

Rückblick. Mehr als drei Millionen Besucher haben die Fußball-Weltmeisterschaft in Südafrika live vor Ort verfolgt. Den allermeisten dürfte kaum bewusst sein, dass die vielen modernen Stadien-Architekturen ohne technische Kunststoffe kaum zu realisieren wären. Auch der Hightech-Kunststoff Polycarbonat (PC) ist in Form innovativer Dach- und Fassadenflächen mittlerweile in zahlreichen Stadien weltweit vertreten. Dies ist jedoch nur eine der zahlreichen Anwendungen von PC. Vor 57 Jahren in Uerdingen entdeckt, ist der äußerst variable Werkstoff heute im positiven Wortsinne alltäglich. Hinter Polycarbonat verbirgt sich ein Stoff, der seit knapp sechs Jahrzehnten Erfolgsgeschichten schreibt.

Polycarbonat – wie ein Hightech-Kunststoff die Welt erobert(e)

**FRANK SCHNIEDERS
HARTMUT LÖWER
CHRISTINA LUEER**

Schon in seiner Promotion im Jahr 1944 widmet sich Dr. Hermann Schnell den „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der Polyamide“ – und technische Kunststoffe sollten auch in der weiteren Karriere des Forschers die zentrale Rolle spielen. 1953 untersucht der damalige Leiter des Wissenschaftlichen Hauptlabors von Bayer in Uerdingen die Umsetzung von Phosgen mit aromatischen Bisphenolen. Die entstehenden Polykondensate sind auch durch Umesterung von Bisphenolen mit Diphenylcarbonat in der Schmelze zugänglich. Hierbei entsteht eine völlig neue Klasse thermoplastischer Kunststoffe mit bislang ungekanntem Eigenschaftsprofil: die aromatischen Polycarbonate. Bald stellt sich heraus, welch enormes wirtschaftliches Potenzial die Polycarbonate bergen, und auch die Wissenschaft zeigt sich nach anfänglicher Skepsis begeistert. Noch 1953 meldet Bayer die Innovation – unter dem Namen Makrolon vermarktet – zum Patent an.

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110415



Dr. Hermann Schnell, Erfinder von Polycarbonat

Ein Kunststoff erobert den Markt

Im November 1958 nimmt im Uerdingener Bayer-Werk die erste Produktionsanlage für Polycarbonat den Betrieb auf. Monatliche Kapazität: 40 t. 1959, wird der Kunststoff auf der Kunststoff-Messe in Düsseldorf erstmals der Fach-Öffent-

lichkeit vorgestellt. Findet PC zunächst in Folien und Abdeckungen für elektrische Schalt- und Sicherungskästen Verwendung, ist es spätestens in den 1960er-Jahren als Essgeschirr „in aller Munde“. Ab 1971 entdeckt die Baubranche PC für sich. Hochbruchfest und im Vergleich zu Glas wesentlich leichter, sorgen Massiv- und Stegplatten aus Makrolon als Verschiebung von Gewächshäusern, Wintergärten, Carports und Terrassenüberdachungen für den richtigen Lichteinfall. Und auch wenn elegante Dachkonstruktionen gewünscht sind, setzen Architekten fortan häufiger auf den Kunststoff aus Uerdingen.

Blends: Eine starke Kombination

Dass Blends mit anderen thermoplastischen Kunststoffen die Tür zu neuen Anwendungsmöglichkeiten aufstoßen können, zeigt sich ab 1977. Die Bayer-Chemiker hatten zuvor aus PC und Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) erstmals Hochleistungs-Blends entwickelt, die in den folgenden Jahren unter dem Namen Bayblend in stark wachsender Menge z. B. als flammwidriges Gehäusematerial für Bürogeräte oder hochzähe Instrumententafeln und Mittelkonsolen in Automobilen verwendet werden. Und ein weiteres



Überdachungsdesign der BayArena: Dachwerkstoff ist Polycarbonat wegen seiner Transparenz, Stabilität, Schlagzähigkeit und Witterungsbeständigkeit (Bilder: Bayer)

vielversprechendes Anwendungsfeld drängt sich mit Wucht auf einen begierigen Markt: Der Computer.

