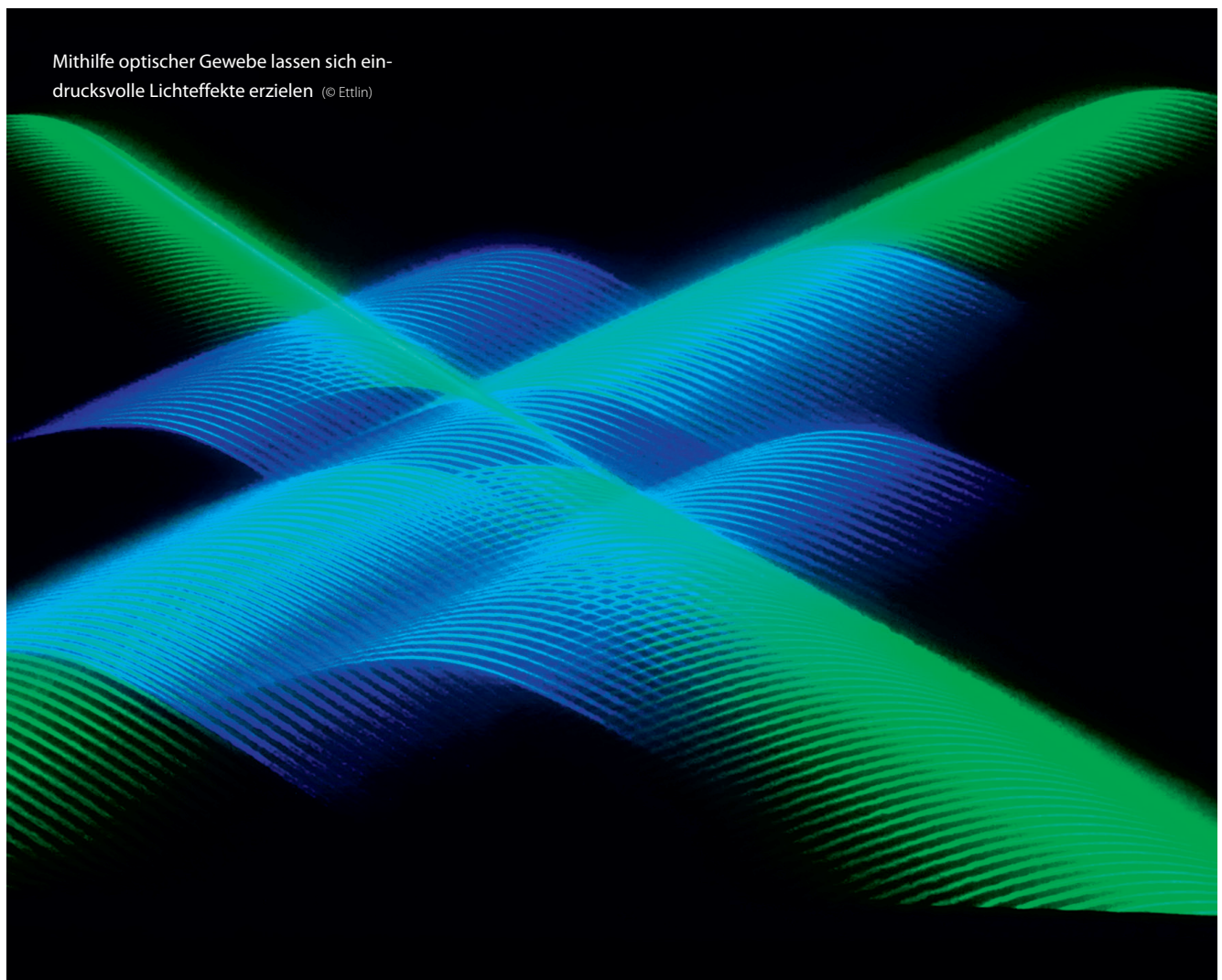


Kunststoffe neu beleuchtet

Garnschonender Spritzgießprozess zum Hinterspritzen optischer Gewebe

Optische Gewebe erzeugen einen dreidimensionalen Lichteffect aus einer LED-Lichtquelle. Die Gewebe werden im Bereich der Innenarchitektur und im Messebau eingesetzt und dazu frei aufgespannt. Zum Schutz vor äußeren Einflüssen soll das Gewebe mit Kunststoff hinterspritzt werden, wofür ein faserschonender Prozess entwickelt werden musste.



