

Die Doppelkupp-  
lungsgetriebesteue-  
rung von Continental  
besteht aus einem  
besonders gegen  
heiße und aggressive  
Getriebeöle beständi-  
gen Polyamid 66

# Immer mehr Strom – und Kunststoff

**Aktuelle Trends.** In der Automobil-Elektrotechnik und -Elektronik steigt das Interesse an mechatronischen Bauteilen. Gleichzeitig schrumpft der Bauraum weiter, und das Bauteilgewicht soll so gering wie möglich sein. Daraus resultieren der Wunsch nach noch geringerer Wanddicke bei Steckern und Sensoren ebenso wie die steigenden Anforderungen an bestimmte Materialeigenschaften. Als dafür geeignete Werkstoffe kommen in erster Linie technische Kunststoffe wie speziell entwickelte Polyamide und Polybutylenterephthalate in Betracht.

## REINHARD STRANSKY U. A.

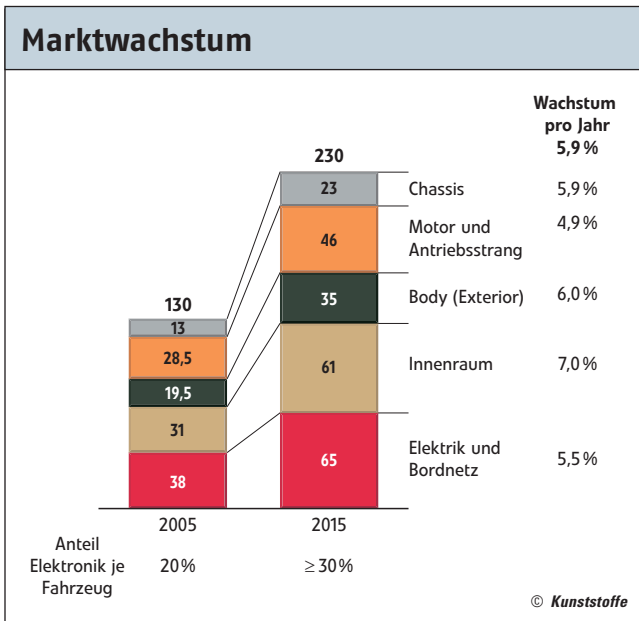
**A**uch wenn die Wachstumskurve für den Automobilmarkt als Ganzes durch die aktuelle Krise einen deutlichen Knick erleidet, so ist die Erwartung doch, dass die Elektronik pro Fahrzeug mengenmäßig weiter zunimmt: Nach einer Studie von Mercer Management Consulting von 2006 wird der Markt für Autoelektrik und -elektronik jährlich um fast 6 % wachsen (Bild 1). Roland Berger ist zusammen mit der BASF 2007 zu ähn-

lichen Ergebnissen gekommen: Nach ihrer Studie beträgt der für das Jahr 2015 vorhergesagte Elektro/Elektronik-Anteil etwa 30 % des Fahrzeugwerts und verteilt sich zu einem Drittel auf Elektrik und zu zwei Dritteln auf Elektronik. Auch in dem wachsenden Segment der Kleinwagen wird die Elektronik zunehmen, vor allem, wenn sie für mehr Sicherheit sorgt. Die meisten Innovationen am Fahrzeug basieren heute auf elektronischer Steuerung – der Kabelbaum ist inzwischen fast das größte Einzelbauteil im Auto. Neben In-sassensicherheit und Komfort sind natürlich ebenso Reduktion von Kraftstoffverbrauch und Emissionen zentrale The-

men. Dabei ist die Zuverlässigkeit der Komponenten von besonderer Bedeutung. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird Kunststoff als Werkstoff immer wichtiger. Der Vorteil liegt in seinem geringem Gewicht gepaart mit der hohen Integrationsfähigkeit und Gestaltungsfreiheit. Daher wächst der Anteil an Kunststoffbauteilen in Elektrik und Elektronik stärker als in anderen Bereichen des Fahrzeugs.

