

**Kunststoffkonzepte.** Technische Kunststoffe müssen heute bekanntermaßen vor allem in den Feldern Gewichtsreduktion, Leistungsfähigkeit und Sicherheit ihre Aufgaben erfüllen. Genau das sind auch zentrale Anforderungen, die bei der Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben von Bedeutung sind, denn die Hauptprobleme der ersten batteriebetriebenen Automobile – der Elektrofahrzeuge – sind die geringe Reichweite und das hohe Gewicht der Batterien sowie die erhöhten Sicherheitsanforderungen im Betrieb. Zu diesen Aspekten können vor allem neue anspruchsvolle technische Kunststoffe ihren Beitrag leisten.



Thermoplastische Polyurethane (TPU) eignen sich für die Ummantelung der Ladekabel von Elektrofahrzeugen (Foto: Gettyimages/BASF)

# Das Elektroauto: Leichtbau und mehr

**CLAUS DALLNER  
VOLKER ZEIHNER**

**W**ährend der Leichtbau als bekanntes Konzept das gesamte Fahrzeug mit allen seinen Komponenten umfasst (**Bild 1**), ist die Batterie samt ihrer Peripherie ein ganz neuartiges Teilstück des Autos und hält eine Vielzahl von neuen Herausforderungen bereit: Nicht nur bezüglich ihrer elektrochemi-

schen Funktionsfähigkeit, sondern auch in Sachen Rahmen, Gehäuse, Stecker, Kabel und Integration ins Fahrzeug. Aufgrund dieser zahlreichen Entwicklungsfelder und der z. T. noch ungelösten Aufgaben wird sich das Elektroauto im Markt nur schrittweise durchsetzen.

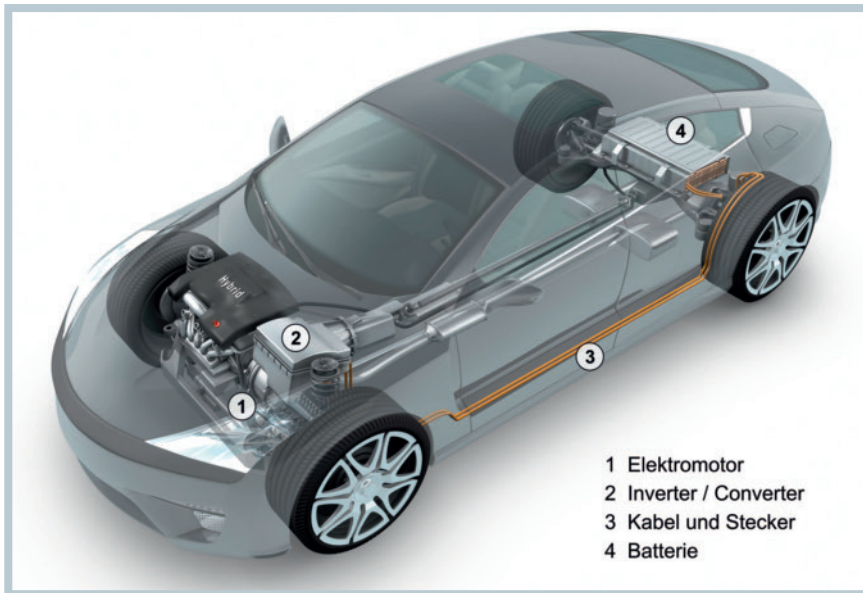
Eine der größten Herausforderungen für das reine Elektrofahrzeug ist die bisher unzureichende Energiedichte der Batterie im Vergleich zu konventionellen Energieträgern. Daraus resultieren eingeschränkte Reichweite und hohes Gewicht. Über sogenannte Range Extender kann

die begrenzte Reichweite – zurzeit etwa 150 km – der rein batterieelektrisch betriebenen Fahrzeuge deutlich gesteigert werden, wobei der Range Extender, z. B.

