

**Prozessüberwachung.** Ein neues Online-Prüfsystem zur berührungslosen Qualitätssicherung während des Herstellungsprozesses faserverstärkter Kunststoffstrukturen erkennt Fehler frühzeitig und reduziert so den Ausschuss. Der Messkopf, Herzstück des Systems, prüft mit einer Kamera die Oberfläche, während der integrierte Laserlichtschnittsensor die Geometrie des Prüfobjekts erfasst.

# Genau in die Textur geschaut

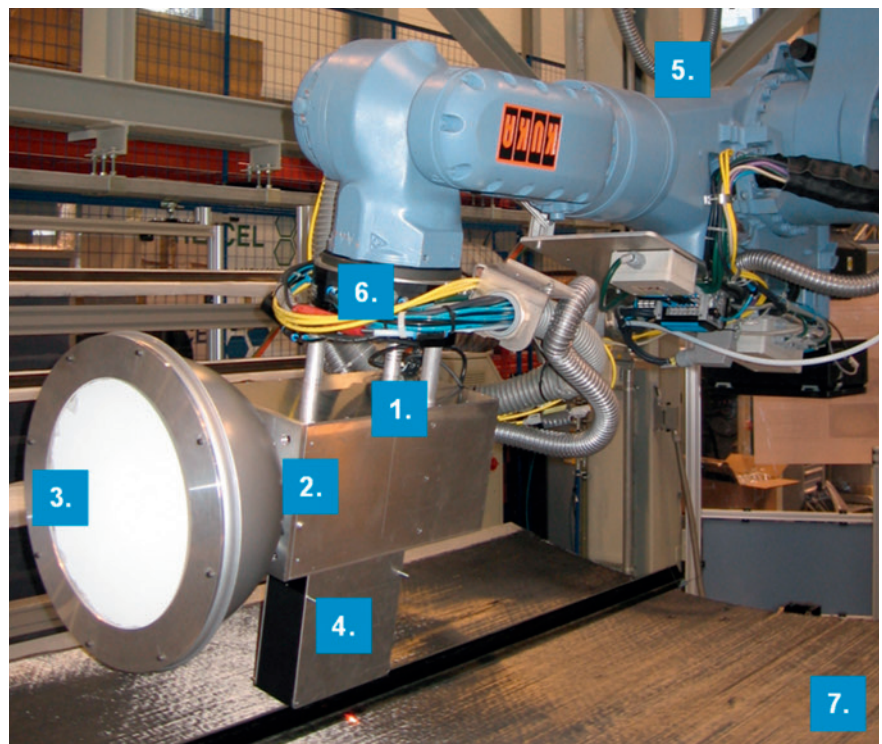
ANDREA MIENE

Faserverstärkte Kunststoffe erweitern kontinuierlich ihre Anwendungsgebiete, weil sie sich durch sehr gute mechanische Eigenschaften und ein geringes Gewicht auszeichnen. Das Vorprodukt faserverstärkter Kunststoffe sind textile Preforms, die aus einzelnen Zuschnitten textiler Halbzeuge gefertigt werden. Der Herstellungsprozess umfasst viele manuelle Arbeitsschritte, was zu hohen Kosten führt. Um die Kosten zu senken und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu verbessern, ist eine Automatisierung sowohl der Produktions- als auch der Qualitätssicherungsprozesse wünschenswert.

Des zweiten Aspekts – der Automatisierung der Qualitätsprüfung – hat sich das InnoNet-Projekt Falcon (Fiber Automatic Live Control) angenommen (siehe Kasten auf S. 64). Im Rahmen des Projekts wurde ein Online-Prüfsystem zur automatisierten Qualitätssicherung während des Herstellungsprozesses faserverstärkter Kunststoffstrukturen (FVK) entwickelt. Herzstück ist ein neuartiger Messkopf, der eine optische Kamera und einen Laserlichtschnittsensor umfasst. Diese Kombination macht eine berührungslose Online-Qualitätssicherung möglich: Während die Kamera die Oberfläche prüft, erfasst der Laserlichtschnittsensor die Geometrie des Prüfobjekts (Bild 1).

So lassen sich Fehler frühzeitig erkennen und damit Ausschuss reduzieren – neben den ökonomischen Vorteilen wird ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet. Ein Pilotsystem, das bei der Composite Technology Center Stade GmbH (CTC) in eine Produktionszelle mit Portalroboter integriert ist, befindet sich zurzeit in der praktischen Erprobung (Bild 2).

