

Elektromobilität erfordert innovative Materialien

Die Zukunft fährt elektrisch

64

Elektromobilität



Das Auto wird sich im kommenden Jahrzehnt stärker wandeln als in den vergangenen hundert Jahren. Antriebe, Design und Werkstoffe der Fahrzeuge ändern sich grundlegend. Die Forcierung der Elektromobilität stellt dabei völlig neue Anforderungen an die Autobauer: Fahrzeuge müssen nicht nur leichter werden, Hightech-Batterien machen das Auto auch zum echten Elektrogerät. Um diese Herausforderungen zu meistern, bedarf es innovativer Materialien und umfassender Lösungen, wie sie vom weltweiten Automobil-Expertenteam von Bayer MaterialScience angeboten werden – von der Strom-Ladestation über Werkstoffe für Batterie und Karosserieteile bis hin zu speziellen Rohstoffen für Klebstoffe und Lacke. Zudem ermöglichen die innovativen Bayer-Materialien auch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energiequellen wie Wind- und Solarstrom.



Animierte Grafik im Web:
bayer.de/r005



Sonnendach: Mit neuartigen Photovoltaik-Modulen und Solar-Luftkollektoren, die gleichzeitig als Dachabdeckung dienen, machen Bayer-Forscher Sonnenenergie beispielsweise zur privaten Stromversorgung von Elektroautos nutzbar (s. a. Seite 40).

Leichtbau-Experte: Mit solchen Exterior-Bauteilen und Dachelementen aus Bayer-Polycarbonatwerkstoffen wollen Experten um Dr. Joachim Simon bei Bayer MaterialScience künftig neue Fahrzeugkonzepte im Auto ermöglichen.



Strom macht mobil: Auf den Straßen wird es leiser, und die Autos rollen künftig ganz ohne Abgase über den Asphalt. In vielen Metropolen summen bereits heute vereinzelt Elektrofahrzeuge durch den dichten Verkehr aus benzin- und dieselgetriebenen Autos. Aber Klimaschutz und schwindende Ölreserven treiben Autobauer weltweit dazu, die Elektromobilität jetzt mit Vollgas voranzubringen. Der neue Antrieb verringert vor allem die Abhängigkeit vom Öl. Und geladen mit Energie aus Wind-, Sonnen- oder Wasserkraft sinken die CO₂-Emissionen sogar erheblich. Inzwischen produzieren einige Hersteller bereits E-Autos in Serie – wenn auch noch in kleiner Auflage.

Denn so vielversprechend die Entwicklung auch ist: Bis sich die leisen, umweltschonenden Fortbewegungsmittel breit etablieren können, müssen noch zahlreiche Probleme gelöst werden. „Es reicht nicht, Verbrennungsmotor und Tank einfach gegen Elektromotor und Batterie auszutauschen“, sagt Herbert Radunz, Leiter Industrial Marketing Automotive bei Bayer MaterialScience. „Die Menschen wollen auch längere Strecken bequem ohne ständige Tankstopps zurücklegen. Wenn die E-Autos das schaffen, können sie sich auch im Massenmarkt durchsetzen.“ Von Leverkusen aus koordiniert Radunz die globale Ausrichtung des Konzerns in der Automobilindustrie und damit auch die Entwicklungsaktivitäten für die Elektromobilität. In allen drei Regionen (Amerika, Europa, Asien) betreibt das Unternehmen Kompetenzzentren für die Automobilindustrie. Mit ihrem Material-Know-how entwickeln die

Bayer-Forscher unter anderem neue Werkstoffe für leichtere Fahrzeuge und leistungsfähigere Batterien. „Vorhandene Trends wie Leichtbau werden durch Elektromobilität noch vertieft“, erklärt Dr. Joachim Simon, Leiter des Bereichs Automobil und Transport im Geschäftsfeld Polycarbonate bei Bayer MaterialScience in Leverkusen. Aus seiner Sicht werden Autos künftig sogar echte Elektroartikel. Und dadurch entstehen völlig neue Anforderungen.

