

Fasern gekonnt verbergen

Kontrollierte Kristallisation verbessert die Oberflächenanmutung

Unter dem Überbegriff „Sichtpolyamide“ wurden kürzlich mehrere Compounds auf Basis technischer Thermoplaste entwickelt, die die typischen Eigenschaften der Werkstoffgruppe mit einer optimierten Oberflächenanmutung verbinden. Einen wichtigen Aspekt stellen dabei die Verarbeitungsbedingungen und ihr Einfluss auf das Erscheinungsbild der Oberfläche dar.

Die Familie der Polyamide (PA) zeichnet sich durch eine außerordentlich günstige Kombination von Festigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit sowie chemischer und thermischer Beständigkeit aus und ist daher die ideale Werkstoffgruppe für hochbeanspruchte Komponenten aller Branchen (**Titelbild**). Dabei werden die von Natur aus sehr guten mechanischen Ei-

genschaften in der Regel durch die Zugabe von Fasern weiter verbessert. **Bild 1 links** zeigt die Steifigkeit und Festigkeit von Polyamid 6 im konditionierten Zustand in Abhängigkeit des Kurzglasfasergehalts. Erwartungsgemäß erhöhen sich beide Werkstoffeigenschaften im Vergleich zum ungefüllten Produkt gravierend. Diese Erhöhung von Festigkeit und Steifigkeit geht allerdings nicht mit einer Versprödung des Kunststoffs einher. **Bild 1 rechts** verdeutlicht dies. Das Einbringen von geringen Mengen an Glasfasern verringert zwar zunächst die Schlagzähigkeit, größere Mengen führen aber wieder zu einer Erhöhung der Zähigkeit.

Nachteilig bei der Verwendung von Fasern ist die Tatsache, dass sie sich an der Bauteiloberfläche in Form von Schlieren abzeichnen und zu einem rauen und ungleichmäßigen Erscheinungsbild führen. Gerade bei hohen Faservolumengehalten und einer dunklen Einfärbung bilden die hellen Fasern einen deutlichen Kontrast zur polymeren Matrix. **Bild 2** zeigt ein Testbauteil aus Standard-PA6 mit 50% Glasfaserfüllung. Deutlich sind die Abzeichnungen der Glasfasern zu erkennen. Für viele Anwendungen im Sichtbereich ist ein solches Oberflächenbild nicht akzeptabel und muss durch nachgelagerte Prozesse wie Beschichten oder Lackieren kaschiert werden.

Ursache für die raue und ungleichmäßige Oberfläche ist das Kristallisations- und Erstarrungsverhalten. Im Einspritzvorgang ordnen sich die Glasfasern an der Schmelzefront an. Bei Bauteilen mit langen Fließwegen beginnt die Kristallisation des Werkstoffs bereits in der Einspritzphase (**Bild 3 oben**). Die damit verbundene Erhö-

hung der Viskosität führt dazu, dass das Polymer die Glasfasern an der Werkzeugwand nicht mehr umspülen kann und diese offen an der Formteiloberfläche zum Liegen kommen. Ergebnis kann ein ungleichmäßiges Erscheinungsbild an der Oberfläche sein (**Bild 3 unten links**). Des Weiteren führt die durch die beginnende Kristallisation erhöhte Viskosität zu einer deutlichen Sichtbarkeit von Bindenähten. Diese Bindenähte lassen sich auch durch Lackieren nur schwer kaschieren.

Mit diesen Erkenntnissen ist es nun möglich, Polyamide mit verbesserter Oberflächenanmutung zu entwickeln, ohne auf die Glasfaserverstärkung und die damit verbundenen guten mechanischen Eigenschaften zu verzichten. Durch eine kontrollierte Kristallisation beginnt das Erstarren leicht verzögert. Die Viskosität der Formmasse bleibt dadurch länger auf einem niedrigen Niveau. Auf diese Weise sind die Fasern an der Werkzeugwand von Polymer umgeben und deutlich weniger wahrnehmbar. Auch die Sichtbarkeit von Bindenähten wird erheblich verringert (**Bild 3 unten rechts**). Auf dieser Basis wurde ein Portfolio an oberflächenoptimierten Polyamiden entwickelt. Die Produktgruppe Ultramid SI (SI = Surface Improved) umfasst derzeit vier Werkstoffe (**Tabelle 1**).

Im Folgenden wird auf die Charakterisierung der Oberfläche mittels unterschiedlicher Methoden eingegangen.