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110094



**Bild 1. Falcon-Messkopf. 1: Roboterkopf, 2: Kamerasensor und Objektiv, 3: Diffuse Dom-Beleuchtung, 4: Laserlichtschnittsensor, 5: Portal-Roboter, 6: Automatisierungsschnittstelle, 7: Prüfobjekt**

## Umfassende Prüfungen

Während des Herstellungsprozesses faserverstärkter Kunststoffstrukturen lassen sich mit dem Falcon-System verschiedene qualitätsrelevante Prüfungen durchführen:

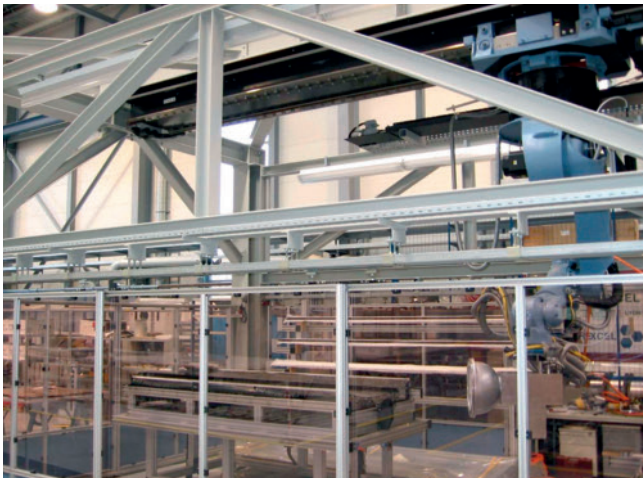
- Materialprüfung,
- globale Prüfung der Faserorientierung,
- Prüfung der Kantensegmentierung textiler Halbzeuge,
- Geometrieprüfung,
- Oberflächenprüfung nach dem Ablegen der einzelnen Lagen.

Die Materialprüfung stellt sicher, dass das korrekte Halbzeug mit dem geforderten Materialtyp (Carbon-, Glas- oder Aramidfaser) und der richtigen Bindungsstruktur (z. B. Gelege, Gewebe) verwendet

wird. Die globale Prüfung der Faserorientierung garantiert, dass die richtige Seite des Materials nach oben weist und dass die Fasern korrekt orientiert sind [1].

Um sicherzustellen, dass die Zuschnitte nach dem Ablegen korrekt auf der Preform positioniert sind, werden ihre Kanten zunächst grob segmentiert [1]. Bei der Geometrieprüfung prüft der Laserlichtschnittsensor entlang dieser Kanten den genauen Konturverlauf [2]. Außerdem lässt sich die Maßhaltigkeit der Zuschnitte vor dem Ablegen prüfen.

Die Oberflächenprüfung erkennt Fremdkörper und Beschädigungen sowie die lokale Faserorientierung nach dem Ablegen bzw. Drapieren der Zuschnitte (s. u.).



**Bild 2. Eine Falcon-Pilotanlage ist derzeit bei der CTC GmbH im Praxistest**

dabei auf das Material aufgebracht. Kräfte können dessen Qualität beeinflussen. Durch Überdehnung des Materials während des Drapierens können Spalten entstehen und es kann zu Faserverschiebungen kommen. Faserverschiebungen führen zu einer Abweichung von der spezifizierten Faserorientierung. Die Einhaltung der spezifizierten Faserorientierung ist wesentlich für die Belastbarkeit des Bauteils und muss daher durch den Prüfprozess sichergestellt sein.

Am Faserinstitut Bremen e.V. (Fibre) wurde unter Verwendung der Intel Open Source Computer Vision Library [3] eine Softwarebibliothek entwickelt, die bildanalytische Verfahren zur optischen Qualitätssicherung der Oberfläche bereitstellt. Die in das Falcon-Prüfsystem integrierte Bibliothek beinhaltet Funktionen zur Erkennung und Bewertung von Oberflächenfehlern und Fremdkörpern sowie zur Prüfung der Faserorientierung.

Das Prüfsystem umfasst eine Datenbank, die drei Funktionen erfüllt. Erstens speichert sie alle für die Qualitätssicherung relevanten Informationen zu den verwendeten Materialien und den Fertigungsprozessen in einer Wissensbasis.