Optische Gewebe erzeugen durch Lichtbrechung und Reflexion an den Gewebefasern aus einer punktförmigen LED-Lichtquelle einen in die Tiefe des Raumes verlaufenden, linienförmigen Lichteffect (**Titelbild**). Zurzeit wird das

Gewebe mittels Keder-Technik (siehe **Kasten S. 36**) in Rahmen frei aufgespannt oder in Glas einlamiert. Beide Befestigungsarten bieten aufgrund der Materialeigenschaften nur eine eingeschränkte Designfreiheit, bzw. das Gewebe ist un-

geschützt vor Umwelteinflüssen (siehe **Bild 1**).

Die Kombination von Gewebe und Kunststoff als Verbundbauteil ermöglicht neue technische Anwendungen der Gewebe etwa in Wellness- und Sau-

naanlagen. Bislang ist der Einsatz optischer Gewebe in der Automobilindustrie, im Bereich der Innenausstattung, eingeschränkt, da technische Lösungen zur Erhöhung der Einbaufähigkeit der Gewebe fehlen.

Das Hinterspritzen bietet fertigungstechnisch den Vorteil, das optische Gewebe vollautomatisiert mit Kunststoff zu verbinden. Der Kunststoff schützt das Gewebe vor starken Temperaturschwankungen sowie vor mechanischen und chemischen Belastungen. Zusätzlich weisen Kunststoffe eine geringere Dichte als Glas auf. Durch das Hinterspritzen lassen sich zusätzlich eine hohe Designfreiheit sowie eine hohe Automatisierbarkeit erreichen. Hierzu muss ein speziell angepasstes Spritzgießverfahren entwickelt werden, mit dem die Fixierung der Gewebe ohne Garnverrutschen oder -schädigung gewährleistet ist. Ein Verrutschen der Garne innerhalb des Gewebes kann den optischen Effekt des Verbundes stark beeinflussen.

Herausforderung beim Hinterspritzen optischer Gewebe

Das Hinterspritzen verschiedener Einlege-teile wie Gewebe, Leder, aber auch von Metallen, findet bereits in vielen Bereichen wie im Automobilbau oder der Möbelindustrie Anwendung. Es erfüllt die Anforderungen der Anwender an Optik, Design, Haptik und Ergonomie [1]. Bei der Hinterspritztechnik wird zunächst ein Gewebe in das Spritzgießwerkzeug eingelegt und fixiert.

Anschließend wird das Gewebe mit einer Kunststoffschmelze hinterspritzt, wodurch es unlösbar mit dem Kunststoff verbunden wird [2]. Der niedrigviskose

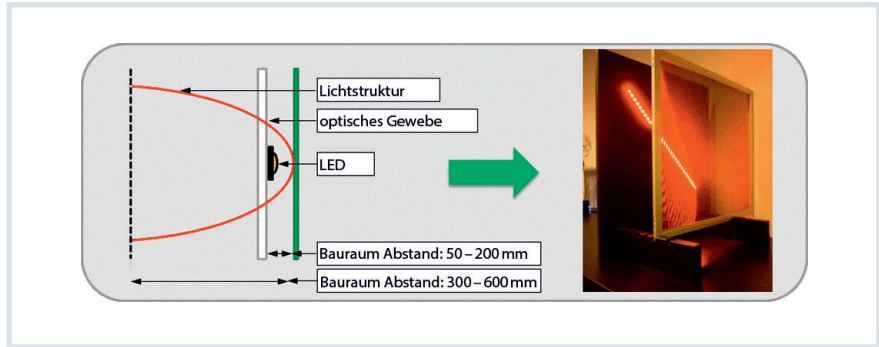


Bild 1. Funktionsweise des Lux-Effekts von Ettlin (links) und Installation (rechts): Brechungs- und Reflexionseffekte an optisch wirksamen Spezialgarnen erzeugen aus punktförmigen Lichtquellen dreidimensionale Lichtstrukturen (Quelle: IKV, © Ettlin)

Kunststoff dringt partiell in das Gewebe ein. So entsteht eine formschlüssige Verbindung [1, 3]. Der Ablauf des Hinterspritzens ist in **Bild 2** schematisch dargestellt.

