

#### Hahnenkratt GmbH (KMU)

Benzstraße 19  
Postfach 2140, 75203 Königsbach-Stein  
Tel.: 07232 3029-13, Fax: 07232 3029-99  
E-Mail: info@hahnenkratt.com  
www.hahnenkratt.com

#### Branche:

Dentaltechnik

#### Projektschwerpunkte:

Anforderungsprofil für den Einsatz in Dental-Instrumenten, Entwicklung von gekrümmten Wurzelstiften aus Faserverbundwerkstoffen

#### INVENT GmbH

Dipl.-Ing. Henning Wichmann  
Christian-Pommer-Straße 34, 38112 Braunschweig  
Tel.: 053124466-0, Fax: 053124466-880  
E-Mail: henning-wichmann@invent-gmbh.de  
www.invent-gmbh.de

#### Branche:

Luft- und Raumfahrt, Schienenfahrzeuge, Maschinenbau, Automobilindustrie

#### Geschäftsfelder:

Engineering-Spezialist für Faserverbundtechnologien, Entwicklung und Produktion von CFK-Komponenten wie Prepreg-Technologie und Injektionstechnik

#### Projektschwerpunkte:

Anforderungsprofil für den Einsatz im Flugzeugbau, Konzeption gekrümmter Leichtbau optimierter FVK-Profile

#### ITV Denkendorf Produktservice (ITVP) GmbH

Dr. rer. nat. Erhard Müller  
Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf  
Tel.: 0711 9340-163, Fax: 0711 9340-297  
E-Mail: erhard.mueller@itv-denkendorf.de  
www.itv-denkendorf.de

#### Branche:

Medizintechnik, Textilindustrie, Kunststoffindustrie

#### Geschäftsfelder:

Entwicklung und Produktion von Textilien und Kunststoffkomponenten für die Medizintechnik (Implantate, geflochtene Nähgarne)

#### Projektschwerpunkte:

Anforderungsprofil für den Einsatz in der Medizintechnik, Materialprüfung, Untersuchungen für sphärisch geformte Osteosyntheseplatten

#### Ludwig Storz Schwertfeger GbR (KMU)

Dipl.-Ing. Arch. Ferdinand Ludwig  
Innerer Nordbahnhof 1, 70191 Stuttgart  
Tel.: 0711 4084111, Fax: 0721 151494036  
E-Mail: info@baubotanik.de  
www.baubotanik.de

#### Branche:

Bauwesen, Architektur

#### Geschäftsfelder:

Architektur und Entwicklung von optimierten Tragwerken aus lebenden Pflanzen im Bauwesen

#### Projektschwerpunkte:

Anforderungsprofil für den Einsatz im Bauwesen, Konzept für eine formschlüssige Verbindung zwischen lebenden Pflanzen und Faserverbundprofilen

#### Steinhuder Werkzeug und Apparatebau H. Wöfl GmbH

Dipl.-Ing. Michael Wöfl  
Wisshöfersweg 5, 31515 Wunstorf  
Tel.: 05033 8433, Fax: 05033 8407  
E-Mail: steinhuder.wzb@t-online.de  
www.woefl.de

#### Branche:

Maschinen- und Werkzeugbau, Kunststofftechnik

#### Geschäftsfelder:

Entwicklung und Fertigung von Formwerkzeugen, Prototypenbau und Spezialanfertigungen für den Maschinenbau und die Automobilindustrie

#### Projektschwerpunkte:

Bau eines angepassten Pultrusionsformwerkzeuges für gekrümmte Profile, Untersuchungen zu Verschleißeigenschaften der Werkzeugoberfläche

#### Synthopol Chemie Dr. rer. pol. Koch GmbH & Co. KG

Dr. rer. nat. Michael Rabenstein  
Alter Postweg 35, 21614 Buxtehude  
Tel.: 04161 7071-15, Fax: 04161 80130  
E-Mail: mrabenstein@synthopol.com  
www.synthopol.de

#### Branche:

Chemieindustrie, Kunststoffindustrie

#### Geschäftsfelder:

Entwicklung und Fertigung von Kunstharzen für die Lack-, Farben-, Kunststoff- und Klebstoffindustrie

#### Projektschwerpunkte:

Materialuntersuchungen, Formulierung und Laborversuche eines optimierten Harzsystems

#### THOMAS Technik + Innovation GmbH u. Co. KG

Dr.-Ing. Klaus Jansen  
Walkmühlenstraße 93, 27432 Bremervörde  
Tel.: 04761 979-124, Fax: 04161 979-524  
E-Mail: Klaus.Jansen@thomas-technik.com  
www.thomas-technik.com