Zweitens organisiert sie die Prüfpläne, die für jedes Bauteil und jeden Arbeitsschritt individuell festlegen, welche Prüfungen durchzuführen sind. Auch Parameter, Sollwerte und Toleranzen sind hier definiert. Drittens werden die Prüfergebnisse für jedes geprüfte Bauteil unter ei-

ner eindeutigen Kennzeichnung in der Datenbank archiviert. Dadurch ist die Rückverfolgbarkeit der Qualitätsmerkmale während des gesamten Fertigungsprozesses und darüber hinaus sichergestellt.

### Oberflächenprüfung

Während der Herstellung der Preform werden die Zuschnitte in mehreren Schichten abgelegt und gegebenenfalls in eine dreidimensionale Form drapiert. Die

### Oberflächenfehler und Fremdkörper

Ein wesentlicher Oberflächenfehler, der hauptsächlich bei Gelegen auftritt, ist der sogenannte Gap (englisch für Spalte). ▶

Wärmeschränke  
trocknen  
wärmen  
tempnern  
befeuchten



HORO Dr. Hofmann GmbH  
73760 Ostfildern / Germany  
++49 / (0) 711-341-6995-0  
info@horo.eu  
www.horo.eu

**Kompetenz  
Flexibilität**

### Für formvollendete Lösungen!

SFS intec bietet Ihnen die umfassende Kompetenz bei der Entwicklung und Produktion vielfältiger Kunststoffbauteile. Mit unserem Leistungsspektrum

- Einbaufertige Baugruppen
- Kunststoff/Metall-Kombinationen
- 2K-Kunststoffteile
- Miniatur-Kunststoffteile
- CardaFlex®-Technologie

setzen wir kreative Ideen in nutzbringende Lösungen um.

Rufen Sie uns an oder besuchen Sie uns im Internet:  
[www.sfsintec.biz](http://www.sfsintec.biz)



SFS intec AG, IndustrialProducts  
Electrical Components Industry  
Rosenbergsaustasse 10  
CH-9435 Heerbrugg

Tel +41 71 727 56 71  
Fax +41 71 727 56 89  
ip.ec.heerbrugg@sfsintec.biz  
www.sfsintec.biz

**SFS intec**  
Turn ideas into reality.





Bild 3. Das System erkennt Gaps in der Struktur

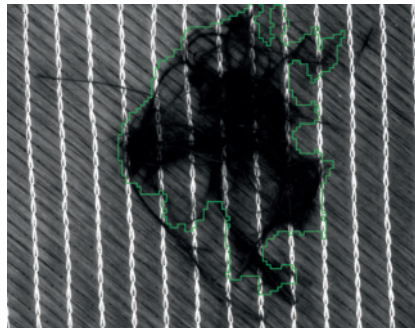


Bild 4. Das System erkennt Fuzzballs auf der Oberfläche

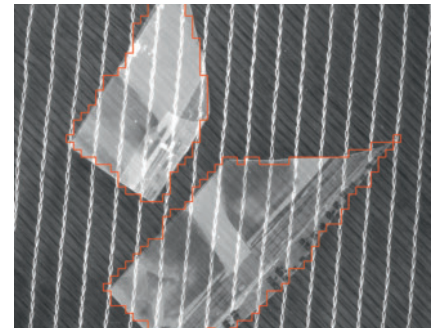


Bild 5. Erkennung von Folienresten

## Die Projektpartner

**InnoNet** ist eine Initiative, mit der das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie innovative Netzwerke fördert, die die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der mittelständischen Unternehmen erhöhen und Ergebnisse der Forschung und Entwicklung schneller in den Markt führen sollen. Das Programm war als Ideenwettbewerb konzipiert. Das Falcon-System wurde im Rahmen eines der Wettbewerbssieger in Kooperation der Forschungsinstitute **Werkzeugmaschinenlabor (WZL)** und **Institut für Textiltechnik (ITA)** der RWTH Aachen sowie des **Faserinstitut Bremen e.V. (Fibre)** entwickelt. Aufgabe des ITA war die Integration des Systems in den Produktionsprozess. Das WZL war federführend bei der Entwicklung des Prüfsystems. Das Fibre war verantwortlich für die Entwicklung der Falcon-Datenbank und der bildanalytischen Prüfmethode zur Oberflächenprüfung. Das Projektkonsortium wurde ergänzt durch die Sensoranbieter **Basler AG** und **NoKra GmbH** (Kamera- bzw. Lasersensoren), die Firma **Gimpel Ingenieurgesellschaft mbH**, zwei Hersteller faserverstärkter Kunststoffstrukturen (**Invent GmbH** und **Advanced Composite Engineering GmbH (ACE)**), den FVK-Technologieanbieter **Advanced Fiber Placement Technology BV (AFPT)** sowie die **Composite Technology Center Stade GmbH (CTC)** als einen FVK-Endkunden aus dem Bereich Luft- und Raumfahrt.