Messmethoden und Versuchsdurchführung

Zur Bewertung des Erscheinungsbilds eignen sich unterschiedlichste Verfahren, die Vor- aber auch Nachteile aufweisen.



Der Rückenrahmen des Bürodrehstuhls MOYyis3 von Interstuhl besteht aus dem Sichtpolyamid Ultramid SI (Bilder: BASF)

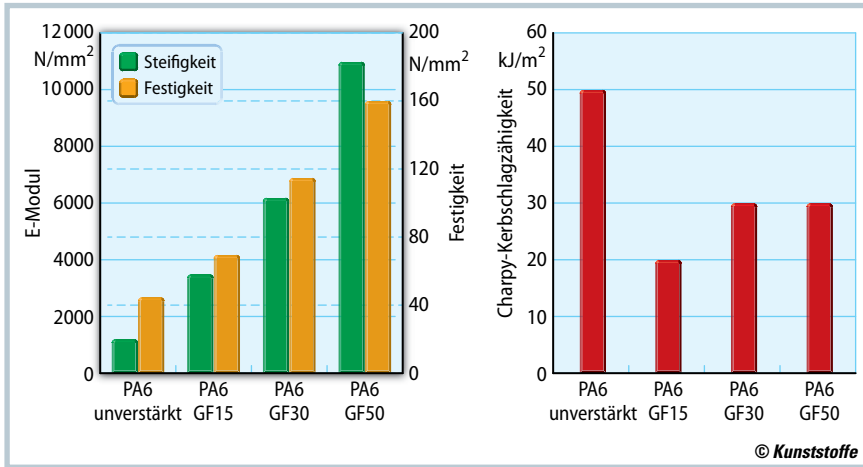


Bild 1. Steifigkeit, Festigkeit und Zähigkeit von PA6 in Abhängigkeit des Glasfasergehalts

Probenstrahl. Durch einen über den Referenzspiegel einstellbaren Gangunterschied beider Strahlen kommt es zu konstruktiver/destruktiver Interferenz bzw. einer kohärenten/nicht kohärenten Superposition und somit zu einer Intensitätsmodulation des reflektierten Lichts (Bild 4). Über diese Modulation in der Lichtintensität in Abhängigkeit der Referenzspiegelposition kann ein dreidimensionales Abbild der Oberfläche generiert werden, wie rechts exemplarisch anhand der Eichel und dem Eichenblatt auf der Rückseite einer Ein-Eurocent-Münze dargestellt ist. Nähere Informationen zum Messverfahren können [1] entnommen werden.

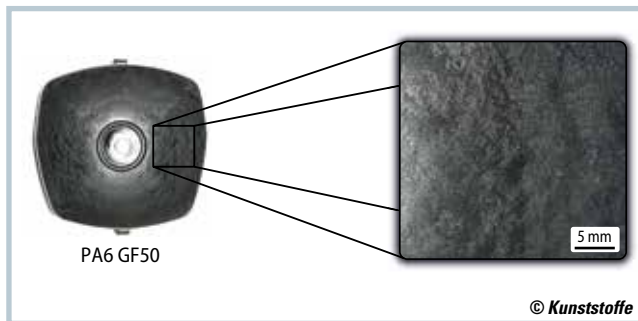


Bild 2. Testbauteil aus PA6 GF50: Deutlich ist die raue Oberfläche und die Abzeichnung der Glasfasern zu erkennen

Zur Charakterisierung der Oberflächen werden zunächst dreidimensionale Testbauteile im Spritzgießverfahren hergestellt (Bild 2). Als Werkstoffe kommen ein Standard-PA6 mit 50% Glasfaserfüllung sowie Ultramid B3EG10 SI (oberflächenoptimiertes PA6 mit 50% Glasfasern) zum Einsatz. Es werden unterschiedliche Verarbeitungstemperaturen und Einspritzgeschwindigkeiten untersucht. Die Vermessung erfolgt an den gleichen Stellen im Bauteil.

Als oftmals wichtigstes Kriterium gilt die optische Bewertung. Auch mikroskopische Methoden sowie Farb- und Glanzmessung können herangezogen werden. Da die unterschiedlichen Oberflächeneigenschaften mit verschiedenen Rauheiten einhergehen, werden auch taktile Rauheitsmessungen verwendet. Als weiteres interessantes Messverfahren eignet sich die Weißlichtinterferometrie (WLI), auf die nachfolgend kurz eingegangen wird.