Bei den betrachteten optischen Geweben handelt es sich um eine spezielle Art von Geweben, den sogenannten Drehergeweben. Bei dieser Gewebearart liegen die Kett- und Schussfäden gerade gestreckt und nicht räumlich überkreuzt (ondulationsfrei) im textilen Flächengebilde vor. Die zwei Fadensysteme Kette und Schuss werden an den Kreuzungspunkten mit einem weiteren dritten Fadensystem, dem Bindekettfaden, abgebunden. Diese gitterartige, einem Gelege ähnliche Gewebekonstruktion wird EasyLeno 2T genannt.

Durch die fehlende Ondulation und das dritte Fadensystem, das die Kett- und Schussgarne fixiert, sind die Bewegungsmöglichkeiten der Garne im Vergleich zu einem herkömmlichen Gewebe noch weiter eingeschränkt. Der Hauptdeformationsmechanismus bei derartigen Geweben ist die Scherung der Fadensysteme zueinander. Sie bestimmt die Drapierbar-

keit [4]. Zusätzlich müssen Gleitphänomene berücksichtigt werden, die sich in der Form von Fadenauszug bzw. -verschiebung oder Fadenabgleitens bemerkbar machen [5]. Sie treten an den Garnen infolge entgegengerichteter äußerer Kräfte auf und verändern dadurch die Gewebestruktur. Durch hohe thermische und mechanische Belastungen im Prozess, z. B. durch hohe Schmelztemperatur oder hohen Druck beim Spritzgießen, können unerwünschte Effekte wie Faltenbildung, Ausdünnung, Garnverschiebung, sowie Garnrisse am empfindlichen Gewebe auftreten [1, 6, 7]. Diese Deformationen können zu einer Veränderung der lichttechnischen Eigenschaften des fertigen Formteils führen [1].

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es daher, einen Spritzgießprozess zu realisieren, der die sichere Verbindung optischer Gewebe mit einem transparenten Kunststoffträger ermöglicht, ohne die lichttechnischen Eigenschaften negativ zu beeinflussen. Der Kunststoffträger soll zum einen als Schutz vor chemischen und mechanischen Belastungen die-

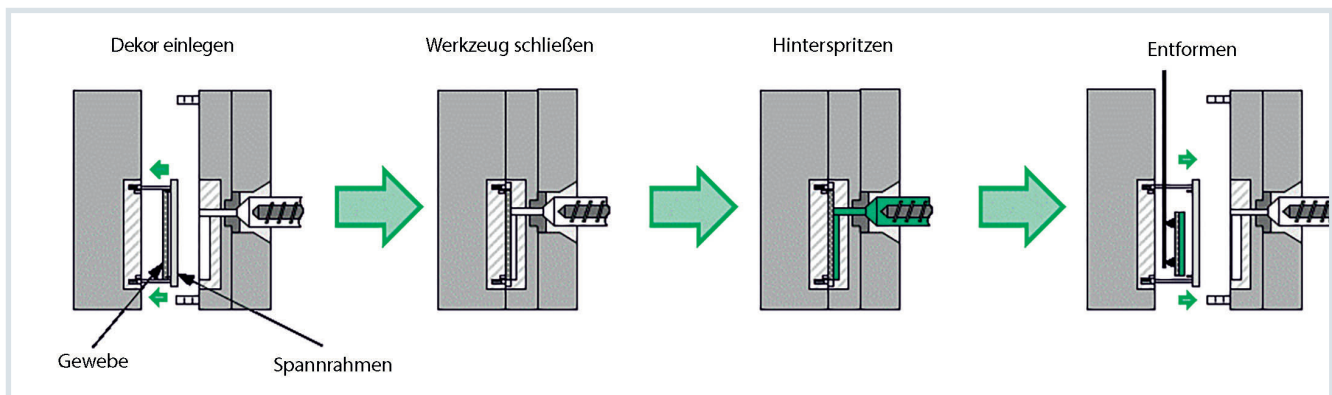


Bild 2. Schematischer Ablauf des Hinterspritzens optischer Gewebe: Nach dem Einlegen des Dekors (links) schließt das Werkzeug, es wird hinterspritzt und dann entformt (Quelle: IKV)