Ein Gap entsteht, wenn sich Rovings der oberen Faserlage verschoben haben oder fehlen. Durch die entstehenden Spalten sind die Fasern der darunter liegenden Lage zu erkennen. Ein neu entwickeltes Segmentierungsverfahren erkennt die betroffenen Bereiche unter diffuser Beleuchtung anhand der abweichenden Faserorientierung (Bild 3).

Die Erkennung von Fremdkörpern, wie Folienresten, basiert auf einem speziell erweiterten Verfahren zur Detektion von Faserabrieb, sogenannten Fuzzballs [4] (Bild 4). Es registriert, wenn die Textur in dem betroffenen Oberflächenbereich keine eindeutige Vorzugsrichtung aufweist, sondern willkürlich orientiert

ist. Dies ist auch der Fall, wenn beispielsweise Folienreste anhaften (Bild 5).

Die Fehler und Fremdkörper werden automatisch vermessen und anhand der im Prüfplan für den jeweiligen Fehlertyp festgelegten Toleranzen bewertet.

## Faserorientierung

Das Verfahren zur Messung und Bewertung von Abweichungen in der lokalen Faserorientierung baut auf Vorarbeiten aus dem Projekt Pro-CFK Prosa [4, 5] auf. Dazu wird die zu prüfende Oberfläche in rechteckige Bereiche gerastert. Mithilfe eines isotropen Gradientenfilters [6] lässt sich die Texturorientierung

in jedem relevanten Bildpunkt des Bereichs messen. Die Häufigkeitsverteilung dieser Texturorientierungen wird ausgewertet und die Faserorientierung für den Bereich bestimmt (Bild 6). Die Größe der Bereiche ist im Prüfplan festgelegt. Das Messergebnis besteht aus einer Matrix, die pro Bereich einen Winkel angibt. Zur Bewertung der Faserorientierung sind die gemessenen Winkel mit der Sollorientierung zu vergleichen. Anhand der Kameraposition lässt sich für jeden gemessenen Winkel dessen eindeutige (x,y,z)-Position errechnen. Der Prüfplan enthält die Sollwinkel für den Prüfbereich, die ebenfalls mit einer globalen Positionsangabe verknüpft sind. Für ebene Flächen reicht oft ein einzelner Sollwinkel aus. Wurde das Material drapiert, so gelten lokal unterschiedliche Sollwinkel. Jeder gemessene Winkel wird automatisch mit dem ihm am nächsten liegenden Sollwinkel verglichen. So brauchen nur so viele Sollwinkel wie nötig hinterlegt zu werden, und das Prüfverfahren arbeitet unabhängig von der für die Messung eingestellten Rasterung. Die Bewertung der Faserorientierung erfolgt anhand von zwei Toleranzen bezüglich der erlaubten Abweichung vom Sollwinkel und resultiert in einer Klassifizierung als gut, fragwürdig oder inakzeptabel (Bild 7). Grüne Winkel sind als gut, gelbe als fragwürdig und rote als inakzeptabel bewertet. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich in [5, 7]. ■

