

**Hybridtechnik mit geflochtenen Preforms.** Die heutige Kunststofftechnologie eröffnet bei intelligenter Anwendung und Weiterentwicklung die Möglichkeit, thermoplastische Werkstoffe mit Endlosfaserverstärkungen im Spritzgießprozess zu verarbeiten. Diese Kunststoff-Kunststoff-Hybride können Probleme herkömmlicher Bauweisen lösen und klassische Composites bei ausgewählten Anwendungen substituieren.

# Skistöcke in Multilayertechnik

**HEINER BECKER  
HUBERT SCHNEIDER**

Die Anwendungen für thermoplastische Werkstoffe mit Endlosfaserverstärkung liegen vorwiegend im Bereich des Transportwesens. Der Freizeit- und Sportbereich gewinnt jedoch zunehmend an Bedeutung, wie das Beispiel einer Skistock-Entwicklung zeigt.

Die Variantenvielfalt der heute angebotenen Skistöcke ist scheinbar unbegrenzt. Grundsätzlich wird zwischen Langlauf- und Abfahrtsstöcken unterschieden. Im Gegensatz zu Abfahrtsstöcken sind Langlaufstöcke in der Regel achsgerade. Als Materialien werden Aluminium und Faserverbundwerkstoffe (FVW) eingesetzt. Neben dem Markt für Neueinsteiger entfällt ein großer Marktanteil auf die Wiederbeschaffung, wenn die Stöcke beispielsweise bei einem Sturz brechen. Bei FVW-Stöcken nach gängigem Herstellungsverfahren besteht eine erhebliche Verletzungsgefahr durch spitze Faserenden in der Bruchfläche. Ein vorrangiges Entwicklungsziel ist daher die

Herabsetzung der Verletzungsgefahr durch die Auswahl der eingesetzten Grundwerkstoffe und ihre Anordnung im Laminat. Weiterhin muss die Oberfläche ohne Nacharbeit bedruckbar sein. Die erste Entwicklungsstufe mit duroplastischem Matrixmaterial besteht darin, einen der Spezifikation entsprechenden Langlauf-Skistock zu entwickeln.

## Spezifikation und resultierende Struktur

Skistöcke sind nach DIN 7884 genormt und müssen verschiedenen Anforderungen genügen [1]. Bei einer exzentrischen quasi-statischen axialen Druckbelastung von z. B. 500 N bei einer Länge von mehr als 1100 mm dürfen weder strukturelles Versagen noch bleibende Verformung auftreten. Außerdem muss der Skistock bei einer Druckbelastung von 937 N ausknicken. Dies entspricht einem Flächen- druck von 0,375 N/mm<sup>2</sup> auf der Griff- oberseite. Darüber hinaus sind zusätzliche spezifische Sicherheitsanforderungen zu beachten. Die Norm enthält einen

### Kontakt

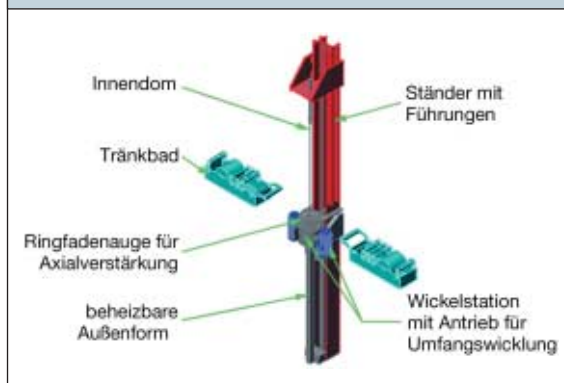
**StructoForm GmbH**  
Jülicher Str. 336  
D-52070 Aachen  
Tel. +49 (0) 2 41/18 22-255  
Fax +49 (0) 2 41/18 22-257  
E-Mail: info@structoform.com  
www.structoform.com

**ComTec GmbH**  
Feldchen 8  
D-52070 Aachen  
Tel. +49 (0) 2 41/9 18 96-0  
Fax +49 (0) 2 41/9 18 96-70  
E-Mail: frp@comtec-ac.com  
www.comtec-ac.com

