Forscher am Wissenschaftszentrum Elektromobilität an einem serienreifen Prototyp. Die größte Herausforderung stellt die im Vergleich zu Benzin wesentlich geringere Energiedichte elektrischer Energiespeicher dar. Abgesehen davon ist bei Elektrofahrzeugen der Akkumulator der größte Kostenfaktor. Bei MUTE will man das Gesamtfahrzeuggewicht reduzieren und damit die Kosten bei gleichbleibender Reichweite. Mehr zum Thema Elektromobilität lesen Sie im Artikel „Neue Speicher braucht das Land“ ab S. 26 in dieser Faszination Forschung.

notwendig ist. Gleichzeitig stabilisiert er den Stecker und hält die Kontaktkraftfeder an ihrem Platz. Wie stabil sind sie und vor allem: Ab wann altern die beschichteten Aluminiumkontakte? Das wollen die LEIKO-Partner mit Langzeittests herausfinden. Der Stecker muss unter Bedingungen bestehen, wie sie im normalen Fahrbetrieb herrschen. Deshalb haben die TUM Forscher im Keller des Lehrstuhls für Hochspannungs- und Anlagentechnik in der Münchner Theresienstraße einen

entsprechenden Versuchsstand aufgebaut: Das neue Kontaktelement steckt in einem herdgroßen Ofen, der auf 140 Grad Celsius aufgeheizt wird. Mehr als 100 angeschlossene Sensoren geben unter anderem Aufschluss darüber, wie sich der elektrische Verbindungs-widerstand, die Kraft und die Temperatur entwickeln und welche Alterungseffekte möglicherweise auftreten. Die Hitzeprüfung wird einige Monate dauern, danach folgen weitere Tests in der Salznebelkammer, um die korrosive Beanspruchung bei winterlichen Straßenbedingungen nachzubilden. „Uns geht es darum, die Wirkung grundlegender Alterungsmechanismen auf Aluminiumverbindungen, wie sie im Fahrbetrieb auftreten, zu bewerten“, sagt der Leiter des Lehrstuhls für Hochspannungs- und Anlagentechnik Prof. Josef Kindersberger. Die LEIKO-Partner versprechen sich durch die Materialsubstitution erhebliche Gewichtsvorteile, was letztlich in Kosteneinsparungen und verringerte Kohlendioxid-Emissionen münden soll. Wenn alle Experimente klappen, können Interessierte und Fachwelt die neuen Alustecker auf der Internationalen Automobil-Ausstellung in Frankfurt (15. – 25. September 2011) bewundern. Sie werden Teil des Hochvoltbordnetzes von MUTE sein, dem neuen Elektroauto-Konzept der Technischen Universität München für urbane und ländliche Regionen.

Evdoxia Tsakiridou