## **i** Kontakt

**BASF SE**  
Fachpressestelle Kunststoffe  
D-67056 Ludwigshafen  
TEL +49 621 60-43348  
→ [www.plasticsportal.eu](http://www.plasticsportal.eu)

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110712



**Bild 1. Ob Elektrofahrzeug oder Hybridauto: Das Innenleben wird sich deutlich vom konventionellen Pkw mit Ottomotor unterscheiden** (Foto: BASF)

eine Brennstoffzelle, die Funktion eines Generators zur Stromerzeugung übernimmt.

Den ersten Schritt zu elektrisch betriebenen Fahrzeugen stellen heute aber vor allem hybride Antriebskonzepte dar: Nach Analysen von JD Power wächst der Marktanteil der Hybridfahrzeuge mit 20 % pro Jahr, in den nächsten Jahren jedoch noch von einem sehr niedrigen Niveau aus.

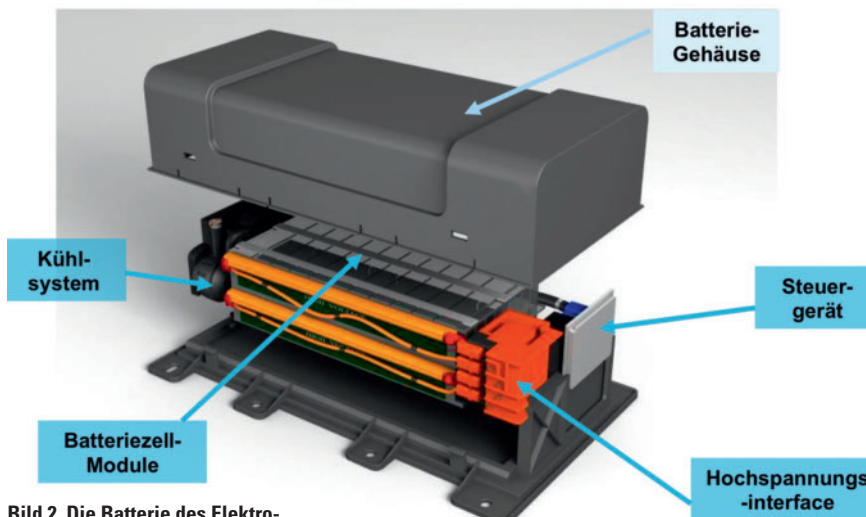
### Die Batterie: Elektrochemie und Leichtbau

Um gemeinsam neuartige Produkte und Lösungen für die Elektromobilität zu er-

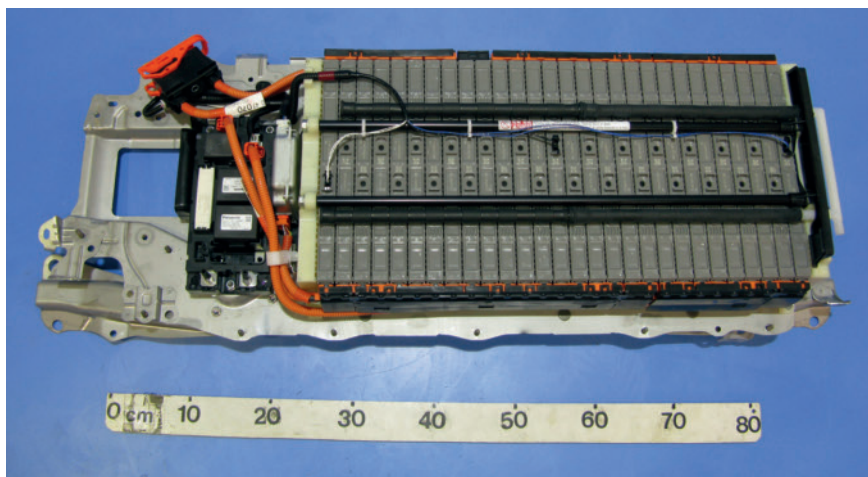
arbeiten, kooperiert die BASF eng mit Kunden und Partnern: Einerseits engagieren sich die Elektrochemiker zurzeit intensiv im branchenübergreifenden Projekt HE-Lion an einer Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Batterie, um Energiedichte und Sicherheit zu erhöhen sowie die Ladezeit zu verringern. In diesem Zusammenhang arbeitet das Unternehmen auch an neuen Metalloxiden für die Kathode der Lithium-Ionen-Batterie, die ab 2012 in einer Neuanlage in den USA im Industriemaßstab gefertigt werden. Darüber hinaus wurde im August 2010 das akademische Forschungsnetzwerk Elektrochemie und Batterie ins Leben gerufen: Zusammen mit Experten von →

