

Ohne Stahl und Lack

Kunststoffkarosserie. Die Herstellung folienhinterformter Bauteile für die Anwendung im Automobilaußenbereich umfasst verschiedene Produkte und Verfahrensschritte. Der Beitrag gibt eine Übersicht über Werkstoffe und Technologien für das Hinterformen der Folien.



Vollkunststoffdachmodul des MCC Smart (Hersteller: Arvin Meritor, Gifhorn)

ACHIM GREFENSTEIN
KAAN KAYMAK

Hochglänzende Folien finden seit Mitte der 90er-Jahre Anwendung bei Säulenverkleidungen, Zierleisten, Außenspiegeln, Dachleisten, Radkapen, Schwellern und Kühlergrills [1]. Prominente Beispiele dafür in Europa sind die Kühlergrills des alten Ford Fiesta und des aktuellen Renault Laguna.

Unabhängig von der Art der Farbgebung können diese Folien mit unterschiedlichen Werkstoffen auf Basis von Styrolcopolymeren, deren thermoplastischen Blends und Polyurethanschaumsystemen hinterformt werden (Bild 1). Zusammen mit ihrer Tochtergesellschaft, der Elastogran GmbH, verfügt die BASF AG über Materialien und Know-how aus allen drei Produktgruppen und kann so das gesamte Spektrum an Hinterformtechnologien abdecken. Die in ihren Eigenschaf-

ten sehr unterschiedlichen Hinterformwerkstoffe ermöglichen die Herstellung nahezu aller denkbaren Bauteile an der Karosserie. Dritter Partner im Know-how-Verbund der BASF für den Automobilbau ist die BASF Coatings AG, die Lacke und Lackierverfahren für die zu hinterformenden Folien beisteuert [2]. Alle drei Unternehmen zusammen bieten so eine Vielzahl von Kunststofflösungen für den Automobilaußenbereich an.

Bei den thermoplastischen Hinterformwerkstoffen ging die Entwicklung in Richtung von langfaserverstärkten Verbunden mit geringer Wärmedehnung und gleichzeitig guten Crasheigenschaften. Die Class A-Fähigkeit dieser Werkstoffe lässt sich nur mit Folie erreichen [3, 4]. Die Einarbeitung der Glasfasern kann sowohl im Spritzgieß- als auch im Extrusionspressverfahren erfolgen [5, 6]. Die Realisierbarkeit von hinterprägten Bauteilen mit einer Abdichtung der Tauchkante durch

die Folie wurde nachgewiesen. Damit ist auch die grundsätzliche Herstellbarkeit sehr großer Bauteile aus thermoplastischen Werkstoffen geklärt.

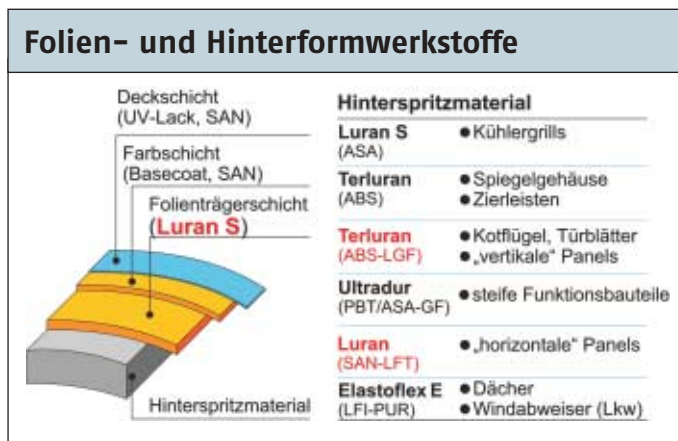
Technologien zum Hinterformen der Folien

Bei der Auswahl eines geeigneten Hinterformmaterials ist generell der Bimetalleffekt (hier müsste man besser sagen: Bimaterialstoffeffekt) zu beachten. Dies bedeutet, dass Folie und Hinterformwerkstoff möglichst ähnliche Schwindungs- und Längenausdehnungswerte besitzen sollten. Generell ist das Verzugverhalten von Folienverbunden aus teilkristallinen Werkstoffen (z. B. Polypropylen) durch deren größere Formschwindung als kritischer zu betrachten.