Hohes Batteriegewicht mit Leichtbau-Karosserie ausgleichen

„Der Elektroantrieb hat zwar einen hohen Wirkungsgrad, aber die Speicherkapazität der heutigen Akkus reicht noch lange nicht aus, außerdem sind sie noch dazu extrem schwer“, erklärt Radunz. Für 150 Kilometer Reichweite benötigt ein Elektroauto Batterien, die mehrere 100 Kilogramm wiegen. Zum Vergleich: Ein durchschnittliches Fahrzeug mit Benzin-Verbrennungsmotor muss für die gleiche Strecke nur etwa fünf Kilogramm Kraftstoff transportieren. Denn in einer 90 Kilogramm schweren Batterie steckt etwa so viel Energie wie in einem Liter Kraftstoff, Elektroautos müssen also „abspecken“. Denn je schwerer sie sind, desto schneller entlädt sich die Batterie – und damit sinkt die Reichweite. „Eine leichte Karosserie kann das Gewicht der Batterie ausgleichen. Und wenn das Gesamtfahrzeug weniger wiegt, kann auch die Batterie kleiner ausfallen, da weniger Masse bewegt werden muss“, erklärt Radunz. Die „Gewichtsdiät“ zahlt sich also mehrfach aus, auch finanziell. Denn Batterien sind derzeit noch das teuerste Element der Elektromobilität. „Niedrigere Kosten für die Batterien werden ganz wesentlich zur Erschwinglichkeit der Fahrzeuge und damit zur breiten Etablierung der Elektromobilität beitragen“, meint Holly Lei, Simons Kollegin in Shanghai.

Und bislang bestehen die meisten Fahrzeuge noch überwiegend aus schwerem Stahl. Mit Kunststoffen wie Polycarbonat, aber auch Polyurethan (PUR) machen die Bayer-Forscher die Autos deshalb leichter: „Der Werkstoff wiegt weit weniger als Stahl bzw. etwa halb so viel wie Aluminium. Aber Karosserieteile aus PUR schützen die Insassen bei einem Crash trotzdem optimal“, erklärt Jörg Palmersheim, bei Bayer MaterialScience Experte für Polyurethan-Anwendungen im Auto. Bereits in der Vergangenheit bestanden Stoßfänger, Kotflügel und Türschweller aus Polyurethan. „Wir arbeiten daran, sogar ganze Autodächer aus dem Material zu fertigen – leicht, aber trotzdem stabil und sicher“, so Palmersheim.



Besonders robust sind Kunststoffe, wenn sie zum Beispiel mit Kohlenstofffasern verstärkt werden. Mit den Kohlefaser-Verbundkunststoffen, kurz CFK genannt, können Autobauer gegenüber Stahl bis zu 80 Prozent Gewicht sparen. In der Formel 1 ist das Material schon lange erprobt: Die Sicherheitszelle der Rennsport-Boliden, das sogenannte Monocoque, besteht zum Beispiel komplett aus dem Material und hat schon vielen Fahrern beim Crash das Leben gerettet.

Innovatives Werkstoff-Konzept: Aluminium mit Nanotechnologie

Künftig könnte auch die Fahrgastzelle eines Pkw aus CFK gefertigt werden. „Das hilft aber nicht nur den Elektroautos, auch bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren senken innovative Leichtbauideen Kraftstoffverbrauch und Emissionen und tragen damit wesentlich zum Klimaschutz bei“, so Bruce Benda, Leiter Automotive Key Account Management bei Bayer in Pittsburgh, USA.

Die neuen Materialien verändern auch die Fertigungsprozesse. Denn mehr Kunststoff in den Autoaußenteilen führt auch verstärkt zum Einsatz

neuer Verbindungstechniken: „Künftig wird noch mehr geklebt statt verschweißt oder genietet“, erklärt Dr. Lothar Kahl, bei Bayer MaterialScience verantwortlich für Lack-/Klebstoffaktivitäten im Bereich Automobil. Die Bayer-Entwickler arbeiten deshalb an umweltfreundlichen Hochleistungsklebstoffen auf Polyurethanbasis für Kunststoffbauteile. PUR wird künftig auch bei der Lackierung der Karossen eine noch wichtigere Rolle spielen – und dabei helfen, den Energieverbrauch bei der Fahrzeugproduktion zu senken. „Die Lackierung verschlingt heute die meiste Energie in der Automobilproduktion, weil man die Lacke bei hohen Temperaturen von bis zu 200 Grad Celsius aushärtet“, erklärt Kahl. Kunststoffe werden aber bei wesentlich geringeren Temperaturen verarbeitet. Mit Kunststofflacken auf Polyurethanbasis erreichen die Bayer-Werkstoff-Experten die geforderte Qualität bereits bei 80 Grad Celsius.