Lösung existiert

Lösung in Entwicklung



**Bild 2. Die Batterie des Elektrofahrzeugs umfasst Module mit den verschiedensten, neuartigen Anforderungen** (Foto: BASF)



**Bild 3.** Beim Batteriezellstapel stehen Hydrolysestabilität, Kühlmittelresistenz, halogenfreier Flamm-schutz und möglichst geringes Gewicht im Vordergrund (Foto: Mavel/Autobench)

Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland, der Schweiz und Israel bemühen sich die Forscher der BASF um innovative Konzepte wie die Lithium-Schwefel- und die Lithium-Luft-Batterie.

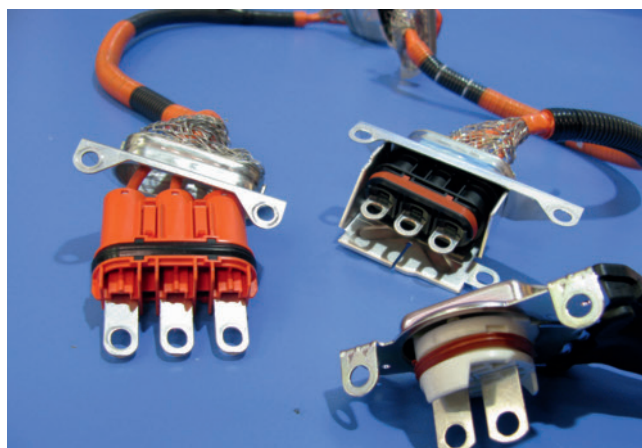
Auf der anderen Seite müssen aber ebenso Gehäuse, periphere Funktionen und Verbindungselemente der Batterie so leicht wie möglich sein, um ihre Effizienz durch Gewichtsreduktion zu erhöhen. Aktuell beträgt das Zusatzgewicht, das eine Batterie ins Fahrzeug einbringt, je nach Modell und Konzept zwischen 150 und 450 kg. Durch den Einsatz von Kunststoffen verringert sich nicht nur das Gewicht der Batterie, sondern des gesamten Fahrzeugs: Die Leichtbauentwicklungen der letzten Jahrzehnte müssen also in das Elektrofahrzeug hinein fortgesetzt werden.

Über die elektrochemischen Entwicklungen im Batterieinnern hinaus hängt die Realisierbarkeit des Serien-Elektro- oder -Hybridfahrzeugs davon ab, wie die Batterie und die zugeordneten Module

sicher und effizient in das Fahrzeugensemble integriert werden können. Beispielsweise müssen die Kunststoffe, die in direktem Kontakt mit der Batterie stehen, für den Fall eines Flüssigkeitsaustritts beständig gegen die aggressiven Elektrolyte und ihre Zersetzungsprodukte sein. Und obwohl die Betriebstemperaturen der Batterie niedrig sind, können im Fehlerfall trotzdem schlagartig hohe Temperaturen, Ströme und Funken entstehen. Daher werden beträchtliche Anforderungen an Brandsicherheit, Temperaturbeständigkeit und Kriechstromfestigkeit gestellt.