Bild 3. Aufbau des Rollenschälversuchs zur Untersuchung der Verbundfestigkeit zwischen Kunststoff und Gewebe (Quelle: IKV, [14])

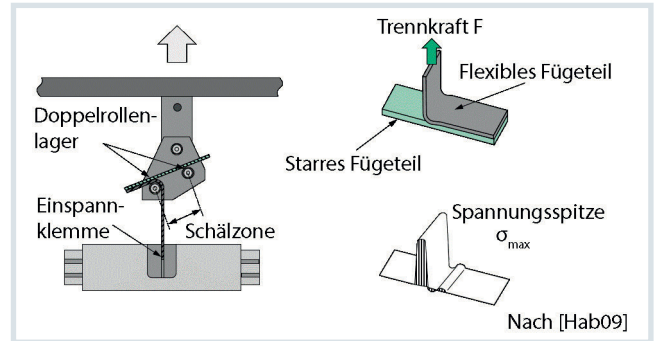
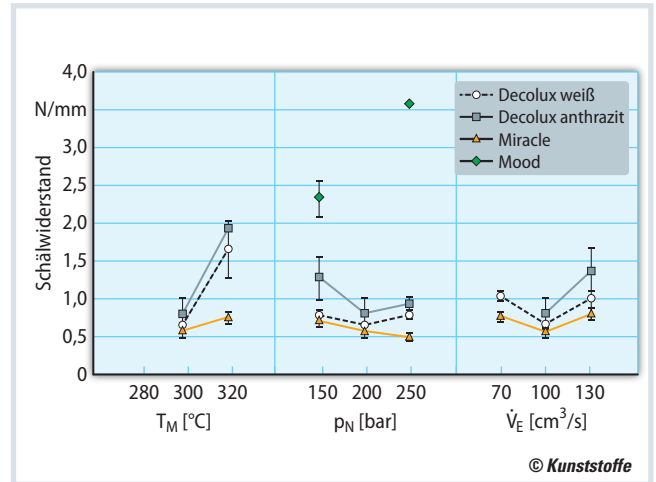


Bild 4. Schälwiderstand für PMMA: Einfluss der Spritzgießparameter Masstemperatur, Nachdruck und Einspritzvolumenstrom (Quelle: IKV)



Praxisnutzen

Durch die Integration des Gewebes in den Spritzgießprozess lassen sich neue Anwendungsbereiche erschließen, vor allem im Automobilbau, wo aufgrund der großen Stückzahlen ein hoher Automationsgrad erforderlich ist. Dabei müssen die Dekor-teile im Automobil besonders leicht sein, um den Kraftstoffverbrauch zu verringern. Das Hinterspritzen ist ein etablierter und hoch automatisierter Prozess, mit dem Einleger und Kunststoff formschlüssig miteinander verbunden werden können. Des Weiteren bietet das Hinterspritzen eine hohe Designfreiheit, um auch komplexe Geometrien zu realisieren.

Kedertechnik

Beim Aufspannen im Rahmen mittels Keder wird ein Silikonband umlaufend am Rand des Textils angenäht. Das Silikonband wird danach in eine Nut des Rahmens gesteckt und fixiert, sodass das Textil unter leichter Vorspannung als vorderste Schicht vor dem Rahmen befestigt wird. Hinter dem Rahmen befindet sich in einigem Abstand eine Rückplatte. Auf der Rückplatte sind die LEDs aufgebracht, die das Textil hinterleuchten.

nen und zum anderen eine bessere Einbaufähigkeit ermöglichen. Eine wesentliche Problemstellung liegt darin, ein reproduzierbares Verfahren zur garnschonenden Fertigung von hinterspritzten Geweben zu realisieren. Im Zuge dessen sind neue Formeinsätze mit Fixierungselementen für die Gewebe sowie die entsprechenden Prozessparameterfenster und Parameterkombinationen (z. B. Masse- und Werkzeugtemperatur, Einspritzvolumenstrom, Nachdruckhöhe und -dauer) zu erforschen und zu entwickeln.