Bis heute existiert, trotz mannigfaltiger Versuche der SMC- und Folienhersteller, keine mit SMC kompatible Folie, da die Ausgasungen des SMC nicht durch die Hochglanzfolien entweichen können und somit zur Blasenbildung nach Bauteilherstellung oder spätestens nach Klimalagerung führen. Dies ist bedauerlich, da SMC für den Bauteilkonstrukteur viele vorteilhafte Eigenschaften (u. a. hohe Steifigkeit und geringe Längenausdehnung) hat. Im Folgenden soll daher gezeigt werden, welche Alternativen mit ähnlichen Eigenschaften bei reduzierten Systemkosten zur Verfügung stehen.

Hinterspritzten mit faserverstärkten Thermoplasten: Mit amorphen Thermoplasten wie ABS lassen sich langglasfaserverstärkte Bauteile herstellen, bei denen

Bild 1.
Folien können mit unterschiedlichen Werkstoffen auf Basis von Styrolcopolymeren hinterformt werden



sich keine Faserabzeichnungen auf der Folienseite, auch nach Wärmelagerung, erkennen lassen. Je nach Faseranteil besitzt das Hinterformmaterial eine Steifigkeit zwischen 3500 und 6500 MPa bei gleichzeitig gutem Crashverhalten und einer Längenausdehnung zwischen 35 und 45×10^{-6} 1/K.

Die Fasern können einerseits als Schnittglas durch Umbau einer handelsüblichen Spritzgießmaschine mit einem speziellen (faserschonenden) Mischteil

hinterspritzt und auf einen Träger aus (PBT+ASA)-Blend (Typ: Ultradur S) oder (PA+ABS)-Blend (Typ: Terblend N) aufgeklebt. Als Folien für die Beplankungsteile kamen dabei coextrudierte und auch lackierbare Folien zum Einsatz. Wie schon an den früheren Messebauteilen konnte auch an diesem großen Bauteil eine maximale Wärmeformbeständigkeit der Folieneverbunde auf Basis ABS von 90°C abgesichert werden. Dies ist für in der Sonne weniger stark exponierte vertikale Bauteile ein ausreichender Wert. Arbeiten zur weiteren Erhöhung der Wärmeformbeständigkeit laufen.

Hinterpressen mit faserverstärkten Thermoplasten: Entscheidenden Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften von langglasfaserverstärkten Bauteilen hat die erzielbare Faserlänge. Diese ist bei der Hinterspritz- oder Hinterprägetechnologie im Wesentlichen durch die Fließvorgänge im Angussbereich des Werkzeugs limitiert. Die dort auftretenden Scherkräfte ermöglichen eine maximale Faserlänge im Bauteil von ca. 5 mm. Die mittlere Faserlänge liegt bei ca. 1 mm.

Eine Alternative zum Spritzgießverfahren ist das LFT-Pressverfahren oder auch Strangablegeverfahren (LFT: Long Fiber-reinforced Thermoplastics). Dabei wird nach einer dem Spritzcompounder analogen Fasereinarbeitung in einer Doppelschneckenmaschine ein Schmelzestrang durch eine Extrusionsdüse ausgetragen, auf eine vorgegebene Länge geschnitten und in einem Presswerkzeug umgeformt. Durch die deutlich geringeren Scherkräfte lassen sich Faserlängen im Bauteil von deutlich über 10 mm erzielen. In Tabelle 1 sind die daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften im Vergleich zum Spritzgießen am Beispiel einer hinterformten Heckblende (siehe [8]) dargestellt.