### Gewicht, Leistung, Sicherheit: Module und Anforderungen

Das Herz der Batterie ist der Stapel aus einzelnen Batteriezellen. Daneben besteht der Stromspeicher des Elektrofahrzeugs aus den Komponenten Ladesystem, Kühlsystem, Gehäuse/Abdeckung, Steuerung



**Bild 4.** Abdichtendes Metall-Umspritzen, Verzugsarmut, gutes Fließvermögen und hoher Flamm-schutz sind die Kernthemen bei Kabeln und Steckern des Elektro- oder Hybridfahrzeugs (Foto: Mavel/Autobench)

Anfor-derungen	Flamm-schutz	Chemische Beständig-keit	Dimen-sionsstabi-lität/ geringer Verzug	Dicht-heit	Temperatur-beständig-keit	Design-freiheit	Kriech-beständig-keit	Farbstabi-lität/Ein-färbbarkeit	Crash-Resistenz	Elektrische Isolierung/ Durch-schlag-festigkeit	Elektro-magnetische Ab-schirmung
<b>Bauteile</b>											
Batteriezell-Module	x	x	x		x	x	x		x	x	
Batterie-Gehäuse	x	x		x	x	x			x	x	x
Ladesystem	x						x	x	x	x	x
Hochspan-nungssteck-verbinder	x		x				x	x		x	x
Dichte mechatro-nische Kom-ponenten		x	x	x						x	
Kühl-Aggregate		x	x			x			x		

**Tabelle 1.** Anforderungen an Materialien für Komponenten von Lithium-Ionen-Hochspannungsbatterien



Handelsname BASF-Kunststoff	Material	Flammschutz		Dimensions- stabilität	Hydrolyse- beständigkeit	Festigkeit/Steifig- keit/Temperatur- beständigkeit
		UL 94	halogenfrei			
Ultramid A3X2G5 bis G10	PA66, 25–50 % GF	V0	x	—	x	x
Ultramid C3U	PA66/6	V0	x	—	x	x
Ultradur B4406G6	PBT, 30 % GF	V0	—	x	—	x
Ultradur FRee B4450G5	PBT, 25 % GF, hell einfärbbar	V0	x	x	—	x
Ultradur B4330G6 HR	PBT, 30 % GF, hydrolyse-resistent	HB	x	x	x	x
Ultrason E 2010G6	PESU, 30 % GF	V0	x	x	x	x

**Tabelle 2.** Einige beispielhafte BASF-Materialien, die über die Basis-Eigenschaften für Batteriekomponenten verfügen

und Hochspannungsverbindingssystem (Bild 2).

Beim Batteriezellstapel (engl.: battery pack, Bild 3) sind nicht nur die naheliegenden Kriterien Gewicht, halogenfreier Flammschutz bis zur Brandklasse UL94-V0 und Resistenz gegen hohe Temperatur, Wasser und Kühlmittel von besonderer Bedeutung. Auch auf Verzugsfreiheit der Bauteile, gute Dichtheit und Kriechfestigkeit wird Wert gelegt. Beim Ladesystem hingegen kommen zur Forderung nach Flammbeständigkeit Schlagfestigkeit und dauerhafte elektrische Isolierfähigkeit hinzu sowie Kriechstromfestigkeit und das Abschirmverhalten von Kabeln und Steckern. Bei Lade- ebenso wie bei Hochspannungsverbindingssystemen ist die Farbstabilität des eingefärbten Kunststoffs wichtig, denn gerade in dem sensiblen Bereich hoher Spannungen ist die Farbkodierung der einzelnen Steckverbinder, Leitungen und Kabel relevant (Bild 4).