Die Erde ist eine Scheibe

Eine neue, bahnbrechende Anwendung für PC lässt in Europa 1982 erstmals die Stereoanlagen erklingen. Mit der von Philips, PolyGram und Bayer entwickelten Technologie für die Audio Compact Disc (CD) beginnt ein epochaler Umbruch in der Musikindustrie. Die optischen Datenträger aus Makrolon ermöglichen es, Musik in bis dahin unbekann-

ter Qualität zu speichern, können aber auch riesige Datenmengen auf minimalem Raum unterbringen – 24 000 beschriebene DIN A4-Seiten lassen sich auf einer üblichen CD mit 740 MB speichern (**Bild 1**).

Getränke- und Automobilindustrie fahren auf PC ab

Anfang der 1990er-Jahre gelingt der bulgigen 5-Gallonen-Mehrweg-Wasserflasche aus PC der Durchbruch – dank der zunehmend flächendeckend eingesetzten Watercooler. Spätestens 1992 zeigen sich

auch die europäischen Automobilhersteller von Polycarbonat begeistert. Durch die gegenüber Glas viel größere Gestaltungsfreiheit kombiniert mit einer deutlichen Gewichtsersparnis wird Makrolon zum führenden Werkstoff für Scheinwerferlinsen, -streuscheiben und -abdeckungen für Autos. Ab 1999 intensivieren die Bayer-Wissenschaftler die Arbeit an der Verschiebung selbst – mit besten Zukunftsaussichten.

Mit DVD und Blu-Ray-Discs ins Speicherwunderland

Als Weiterentwicklung der CD erobert die DVD (**Bild 2**) seit 1996 den Weltmarkt. Durch das mit 4,7 GB mehr als siebenmal größere Speichervolumen findet auf dem 12 cm-Silberling ein 135 min langer Spielfilm Platz. 2006 kommt schließlich die Blu-Ray-Disc auf den Markt und ermöglicht digitale Bildinhalte in deutlich höherer Qualität. Der High-Definition-Nachfolger der DVD basiert ebenfalls auf Makrolon, arbeitet mit einem namensgebenden blau-violetten Laser und verfügt über ein Speichervolumen von bis zu 50 GB. Die enormen „Speicher-Sprünge“ von der CD bis zur Blu-Ray werden durch immer kleinere Pits, geringere Spurabstände, kürzere Wellenlängen und gerin-

Bild 1. CD-Stapel: Mit der Audio Compact Disc aus Polycarbonat beginnt ein epochaler Umbruch in der Musikindustrie





Bild 2. HD-DVD: Der High-Definition-Nachfolger der DVD basiert ebenfalls auf Polycarbonat, arbeitet mit einem namensgebenden blau-violetten Laser und verfügt über ein Speichervolumen von bis zu 50 GB

gere Strahldurchmesser der Lese- bzw. Schreibblaser möglich. Diese technologischen Fortschritte sind nur möglich, weil sogar nanoskalige Strukturen mit höchster Präzision in PC-Oberflächen eingeformt werden können.

Aktuelle Anwendungen und Zukunftsvisionen

Der Markt ist riesig, die Einsatzmöglichkeiten vielfältiger denn je. Neben den bewährten Anwendungen für PC erforscht Bayer MaterialScience stetig neue Möglichkeiten, Produkte mit PC (energie-)effizienter, sicherer oder wirtschaftlicher zu machen. Damit trägt Polycarbonat dazu bei, den nachhaltigen Ansatz in der Philosophie des Unternehmens zu unterstreichen und den vielfältigen Trends und Treibern in seinen Kundenindustrien aktiv zu begegnen.