Darüber hinaus benötigen Kunststoffe keine Rostschutz-Schicht. Die Zahl der Lackschichten kann also reduziert werden, was zu einer deutlichen Senkung des CO₂-Ausstoßes bei der Automobilproduktion führt.

Durchblick für E-Mobility: Im Polymer-Innovationscenter von Bayer MaterialScience in Shanghai prüft die Entwicklungsingenieurin Yilan Li frisch gefertigte Scheinwerfer einsätze aus leichten Kunststoffen.



Strom aus Wind: Bayer-Polyurethane verleihen den Rotorblättern von neuartigen Windkraftanlagen hohe Festigkeit und erlauben zudem eine einzigartige aerodynamische Formgebung (s. a. Seite 7).



Qualitätskontrolle: Wer Autos durch Kunststoffe leichter machen will, benötigt auch innovative Ansätze für die Lackierung. Die Laboringenieure Michael Chen (li.) und Daogui Li (re.) beurteilen einen neu beschichteten Kotflügel im Shanghaier Forschungszentrum von Bayer MaterialScience.

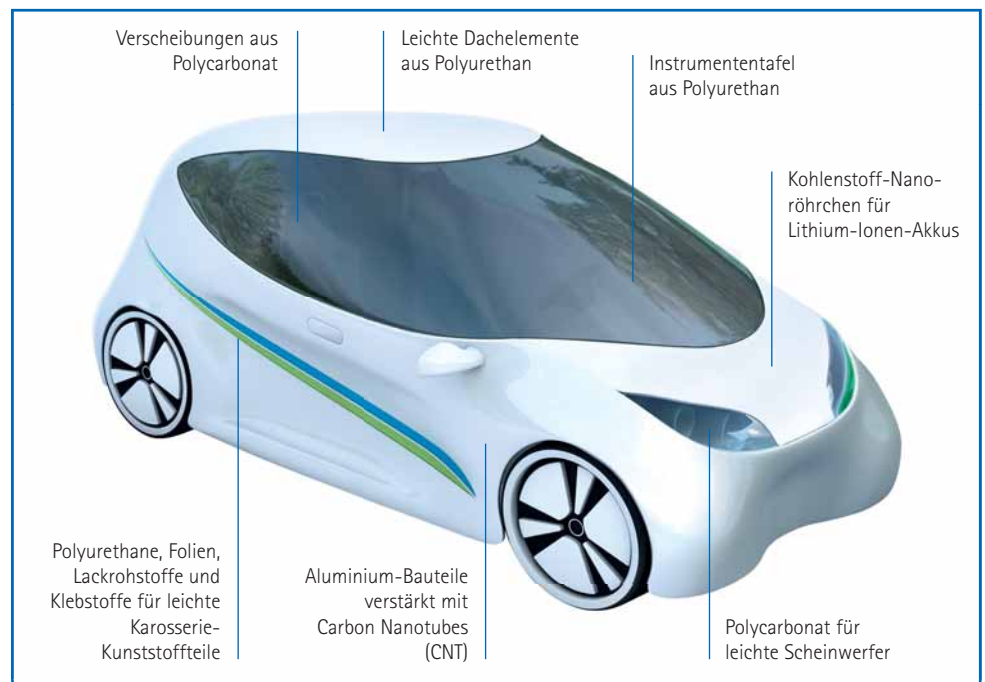
Bei ihrer Diät für die Autos der Zukunft setzen die Bayer-Forscher aber nicht nur auf Kunststoffe: „Verbundwerkstoffe wie CFK sind zwar vielversprechend, allerdings noch sehr teuer in der Produktion. Auch Aluminium hat noch großes Potenzial als Leichtbauwerkstoff in speziellen Anwendungen“, sagt Dr. Daniel Rudhardt aus der Carbon-Nanotubes-Gruppe bei Bayer MaterialScience. Denn mit einem Griff in die Trickkiste

der Nanotechnologie könnte man die Festigkeit des Materials noch extrem steigern: Die Bayer-Forscher wollen die Eigenschaften des Metalls mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen, den sogenannten Carbon Nanotubes oder kurz CNT, weiter optimieren. Die Baytubes™ – wabenartig vernetzte Kohlenstoffatome – sind etwa 10.000-mal dünner als ein menschliches Haar, aber besonders stabil. Und mit dieser Eigenschaft helfen die CNT auch anderen Materialien: „Wir arbeiten daran, Aluminium mit unseren Baytubes so zu verstärken, dass es so hart wird wie Stahl“, sagt Rudhardt. „Wenn das gelingt, würde das die Automobiltechnologie revolutionieren.“