Verwendete Materialien

Typische Kunststoffe, die im Automobilbau für optische Komponenten eingesetzt werden, sind Polymethylmethacrylat (PMMA, Typ: Plexiglas Resist zk5HC, Hersteller: Evonik Industries AG, Marl), Polycarbonat (PC, Typ: Makrolon 2405, Hersteller: Covestro AG, Leverkusen) sowie Flüssigsilikonkautschuk (LSR, Typ: Silopren LSR 7060, Hersteller: Momentive Performance Materials GmbH, Leverkusen). Diese Kunststofftypen erfüllen zudem die

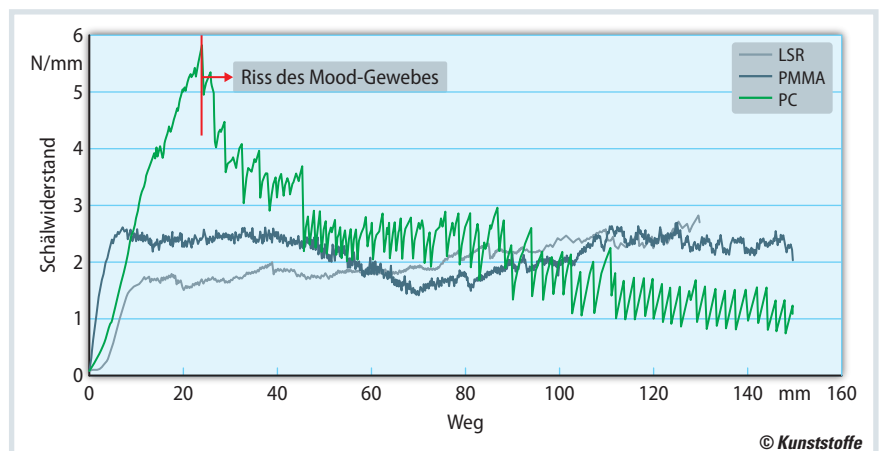


Bild 5. Versagen des Gewebes während der Prüfung (Quelle: IKV)

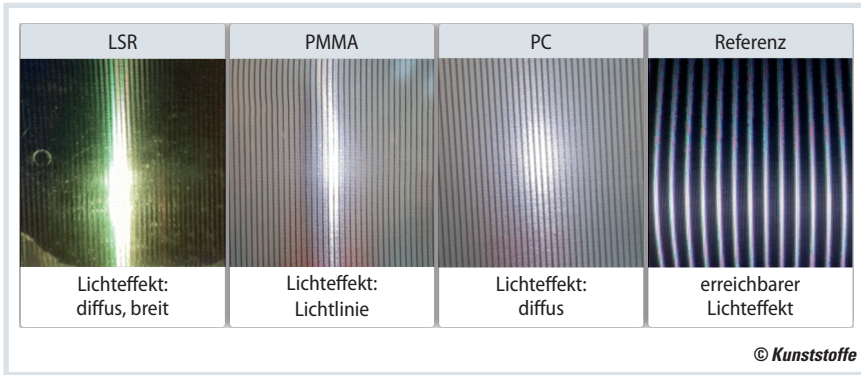


Bild 6. Bewertung der lichttechnischen Eigenschaften der Probekörper am Beispiel des Gewebes Miracle: Der lichttechnische Effekt der Kunststoff/Gewebe-Kombination wird mit den bisherigen Aufspanntechniken ohne Träger oder hinter Glas verglichen (© Ettlín, Quelle: IKV)

notwendigen Voraussetzungen für den Einsatz im Bausektor und bieten sich daher als Materialien zur Wahl an.