Optische Datenträger (ODS): Bis heute sind diese mit einem Anteil von rund 25 % am Gesamtmarkt die bedeutendste Anwendung für PC, wobei die aktuelle Entwicklung – von einem hohen Niveau kommend – leicht rückläufig ist (ca. -5 % jährlich). Bei einzelnen Produkten stehen die Zeichen jedoch weiter auf Wachstum. So boomen derzeit die Blu-ray-Formate. Zurzeit verdoppelt sich der PC-Verbrauch für diese Formate nahezu von Jahr zu Jahr. Klar ist: Der Speicherbedarf der Weltbevölkerung wächst exponentiell, deshalb werden optische Speichermedien auch in den kommenden Jahren eine wichtige Stütze des PC-Marktes bleiben.

Wasserflasche: 2008 wurden weltweit ca. 100 000 t PC für 5-Gallonen-Behälter verarbeitet. Bis zu 100-mal können die Mehrweg-Flaschen aus Makrolon WB1239 wiederbefüllt werden – ein wesentlicher Vorteil gegenüber Glas, PVC und PET. Auch die Mehrweg-Milch- bzw. -Joghurtflasche aus PC setzt sich in Europa zunehmend gegen Einweg-Ver-

packungen und Mehrweg-Glasflaschen durch. Kunststoffverpackungen werden immer leichter und langlebiger und verringern somit nicht nur den Einsatz erforderlicher Rohmaterialien, sondern auch das zu transportierende Gewicht und die entsprechenden Transportkosten. Insgesamt ist damit ihre Ökobilanz, d. h. die Summe des gesamten Energieverbrauchs für Herstellung, Transport und Entsorgung effizienter als die anderer Verpackungsarten.

Medizintechnik: Auch in höchst anspruchsvollen und streng reglementierten Anwendungen wie in der Medizintechnik nimmt der Einsatz von PC an Bedeutung zu. Polycarbonat ist robust, in transparent sowie gedeckt verfügbar und lässt sich leicht sterilisieren. In der Medizintechnik wird es vor allem für Dialysator-Gehäuse verwendet. Auch beispielsweise intravenöse Zugangssysteme, Applikationsgeräte für die Selbstmedikation sowie Anschlüsse und Kupplungsstücke für medizinische Geräte können (zukünftig) aus PC hergestellt werden.

Elektro/Elektronik: Besonders (PC+ABS)-Blends kommen heute in der Daten- und Informationstechnik sowie der Elektrotechnik und Elektronik zum Einsatz. Sicherheit und ökologische Vorteile sind hierbei entscheidende Treiber. Die in Europa ab 1. Juli 2010 geltende Norm EN 60065 wird das PC-Geschäft bei LCD-Fernsehern (Bild 3) nach Experten-Prognosen weiter steigern. Danach müssen Hersteller ihre TV-Geräte mit einem leistungsfähigen Flammenschutz ausstatten. Das bedeutet: ABS, PMMA+ABS oder Polystyrol in Fernsehgeräten können ohne Flammenschutzrüstung nicht mehr eingesetzt werden. Flammgeschützte PC-Typen wie Makrolon FR oder Bayblend FR dagegen sind zugelassen. Auch die neuen EU-Richtlinien WEEE und RohS spielen besonders den halogenfrei flammgeschützten Thermoplasten in die Karten. Um höhere Entsorgungskosten zu umgehen, werden halogenierte HIPS- und ABS-Werkstoffe zunehmend durch halogenfrei flammgeschützte PC-Blend-Typen ersetzt. Auch strengere Prüfkriterien für Ökolabel wie dem „Blauen Engel“ verstärken diese Entwicklung, und die steigenden Anforderungen zum Schutz von Geräteelektronik in vielen Haushaltsanwendungen tragen stetig zu neuen Entwicklungen im Blend-Bereich bei. Mit hydrolysestabilisierten Typen wie z. B. Bayblend FR 3008 HR (Hydrolysis Resistant) hält ein spezielles flammgeschütztes (PC+ABS)-Blend im Markt Einzug, das in extrem feucht-warmer Umgebung äußerst beständig ist und hervorragende Leistungsprofile hinsichtlich seiner Chemikalienbeständigkeit, Feuchteaufnahme, aber auch der optischen →