Hinweis auf die vorhandene Splittergefahr, der sich jedoch nur auf die Mindestdruckkraft bezieht. Für höhere Belastungen und den Versagensfall gibt es keine Vorgaben. Neben den mechanischen Eigenschaften muss der Stock eine direkt bedruckbare Schaft-Oberfläche aufweisen. Dadurch lassen sich ein zusätzlicher Arbeitsschritt vermeiden und die Herstellkosten senken. Die geforderte Oberflächenqualität setzt voraus, dass in eine geschlossene Außenform gearbeitet und wegen der geometrischen Vorgaben ein Innendorn verwendet wird.

Aufgrund der mechanischen Beanspruchungen müssen die Verstärkungsfasern in Längsrichtung des Schafts ausgerichtet werden. Um bei Druckbelastungen ein Versagen infolge auftretender Querkontraktion auszuschließen, sind geeignete Verstärkungen in Umfangsrichtung vorzusehen, die gleichzeitig das Splintern beim Bruch verhindern. Nur mit einem für diese Anwendung modifizier-

### Bau des Prototypen



**Bild 1. Laboranlage zur Entwicklung des Herstellverfahrens und Fertigung erster Prototypen**



**Bild 2.**  
Prototyp eines  
komplettierten  
GFK-Langlauf-  
Skistöcke

ten Harzsystem mit Trennmittel ist die kurze Zykluszeit von durchschnittlich etwa 60 s pro Stock realisierbar.

### Vorentwicklung und Herstellung im duroplastischen Verfahren

Nach Abschluss der Vorüberlegungen und der notwendigen Vorarbeiten wurde eine Laboranlage zur Herstellung erster Prototypen eingerichtet (Bild 1). Prinzipiell liegt dem eingesetzten Verfahren eine Kombination aus diskontinuierlicher Pultrusions-, Pulforming- und Wickeltechnik zugrunde. Dabei werden die durch ein Ringfadenauge geführten Axialfasern außerhalb der Außenform an das untere Ende des Innendorns angebunden. Dieser wird dann vertikal verfahren und gleichzeitig über rotierende Spulen mit der Umfangsverstärkung versehen. Die Einheit aus Innendorn und Laminat wird in die beheizbare Außenform eingeführt und dort gehärtet. Die Entformung erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Im Labormaßstab betrug die Härtezeit 120 bis 150 s bei einem Reststyrolgehalt von weniger als 1 %. Die Gesamtzykluszeit lag unter 240 s. Das ermöglicht in der Serie bei Verwendung eines Vierfach-Werzeugs die mittlere Zykluszeit von maximal 60 s und eine Jahresproduktion von 1 Mio. Stöcken.

In der ersten Entwicklungsstufe besteht der Skistock aus Glas- und Polyester-Fasern, die in eine duroplastische Matrix eingebettet sind. Die Anordnung und die Kombination der Fasern gewährleisten nachweislich die erforderliche Festigkeit und Steifigkeit. Zudem ist die Verlet-



**Bild 3.** Der Griff wird auf den oberen zylindrischen Schaftteil gesteckt

zungsgefahr beim Bruch geringer. Der Einsatz einer geschlossenen Außenform führt zu einer glatten und damit direkt bedruckbaren Oberfläche des Schafts. Der Stock ist an den Enden zylindrisch und läuft vom größeren zum kleineren Durchmesser konisch zu (Bild 2). Der Griff sowie der Teller mit integrierter Spitze werden aufgesteckt (Bilder 3 und 4).

Bei der abschließenden Planung der Serienproduktionsanlage resultierte der notwendige hohe Automatisierungsgrad in Herstellungskosten, die an der Grenze dessen lagen, was am Markt durchsetzbar wäre. Außerdem ist mit dem entwickelten Verfahren ausschließlich die Herstellung achsgerader Skistöcke möglich. Damit bleibt das wichtige Marktsegment der alpinen Skistöcke (z. B. gebogen oder gekröpft) unberücksichtigt. Dies kann durch den Übergang auf eine Weiterentwicklung mit angepassten Spritzgieß-Sondertechnologien abgedeckt werden [2].