Messung der WLI die Probe nicht beeinflusst oder beschädigt. Weitere Vorteile sind die kurzen Messzeiten, rauscharme Daten und die Möglichkeit, die Oberfläche durch transparente Medien hindurch zu charakterisieren. Im Gegensatz zu einzelnen Profilmessungen ist das Verfahren auf die 3D-Bildgebung ausgelegt.

Ergebnisse

Bild 5 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen mittels WLI. Dreidimensional dargestellt sind die Höhenprofile der Oberflächen. Helle Stellen verdeutlichen erhöhte Bereiche, dunkle bzw. schwarze Regionen beschreiben Vertiefungen. Die beiden linken Abbildungen zeigen das Standard-PA6, die rechten Bilder stellen das oberflächenoptimierte Ultramid SI dar. Oben sind jeweils Proben mit mittlerer und unten mit hoher Einspritzgeschwindigkeit gezeigt.

Die Weißlichtinterferometrie (WLI) ist eine schnelle optische, d.h. nicht-taktile 3D-Oberflächenmesstechnik mit der höchsten vertikalen Auflösung (Sub-Nanometer Bereich) aller optischen Methoden. Im Gegensatz zu taktilen Messtechniken wird durch die berührungslose

Bei der Messung wird eine breitbandige Lichtquelle – i.d.R. Weißlicht – mit niedriger Kohärenz genutzt. Mittels eines Strahlteilers wird das einfallende Licht in Proben- und Referenzstrahl geteilt. Der Referenzstrahl wird von einem Referenzspiegel reflektiert, der durch Piezoelemente im Sub-Nanometer-Bereich bewegt werden kann. Auf dem Weg zu einer CCD-Kamera interferiert der Strahl mit dem von der Probe zurückgeworfenen

Es stellt sich heraus, dass das Standard-PA6 mit mittlerer Einspritzgeschwindigkeit (Bild 5 oben links) zu einer sehr ungleichmäßigen und rauen Oberfläche »

Werkstoff	Produkt
PA6 GF20	Ultramid B3EG4 SI
PA6 GF30	Ultramid B3EG6 SI
PA6 GF50	Ultramid B3EG10 SI
PA6 GF20 flammgeschützt	Ultramid B3U40G4 SI

Tabelle 1. Portfolio der oberflächenoptimierten Sichtpolyamide (Ultramid SI)

Effekt	Auswirkungen	Gegenmaßnahmen
Oxidativer Abbau der polymeren Matrix	Verfärbung (gelb-braun) Oberflächenerosion mechanische Schädigung	Stabilisatoren UV-Absorber
Abbau von Pigment/Farbstoff	Ausbleichen Verfärbung	Wahl möglichst lichtechter Pigmente
Oberflächliche Rissbildung	Glanzverlust Vergrauung	Stabilisatoren UV-Absorber

Tabelle 2. Schädigungsmechanismen durch die Einwirkung von UV-Strahlung auf polymere Werkstoffe