Bild 3. LCD-Fernseher: Das PC-Geschäft bei LCD-Fernsehern wird nach Experten-Prognosen weiter ansteigen



Bild 4. Smart-Dach: Der aktuelle Smart verfügt über ein Panoramadach aus Polycarbonat



Bild 5. RXI-Kollimatorlinse: Seine optischen Eigenschaften machen Polycarbonat zum gefragten Werkstoff bei der Herstellung von Linsenoptiken

Qualitätsmerkmale, z. B. mit Blick auf Farbstabilität, bietet.

Automobile: Nahezu 100 % der Autoscheinwerfer weltweit enthalten PC, der Werkstoff ist als „State of the Art“ fest etabliert. Auch (PC+ABS)-Blends finden verstärkt Einsatz bei Innen- und Außenbauteilen. Einen klaren Zukunftsmarkt sehen die Bayer-Forscher in der Auto-Verseibung. Aufgrund seiner Designfreiheit, der Bruchsicherheit und des geringen Gewichts wird PC hier langfristig ein beträchtliches Wachstum verzeichnen – vor allem bei großen Panoramadächern oder beweglichen Modulbauteilen (**Bild 4**). Beispiel: Der aktuelle smart fortwo. Dieser verfügt mit rund 1,2 m² über das weltweit größte mit PC in einem Serienfahrzeug umgesetzte Panoramadach. Das transparente Bauteil besteht aus Makrolon AG 2677, einem speziell für Autoscheiben entwickelten Polycarbonat, als Rahmenkomponente wird z. B. Bayblend T95 MN eingesetzt. Trotz der Größe lässt sich das Dachmodul mit nur sehr geringen inneren Spannungen und verzugsarm in exzellenter Oberflächenqualität fertigen – im 2-Komponenten-Spritzpräge-Verfahren. Das Dachelement ist gegenüber vergleichbaren Glas-Lösungen um über 40 % leichter und verbessert damit deutlich die Kraftstoffeffizienz der Fahrzeuge. Das Hinterspritzen vorgeformter und bedruckter Kunststofffolien (Film Insert Molding) eröffnet wiederum enorme Gestaltungsoptionen. Es ermöglicht, zusätzliche Funktionen wie die Scheibenheizung, Antennen und die IR-Reflexion in Dachmodulen oder Heck-

scheiben direkt in die Fertigung zu integrieren. Darüber hinaus lassen sich mit neuesten Direct-Skinning- bzw. Direct-Coating-Verfahren Bauteiloberflächen im selben Werkzeug mit maßgeschneiderten Oberflächen und Dekoren ausstatten und zu diesem Zweck mit Polyurethanschäumen bzw. -lacken beschichten. Auch innovative PC-Folien mit intelligenten Funktionalitäten wie die PC-Folie Makrofol TP244, die sich dank ihrer dünnen, coextrudierten UV-Schutzschicht durch eine hohe Lichtstabilität und UV-Beständigkeit auszeichnet und dadurch stark vergilbungsstabil ist, kommen verstärkt im Innenraum von Autos zum Einsatz.

Bauelemente und Architektur-Verglasung: Auf Kunststoff-Platten für die Bauindustrie entfielen 2009 ca. 15 % des globalen PC-Verbrauchs. Für Massiv- und Stegplatten wurden coextrudierbare UV-Spezialschutzschichten entwickelt, die bei Außeneinsätzen einen wirksamen Witterungsschutz sicherstellen. Durch seine positiven Eigenschaften bestätigt sich der Hightech-Kunststoff zunehmend als ideale und sehr wirtschaftliche Substitution von Glas im Bereich der Architektur-Verseibung. Die Möglichkeiten, die Massiv- und Stegplatten aus Makrolon hier eröffnen, sind beeindruckend und überzeugen in vielerlei Hinsicht: Hochstabil und zugleich sehr biegsam, können sie ohne massive Unterkonstruktionen hohen Windlasten standhalten und windbedingte Bewegungen abfedern. Sie weisen eine hohe Schlagzähigkeit auf und halten extremen Hagelschlag sowie großen Schnee- oder Regenlasten stand. Dennoch sind sie von geringem Gewicht (wenige Kilogramm pro Quadratmeter) und einfach zu bearbeiten. Eine hohe Lichttransmission garantiert optimale Lichtverhältnisse ohne Schlagschatten oder zu starken Hell-Dunkel-Kontrasten. Die Sicherheit wird außerdem durch die Erfüllung wichtiger inter-