### Multilayerverfahren für Hybrid-Skistöcke

Bei Bauteilen mit komplexer Außengeometrie können beim Spritzgießen durch



**Bild 5.** Prüfkörper des Hybrid-Verfahrens für verstärkte Schichtstrukturen

Eigenschaftskombinationen erhebliche Montageschritte eingespart und zusätzliche Funktionen integriert werden. Dies wird beispielsweise mit dem Mehrkomponenten-Verfahren in Verbindung mit Gasinnendruck- oder Schäumtechnik möglich. Einen erweiterten Ansatz verfolgte in den letzten vier Jahren ein europäisches Konsortium mit angeschlossenen Netzwerkpartnern [3]. Das Ziel ist es, eine intelligente Hybridtechnologie aus Sandwichspritzgießen und Preformtechnik zu realisieren (Bild 5).

Die Preforms bestehen aus Flecht-schläuchen. Sie sind thermisch vorkonsolidiert, um die Steifigkeit für die Verarbeitung im Spritzgießprozess zu erhalten. Durch das Umspritzen im Mehrstufenprozess eignen sie sich als Verstärkungs- und Funktionselemente (Bild 6).

Die Einlegetechnik erreicht mit bis zu sechs Teilprozessen und verschiedenen Thermoplasten als Außenhaut eine hohe Funktionsdichte im Bauteil. Lokal ent-



**Bild 4.** Der Teller mit integrierter Spitze steckt auf dem unteren zylindrischen Schaftteil



**Bild 6. Mit Funktionsschicht überspritztes Preform**

stehen so maßgeschneiderte spezifische Eigenschaften, wobei das Sandwichtspritzgießen auch zum Aufbau einer Schichtstruktur für bessere Haftung eingesetzt wird. Die Qualität des neuen Composites wird hauptsächlich durch die Grenzflächenhaftung zwischen Preform und Matrix, sowie deren Imprägnierung bestimmt.

Im Anwendungstechnikum des Konsortiums steht für Versuche mit dem neuen Verfahren eine modulare 200 t-Pilotanlage zum simultanen Spritzgießen von

**Fazit**

Die Entwicklung von Hybridstrukturen aus maßgeschneiderten Thermoplasten und hochfesten Faserpreforms wird mit dem neuartigen Multilayerprozess realisiert, der die Preforms in Matrixschichten einbettet. Die Endlosfaserverstärkung von Thermoplasten eröffnet eine Alternative zu Duroplast- oder Druckguss- und Leichtmetallbauteilen.

Anwender und Kunden aus dem Flugzeug-, Automobil- und Schienenfahrzeugbau, Schiffsbau, Maschinenbau und der Sportartikelindustrie haben schon länger Verbundwerkstoffe als Problemlöser entdeckt, speziell bei Bauteilen mit Gewichtseinsparung. Doch nicht nur die mögliche Gewichtseinsparung, sondern auch das Verhältnis zwischen Preis, Leistung und der Erfüllung der Spezifikation muss den Einsatz dieser Technologie rechtfertigen. So können Eigenschaften wie eine höhere Lebensdauer, Korrosionsbeständigkeit und Wartungsfreundlichkeit erreicht werden.

Die Entwicklungskooperation der beiden Firmen ComTec, Aachen, und StructoForm, Aachen, haben gemeinsam das Ziel, mit der Industrie neue

	ComTec GmbH	StructoForm GmbH
<b>Forschung &amp; Entwicklung</b>	Faserverbundtechnologie	Spritzgießsondervverfahren
<b>Kompetenz</b>	Dimensionierung Prüfung Faserverbund-Anwendungen	Verfahrensentwicklung Verfahrensoptimierung Thermoplast-Anwendungen
<b>Leistungsangebot</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeptentwicklung, Beratung und Engineering</li> <li>• Bauteil-Entwicklung</li> <li>• Dimensionierung von Komponenten</li> <li>• Verfahrensentwicklung und Machbarkeitsstudien</li> <li>• Werkzeugentwicklung und -optimierung</li> <li>• Entwicklung und Konstruktion von Sondermaschinen und Vorrichtungen</li> <li>• Entwicklung und Anpassung modularer Maschinenkomponenten für Kombiverfahren</li> <li>• Null- und Spezialserienfertigung nach Abschluss der Entwicklung</li> <li>• Werkstoff- und Bauteilprüfung (auch zerstörungsfrei) mit zugehörigen Optimierungsschleifen</li> <li>• Beantragung, Durchführung und Koordination von EU-geförderter Grundlagenentwicklung auf Basis von ca. 10 Jahren erfolgreicher Projektarbeit auf EU-Ebene</li> </ul>		