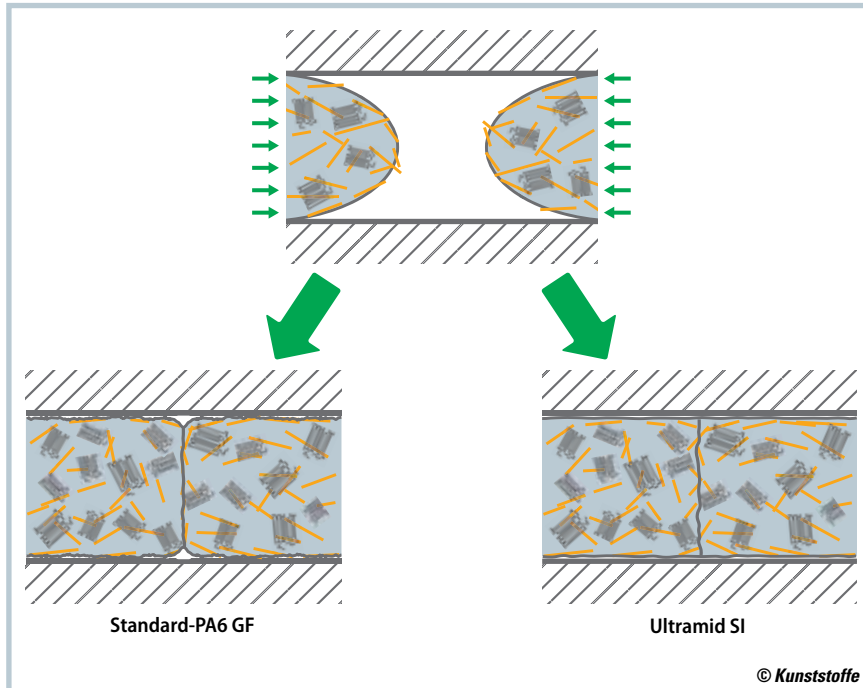


Bild 3. Durch die beginnende Kristallisation wird die Werkzeugwand bei Standard-PA nur unzureichend abgebildet und eine deutlich sichtbare Bindenaht entsteht. Beim oberflächenoptimierten Ultramid SI werden diese Effekte signifikant reduziert

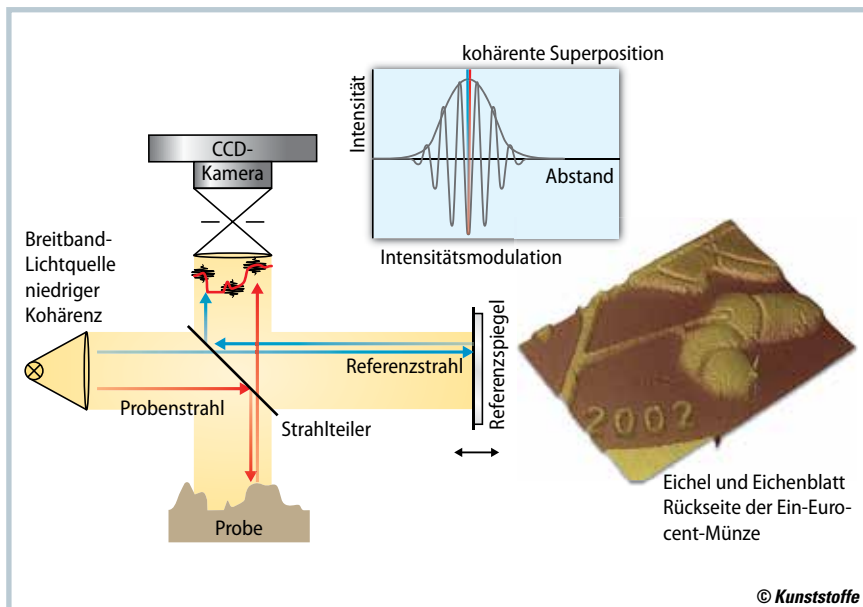


Bild 4. Prinzip der Weißlichtinterferometrie

führt. Einzelne Glasfasern zeichnen sich ab, und die Viskosität der Polymermatrix ist beim Füllvorgang nicht gering genug, um die Räume zwischen den Fasern auszufüllen. Die so herausstehenden Glasfasern bilden optisch einen deutlichen Kontrast zum Kunststoff. Der Effekt kann auch beim Standardpolyamid verringert werden, indem die Füllzeit verringert, d. h. die Einspritzgeschwindigkeit erhöht wird. Die Darstellung in **Bild 5 unten links** zeigt eine sehr viele glattere Oberfläche. Aller-

dings ist zu beachten, dass derart hohe Einspritzgeschwindigkeiten nicht immer problemlos zu realisieren sind.

Bei den Versuchen mit dem oberflächenoptimierten Ultramid SI können auch bei durchschnittlichen Prozessbedingungen sehr hochwertige Oberflächenanmutungen realisiert werden (**Bild 5 oben rechts**). Trotz der geringen Einspritzgeschwindigkeit treten kaum Defekte auf. Durch die verzögerte Kristallisation ist die Viskosität des Polymers gering

genug, um die Räume zwischen den Fasern annähernd vollständig auszufüllen und die Werkzeugwand abzubilden. Eine Erhöhung der Einspritzgeschwindigkeit führt zu einer weiteren Verbesserung, die Oberfläche ist hier frei von Defekten (**Bild 5 unten rechts**).

Mit den oberflächenoptimierten Polyamiden stehen also Werkstoffe zur Verfügung, die trotz hoher Glasfaserfüllung eine sehr gute Oberflächenanmutung bei einem gleichzeitig breiten Prozessfenster ermöglichen.