→



Bild 6. Diffuserplatten: Ein speziell entwickeltes Polycarbonat dient zur Herstellung von Diffuserplatten für großflächige LCD-Flachbildschirme



Bild 7. LED-Linsen: Beleuchtungskonzepte mit LEDs zeichnen sich durch außergewöhnliche optische Helligkeit bei geringeren Energiekosten aus

nationaler Brandschutzbestimmungen gewährleistet (Titelbild S. 21).

LED-Anwendungen: Seine positiven Materialeigenschaften machen PC seit einiger Zeit zum gefragten Werkstoff bei der Herstellung von Linsenoptiken (Bild 5) und Lichtleitern für die energiesparende LED-Technologie. Denn diese müssen höchste Ansprüche an die Transmission, Thermostabilität und Farbkonsistenz erfüllen. Bayer MaterialScience bietet mittlerweile unterschiedliche Polycarbonat-Qualitäten (Bild 6) für den LED-Markt – je nach Beleuchtungs-Anforderung verfügen diese über eine sehr hohe Lichtdurchlässigkeit, eine gute Wärmebeständigkeit, besondere Stabilität unter LED-Lichtstrom oder auch gegenüber UV-Strahlung. Der Einsatz von Kunststoffen in LED-Beleuchtungskonzepten unterstützt sowohl eine einheitliche Lichtverteilung als auch eine überlegene Lichtübertragung für außergewöhnliche optische Helligkeit bei geringeren Energiekosten (Bild 7).

Möbel und Consumer Products: Stark designorientierte Branchen wie die Möbelindustrie, aber auch die Sport- und Freizeit- oder die Spielzeugindustrie setzen zunehmend auf PC – besonders für attraktive und wirtschaftliche Bauteillösungen. Für die Stuhlindustrie hat Bayer MaterialScience z. B. zwei hochtranspa-

rente stark schlagzähe Makrolon-Varianten oder das extrem leichtfließende (PC+ABS)-Blend Bayblend T65 XF maßgeschneidert, die dem Designer durch ihre gute Schmelzefließfähigkeit große Gestaltungsfreiheiten im Vergleich zu konventionellen Materialien eröffnen. Optische und haptische Oberflächeneffekte nach aktuellsten Trends lassen sich durch verschiedenste Technologien zur Kunststoffefärbung bzw. neuesten Entwicklungen auf Basis von weichen thermoplastischen Polyurethanen und harten Thermoplasten wie Polycarbonat und seinen Blends realisieren. So entstehen z. B. warme, grifffreundliche Soft-Touch-Oberflächen mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften, die außerdem sehr abrieb- und verschleißfest sind. Sie verleihen unterschiedlichsten Möbelbauteilen wie Armlehnen, Elementen von Sitzflächen, Ablageflächen, Griffen und Knäufen eine hohe Gebrauchstüchtigkeit und lange Lebensdauer. Tiefenwirkung lässt sich durch Zwei-Komponenten-Fertigung erzielen, für galvanisierte Oberflächeneffekte stehen spezielle PC-Blends wie Bayblend T45 PG (Plating Grade) für vielfältige Einsatzfelder zur Verfügung. Auch Hightech-Folien mit intelligenter Funktionalität liegen voll im Trend. So werden z. B. PC-Folien angeboten, die elektrisch

leitfähig sind, unter elektrischer Spannung leuchten (Elektrolumineszenz), eine Chromeffekt-Oberfläche zeigen oder haptisch verändert sind (Soft-Touch).