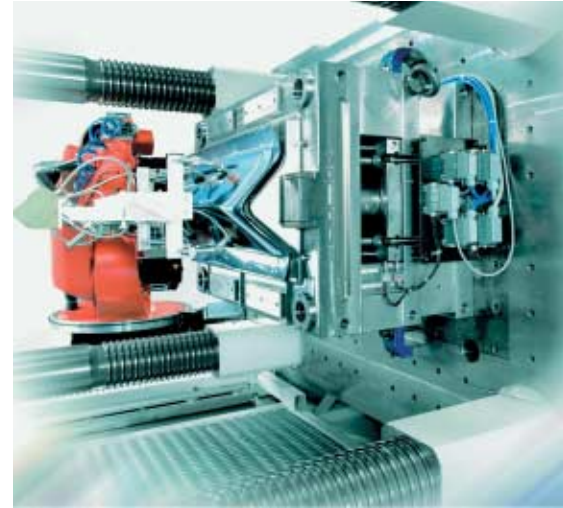


Bild 2. Heckdeckelklappe, hergestellt in der vollautomatischen Fertigungszelle des Spritzgießcompounders von Krauss-Maffei

Es lassen sich daraus folgende Erkenntnisse ableiten:

- Aufgrund der längeren Fasern muss auch bei geringen Fasergehalten mit einem Matrixwerkstoff geringer Viskosität gearbeitet werden, um das Werkzeug füllen zu können.
- Die längeren Fasern führen zu höheren Bauteilsteifigkeiten bei gleichzeitig geringerer Anisotropie (Orientierungseffekt).
- Die Bauteilzähigkeit lässt sich insbesondere bei hohen Glasgehalten drastisch steigern.

In Zusammenarbeit mit der Firma Diefenbacher wurden auf der neuesten Maschinenengeneration nach dem so genannten LFT-D-ILC-Strangablegeverfahren (Bild 5) Bauteile zunächst ohne Folie mit unterschiedlichen Matrixwerkstoffen zur mechanischen Charakterisierung hergestellt. LFT-D-ILC steht für LFT-Direkt-In-Line-Compounding. Bei der zweistufigen ▶

Anwender

ArvinMeritor
Rockwellstr. 1
D-38518 Gifhorn
Tel. +49 (0) 53 71/8 94-0
Fax +49 (0) 53 71/8 94-198
www.arvinmeritor.com



Bild 3. Das Messebauteil von der K 2001 wurde mit langglasfaserverstärktem ABS hinterspritzt

und einer gravimetrischen Dosierung zugegeben werden. Im Falle einer Maschinenneuinvestition besteht die bessere Variante in der Verwendung eines Spritzgießcompounders (Hersteller: Krauss-Maffei).

In einer vollautomatischen Fertigungszelle (Bild 2) wurde auf der K 2001 der in Bild 3 dargestellte Heckdeckel aus ABS (Typ: Terluran) gefertigt [5]. Dabei wurden die Glasfasern in Anteilen zwischen 15 und 30 Gew.% in den Spritzgießcompounder ausgehend von Rovings zudosiert. Die Zykluszeit betrug 65 s.

In Zusammenarbeit mit den Firmen Montaplast und DaimlerChrysler wurde das Konzept auch auf Prototypen des in Bild 4 dargestellten Heckdeckels [7] übertragen. Dabei werden die horizontalen und vertikalen Beplankungen mit ABS