**Tabelle 1. Entwicklungskooperation der Partner**

bis zu vier thermoplastischen Matrixwerkstoffen zur Verfügung [4]. Die Werkzeugtechnik für das neue Hybridverfahren greift auf bewährte Konzepte aus der Mehrkomponenten-Technologie sowie auf spezielle Werkzeugvorrichtungen zum Einspannen der Preforms zurück. Anwendungen mit gewundenen Hohlraumgeometrien wie der alpine Skistock können mittels kombinierter Gasinnendrucktechnik erzeugt werden.

thermoplastische Leichtbaukomponenten zu entwickeln und anschließend den Technologietransfer für eine Serienproduktion vorzubereiten und durchzuführen (Tabelle 1). Für die zweite Stufe des Skistockprojekts werden momentan noch Anwender oder OEMs gesucht, die an einer finanziellen Beteiligung und an der späteren Übernahme in die Serienproduktion interessiert sind. ■

**LITERATUR**

- 1 DIN 7884 Wintersportgeräte – Skistöcke für den alpinen Skilauf – Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfung
- 2 Becker, H. und Schneider, H.: Projektbericht zur Entwicklung eines thermoplastischen Hybrid-Ski-stocks mit dem Multilayerverfahren, 09/2003
- 3 European Commission, FP5RTD: HYJECT, Contract No: G5RD-CT-1999-00047
- 4 Becker, H. u.a.: Maßgeschneiderte Thermoplaste mit Layerstrukturen und Endlosfaser-Verstärkung, Kunststoffe 9/2003, S. 44–47

**WIDMUNG**

Die Autoren widmen diesen Artikel Professor Georg Menges zu seinem 80. Geburtstag mit den besten Wünschen für weiterhin Gesundheit und Zufriedenheit. Für die Fähigkeit, seine Visionen der Vielfalt des Werkstoffs Kunststoff auf seine Mitarbeiter zu übertragen, sei an dieser Stelle unser großer Dank ausgesprochen. Die an uns vermittelte Begeisterung wirkt als Antriebsmotor für neue Entwicklungen, die er auch heute noch durch seinen allseits geschätzten Rat aktiv unterstützt.

**DIE AUTOREN**

DIPL.-ING. HEINER BECKER, geb. 1954, ist als geschäftsführender Gesellschafter der StructoForm GmbH, Aachen, für die Entwicklung neuer Spritzgießtechnologien und Spezialverfahren verantwortlich und einer der technischen Koordinatoren der weiterhin aktiven EU-Konsortien Hyject und Amitem.

DIPL.-ING. HUBERT SCHNEIDER, geb. 1950, ist als geschäftsführender Gesellschafter der ComTec GmbH, Aachen, für die Entwicklung und Dimensionierung von Faserverbundbauteilen verantwortlich; h.schneider@comtec-ac.com

**SUMMARY PLAST EUROPE**

**SKI POLES BY MULTILAYER TECHNOLOGY**

**HYBRID TECHNOLOGY WITH BRAIDED PREFORMS.** Injection moulded plastic-plastic hybrid components can replace traditional composites and light metals. This is illustrated with reference to the development of a ski pole made of a thermoplastic with continuous fibre reinforcement. A hybrid, multi-layer process is used, intelligently combining sandwich injection moulding and a preform technique using thermally pre-consolidated braided tubes. This application opens up the important market segment of alpine ski poles with curved shapes. The significant improvement is the minimal risk of injury in the event of failure, which is achieved by suitable choice of material and controlled laminate structure.

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE102851** on our website at **www.kunststoffe.de/PE**