Während in den Sechzigerjahren ein Fahrzeug zwar Elektrik, aber kaum Elektronik enthielt, kommt ein Oberklassefahrzeug von heute auf bis zu 70 elektronische Steuerungseinheiten. Nach Anga-

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110133



**Bild 1. Der Weltmarkt für Automobilelektrik und -elektronik wächst um fast 6 % (Angaben in Mrd. EUR)** (Quelle: Mercer Management Consulting, 2006)

ben von Bosch ist beispielsweise die Ausrüstung mit dem Schleuderschutz ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Insbesondere im NAFTA-Raum hat der Anteil der Neufahrzeuge mit diesem aktiven Sicherheitssystem stark zugenommen und den Anteil in Europa mittlerweile überholt. Die künftigen Wachstumsraten sind weiterhin hoch, da ESP ab dem Modelljahr 2012 in den USA zur Pflichtausrüstung für Neuwagen gehören wird. Inzwischen hat Europa von der gesetzgeberischen Seite nachgezogen und kündigt die Pflichtausrüstung für Neuwagen ab 2015 an, für neue Modelle bereits ab 2012. Auch für Asien wird dem ESP ein hohes Wachstum vorhergesagt. Bild 2 nennt viele weitere Geräte und Einheiten rund um die Fahrzeugelektronik,

die nicht ohne Kunststoff auskommen. Die Bauteile lassen sich den Bereichen elektronische Steuerungen und Aktoren (wie zum Beispiel Relais und Motoren), Steckverbinder, Sensoren sowie der Lichttechnik zuordnen.

Zu den aktuellen Trends bei Elektro/Elektronik im Automobil gehört das steigende Interesse an mechatronischen Bauteilen. Gleichzeitig schrumpft der Bauraum weiter und das Bauteilgewicht soll so gering wie möglich sein. Das erklärt den Wunsch nach noch geringerer Wanddicke bei Steckern und Sensoren ebenso wie die steigenden Anforderungen an bestimmte Materialeigenschaften. Zu diesen Eigenschaften gehören die Hydrolysebeständigkeit und die Laserschweißbarkeit von Kunststoffen. Dazu kommt der Ruf nach Werkstofftypen, die wider-

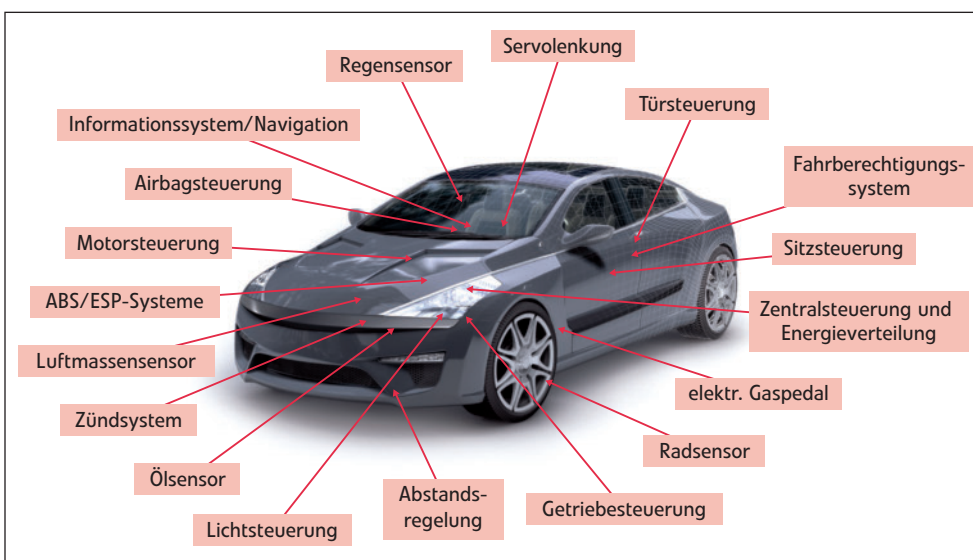
standsfähig gegen Kalziumchlorid und Biokraftstoffe sind und eine hohe Zahl an Thermoschockzyklen verkraften. In erster Linie sind hier die Materialgattungen Polyamid (PA) und Polybutylenterephthalat (PBT) zu finden.