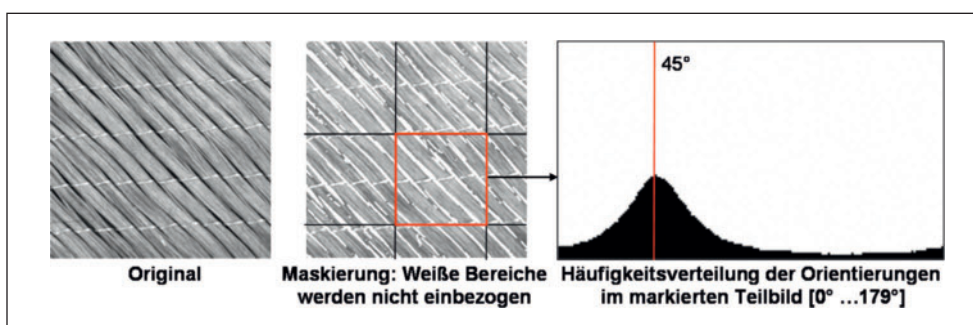
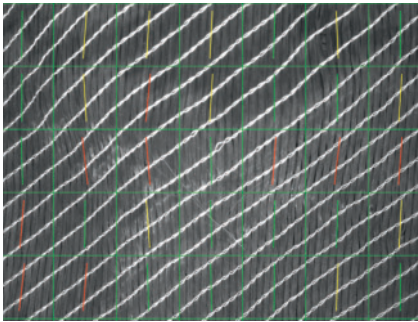


Bild 6. Prinzip der Faserorientierungsmessung [3]



**Bild 7. Messung und Bewertung der Faserorientierung: Sollwinkel 90°, Toleranz  $1 \pm 2^\circ$ , Toleranz  $2 \pm 4^\circ$ ; grün: gut, gelb: fragwürdig, rot: inakzeptabel**

#### DANK

Das in diesem Artikel beschriebene Vorhaben wurde mit Mitteln des BMWi (16IN0334) im Rahmen des Förderprogramms InnoNet gefördert.

#### LITERATUR

- Schmitt, R.; Pfeifer, T.; Mersmann, C.; Orth, A.: A method for the automated positioning and alignment of fibre-reinforced plastic structures based on machine vision. In: Proceedings of the "58th CIRP General Assembly". Manchester/Großbritannien, 24–30 August 2008.
- Schmitt, R.; Niggemann, C.; Mersmann, C.; Orth, A.: Contour Scanning of Textile Preforms using a Light Section Sensor for the Automated Manufacturing of Fibre-Reinforced Plastics. In: Proceedings of the "SPIE Optical Metrology", World of Photonics Congress 2008, Strassburg/Frankreich, 07.–12. April 2008.
- <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>
- Weimer, C. u.a.: Prozessbegleitende Schadensanalyse (PROSA) – Ein wesentlicher Baustein für die kosteneffiziente Fertigung und Analyse von CFK-Strukturen. In: DGLR-Jahrbuch 2006, Band III (erschienen 2007).
- Miene, A.; Göttinger, M.: Digital Image Analysis for Quality Assurance in the Preforming and Draping Process. CFK Valley Stade Convention, Stade, 13.–14. Juni 2007
- Scharr, H.: Optimal Filters for Extended Optical Flow. In: Complex Motion, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3417, Springer 2007.
- Miene, A.; Herrmann, A. S.; Göttinger, M.: Quality assurance by digital image analysis for the preforming and draping process of dry carbon fiber material. SAMPE Europe Conference, Paris/Frankreich, 01.–03. April 2008.

#### DIE AUTORIN

DR. ANDREA MIENE, geb. 1970, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) im Bereich Prüfmethode; miene@faserinstitut.de

#### SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

### Looking Right into the Texture

**PROCESS MONITORING.** A new on-line inspection system for non-contact quality control during the manufacture of fiber-reinforced polymer structures can pick up problems early and thus reduce scrap rates. The measurement head at the heart of the system inspects the surface of the part under test with a camera whilst an integrated laser light section sensor acquires its geometry.

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE110094** at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)



interzum  
köln



13. - 16.5.2009



## Flexibel in alle Richtungen mit PUR-CSM von Hennecke

Mit der praxisbewährten PUR-CSM-Sprühtechnologie von Hennecke kommt Ihre Produktion in Fahrt: Neben den klassischen Technologien für Composite-Bauteile werden mit dem heutigen CSM-Portfolio auch Fertigungsanlagen realisiert, die verschiedene Sprühverfahren abdecken. Damit lassen sich u.a. verschiedene PUR-Materialien in einem Bauteil kombinieren. Ob in der Automobilindustrie oder im Sanitärbereich - den einen Anwendungsfall gibt es nicht. Erschließen Sie gemeinsam mit uns neue Marktpotenziale und Einsatzgebiete - z.B. in unserem PUR-CSM-Center! Mehr Informationen unter [www.hennecke.com](http://www.hennecke.com)

Hennecke  
Polyurethane Technology

