

**Kontaktdaten:**

<b>Institution</b>	Fachhochschule Dortmund Fachbereich 5 / Maschinenbau in Kooperation mit den Firmen: Fibretech und Yachtwerft meyer GmbH / Bremen
<b>Verantwortliche</b>	Prof. Dr.-Ing. Herbert Funke Dipl.-Ing. Jens Brandes Jan Meyer
<b>Adresse</b>	Sonnenstr. 96 44139 Dortmund
<b>Telefon</b>	0231 / 9112-779
<b>Mobilfunk</b>	0177 / 1456005
<b>Fax</b>	0231 / 9112-779
<b>E-Mail</b>	Herbert.funke@fh-dortmund.de Jens.Brandes@fibretech-composites.de info@yachtwerft-meyer.de

**Projekttitle:**  
**Elektrisch beheizbare Formen in Kunststoffbauweise**

**Projektbeschreibung**

Für viele industrielle Herstellprozesse ist die Zufuhr von Heizenergie zur gezielten Temperaturführung erforderlich. Das System **fibretemp** beschreibt ein Verfahren, um Oberflächen unter Nutzung der elektrischen Leitfähigkeit von Kohlenstofffasern zu beheizen. Das Verfahren wurde zunächst an Platten und weiter an Formenwerkzeugen zur Herstellung von FVK-Bauteilen erprobt, eignet sich aber grundsätzlich auch für andere Anwendungsfälle, in denen Oberflächen beheizt werden sollen.

Die besonderen Eigenschaften der Kohlenstofffasern ermöglichen dabei eine sehr effiziente Umsetzung der elektrischen Energie, da die Wärme unmittelbar dort erzeugt wird, wo sie benötigt wird: Die Umsetzung von elektrischer Energie in Heizenergie erfolgt unmittelbar an der Oberfläche, so dass die Wärmeflusswege im Vergleich zu anderen Heizverfahren extrem kurz sind. Zudem ist die Wärmekapazität der Platten bzw. Formenwerkzeuge nach dem beschriebenen Verfahren sehr gering, was zu erheblichen Energieeinsparungen bei zyklischen Temperaturverläufen führt. Der sehr geringe Wärmeausdehnungskoeffizient von Kohlenstofffasern gewährleistet bei entsprechendem Aufbau eine hohe Dimensionsstabilität der Formenwerkzeuge, so dass diese selbst bei hohen Temperaturgradienten im Formenwerkzeug verzugsfrei und außergewöhnlich maßhaltig bleiben.

Die Innovation wurde im ersten Schritt an einem Prototypen zur Herstellung von Innenraumverkleidungen eines Großraumflugzeuges erfolgreich umgesetzt:

Im vorliegenden Anwendungsfall sollten Innenraumpaneele für ein Großraumflugzeug in Faserverbund-Wabensandwichbauweise unter Anwendung von Niederdruck-Niedertemperatur-Prepregs hergestellt werden. Die Prepregs erfordern eine Härtungstemperatur von mindestens 82°C. Aufgrund der geringen Stückzahl von 200 Bauteilen pro Form mussten die Investitionskosten zur Herstellung der Formenwerkzeuge möglichst gering sein. Zudem sollten die Lohnstückkosten und insbesondere die Energiekosten bei der Herstellung der Paneele möglichst gering sein. Die größte von insgesamt drei Formen hatte bei einer Länge von 7 m und einer Breite von 2,60 m (incl. Formränder) eine Oberfläche von 18,2 m<sup>2</sup>. Mit zwei weiteren kleineren Formenwerkzeugen waren in dem Projekt insgesamt ca. 35 m<sup>2</sup> Formenoberfläche herzustellen. Die Kosten für die Entwicklung und Herstellung der Formenwerkzeuge sollten unter 2000,- € pro m<sup>2</sup> liegen.