#### Branche:

Möbelindustrie, Nutzfahrzeugbau, Pädiatrie

#### Geschäftsfelder:

Entwicklung und Fertigung von Faserverbund-Komponenten für multifunktionale Bettsysteme, Produkte für Kinder-Rehabilitation, kundenspezifische Faserverbund-Profile

#### Projektschwerpunkte:

Fertigungsversuche mit der Pultrusion, Konzeption einer verbesserten Anlagentechnik für die Fertigung von gekrümmten Profilen

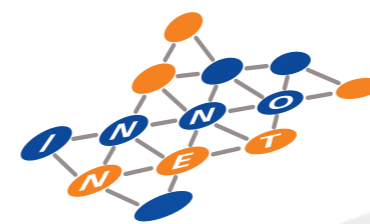
#### Projekträger

VDI | VDE | IT

Steinplatz 1, 10623 Berlin  
www.vdivde-it.de/innonet

#### Kontakt

Tel.: 030 310078-136  
Fax: 030 310078-189  
InnoNet@vdivde-it.de



# InnoNet

F ö r d e r u n g v o n i n n o v a t i v e n N e t z w e r k e n 2 2 5

## Herstellung definiert gekrümmter Profile mit dem Pultrusionsverfahren (PULKRUM)

### Das Projekt

Kunststoffe mit Kohlenstofffaser- (CFK) und Glasfaserverstärkung (GFK) sind in unserem Leben allgegenwärtig. In Windkraftanlagen, in Flugzeugen, im Auto, in Tennisschlägern und Nordic-Walking-Stöcken oder gar in Möbeln verbergen sich immer mehr Faserverbundwerkstoffe, deren Bauteile besonders leicht und stabil sind und eine lange Lebensdauer mit sich bringen. Die zunehmende Verwendung von faserverstärkten Kunststoffen verlangt aber nach kontinuierlichen und automatisierten Fertigungskonzepten, da die Herstellung von Verbundwerkstoffen bislang weitgehend von einer handwerklich orientierten Einzelteilfertigung geprägt ist. Automatisierte Verfahren, wie sie aus der Fertigung metallischer Bauteile bekannt sind, fehlen bisher für Faserverbundwerkstoffe. Ein bekanntes kostengünstiges Produktionsverfahren ist das Pultrusionsverfahren (Strangziehverfahren; Kunstwort aus „to pull“ – engl. für Ziehen und „Extrusion“ – ein Verfahren zur Herstellung von unverstärkten Kunststoffprofilen).

Die Pultrusion hat sich als Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von geraden Profilen mit einem konstanten Querschnitt bewährt (z. B. ein „Doppel-T“). Durch die Vielfalt der möglichen Querschnitte der Profile besitzt die Pultrusion einen großen Marktanteil im Bau- und Ausrüstungsbereich (z. B. Fensterrahmen, Rohre, Leisten) und in der Sportartikelindustrie (Segelmasten, Ski etc.), im Transportwesen (Zug, Bus, Flugzeug) sowie in der Möbelindustrie (Bettrahmen mit Lattenrosten). Die Pultrusion eignet sich allerdings nur für geradlinige Profile. Aufgrund der stetig wachsenden Funktions- und Leichtbauanforderungen sowie um Designwünschen gerecht zu werden, werden immer häufiger Profile benötigt, die teilweise gekrümmt sind (z. B. Stoßstangen). Solche Bauteile können derzeit mit der Pultrusion noch nicht gefertigt werden. Bisherige Ansätze zur Fertigung gekrümmter Profile erfordern manuelle Arbeitsschritte bzw. aufwändige vorbereitende Maßnahmen und machen den gesamten Prozess ineffizient und teuer.

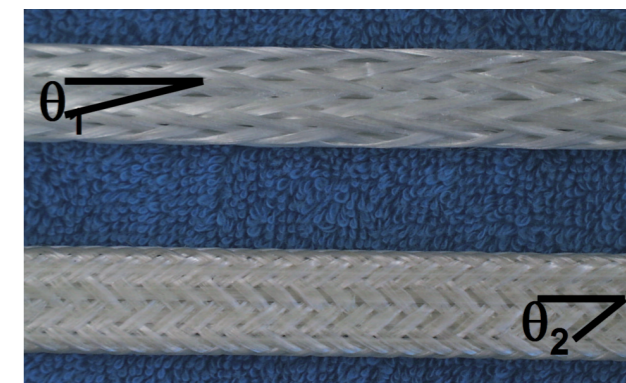
Ziel des Vorhabens ist es daher, gekrümmte Profile mit definierten Krümmungsradien mit Hilfe der Pultrusion herzustellen, dabei die Prozessfenster zu ermitteln und die verarbeitbaren Materialien zu definieren. In Vorversu-