UV-Bewitterung von verstärktem Polyamid

Die Herstellung von qualitativ hochwertig anmutenden Oberflächen aus verstärkten technischen Thermoplasten mittels Spritzgießens eröffnet die Möglichkeit, strukturelle Sichtteile mit hohen mechanischen Anforderungen ohne weitere Nachbehandlung zu produzieren. Zu beachten ist jedoch, dass eine Lackierung nicht nur die Oberflächenanmutung verbessert, sondern der Lack bei entsprechender Ausrüstung auch eine Schutzwirkung für das darunterliegende thermoplastische Substrat übernehmen kann. Mit dem Verzicht auf eine nachträgliche Lackierung kann zwar ein aufwendiger Arbeitsschritt eingespart werden: Gleichzeitig kommt damit der Stabilisierung des Kunststoff-Compounds gegen äußere Einflüsse eine entscheidende Bedeutung zu, denn sie muss die ursprüngliche Oberflächenqualität und den Farbeindruck des Bauteils auch dauerhaft gewährleisten.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass strukturelle Sichtteile wie etwa Stuhl Rückenrahmen auch im Innenraum einer Belastung durch UV-Strahlung ausgesetzt sind. Fensterglas filtert zwar einen Teil der kurzwelligeren und damit sehr energiereichen UV-B-Strahlung aus dem Sonnenlicht heraus; der das Fensterglas durchdringende Anteil des UV-Spektrums genügt aber immer noch, um polymere Werkstoffe bei längerer Exposition zu schädigen. Die Mechanismen dieser Schädigung, ihre Auswirkungen und mögliche Gegenmaßnahmen sind in **Tabelle 2** zusammengefasst.

Durch die Kombination geeigneter Lichtstabilisatoren und UV-Absorber ist es gelungen, die Sichtpolyamide sehr gut gegen die schädigenden Einflüsse der

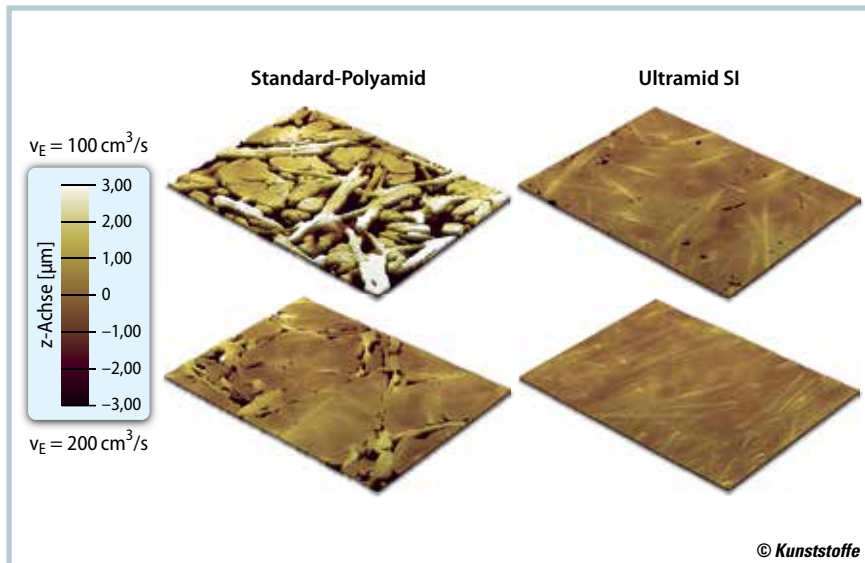


Bild 5. Dreidimensionale Darstellung der Oberflächentopologie mittels Weißlichtinterferometrie; v_E : Einspritzgeschwindigkeit