Baytubes™ erhöhen die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkus

Und die Nanoröhrchen können noch mehr: Sie verlängern auch die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien für Elektroautos. Denn die CNT leiten Strom extrem gut. Während der Fahrt – also wenn die Batterie Strom abgibt – wandern Lithium-Ionen von einer Elektrode zur anderen. Im Ruhezustand lagern die geladenen Teilchen in einer Elektrode aus Grafit. Mit der Zeit entstehen dort aber kleine Risse, die den elektrischen Kontakt unterbrechen. Die Folge: Die Kapazität – also die Speicherfähigkeit – der Batterie schrumpft. Das wollen die Bayer-Forscher mit den CNT ver-

Hightech-Materialien für E-Autos: Von der Batterie über Lackrohstoffe und Klebstoffe bis zu Karosserieteilen bieten die Werkstoffspezialisten von Bayer MaterialScience zahlreiche innovative Ansätze für die Elektromobilität der Zukunft.



hindern: „Durch ihre längliche Form legen sich die Kohlenstoffröhrchen wie Spaghetti um die Grafitelektrode und sorgen für einen sicheren Stromfluss, selbst wenn es kleine Beschädigungen gibt“, erklärt Rudhardt. Ein weiterer Vorteil: Die CNT können mehr Lithium-Ionen aufnehmen als Grafit, weil sie durch ihre dreidimensionale Röhrenform den Ionen eine größere Oberfläche bieten. Die Bayer-Experten ersetzen deshalb einen Teil des Grafits durch Nanoröhrchen. Bei gleichem Gewicht speichert der Akku also mehr Energie.

Die Batterien müssen zudem auch extrem hohe Sicherheitsansprüche erfüllen. „Die Chemie ist zwar die gleiche wie in einem Lithium-Ionen-Akku eines Laptops, aber die Dimensionen sind nicht vergleichbar“, sagt Flammenschutz-Experte Dr. Claus Rüdiger. Ein Computer speichert weniger als 100 Wattstunden, eine Batterie im Elektroauto hingegen mehrere Tausend. „Selbst die kleinen Stromspeicher im Notebook können bei Beschädigung regelrecht explodieren und das ganze Gerät in Brand setzen. Im Auto darf das selbst bei einem Unfall nicht passieren“, sagt Rüdiger. Er und sein Kollege Roger Lian in Shanghai leiten das internationale Bayer-Team, das deshalb auch spezielle Kunststoffe für die Außenhülle von neuen, leistungsfähigen Stromspeichern entwickelt. Hauptanforderungen: Sie sollen stabil und schwer entflammbar sein.

Optimales Thermo-Management für die E-Autos von morgen

Auf Höchstleistung und Sicherheit getrimmt, liefert die Batterie nicht nur Energie für den Antrieb des Fahrzeugs, sondern zum Beispiel auch für die Klimatisierung. Dabei stellen sich beim Elektroauto im Vergleich zum Benzinfahrzeug noch einige Fragen: „Der Verbrennungsmotor hat trotz geringen Wirkungsgrads einen Vorteil. Er ist eigentlich eine fahrende Heizung, und die reichlich vorhandene Motorabwärme kann leicht den Innenraum beheizen. Ein Elektromotor hingegen strahlt kaum verwertbare Wärme ab“, sagt Volkhard Krause, Leiter des Teams für Automobilverschiebung. Die Autoingenieure müssen also neue Ideen entwickeln, damit Heizung und Klimaanlage nicht zu viel des wertvollen Batteriestroms verbrauchen. Eine mögliche Lösung: Das Fahrzeuginnere wird schon vor der Fahrt, wenn das Auto noch an der Ladestation hängt, auf eine angenehme Temperatur gebracht. Und eine verbesserte Dämmung sorgt dann während der Fahrt für ein stabiles Klima. Aber: „Die Scheiben sind die Schwachstellen. Über das Glas heizt sich der