Im Folgenden soll gezeigt werden, mit welchen neuen Produkten und Anwendungen aus ihrem Ultramid (PA)- und Ultradur (PBT)-Sortiment die BASF sich diesen Trends und Herausforderungen stellt.

### Mechatronik

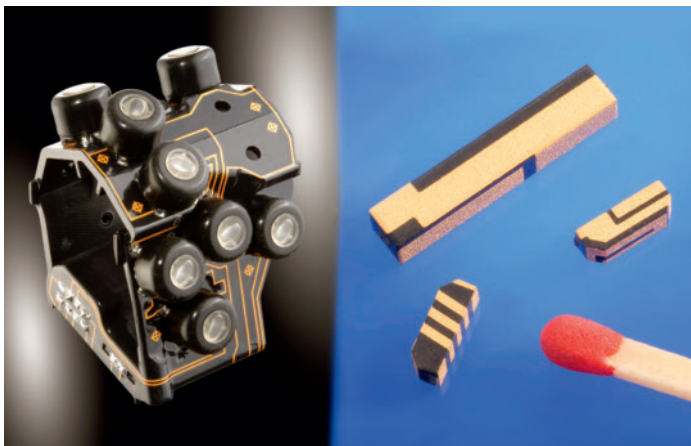
Moderne kompakte, integrierte mechatronische Baugruppen unterscheiden sich von konventionellen Systemen dadurch, dass sich die Funktionen Sensor, Aktor und intelligente Elektronik direkt auf oder nahe bei dem zu steuernden mechanischen Bauteil befinden. Möglich sind solche hoch integrierten Bauteile nur durch den Einsatz leistungsfähiger technischer Kunststoffe: Nur ein frei formbarer Werkstoff, der hohe Steifigkeit und Festigkeit zusammen mit Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit aufweist, erlaubt es, die Elektronik zu schützen und gleichzeitig Aktorik und Sensorik auf engstem Raum in einem Bauteil zu vereinen. Der Verdrahtungsaufwand, die Zahl der Kabel und Stecker werden drastisch reduziert, Schnittstellen fallen weg, das Bauteil ist klein, leicht und zuverlässig. Auch wenn der Impuls zur Mechatronik ursprünglich aus der Elektroindustrie und dem Maschinenbau kam, so ist heute der Fahrzeugbau eine treibende Kraft.

Getriebesteuerungen sind typische mechatronische Bauteile, die sich kontinuierlich weiterentwickeln. In der Doppelkupplungsgetriebesteuerung, die etwa bei Volkswagen 2006 erstmals eingesetzt wurde und nach wie vor in Serie ist, findet Ultradur B4300 G6 Verwendung. Das spezielle PBT ist für die heißölbeständigen Baugruppen geeignet und in der Lage, die knapp zwei Dutzend Sensoren und Aktoren sowie die zugehörige Verbindungstechnik in ein Bauteil zu integrieren. In den hinsichtlich ihres Aufbaukonzeptes weiter entwickelten Steuerungen für die neueste Generation der Doppelkupplungsgetriebe ist das besonders wärmostabilisierte Ultramid A3WG6 im



**Bild 2. Elektronische Geräte im Automobil**





**Bild 3.** Der laserstrukturierbare Kunststoff Ultramid T 4381 LDS findet sich in mechatronischen Bauteilen für Automobile (links) ebenso wie im Kunststoff-Antennen-Chip für ein Mobiltelefon (rechts)