Vier Gewebetypen – Decolux (weiß), Decolux (anthrazit), Miracle und Mood – (Hersteller: Ettlín Spinnerei und Weberei Produktions GmbH & Co. KG) bieten sich an. Die vier Gewebetypen beinhalten Garne aus den Werkstoffen Polyethylen-terephthalat (PET) und Polyvinylidenfluorid (PVDF). Das Mood-Gewebe besteht aus PET-Monofilamenten. Es weist eine glatte Oberfläche auf und ist knickempfindlicher als die Decolux-Gewebe. Beim Miracle-Gewebe handelt es sich um ein Mood-Gewebe aus PET und PVDF-Monofilamenten, das zusätzlich einseitig beschichtet ist. Dadurch besitzt es eine glatte, geschlossene Oberfläche. Das Decolux-Gewebe (weiß und anthrazit) besteht aus PET- und PVDF-Mono- und -Multifilamenten. Diese Gewebe weisen eine strukturierte, weiche „textile“ Oberfläche auf und haben durch die Multifilamente eine geringere Knickempfindlichkeit. Zudem verfügen sie gegenüber Miracle- und Mood-Geweben über eine größere Oberfläche und vermutlich über eine höhere Durchlässigkeit für eine Kunststoffschmelze [10–13].

Identifikation geeigneter Kunststoff/Gewebe-Kombinationen

Die Beurteilung der verschiedenen Kombinationen erfolgt zum einen durch die Bewertung des Lichteffekts. Dazu werden ebene Plattenbauteile hergestellt, die einseitig mit den optischen Geweben versehen sind. Zum anderen wird die Haftung der Fügepartner durch einen genormten Rollenschälversuch bewert-

et. Eine zerstörende Prüfung zur Beurteilung der Verbundfestigkeit zwischen einem starren und einem flexiblen Fügepart ist der Rollenschälversuch nach DIN EN 1464 (vgl. Bild 3) [8]. Bei dieser Prüfung wird als Maß der Verbundfestigkeit der mittlere Schälwiderstand R_{peel} in N/mm bestimmt.

In Bild 4 ist der Einfluss der Masstemperatur, des Nachdrucks und des Einspritzvolumenstroms auf den Schälwiderstand für PMMA abgebildet. Eine Erhöhung der Masstemperatur und des Nachdrucks vergrößert den Schälwiderstand. Aus der Veränderung des Einspritzvolumenstroms ist keine Tendenz erkennbar. Die Standardabweichungen sind insbesondere beim Decolux-Gewebe (weiß) gering. Bei den Versuchen mit PMMA weist das Mood-Gewebe die höchsten Schälwiderstände auf, gefolgt vom Miracle, Decolux (anthrazit) und Decolux (weiß). Die Beschichtung des Miracle-Gewebes scheint einen geringeren Einfluss auf den Schälwiderstand zu haben.

Der Einfluss der Masstemperatur lässt sich durch die Änderung der Viskosität erklären. Die Viskosität der Kunststoffschmelze sinkt mit steigender Masstemperatur, wodurch sie besser zwischen die einzelnen Fasern des Gewebes eindringen kann. Dies führt zu einem besseren Formschluss zwischen Kunststoff und »