Innenraum eines Autos im Sommer schnell auf oder verliert im Winter Wärme“, erklärt Krause. Der Trend zu großen Panoramadächern könnte also zu einem Energieproblem im E-Auto führen. Aber auch dafür haben die Bayer-Werkstoff-Experten eine Alternative entwickelt: Sie ersetzen das Glas der Dachmodule durch das transparente Bayer-Polycarbonat Makrolon™, das eine signifikant bessere Wärmedämmung aufweist als Glas. Zudem lässt sich durch den Einsatz von Polycarbonatscheiben deutlich Gewicht einsparen, und das nicht nur im Dachbereich: So haben die Spezialisten des Verschiebungsteams von Bayer MaterialScience bereits einen Prototypen für eine komplette Heckklappe mit Kunststoff-Metall-Verbund entwickelt. Dabei nutzen sie Polycarbonat unter anderem für die Heckscheibe. Rücklichter, Blinker, Bremslichter und die hochgesetzte Bremsleuchte befinden sich hinter der Außenhaut, die komplett aus Makrolon™ besteht. Insgesamt spart die innovative Bauweise im Vergleich zur herkömmlichen Ausführung mit Metall und Glas bis zu 40 Prozent Gewicht – und trägt so auch dazu bei, dass die Elektroautos seltener an die Steckdose müssen.

Und weil längst nicht jedes Fahrzeug in einer eigenen Garage parkt, braucht die Elektromobilität in Zukunft auch eine öffentliche Infrastruktur, wie zum Beispiel Strom-Tankstellen. Heute bestehen deren Ladesäulen noch überwiegend aus Metall. Das Polycarbonat Makrolon™ bietet hier eine Reihe von Vorteilen. Es ermöglicht zum einen eine störungsfreie drahtlose Kommunikation zwischen Fahrer und Ladestation über RFID- und



Sonnenflieger: Nur von Solarenergie angetrieben, soll das ultraleichte Flugzeug „Solar Impulse“ die ganze Welt umrunden. Dabei helfen unter anderem spezielle Kohlenstoff-Nanoröhrchen von Bayer – sogenannte Baytubes™ – dem Solarflieger zu geringerem Gewicht und mehr Stabilität.

Auf der Überholspur: Hans-Peter Neuwald, Auto-Experte bei Bayer-MaterialScience, koordiniert ein internationales Team aus Forschern und Entwicklern. Gemeinsam arbeiten sie an innovativen Lösungen für Batterien, Klebstoffe, Lacke und Karosserieteile, damit Elektroautos künftig auch längere Strecken ohne Tankstopps zurücklegen können.



Interview: Dr. Xu Kangcong

„Der Markt muss sich gedulden, bis der Fortschritt sichtbar wird.“

Dr. Xu Kangcong ist Cheffingenieur für Elektrofahrzeuge beim chinesischen Automobilhersteller SAIC Motor Passenger Vehicle Co. „research“ sprach mit dem Fahrzeug-Experten über Elektromobilität.

Was sind derzeit die größten Hürden für eine breite Etablierung der Elektromobilität?

Die Kerntechnologien für Elektroautos wie Batterien und Batteriemanagementsysteme sind vorhanden, allerdings sind die Kosten für den Bau eines Elektroautos aufgrund der enormen Erstinvestitionen relativ hoch. Ein weiterer Punkt ist die lange Vorlaufzeit für Elektroautos. Heutzutage dauert es drei bis vier Jahre, ein komplett neues Modell zu entwickeln. Weicht man von der traditionellen Konstruktionsweise ab, dauert es noch länger. Der Markt muss sich also eine Weile gedulden, bis der Fortschritt sichtbar wird.

Welche Möglichkeiten sehen Sie, die Reichweite der E-Autos zu vergrößern?

Die Strecke, die ein Elektroauto fahren kann, hängt von der Energiedichte der Batterie ab. Aktuell werden in der Automobilindustrie Batterien der nächsten Generation entwickelt, die eine doppelt so hohe Energiedichte besitzen wie derzeitige Elektroauto-Batterien. Das bedeutet eine Verdoppelung der Reichweite oder auch eine Halbierung der Kosten.

Sehen Sie Lösungen, um die Ladezeit der Akkus zu verkürzen?