**Bild 4.** Das filigrane und dünnwandige Kunststoffgehäuse des neuesten Lenkwinkelsensors von Bosch besteht aus Ultradur B4300 G4 LS High Speed, einer laserbeschriftbaren und mit 20 % Glasfasern verstärkten Version des besonders fließfähigen PBT

Einsatz (Titelbild). Da Getriebeöle aggressiver und weniger standardisiert sind als Motoröle, stellt der dauerhafte Betrieb der Getriebebesteuerung im – bisweilen sehr heißen – Getriebeöl eine anspruchsvolle Anwendung dar. In den ersten ebenso wie in den neuesten Steuerungsvarianten konnten die spezifischen Anforderungen an Dimensionsstabilität und Chemikalienbeständigkeit von den jeweiligen Materialgattungen sicher erfüllt werden.

Mechatronische Bauteile der besonderen Art entstehen, wenn laseraktivierbare Kunststoffe eingesetzt werden, wie Ultramid T 4381 LDS. Dieser Kunststoff enthält lasersensitive Zusatzstoffe. Er ist daher mithilfe eines Lasers so strukturierbar und aktivierbar, dass sich in den Folgeschritten metallische Leiterbahnen galvanisch exakt auf der dreidimensionalen Oberfläche des Kunststoffbauteils aufbringen lassen. Ohne Leiterplatten und Verkabelungen wird damit das Kunststoffbauteil zum Träger von elektronischen Schaltungen. Prominente Beispiele sind 3D-MIDs (Molded Interconnected Devices – spritzgegossene Schaltungsträger), wie sie zum Beispiel deutsche Automobil- oder südkoreanische Mobiltelefon-Zulieferer herstellen (Bild 3). Der Kunststoff aus der Familie Ultramid T LDS ist ein teilkristallines, teilaromatisches, verstärktes PA 6/6T. Die für das bleifreie Lötens notwendige hohe Temperaturstabilität (Schmelzpunkt 295°C) und die hohe Biegetemperatur unter Last (265°C bei 0,45 MPa) gehören zu den wichtigen Forderungen an das Material. Die 3D-MIDs sind sehr innovative Beispiele für die Fähigkeiten des Kunststoffs zur Funktionsintegration.

Zusätzlich steckt in ihnen ein hohes Potenzial zu weiterer Miniaturisierung.

### Laserschweißen

Eine Verbindungstechnik in der Automobilelektronik, die wachsendes Interesse findet, ist das Laser(durchstrahl)-schweißen: Es verbindet Kunststoffbauteile berührungslos, staubfrei und ohne mechanische Belastung. Damit ist es nicht nur sauberer als Kleben, sondern es verhindert auch eine mögliche Schädigung der Elektronik durch Vibrationen, die bei anderen Verfahren auftreten. Darüber hinaus lassen sich per Laserschweißen Bauteile besonders sicher verschließen. Beim Laserschweißen wird eine lasertransparente mit einer laserabsorbierenden Komponente verbunden, indem der

absorbierende Teil die Energie aufnimmt, aufschmilzt und für die Verbindung sorgt. Während alle schwarzen Standardwerkstoffe das Laserlicht mehr oder weniger gut absorbieren, liegt die Herausforderung in der Entwicklung lasertransparenter Materialien: Für das Laserschweißen werden spezielle Werkstoffe benötigt, die über gute und vor allem gleichmäßige Lasertransparenz verfügen. Die BASF bietet für diese Verarbeitungstechnik bereits heute neben dem bekannten schwarzen lasertransparenten Ultramid A3WG6 LT (PA66) auch eine besonders geeignete Ultradur-Type an, die eine hohe Prozesssicherheit gewährleistet. Das Sortiment dieser lasertransparenten PBT-Spezialmaterialien wird, um künftige Marktbedürfnisse erfüllen zu können, weiter ausgebaut [1].