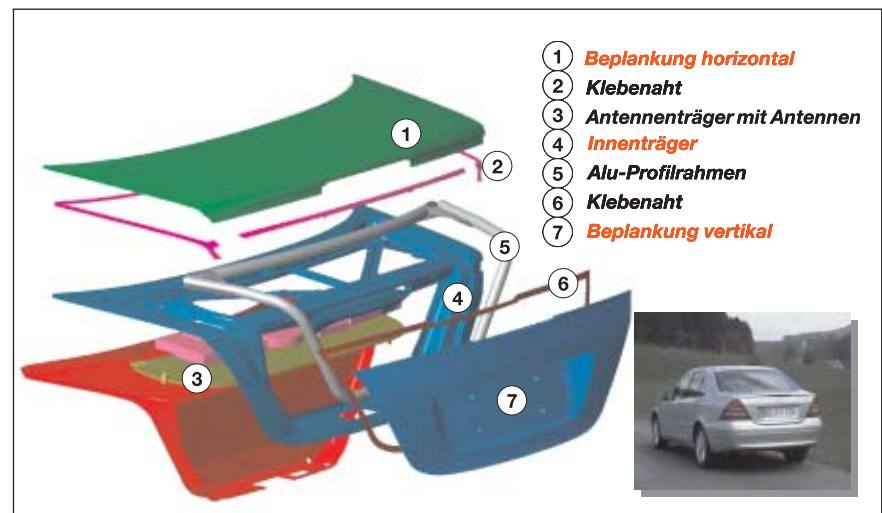


Bild 4. Prototyp eines antennentauglichen Thermoplast-Hackdeckels

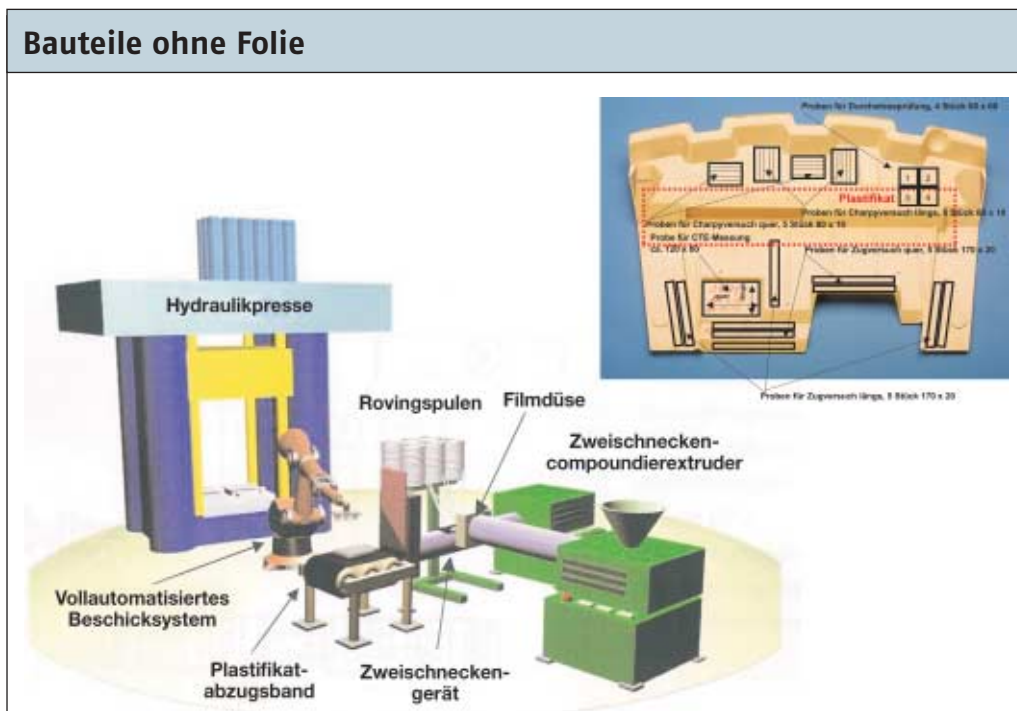


Bild 5. Strangablegeverfahren nach dem LFT-Direkt-Inline-Compounding (Entwicklung: Dieffenbacher) und Testbauteil

Verfahrensweise erfolgt das Aufschmelzen und ggf. Einmischen von Zuschlagstoffen oder Mahlgut in den Matrixwerkstoff in einem ersten Extruder, während die Faserbenetzung und deren schonende Einarbeitung in einem zweiten Extruder stattfindet. Dadurch können besonders hohe Faserlängen und damit hervorragende mechanische Kennwerte erzielt werden.