Bei den aktuellen technischen Bedingungen dauert die Aufladung einige Stunden. Selbst für eine Schnellladung, bei der



Auto-Experte: Dr. Xu Kangcong hat mehr als 18 nationale patentierte Erfindungen und mehrere nationale Normen entworfen.

50 Prozent der Energie aufgeladen werden, benötigt man noch 20 Minuten. Autobesitzer können ihre Autos zum Beispiel auf der Arbeit, auf bestimmten Parkplätzen oder zu Hause aufladen. In öffentlichen Bereichen werden zahlreiche Aufladestationen und -einrichtungen zur Verfügung stehen.

Wann wird das Elektroauto Ihrer Meinung nach seinen Durchbruch haben?

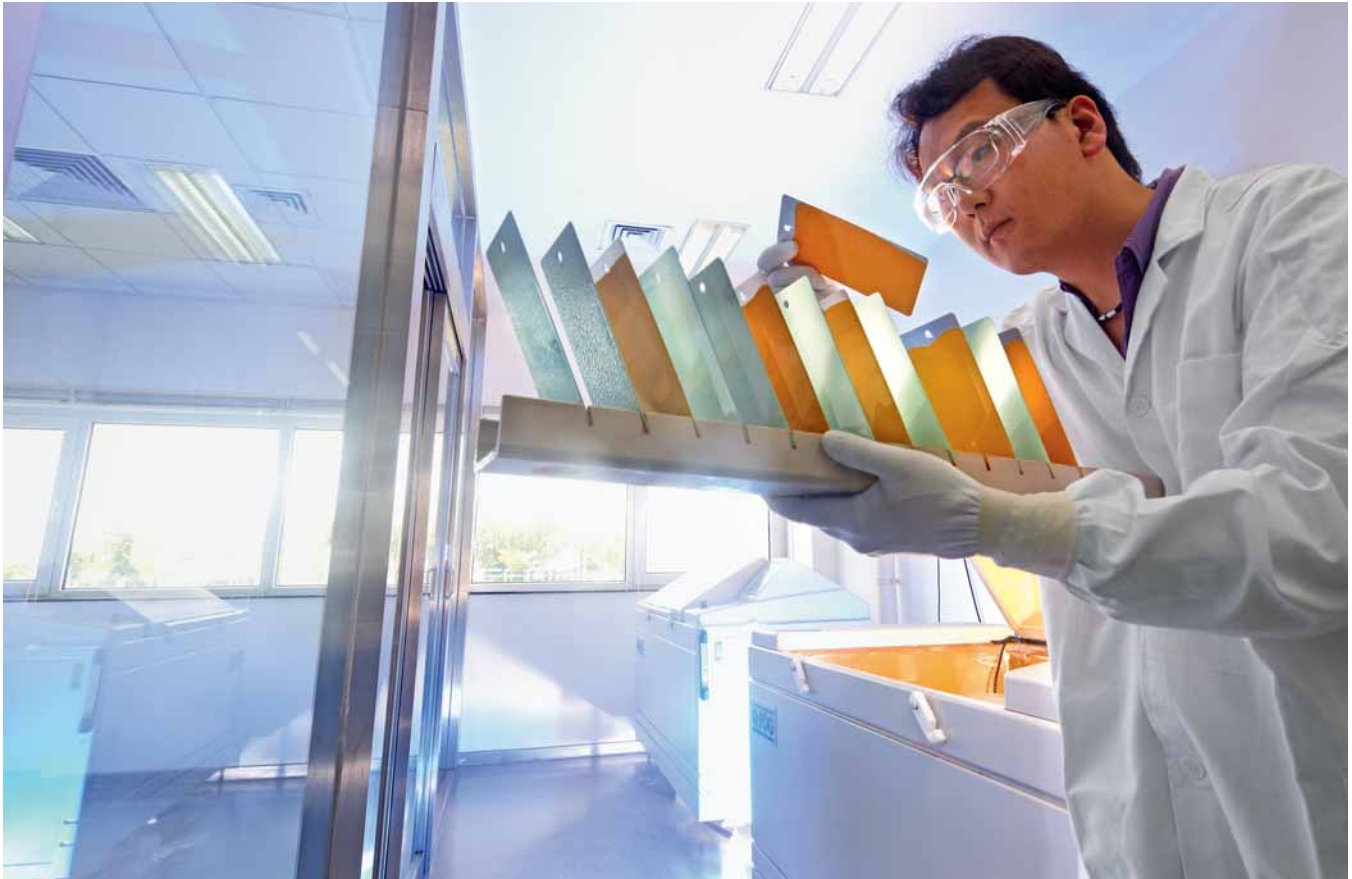
Der Markt für Elektroautos wird mit der Entwicklung einer dynamischen Batterie langsam wachsen. Im derzeitigen Entwicklungsstadium gilt das Elektroauto als Fahrzeug für Pendler. Für lange Strecken ist es nicht geeignet. Daher wird es auch Autos mit Verbrennungsmotor so schnell nicht ablösen. Vorläufig werden konventionelle Autos, Hybridautos und Elektroautos noch eine lange Zeit nebeneinander existieren.