**Bild 5.** Schnellkupplungen für Kraftstoffleitungen von A Raymond aus dem Hochleistungskunststoff Ultramid T KR (PA 6/6T)



**Bild 6. Das teilaromatische Polyamid Ultradur T KR 4355 G7 mit 35 % Glasfasern erfüllt die Anforderungen, die Bosch an seine Tankdrucksensoren stellt**

## Dünnwandigkeit

Kleiner und leichter – dieser Trend führt bei Elektrobauteilen zu immer dünneren Bauteilwänden. Um beispielsweise während des Spritzgießprozesses zu dimensionsstabilen und korrekt gefüllten Steckern zu gelangen, sind deutlich fließoptimierte Werkstoffe nötig. Die verbesserte Fließfähigkeit kann bei Komponenten mit normaler Wanddicke aber auch dazu genutzt werden, die Herstellzeit zu verkürzen und dadurch Kosten einzusparen. Nach den Erfolgen der leicht fließenden, verstärkten nano-additiven Ultradur High Speed-Typen (Bild 4) kommt nun eine neue, erstmals unverstärkte Variante ins Sortiment. Das neue Material, Ultradur B4520 High Speed, das vor Kurzem breit in den Markt eingeführt wurde, kombiniert Fließfähigkeit, Steifigkeit und gute Zähigkeit auf neue Weise.

Dass sich das Konzept auf Polyamide erweitern lässt, konnte 2008 mit den ersten Ultradur High Speed-Produkten demonstriert werden. Diese erste Familie ist mit der typischen Wärmestabilisierung für Anwendungen im Motorraum ausgestattet worden. Im nächsten Schritt steht nun die Markteinführung einer weiteren Ultradur High Speed-Familie bevor. Der erste Vertreter, das neue Ultradur A3EG7 High Speed, ebenso wie seine Vorgänger ein PA66, bietet mit seiner guten Fließfähigkeit die typische High Speed-

Eigenschaft. Der Nutzen dieser Eigenschaft zeigt sich in reduziertem Spritzdruck und verringerter Zuhaltkraft, sicherem Bauteilfüllen und geringer Ausschussquote bei komplexen Geometrien. Der neue Werkstoff bietet darüber hinaus einen weiteren Vorteil, der sich besonders bei Elektronikkomponenten auszeichnet: Die A3EG-Typen haben eine helle Eigenfarbe und sind daher für die verschiedensten Einfärbungen beim Kunden geeignet.

## Hydrolyse- und Thermoschockbeständigkeit

In dem Maße, in dem der USCar-Test, ein amerikanisches Regelwerk für die Automobilindustrie, auch in anderen Regionen an Bedeutung gewinnt, erhöhen sich bei den OEM weltweit die Anforderungen an die Hydrolysebeständigkeit von Werkstoffen für Elektro- und Elektronikbauteile, z. B. für Gehäuse von Steuergeräten, Sensoren und Stecker. Bauteile aus Polyamid bestehen den USCar-Test meist sehr gut. Bei vielen marktgängigen PBT-Typen, die wegen ihrer Dimensionsstabilität sehr gerne in der Elektronik eingesetzt werden, kann jedoch unter den Bedingungen des USCar-Tests hydrolytischer Abbau stattfinden.

Bei der Hydrolyse des Kunststoffes PBT wird die Polykondensationsreaktion, die zu seiner Bildung führt, umgekehrt: Der Kunststoff zersetzt sich zu kurzen Polymerbruchstücken und versprödet. Um die Hydrolyseempfindung von PBT-Werkstoffen zu testen, sind Zyklustests im Temperaturbereich zwischen -40 und +150°C unter Feuchtebedingungen keine Seltenheit mehr. Typischerweise finden Prüfungen nach Langzeitlagerung bei 85°C und 85 % relativer Feuchte oder nach Schnelllagerung bei 110°C und 100 % rel. Feuchte statt. Unter ►