Es wurden Bauteile jeweils etwa gleichen Gewichtes in einer Dicke von 2,5 mm hergestellt. Dazu wurde der Vergleichswerkstoff PP mit 40 % Glasfasern verstärkt, während die Styrolcopolymere mit 30 % Glas verstärkt wurden. Die Probekörper wurden aus ebenen Bauteilflächen längs und quer neben dem Plas-

tifikatstrang entnommen, um den maximalen Einfluss der Faserorientierung herauszuarbeiten. Für die Anwendung als flächiges Karosseriebauteil ist ein möglichst isotropes Bauteilverhalten eine zentrale Voraussetzung.

Es ist zu erkennen, dass die Styrolcopolymere trotz des geringeren Fasergehalts teilweise deutlich höhere Steifigkeiten, insbesondere quer zur Faserorientierung bieten (Bild 6). Maximal lassen sich mit knapp 10000 MPa auch zu SMC vergleichbare Werte erzielen. Die deutlich geringere Anisotropie zeigt sich auch in den weniger orientierungsabhängigen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten. Selbst quer zur Faser werden für Kunststoff-Karosse-

rieauteile wünschenswerte Ergebnisse erzielt. Alle Werkstoffe blieben im Durchstoßversuch splitterfrei. Auch bei der gegenüber ABS spröderen SAN-Matrix halten die langen Glasfasern das Bauteil zusammen. Dies ermöglicht somit auch den Einsatz des deutlich wärmeformbeständigeren SAN (Vicat B von 120°C).

Neben den guten mechanischen Eigenschaften sprechen noch folgende Gründe für den Einsatz von Styrolcopolymeren in dieser Anwendung:

- die hervorragende Haftung der Styrolcopolymere zur Folie,
- weniger Verarbeitungsschwindung und Verzug sowie

- keine Abzeichnung des Schmelzestrangs oder der Glasfasern durch die Folie.

Obwohl diese Entwicklung noch am Anfang steht und insbesondere die Werkzeug- und Verfahrenstechnik zur Herstellung von großflächigen Class A-Bauteilen durch Hinterpressen mit Styrolcopolymer-LFT noch weiterentwickelt werden muss, ist für die Zukunft insbesondere für große und horizontale Bauteile mit dieser Technologie zu rechnen. Im Vergleich zu den heute schon aus PP-LFT hergestellten Frontends, bei denen ein hoher Verschnittanteil (z. B. Durchbrüche) anfällt, sind Hauben und Dächer ideale Bauteile für die rationelle Herstellung im Pressverfahren (wenig Verschnitt, keine Hinterschnitte).

Hinterschäumen mit duroplastischen PUR-Systemen: Eine erprobte Alternative zur Herstellung großer Bauteile ist das Hinterschäumen der Folie mit einem glasfaserverstärkten PUR-Schaum [8 bis 10]. Schon seit 1998 wird mit dieser Technologie das Vollkunststoff-Dachmodul des MCC-Smart von der Firma ArvinMeritor hergestellt (Titelbild).

Die Vorteile eines solchen Dachmoduls:

- leichte Funktionsintegration (z. B. Einschäumen von Antennen und Kabeln),
- vereinfachter Herstellprozess in einem Schuss,
- Folie ersetzt aufwändige Lackierung,
- Gewichtsreduktion von ca. 50 % im Vergleich zum Glasdach bzw. gleich großem Stahldach sowie

Hinterformwerkstoffe

Hinterformmaterial (ABS)	Terluran GP-22	Terluran GP-35	Terluran GP-35	Terluran GP-35
Folienträgermaterial	ASA	ASA	ASA	ASA
Glasfasergehalt [%]	15	15	30	30
Spritzguss (SG), Pressen (LFT)	SG	LFT	SG	LFT
Glasfaserlänge [mm]	1–5	> 10	1–5	> 10
E-Modul [N/mm ²]	2930–3490	3365–3734	3250–4710	4135–4642
Streckspannung [N/mm ²]	47–58	42–47	49–73	44–46
Schlagzähigkeit ISO179/1fU bei 23°C [kJ/m ²]	18–21	30–36	13–17	53–69