Wie wird sich die Mobilität in Zukunft verändern?

Elektrizität ist eine hervorragende Energiequelle, vielleicht die optimale Energiequelle für Autos. Zurzeit laufen die Elektroautos in China mit Lithium-Batterien, deren Energie vorwiegend in Kohle- oder Wasserkraftwerken erzeugt wird. Andere Technologien für die Stromproduktion und -speicherung, beispielsweise Wasserstoff und Kernkraft, befinden sich noch in der Entwicklung.

Elektromobilität in China: Heute setzen viele Chinesen bereits auf Elektrofahrzeuge – aber vor allem noch auf Zweiräder wie Roller und E-Bikes. Doch auch im Autobereich erwarten Experten einen E-Mobility-Boom.





Handy-NFC-Systeme (Radio Frequency Identification bzw. Near Field Communication). Zum anderen gewährt es im Gegensatz zu Metall eine große Designfreiheit mit dem Ergebnis, dass nicht nur das Gehäuse, sondern auch das transparente Display daraus gefertigt werden kann. Dadurch ist auch ein flexibler modularer Aufbau der Ladestationen möglich. So kann etwa an der einen Seite der Akku eines Elektroautos geladen werden, während auf der anderen Seite ein Elektrofahrrad, ein sogenanntes Pedelec, lädt. Kein Wunder, dass Ladestationen bereits in den Niederlanden – wo Pedelecs weit verbreitet sind – und sogar schon weltweit aus Makrolon™ hergestellt werden.

Sicher Strom tanken – an Ladestationen aus Makrolon™

„Stationen aus diesem Kunststoff sind sehr robust“, sagt Dr. Thorsten Niklas, Polycarbonat-Experte bei Bayer MaterialScience. „Er hält nicht nur Minusgraden, Wind und Regen stand, sondern bietet auch Schutz gegen Vandalismus.“ Werkstoffe von Bayer MaterialScience finden sich

also in allen Bereichen der Elektromobilität – vom Fahrzeug über die Batterie bis hin zur Ladestation. Und Radunz fasst das Ziel von Bayer MaterialScience zusammen: „Mit unseren innovativen Systemlösungen und Serviceleistungen wollen wir auch in Zukunft Partner und Lieferant der Wahl für die Automobilindustrie sein – für die gesamte Wertschöpfungskette vom Teillieferanten über den Systemlieferanten bis hin zum Automobilhersteller.“ Denn noch unterscheiden sich E-Autos im Design kaum von den heute üblichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Elektrofahrzeuge werden überwiegend noch nach traditioneller Art entwickelt und produziert. „Wir erwarten langfristig aber grundsätzliche Veränderungen im Materialeinsatz und Produktionsprozess durch völlig neue Fahrzeugkonzepte“, sagt Radunz. Das globale E-Mobility-Team von Bayer MaterialScience arbeitet schon heute daran.



www.research.bayer.de/elektromobilitaet
Weiterführende Informationen
zum Thema Elektromobilität

Lack im Klimastress: Neue Materialien zur Kunststoffbeschichtung müssen extremen Temperaturen und Witterungen standhalten. Deshalb testet Laboringenieur Wen Xu Materialproben in der Klimakammer des Polymer-Innovationscenters von Bayer MaterialScience in Shanghai unter härtesten Bedingungen.



Strom zapfen: Für kostengünstige und robuste Ladestationen bietet sich der Bayer-Kunststoff Makrolon™ an. Er hält nicht nur Minusgraden und Regen stand, er bietet auch Schutz vor Vandalismus.