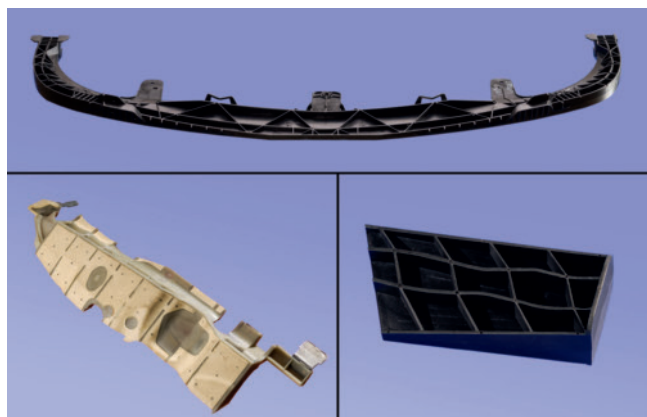
Die thermisch belasteten Teile der Batterie, die gekühlt werden müssen, verlangen neben Kühlmittelresistenz und Dimensionsstabilität eine möglichst freie Formgebung – eine Eigenschaft, die thermoplastische Kunststoffe bekanntlich von Haus aus mitbringen. Crash-Resistenz, d. h. hohe mechanische Leistungsfähigkeit, die nahe an die eines Metalls herankommt, ist für fast alle diese Bauteile eine notwendige Bedingung: Gerade rund um die Batterie herrschen Sicherheitsanforderungen, die oft nur von crash-optimierten Kunststoffen und Bauteilen erfüllt werden können.

Dieses komplexe System aus Eigenschaftskombinationen für die verschiedenen Module, die weit über klassische Forderungen nach Hitze- und Chemikalienbeständigkeit, Flammschutz und Dimensionsstabilität hinaus gehen, ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Um dem Elektroauto eine möglichst problemlose Markteinführung zu ermöglichen, ist es unbedingt

notwendig, dass dieses gesamte Eigenschaftsspektrum im Blick bleibt und zur Richtschnur für die Bauteilgestaltung wird. Ziel der BASF als global aktiver Kunststoffhersteller ist es daher, mit maßgeschneiderten Kunststoffen die Realisierung großserientauglicher Systeme zu ermöglichen. Dazu lassen sich einerseits bereits im Portfolio vorhandene Spezialkunststoffe verwenden. Ganz ohne neu zu entwickelnde spezielle Materialvarianten wird es jedoch nicht gehen. In jedem Fall müssen Kunststoffhersteller, OEM und die anderen Partner entlang der Wertschöpfungskette entschieden und in engem Schulterschluss handeln, um neue Bauteilkonzepte zu erarbeiten, damit das Elektrofahrzeug seinen breiten Markteintritt zügig schafft.

### Geeignete Kunststoffe

In Tabelle 2 sind einige technische Kunststoffe der BASF den geforderten Eigen- →



**Bild 5.** Bei Opel sind inzwischen zahlreiche neue Modelle für den Fußgänger-Schutz mit dem Lower Bumper Stiffener (oben; Werkstoff Ultramid B3WG6 CR) ausgerüstet worden. Ebenso wie bei Crash-Absorbern (rechts; Werkstoff: langglasfaserverstärktes Ultramid Structure LF) und Hybridbauteilen wie dem Struktureinleger im Peugeot 308 (links; Werkstoff: Ultramid A3WG10 CR) handelt es sich hier um crash-optimierte leichte Kunststoff-Karosseriebauteile (Foto: BASF)



**Bild 6.** Im Fall der neuen Opel-Motorlager (links unten) ebenso wie bei der Pendelstütze im Porsche (rechts) oder dem Getriebequerträger bei BMW (oben) konnten innerhalb der letzten zwei Jahre hochanspruchsvolle Metallbauteile aus dem Motor- und Getriebebereich durch ebenso leistungsfähige, aber deutlich leichtere Bauteile aus speziellen Polyamiden ersetzt werden (Foto: BASF)

schaftsprofilen zugeordnet. Hier ragen beispielsweise die neuen Ultradur-B4330-HR-Typen (PBT) für Anwendungen mit hohen Hydrolyse- und Korrosionsanforderungen heraus. Flammgeschütztes Ultradur ist grundsätzlich für Stecker interessant. Der Hochtemperaturkunststoff Ultrason (PESU) bietet sich für Module an, die bei vielen Eigenschaften gleichzeitig hohe Leistung vom Material verlangen.