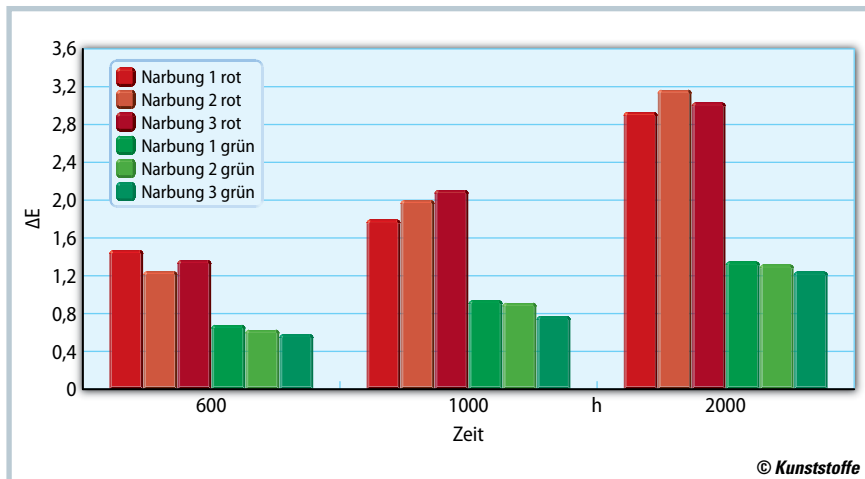


Bild 6. Farbveränderung von unterschiedlich genarbten Musterplatten während der beschleunigten UV-Bewitterung im Suntest (DIN EN ISO 105 B02), Gerät: Suntest CPS+ von Atlas Material Testing Technology. Die Rauheit der Narbung nimmt von 1 nach 3 zu

UV-Strahlung hinter Fensterglas zu stabilisieren. Im Zusammenspiel mit den auf die Sichtpolyamide abgestimmten Farbmasterbatches der BASF Color Solutions kann auf verschiedene Haltbarkeitsanforderungen reagiert werden; eine breite Datenbasis zur UV-Beständigkeit verschiedener Compound-Masterbatch-Kombinationen ermöglicht es, maßgeschneiderte Lösungen anzubieten.

Wie **Bild 6** zeigt, sind verschiedene Farbtöne naturgemäß unterschiedlich in ihrer Empfindlichkeit gegen UV-Strahlung. Dazu kommt, dass leuchtende Farbtöne, wie etwa ein kräftiges Rot, auch ohne Ausbleichen der Pigmente allein durch oberflächliche Rissbildung und größere Kontrastierung zu Glasfasern

stärker in ihrer optischen Wahrnehmung verändert werden als helle und eher blassere Farben. Durch eine optimale Stabilisierung ist es aber auch bei der Rotfärbung gelungen, die Farbveränderung nach 2000h beschleunigter UV-Alterung im sogenannten Suntest auf einen ΔE -Wert von 3 zu begrenzen. Beide gezeigten Einfärbungen, rot und grün, weisen in der optischen Graumaßstab-Bestimmung auch nach 2000h noch einen hervorragenden Wert von 4 bis 5 auf (die Skala reicht von 5 = keine Veränderung bis 1 = sehr deutlich wahrnehmbare Veränderung). Bei Compounds ohne spezifisches Lichtstabilisierungspaket ist typischerweise eine mindestens doppelt so starke Veränderung des Farbtönen zu be-

Die Autoren

Dr.-Ing. Andreas Schobel ist im Bereich Technical Development, Performance Materials Europe, der BASF SE, Ludwigshafen, tätig; andreas.schobel@basf.com

Dr. Rainer Xalter arbeitet in der Abteilung Product Development, Performance Materials Europe, der BASF SE, Ludwigshafen; rainer.xalter@basf.com

Service

Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/969418

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

obachten, verbunden mit Graumaßstab-Werten von kleiner 3. Der Einfluss verschieden tiefer Narbungen auf die UV-Beständigkeit des Farbtönen ist dagegen fast zu vernachlässigen.

Fazit und Ausblick

Mit der Entwicklung der Sichtpolyamide ist es gelungen, dem Markt ein Portfolio kurzglasfaserverstärkter Polyamid-Compounds anzubieten, das die Herstellung von strukturellen Bauteilen mit sehr hohen Anforderungen an die mechanischen wie auch optischen Eigenschaften ermöglicht. Durch das kontrollierte Kristallisationsverhalten lässt sich die Werkzeugoberfläche sehr gut abbilden. Damit können zum einen homogene, auch glänzende Oberflächen ohne sichtbare Glasfaserwirbel erzeugt werden; zum anderen führt dasselbe Materialverhalten auch dazu, dass Fließ- und Bindenähte sich im Vergleich zu herkömmlichen Spritzgießmassen deutlich weniger stark auf der Oberfläche abzeichnen. Damit kann der Anwender in vielen Fällen auf eine aufwendige Nachbearbeitung mittels Lackierung verzichten. In Kombination mit entsprechend abgestimmten Farb-Masterbatches kann zudem eine sehr hohe UV-Stabilität erreicht werden, die einen optimalen Farberhalt auch bei mehrjähriger direkter Sonneneinstrahlung hinter Glas gewährleistet. ■