chen wurden bereits Untersuchungen zum Krümmungspotenzial von Faserverbund-Profilen mit dem Pultrusionsverfahren durchgeführt. Diese Versuche haben den Nachweis erbracht, dass Krümmungen mit Radien zwischen 3 m und 7 m erreichbar sind. Genaue Kenntnisse der Prozessparameter in Abhängigkeit vom Krümmungsradius sowie eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von späteren Serienprozessen liegen bisher noch nicht vor.

Um Faserverbundprofile mit definierten Radien herzustellen, werden zwei Verfahrensvarianten des Pultrusionsverfahrens entwickelt.

Arbeitsziel der ersten Variante ist es, unter Verwendung einer duromeren Matrix (Duromere sind Kunststoffe, die nach ihrer Aushärtung nicht mehr verformt werden können) eine definierte Krümmung mit veränderlichen Radien zwischen 5 m und 10 m mit Hilfe des klassischen Pultrusionsverfahrens durch die Temperaturführung im Werkzeug zu erzeugen, so dass kostengünstig gekrümmte Profile gefertigt werden können.

Arbeitsziel der zweiten Variante ist es, unter Verwendung einer thermoplastischen Matrix und drapierfähiger Faserflechte im Pultrusionsverfahren Krümmungen mit deutlich kleineren Radien ( $R < 5$  m) zu erreichen. Die genannten Materialien erlauben eine Verformung nach dem eigentlichen Pultrusionsprozess, so dass Profile bei vertretbarem Aufwand hergestellt werden können.



### Die Kooperation

Im Projektkonsortium haben sich verschiedene Partner disziplinübergreifend entlang der Prozesskette zusammengefunden, die schon über vielfältige Erfahrungen in der Pultrusion verfügen, allerdings aus unterschiedlichen Blickwinkeln: Kunststoffhersteller und Formwerkzeugbauer, Bauteil- und Fertigungsentwickler sowie Unternehmen, die für verschiedene Industriezweige (Automobil- und

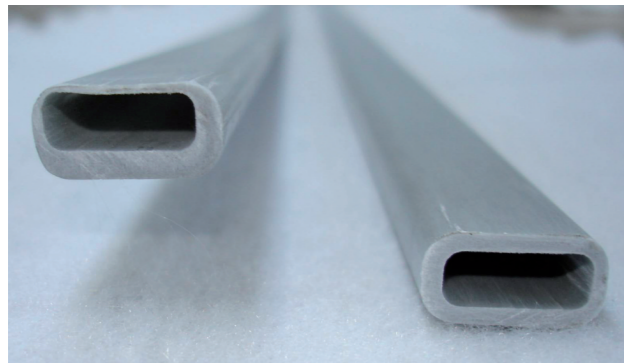
Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

Nutzfahrzeugbau, Möbelindustrie, Medizintechnik, Luftfahrt, Textilindustrie) Komponenten aus Faserverbundwerkstoffen herstellen und liefern.

Das Konsortium besteht aus zwei gemeinnützigen Forschungsinstituten (Faserinstitut Bremen e. V. und ITV Denkerdorf), sieben kleinen und mittelständischen Unternehmen (GbR Ludwig Storz Schwertfeger, Hahnenkratt GmbH, Invent GmbH, ITV Produktservice, Synthopol GmbH, Steinhuder Werkzeugbau, Thomas Technik) und einem Großunternehmen (Aksys GmbH). Die acht Partner haben Ihren Stammsitz in vier Bundesländern in Nord-, West- und Süddeutschland. Alle beteiligten Partner beschäftigen sich seit Jahren mit Faserverbundwerkstoffen, bedienen aber unterschiedliche Märkte und setzen dabei auch unterschiedliche Materialien ein. Wettbewerbssituationen im Konsortium können daher ausgeschlossen werden. Vielmehr werden vielfältige Synergien genutzt, da die Projektpartner Kompetenzen für die verschiedenen Teilprozesse in das Projekt einbringen. Ebenso versprechen sich die Projektpartner durch die Fixierung des Vorhabens auf ein Verfahren mit zwei Varianten bei den beiden Instituten einen größtmöglichen Erkenntnisgewinn, was die Machbarkeit gekrümmter Profile mit der Pultrusion angeht.