Verkehrslaitsysteme: Keine Zukunftsvision, sondern schon heute Realität ist der Einsatz von PC und PC-Blends in Verkehrslaitsystemen. Statt Glas, Metall oder PMMA finden sich Polycarbonate immer häufiger in Gehäusen und Optiken für Ampeln und Bahnsignalleuchten, in Beleuchtungselementen zur Baustellenabsicherung, Fahrbahnmarkierungen oder auch in Parkurghäusen. Vorteile gegenüber dem ebenfalls transparenten PMMA sind die Dimensionsstabilität, die deutlich höhere Schlagzähigkeit – auch bei Minustemperaturen – sowie die Resistenz gegen Vandalismus.

Ein Hightech-Kunststoff mit Zukunft

Auch über 57 Jahre nach seiner Entdeckung ist PC jünger und frischer denn je, die Anwendungsvielfalt ist ungebremst, was für die Zukunft zahlreiche Innovationen erwarten lässt. Ein jugendlicher Stoff mit gereifter Erfahrung – und einer klaren Perspektive. Entsprechend sagen die Prognosen bis 2015 ein jährliches weltweites Wachstum von rund 6 % voraus (Bild 8). ■

DER AUTOR

FRANK SCHNIEDERS ist Senior Manager für Market & Competitive Intelligence bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

DR. HARTMUT LÖWER ist Senior Vice President für strategische Projekte und Kooperationen im Bereich Polycarbonat bei der Bayer MaterialScience AG, Uerdingen.

CHRISTINA LUEER ist Leiterin Kommunikation für den Bereich Polycarbonat bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

SUMMARY

POLYCARBONATE – HOW A HIGH-TECH MATERIAL CONQUERED THE WORLD

REVIEW. Over three million visitors have watched the Football World Cup live in South Africa. Most of them can scarcely have been aware that the modern architectural designs created for many of the stadia would have been virtually impossible to implement in practice without engineering plastics. Among such materials, the high-tech plastic polycarbonate (PC) is now used in numerous stadia for innovative roof and facade surfaces. But this is just one of many applications for PC. Discovered 57 years ago in Uerdingen, Germany, this extremely versatile material is now commonplace in the best sense of the word.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com

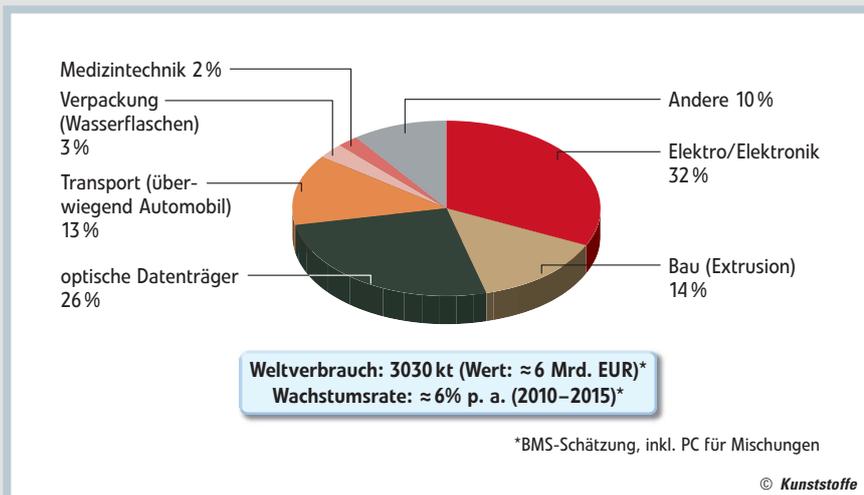


Bild 8. Der Weltmarkt für Polycarbonat, aufgesplittet nach Anwendungen (2009)