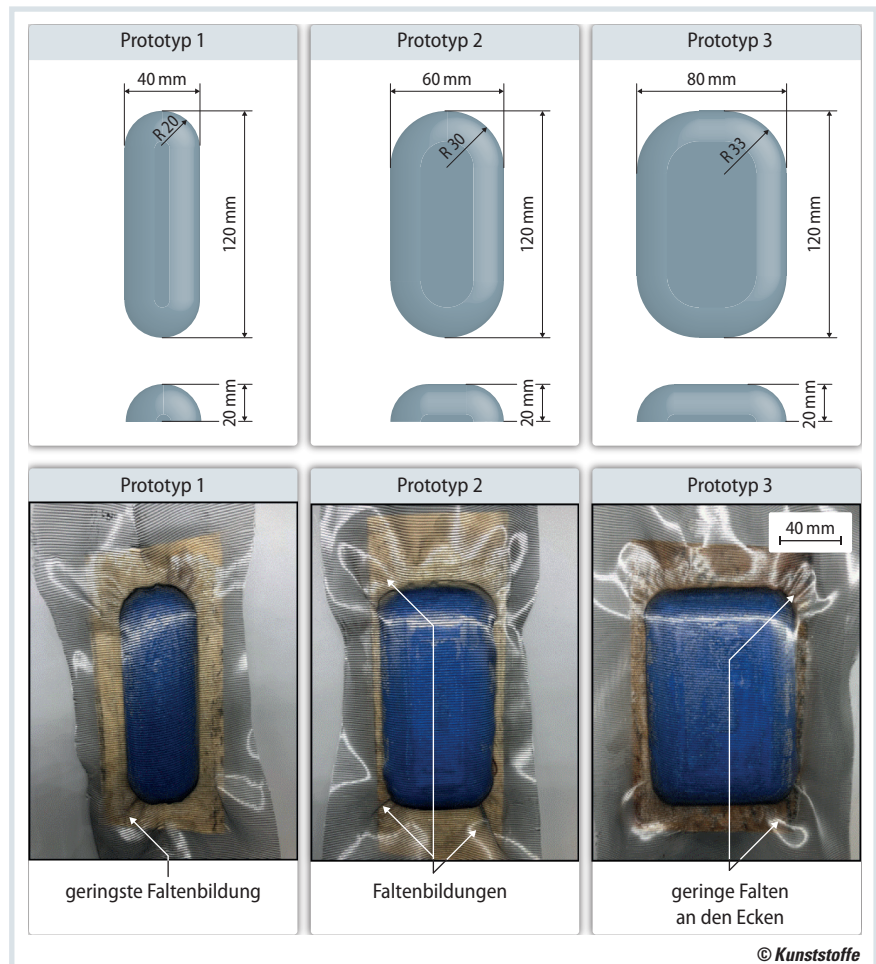


Bild 7. Untersuchungen zum Drapierverhalten des Gewebes an ausgewählten Demonstratorformen (© IKV)

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann ist Leiter des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen und Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen.

Hanna Dornebusch, M.Sc. RWTH, leitet seit 2016 die Arbeitsgruppe Medizintechnik am Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen;

hanna.dornebusch@ikv.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Richard Müller ist seit 2017 Entwicklungsleiter bei der Ettlín Spinnerei und Weberei Produktions GmbH & Co. KG, Ettlingen.

Anja Zwißler, M.Sc., arbeitet seit 2018 in der Entwicklungsabteilung bei der Ettlín Spinnerei und Weberei Produktions GmbH & Co. KG, Ettlingen.

Dank

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens CapsuLux über die AiF im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Allen Institutionen sowie unserem Forschungspartner Ettlín Spinnerei und Weberei Produktions GmbH & Co. KG gilt unser Dank.

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-06

English Version

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

Gewebe. Die Verringerung des Schälwiderstands durch hohen Nachdruck beim Spritzgießen kann mit einer thermischen Schädigung des Gewebes erklärt werden. Einerseits bewirkt eine Erhöhung des Einspritzvolumenstroms eine hohe mechanische Belastung des Gewebes und kann zum Verrutschen der Fasern führen. Andererseits wird durch einen hohen Einspritzvolumenstrom mehr Scheerung in die Kunststoffschmelze eingebracht, wodurch der Kunststoff eine geringere Viskosität aufweist und besser zwischen die Garne des Gewebes eindringen kann, was eine höhere Verbundfestigkeit und damit einen höheren Schälwiderstand bewirkt.