### Hersteller

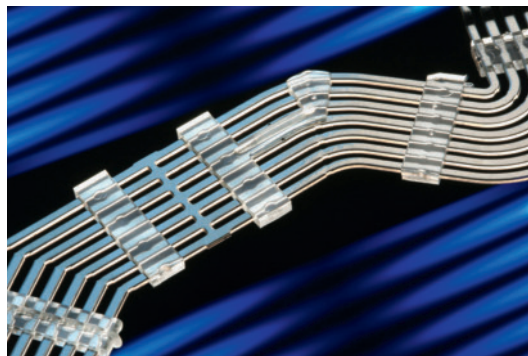
**BASF SE**  
**Fachpressestelle Kunststoffe**  
**D-67056 Ludwigshafen**  
**Tel. +49 621 60-43348**  
**Fax +49 621 60-49497**  
**www.plasticsportal.com**



diesen Bedingungen schneiden zwei neue, besonders hydrolysebeständige PBT-Typen der BASF deutlich besser als der Standard ab: Ultradur B4300 G6 HR und Ultradur B4330 G6 HR. Durch diese beiden Werkstoffe lässt sich die Lebensdauer von Bauteilen unter extremen Hydrolysebedingungen um ein Vielfaches verlängern. Ultradur B4330 G6 HR bringt darüber hinaus im Vergleich zu marktgängigen Produkten eine bessere Beständigkeit gegen alkalische Umgebung mit. In letzter Zeit beobachtet man auch eine Verschärfung von Temperaturwechseltests hin zu Thermoschockprüfungen. Das sind Zyklustests, die das Bauteil in kürzester Zeit zwischen Temperaturextremen, z. B. zwischen -40 und +140°C, hin und her bewegen. Da das hydrolysestabile Ultradur B4330 G6 HR besonders zäh ist, bietet es die richtige Mechanik, um selbst in Kombination mit Metall solche Thermoschocks sicher zu überstehen. Mithilfe der neuen Ultradur HR-Marken konnte das Einsatzspektrum von PBT unter außergewöhnlichen Konditionen also deutlich erweitert werden.

### Kalziumchlorid- und Biokraftstoffbeständigkeit

Biokraftstoffe stellen neue und anspruchsvolle Anforderungen an einen Elektronik-Gehäusewerkstoff im Kraftstoffversorgungssystem. Materialien, die mit modernen Kraftstoffen in Berührung kommen, müssen heute nicht nur gegen Benzin, sondern auch gegen Methanol und Ethanol beständig sein. Diese Substanzen treten vor allem durch die Beimischung von Alkoholen zum herkömmlichen Benzin (Biosprit) im Fahrzeugtank auf. Darüber hinaus können Bauteile am Unterboden mit der verzinkten Karosserie in Kontakt kommen, wo sich unter bestimmten Umständen durch Spritzwasser das Salz Zinkchlorid bildet. Bauteile wie z. B. Schnellkupplungen für Kraftstoffleitungen (Bild 5) oder Tankdrucksensoren (Bild 6) bestehen deshalb aus dem hochtemperaturstabilen Ultramid T. Aber auch die Anforderungen an die Spritzwasserbeständigkeit steigen kontinuierlich. Seit in den USA und Japan vermehrt kalziumhaltige Streusalze eingesetzt werden, steht inzwischen die Kalziumchloridbeständigkeit der Kunststoffe zur Diskussion. Gegen dieses Salz sind die Ultramid T-Typen ebenfalls stabil. Im Gegensatz zu Polyamid ist PBT grundsätzlich kalziumchloridbeständig.