Zu den neuen Produktentwicklungen der BASF des Jahres 2010 gehören in diesem Zusammenhang die sehr chemikalienbeständigen PA610-Typen Ultramid Balance, die bei Sensoren und E&E-Komponenten rund um die Batterie ihre Vorteile ausspielen. Und solange der Verbrennungsmotor im Fahrzeug bleibt, werden die Temperaturen durch Turboaufladung weiter steigen, sodass hier das neue Ultramid Endure mit einer Dauergebrauchstemperatur von 220°C seinen Beitrag leistet.

Auch das neue Ultramid Structure, das mechanisch besonders belastbare langglasfaserverstärkte Polyamid mit seiner hohen Dimensions- und Temperaturstabilität, deckt die neuen Anforderungsprofile ab. So kann es in crash-relevanten Bauteilen wie den Batteriegehäusen oder -aufhängungen zum Einsatz kommen. Gerade bei crash-belasteten Bauteilen ist die Abstimmung geeigneter CAE-Methoden wie Ultrasim auf die Materialien unverzichtbar: Punktgenaue virtuelle Auslegung in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses ist die Voraussetzung dafür, dass die hohen Crash-Anforderungen überhaupt erfüllt werden können, ohne dabei Gewicht und Kosten aus den Augen zu verlieren.

Zum Abdichten von Steckerkontakten vor dem Umspritzen mit dem Gehäusewerkstoff eignet sich Ultramid Seal Fit. Bei manchen Steckverbindern und Steckern ist nicht nur Flammenschutz wichtig, sondern auch die Möglichkeit, Kabel und Stecker farblich zu unterscheiden, sodass es sich mit genormten, meist hellen, Farbcodes arbeiten lässt. Unter anderem für diese Anwendung stellte die BASF im Jahr 2010 die neuen Ultramid- und Ultradur-FRee-Typen vor, die nicht nur ha-



**Bild 7. Ein Kunststoffsitz ist deutlich leichter als seine konventionellen Vorgänger. Oben: Der Vordersitz des Opel Insignia OPC ohne Stahlrahmen mit Sitzschale, Lehnenschale und Quertraverse besteht aus zwei PA-Versionen (Ultramid B3ZG8/Ultramid B3G10 SI) sowie aus Polypropylen-Schaumstoff (EPP: Neopolen). Unten: Werkstoff des von Faurecia und BASF entwickelten Sitz-Prototyps ist das eigens für diese Anwendung optimierte neue Ultramid CompoSIT (Foto: BASF/Faurecia)**

logenfrem flammgeschützt, sondern darüber hinaus in hellen Tönen einfärbbar sind.

### Leichtbau bleibt ein Thema

Der klassische Leichtbau außerhalb der Batterie ist das zweite große Feld, das sich mit den Produktneuerungen bedienen lässt. Ansaugrohre, Zylinderkopfhauben und Ölwannen aus Kunststoff sind inzwischen Stand der Technik. Ebenso lassen sich aber Sicherheitsbauteile wie Lower Bumper Stiffer und Crash-Absorber (Bild 5) sowie hoch belastete Strukturbau- teile – Motorlager, Pendelstützen und Getriebequerträger (Bild 6) –, die bisher aus Metall bestanden, in Zukunft aus dem Leichtbauwerkstoff Kunststoff herstellen. Die Gewichtsreduktion pro Bauteil liegt bei bis zu 50 %. Und auch da geht nichts mehr ohne CAE.

Beim Autositz verbinden sich die Aspekte Komfort, Sicherheit, Gewicht und Kosten, sodass der Kunststoff als Leichtbauwerkstoff hier all seine Vorteile zugleich einbringen kann. Der neue Seriensitz im Opel Insignia OPC ebenso wie der Prototyp von Faurecia (Bild 7) zeigen, dass sich bei Sitzen ohne Sicherheitseinbußen fast vollständig auf Metall und damit auf viel Gewicht verzichten lässt. Zum Einsatz kommen Spezialpolyamide, die sich durch hohe Energieaufnahme bzw. hohe Bruchdehnung auszeichnen oder Bestandteil innovativer Hybridstrukturen aus umspritzten Endlosfaser-Verbundbauteilen sind.