Tabelle 1. Einfluss des Verarbeitungsverfahrens auf die Materialeigenschaften (jeweils längs und quer zur Faserorientierung gemessen)

Eigenschaften von LFT-Werkstoffen

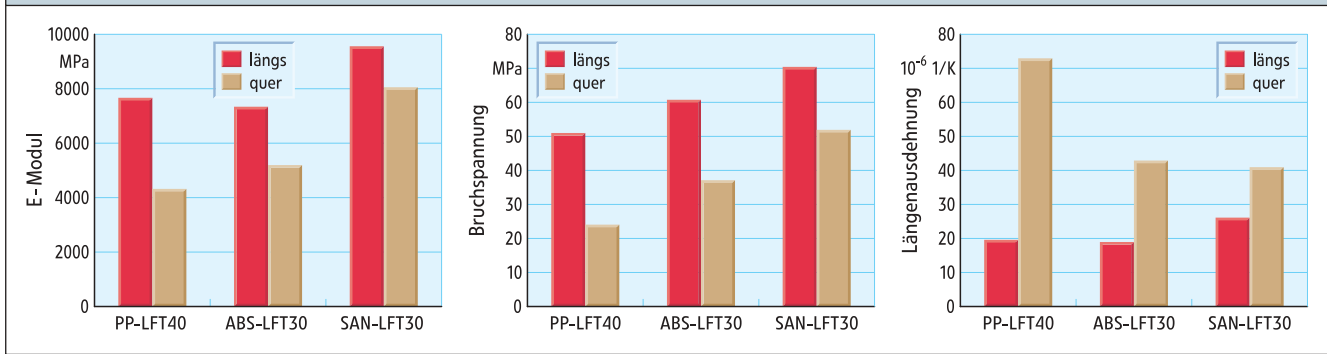


Bild 6. Styrolkunststoffe bieten trotz des geringen Fasergehalts teilweise deutlich höhere Steifigkeiten



Hersteller

BASF AG
D-67056 Ludwigshafen
Tel. +49 (0) 6 21/60-43348
Fax +49 (0) 6 21/60-49497
www.basf-ag.de

BASF Coatings AG
D-48236 Münster
Tel. +49 (0) 25 01/14-3160
Fax +49 (0) 25 01/14-3750
www.basf-coatings.de

Elastogran GmbH
Landwehrweg
D-49448 Lemförde
Tel. +49 (0) 54 43/12-2239
Fax +49 (0) 54 43/12-2100
www.elastogran.de

■ erleichterte Montage von Bauteilen im Innenraum durch die Dachöffnung. Das Dachmodul besteht aus einer coextrudierten, in diesem Fall noch genarbtten schwarzen Folie, welche in die Unterseite des Schäumwerkzeugs eingelegt wird. Hersteller dieser Folie ist die Firma Hagedorn, Lingen. Auf die Folie wird der glasfaserverstärkte PUR-Schaum (Typ: Elastoflex, Hersteller: Elastogran) im LFI (Long Fibre Injection) -Verfahren eingetragen. An der Oberseite des Schäumwerkzeugs befindet sich das Textildekor, welches direkt mit angeschäumt wird. Typische Zykluszeiten inklusive Aushärtung des Schaumstoffs nach dem Schließen des Werkzeugs betragen ca. 3 min. Nach der Bauteilherstellung wird das Bauteil besäumt, um die überstehende Folie und den durch die Werkzeugdichtungen ausgetriebenen Schaumstoff zu entfernen.

Im Gegensatz zum Hinterspritzen oder Hinterprägen entstehen beim LFI-Verfahren

nur geringe Werkzeuginnendrucke von wenigen bar. Deshalb können auch kleinste Fehler in der thermogeformten Folie (z. B. verursacht durch Staub auf der Ziehform) nicht mehr „ausgebügelt“ werden. Während beim Hinterspritzen die Werkzeugoberflächenqualität des Spritzwerkzeugs und dessen Sauberkeit qualitätsbestimmend sind, muss die Class A-Oberfläche beim Hinterschäumprozess schon beim Thermoformen gewährleistet sein.