Bei einer Betrachtung aller durchgeführten Rollenschälversuche fällt auf, dass besonders das Mood-Gewebe von allen untersuchten Kunststoffen die höchsten Schälwiderstände aufweist. Wie in **Bild 4** zu erkennen ist, konnten nicht für alle Versuchspunkte Schälwiderstände ermittelt werden. Insbesondere bei PC sind die Schälwiderstände so hoch, dass von 45 gespritzten Probekörpern nur drei auswertbar sind. Bei den übrigen Proben reißt das Gewebe während der Prüfung (vgl. exemplarisch **Bild 5**). Unter mechanischen Gesichtspunkten ist die Kombination von PC und Mood-Gewebe daher für eine hohe Verbundfestigkeit am besten geeignet.

In **Bild 6** sind die Ergebnisse der optischen Untersuchungen exemplarisch dargestellt. Der Lichteffect ist bei dem LSR-Probekörper diffus, d.h., es entsteht keine scharfe Lichtlinie. Das LSR dringt aufgrund seiner niedrigen Viskosität stärker in das Gewebe ein, wodurch die Garne des Gewebes umflossen werden. Bei dem PC-Probekörper ist nicht immer eine Lichtlinie erkennbar. Ein mit der Referenzprobe vergleichbarer Lichteffect wird hingegen mit PMMA-Probekörpern erzielt. Bei diesen Proben scheint die punktförmige Lichtquelle der LED nicht durch.

Für weitere Untersuchungen wurde die Materialkombination Mood-Gewebe/PMMA gewählt, da sich mit ihr ein guter lichttechnischer Effekt erzielen lässt. Außerdem ist der Schälwiderstand für den Einsatz in Designanwendungen ausreichend hoch, um eine geeignete, gewölbte Geometrie für den Demonstrator zu identifizieren. Gewölbte Flächen neigen zur Faltenbildung und zu Garrissen an Kanten. Aus diesem Grund werden mit

dem ausgewählten Mood-Gewebe Drapierversuche durchgeführt.

Drapierversuche zur Auslegung eines Werkzeugs

Die Drapierbarkeit des Mood-Gewebes wurde anhand der drei unterschiedlichen Prototypformen untersucht und bewertet (vgl. **Bild 7**). Es ist zu erwarten, dass sich die Drapierbarkeit mit abnehmendem Außenradius verschlechtert und Faltenbildungen sowie Fadenverschiebungen vor allem in den Eckbereichen der Bauteile auftreten. **Bild 7** zeigt die Ergebnisse der Drapierversuche. Dabei fällt vor allem auf, dass Prototyp 1 die geringste Faltenbildung an den Ecken aufweist, wohingegen das Gewebe große Falten auf Prototyp 2 wirft. An Prototyp 3 sind geringe Falten an den Ecken sichtbar.

Bei der näheren Betrachtung des Prototyp-Bauteils 1 ist eine Verschiebung der Fäden an den Außenradien erkennbar. Die Fadenverschiebungen treten auf, da das Gewebe durch die Druckeinwirkung entlang der Schnittstelle zwischen dem Ellipsoid und der planen Auflagefläche in entgegengesetzte Richtungen gestreckt und in vorhandene Freiräume verschoben wird. Der 3mm größere Radius bei Bauteil 3 führt zu einer geringeren Faltenbildung, da das Gewebe aufgrund der größeren Bauteillänge vorgespannt wird und damit dem Gewebe einen größeren Raum zum Umformen bietet. Somit wurde für Bauteil 3 ein Werkzeugeinsatz für ein modulares Werkzeug des IKV konstruiert. Das Gewebe wurde durch einen Spannrahmen im Werkzeug platziert.

Ausblick

Die Gewebe von Ettlín lassen sich faserschonend mit PMMA hinterspritzen, sodass ein zur Referenz vergleichbarer Lichteffect erzielbar ist. Die Haftung zwischen den Geweben und PMMA ist für Designanwendungen ausreichend hoch, da das Gewebe nicht stark mechanisch belastet wird. Daher wird derzeit ein Werkzeug mit Spannrahmen für ein gewölbtes Demonstratorbauteil gefertigt. Damit werden Untersuchungen zur Drapierbarkeit der Gewebe sowie zum Lichteffect an gewölbten Oberflächen vorgenommen. Falls durch die Wölbung der Lichteffect nicht leidet, lassen sich mithilfe von Automatisierungstechnik Serienbauteile herstellen. ■