### Ausblick: Kooperation, Normung, politische Rahmenbedingungen

Hybrid- und Elektrofahrzeuge sind inzwischen in aller Munde. Konzepte sind vorhanden; die Notwendigkeit, Mobilität langfristig auch auf nicht-fossile Energieformen umzustellen und Emissionen zu reduzieren, ist erkannt. Die Umsetzung in die Großserie lässt – von wenigen Ausnahmen abge-

sehen – noch auf sich warten, denn einige Entwicklungen finden im Verborgenen statt. Das ist verständlich, geht es doch um individuelles, hochinnovatives Know-how, das geschützt werden will. Aber es erschwert dem breiten Spektrum möglicher Kooperationspartner, ihre Kenntnisse und Angebote in einem frühen Stadium zusammenzuführen.

Seit 2009 gibt es jedoch verschiedene Initiativen, die das Elektrofahrzeug vorantreiben sollen, zum Beispiel den Strategiekreis Elektromobilität eNova, eine Allianz relevanter Industrieunternehmen aus den Schlüsselbranchen Automobil, Batterie, Halbleiter und Kunststoff. Die Bundesregierung unterstützt über die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), in der sich die BASF ebenfalls engagiert, die Entwicklung alternativer Fahrzeugkonzepte und schafft politische Rahmenbedingungen.



## eNova

Der Strategiekreis eNova ist eine Allianz relevanter Industrieunternehmen aus den Schlüsselbranchen Automobil, Batterien, Halbleiterkomponenten und Materialien für den Leichtbau. Zu den Unternehmen gehören Audi, BMW Group, Daimler, Porsche, Bosch, Continental, Hella, ZF, li-Tec, Infineon, Elmos, BASF, Siemens und ThyssenKrupp.

Das Ziel des Zusammenschlusses besteht in der Gründung und Etablierung einer Plattform zur Unterstützung der deutschen Automobilindustrie auf dem Weg zur internationalen Führungsposition im Bereich der Elektromobilität.

Der internationale Wettbewerbsdruck ist enorm, bestehende Weltmarktpositionen werden in Frage gestellt. Die deutsche und die europäische Industrie müssen ge-

meinsam mit Politik, Wissenschaft und Gesellschaft schnell agieren, um den Anschluss an Asien und Amerika nicht zu verpassen, denn dort fließen von Seiten der Regierungen hohe Summen in dieses Arbeitsgebiet.

Auch verbindliche Normen und Standards sind von großer Bedeutung für die Zukunft von Elektrofahrzeugen, denn nur mit feststehenden Normen lassen sich neue Produktentwicklungen mit der ausreichenden Sicherheit anstoßen.

Nur in enger Zusammenarbeit können alle Mitglieder der Wertschöpfungskette gemeinsam die neuen Herausforderungen bewältigen und dazu beitragen, dass mit dem Elektroauto ein wichtiger Hebel für den Einsatz nicht-fossiler Energiequellen im Bereich Mobilität umgelegt wird. ■

### DIE AUTOREN

DR. CLAUD DALLNER ist im Segment Management Automobil der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE, Ludwigshafen, tätig.

VOLKER ZEIHNER ist im Segment Business Development Industries der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE, Ludwigshafen, tätig.

### SUMMARY

#### **ELECTRIC CARS: LIGHTWEIGHT CONSTRUCTION AND MORE**

PLASTIC CONCEPTS. It is well known that engineering plastics today have vital functions to fulfill, especially in the areas of weight reduction, performance and safety. These are precisely the requirements that are important in the development of vehicles with alternative drive systems, because the main problems with the first battery-powered cars – electric cars – are the short range and high weight of the batteries and higher safety requirements in operation. New sophisticated engineering plastics can make a valuable contribution to these aspects.

*Read the complete article in our magazine*

**Kunststoffe international** and on

**[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)**