Die Herstellung der Negativformen erfolgte auf klassische Weise: Zunächst wurden Positivmodelle aus einem Formenwerkstoff geringer Dichte mit einer CNC-Fräse gefräst. Die Oberflächen wurden lackiert und poliert, um darauf die Negativformen abzuformen. Die Formenheizung wurde dabei so ausgelegt, dass diese mit einer Kleinspannung von ca. 30 Volt zu beheizen war.

Die Form selbst wurde in Wabensandwichbauweise mit CFK-Deckhäuten aufgebaut, wobei die Formenoberfläche zugleich Sandwichdeckschicht mit integrierter Widerstandsheizung ist. Da die Wärmeausdehnungskoeffizienten der beiden Deckschichten im geforderten Temperaturbereich praktisch Null sind, braucht nur die Formenoberfläche beheizt werden. Trotz unterschiedlicher Temperaturen in beiden Deckschichten erfolgt kein nennenswerter Wärmeverzug.

Die beheizbare Negativform mit einer Oberfläche von 18,2 m<sup>2</sup> ist dabei so leicht, dass Sie mit 4 Personen bewegt werden kann. Auch beim Aufsetzen der Dämmschale ist kein Hebezeug erforderlich. Dieses spart erhebliche Kosten bei der Fertigung.

Um den Energieverbrauch weiter zu reduzieren, wurde die Formenschale weiterhin von der Unterseite mit einem Dämmkasten aus 100 mm Dämmstoff versehen. Nach dem Bestücken wird die Form auch von der Oberseite mit einer entsprechenden Dämmschale versehen, bevor die Formenheizung eingeschaltet wird. Die so gedämmte Form verfügt wegen ihrer geringen Masse über eine sehr geringe Wärmekapazität und kann mit einer Heizleistung von knapp 2 kW auf Oberflächentemperaturen von 100 C aufgeheizt werden. Das entspricht einer Flächenheizleistung von geringfügig über 100 W/m<sup>2</sup>. Die Energiekosten bei der Herstellung der Bauteile konnten somit durch den besonderen Formenaufbau drastisch reduziert werden. Auf einen zusätzlichen Temperraum konnte gänzlich verzichtet werden.

Auf der Formenoberfläche wurden an unterschiedlichen Stellen die Temperaturen gemessen und während des gesamten Heizprozesses protokolliert. Die Temperaturunterschiede waren stets geringer als 1 K, was die Homogenität der Flächenheizung unterstreicht.

Inklusive zahlreicher Vorversuche betragen die Entwicklungskosten der drei Formen mit einer Gesamtoberfläche von ca. 35 m<sup>2</sup> 60.000,- €. Somit konnte der Kostenrahmen mit einer Vorgabe von 2.000,- €/ m<sup>2</sup> noch unterschritten werden. Die Formen sind seit ca. einem Jahr bei der Yachtwerft meyer in Bremen ohne Komplikationen im Serieneinsatz.

Ein großes Potential besitzt diese innovative Formenbautechnologie insbesondere für die Herstellung von Windkraftflügeln von Windkraftanlagen jeder Größe. Auch hier wurden bereits erste Formen gebaut und mit Erfolg eingesetzt. Eine Regelung zur Beheizung der Formen mit Kleinspannung und Stromstärken bis 400 Ampere wurde ebenfalls entwickelt und wird in Kürze lieferbar sein.

Die Umsetzung dieser innovativen Formenbautechnologie für verschiedene Anwendungszwecke ist kostengünstig umsetzbar, erfordert aber das spezifische Know-How.

Wir stehen gerne für eine Kooperation zur Verfügung.

Bei Interesse wenden Sie sich bitte an:

Prof. Dr.-Ing Herbert Funke <a href="mailto:herbert.funke@fh-dortmund.de">herbert.funke@fh-dortmund.de</a> Tel.: ++49(0)231/9112-779 oder: ++49 (0) 5242/57778-4 Mobil: ++49 (0) 177/1456005	Dipl.-Ing. Jens Brandes <a href="mailto:Jens.Brandes@fibretemp-composites.de">Jens.Brandes@fibretemp-composites.de</a> Tel.: ++49 (0) 421/3038519
--	---