In den letzten Jahren wurden bei der diesbezüglichen Optimierung des Thermoformprozesses gemeinsam mit unterschiedlichen Entwicklungspartnern (Thermoformer, Maschinenhersteller und Automobilzulieferer) große Fortschritte erzielt. Schlüsselfaktoren zur Erzielung einer Class A-Oberfläche sind die

- Oberflächenqualität und -temperierung des Formwerkzeugs (Positivformung),
- Sauberkeit der Umgebung von Folie und Werkzeug und
- Qualität des eingesetzten Rohstoffs.

Eine erste Serienanwendung von hintergeschäumten Class A-Bauteilen sind die seit April 2002 durch die Firma ArvinMeritor für den MCC Smart produzierten Dachmodulplatten. Es handelt sich dabei um zwei schwarze Hochglanzbauteile, welche in direkter Nachbarschaft zu einem Glaschiebedach stehen und wie dieses eine Glasoptik mit äußerst geringer Oberflächenwelligkeit aufweisen. Als Folie wird eine coextrudierte Senotop-Folie der Fa. Senoplast (1,3 mm Gesamtdicke, PMMA auf ASA/PC) eingesetzt. ■

LITERATUR

- 1 Schut, J.H.: Is Dry Paint in your Future?, Plastics World, July 1996, S. 48-52
- 2 Grefenstein, A.; Kaymak, K.: Folie statt Lackierung. Kunststoffe 93 (2003) 8, S. 84-87
- 3 Grefenstein, A.: Oberflächendekorationsprozesse beim Spritzgießen. Internationale Jahres-

tagung „Spritzgießen 2000+“, VDI-Verlag 2000, S. 95-114

- 4 Grefenstein, A.; Görrissen, H.: Styrol-Copolymere für Karosserie- und Anbauteile. Fachtagung „Die Kunststoffkarosserie“ des Süddeutschen Kunststoffzentrums, Würzburg, 9. November 2000
- 5 Jensen, R.; Grefenstein, A. u.a.: Synergie schafft neue Technologie. Kunststoffe 91 (2001) 10, S. 96-102
- 6 Grefenstein, A.: Folienhinterspritzte Karosseriebauteile aus langfaserverstärkten Werkstoffen. SKZ-Fachtagung „Karosseriekonzepte mit Kunststoffen“, Würzburg, 6./7. November 2002
- 7 Schmid, K.-E.: Kunststoffanbauteile im Rohbau heute und morgen. SKZ-Fachtagung „Karosseriekonzepte mit Kunststoffen“, Würzburg, 6./7. November 2002
- 8 N.N.: Die Lackierung abschminken. Automobil-Entwicklung, 1/1999, S. 56-58
- 9 Grefenstein, A.: Folienhinterspritzen statt Lackieren – Eine neue Technik für Karosseriebauteile aus Kunststoff. MO – Beschichten von Kunststoff und Metall 53 (1999) S. 34-38
- 10 Menne, K. F.; Grefenstein, A.; Jakobi, R.; Pörtl, J.: PUR-Automobilaußenanwendung: Kunststoffvoll-dach. Dresdner Leichtbausymposium 1999 „Vorsprung durch fertigungsgerechte Leichtbauweisen“, Dresden, 10.-12.06.1999

DIE AUTOREN

Privatdozent DR.-ING. ACHIM GREFENSTEIN, geb. 1965, ist im Bereich Marketing Speciality Polymers für das Projektmanagement Folienhinterspritztechnologie PFM-System bei der BASF AG, Ludwigshafen, verantwortlich; achim.grefenstein@basf-ag.de

KAAN KAYMAK, geb. 1973, ist bei der BASF Coatings AG, Münster, im Produktmanagement Bereich Fahrzeuglacke verantwortlich für Anbauteile und Nutzfahrzeuge.