**Bild 7. Mit dem Kunststoff Ultramid Seal-Fit, einem transparenten Copolyamid, lassen sich mechatronische Verbundbauteile aus Metall und Kunststoff im einfachen Spritzgießverfahren in zwei Schritten gasdicht fertigen**

### Metall-Kunststoff-Verbund

In dem Maße, in dem in mechatronischen Bauteilen Metall und Kunststoff einen engen Verbund eingehen, muss für die Dichtigkeit dieses Verbunds gesorgt werden. Parallel zur steigenden Zahl der Elektronikbauteile im Auto steigt die Gefahr von Fehlfunktionen durch Kontakt mit Feuchtigkeit oder Öl. Einen eleganten Weg, diese Gefahr zu verringern, geht die BASF mit Ultramid Seal-Fit. Das verstärkte und transparente Copolyamid dient zum dichten Umspritzen von Leiterbahnen elektronischer Bauteile. Es hat eine gute Haftung zu Metall sowie zu Polyamiden. Damit ist es eine Alternative zu herkömmlichen Konzepten, die sehr aufwändig sind und mit Silikonklebstoffen, Hotmelts oder Imprägnierungen/Vorlackierungen arbeiten. Verfahrenstechnisch günstig ist die Tatsache, dass Ultramid Seal-Fit, ebenso wie der klassische Gehäusewerkstoff, im Spritzgießen verarbeitet wird. Dem Vorumspritzen der Leiterbahnen mit Ultramid Seal-Fit kann daher im Prozess direkt das Umspritzen mit dem Gehäusewerkstoff folgen. Da der Kunde auch im konventionellen Verfahren vorumspritzt, wird im neuen Verfahren nur der Gehäusewerkstoff gegen den gut abdichtenden Spezialkunststoff ausgetauscht und die Vorbehandlung entfällt (Bild 7).

### Fazit

Die großen Themen Kraftstoffsparen, Umweltschutz und Sicherheit sind im Automobilbau eng an das Vorhandensein leistungsstarker Elektronik gekoppelt. Und moderne Elektronik erfordert wiederum Lösungen für die Verbindung zwischen Kunststoff und Metall. Maßgebende Entwicklungen in dem sensiblen Gebiet der Automobilelektrotech-

nik und -elektronik finden statt, wenn das Verständnis der Funktion der Komponenten mit profunden Kenntnissen über die Werkstoffeigenschaften zusammengeführt wird. Das kann nur durch intensive Kooperation zwischen Bauteilentwickler und Kunststoffspezialist geschehen. Ziel der Experten ist dabei, intelligente mechanische Konstruktion mit dem sicheren Transport von elektrischer Energie bzw. elektronischen Signalen zu vereinen. Hier ist reichlich

Entwicklungsspielraum für bewährte wie für innovative Materialien und Konzepte. ■

### LITERATUR

- 1 Im Hinblick auf die Herstellung von einfarbigen Bauteilen wird auf das Patent EP-B 751 865 verwiesen

### DIE AUTOREN

DIPL.-ING. REINHARD STRANSKY, geb. 1956, Projektmanagement Automobil-E&E.

DR. ANKA BERNNAT, geb. 1968, Business Management Polyamide.

DIPL.-ING. KARL-MICHAEL REINFRANK, geb. 1960, Management Global Key Accounts E&E.

DIPL.-ING. MARK VÖLKELE, geb. 1961, Business Management Ultradur.

DIPL.-ING. VOLKER ZEIHNER, geb. 1974, Application Engineering E&E.

Alle Autoren sind in der Geschäftseinheit Engineering Plastics Europe der BASF SE in Ludwigshafen tätig.

Kontakt: sabine.philipp@basf.com

### SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

## Ever More Electricity and Plastic

**CURRENT TRENDS. Interest in mechatronic components is growing in the automobile electrical and electronic sector. At the same time the installation space is shrinking further and component weights have to be as low as possible. This leads to demand for even thinner wall sections in connectors and sensors as well as growing requirements for particular material properties. It is principally technical plastics, such as specially developed polyamides and polybutylene terephthalate, that are considered to be suitable in this context.**

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE110133** at **www.kunststoffe-international.com**