Querschnitte im Vergleich

Das Faserinstitut (FIBRE) und das ITV Denkerdorf (ITV) betreiben jeweils eine Pultrusionsanlage, an der die Versuche zur Fertigung der gekrümmten Profile durchgeführt werden können. Unterstützung erfahren sie dabei von dem Unternehmen Thomas-Technik, das bereits seit vielen Jahren Glasfaserverbund-Profile für den Bettenbau (Lattenroste) fertigt. Die Werkzeugkonzepte werden von dem Wunstorfer Kleinunternehmen Steinhuder Werkzeug- und Apparatebau H. Wöfl GmbH erarbeitet. Wöfl ist als eines von wenigen Unternehmen in Europa in der Lage, Metallformen mit Längen bis zu 1500 mm mit CNC-Maschinen zu schleifen, wie es für Pultrusionswerkzeugformen erforderlich ist. Aksys, ein großer Systemlieferant im Automobilbau und Entwickler und Zulieferer für komplexe Kunststoff-Anwendungen im Karosseriestructurbau, wird mit klassischen Langfaser-spritz- und -presstechnologien an Automobil-Stoßfängerträger projektbegleitende Untersuchungen durchführen. Die Invent GmbH entwickelt Faserverbund-Strukturkomponenten von der Idee über Strukturanalyse und Bauweisen bis zur Serienfertigung und betreibt bereits automatisierte Fertigungsverfahren (Wickelanlage), die sie um Pultrusionstechnologien erweitern möchte. Der Harzhersteller Synthopol Chemie stellt Kunstharze für Faserverbundprofile her und wird

neue Harzsysteme formulieren, die sich insbesondere für die Fertigung gekrümmter Bauteile eignen. Das Unternehmen ITV Produktservice ist in der Medizintechnik tätig und entwickelt und fertigt textile Medizingarne sowie faserverstärkte Osteosynthese- und Prothesenkomponenten. Das Unternehmen Hahnenkratt GmbH entwickelt und fertigt hochwertige Produkte für die Dentaltechnik und sieht in dem Projekt die Möglichkeit, verschleißfeste gekrümmte Wurzelauflaufsysteme zu entwickeln. Grundsätzlich besteht in der Medizintechnik ein enormer Bedarf von an die individuellen Körperformen anpassbaren und teilweise gekrümmten Implantaten aus Faserverbundwerkstoffen. Die GbR Ludwig Storz Schwertfeger, die in der Baubotanik Tragstrukturen aus lebenden Holzpflanzen entwickelt, geht noch einen Schritt weiter und möchte Pflanzenstrukturen mit veränderlich gekrümmten künstlichen Faserverbundprofilen verbinden, die sukzessive, aber kontrolliert vom lebenden Material überwuchert werden, wobei eine ideale Verbindung entstehen kann.

Die beteiligten Partner haben bereits während der Antragsphase das entstehende Netzwerk genutzt, um weitergehende Geschäftskontakte zu knüpfen und nehmen jeweils in ihrem Umfeld eine Multiplikatorrolle für sich und für die Projektpartner wahr. Darüber hinaus bauen die Projektpartner weitere Kompetenzen auf dem Gebiet der Faserverbundtechnologie hochbelastbarer Strukturbauteile auf, wie sie in der Luft- und Raumfahrttechnik bereits weitgehend Anwendung finden. Durch die Teilnahme am Projekt sowie einen erfolgreichen Projektabschluss können die Partner ihre Marktstellung in Deutschland nachhaltig sichern und auf europäische Märkte ausweiten.

## Die Perspektiven

Pultrudierte Profile sind ein ausgesprochen attraktiver Markt: allein die Menge an GFK-Profilen wurde 2003 mit ca. 40.000 t in Europa geschätzt. Die Beschränkung auf gerade Profile aus produktionstechnologischen Gründen führt dazu, dass die wirtschaftlichen Vorteile der Herstellung von gezielt über die Länge veränderlicher Profile heute noch nicht genutzt werden können. Die denkbaren Anwendungen dafür sind umfangreich und können besonders attraktive Massenwendungen bedienen. Die Entwicklung kann daher nach Projektende umgehend zur Umsetzung in neue, marktfähige Produkte führen. Eine Besonderheit ist hierbei die Vielzahl der möglichen Produkte in verschiedensten Marktsegmenten. Die beteiligten Projektpartner repräsentieren die Marktsegmente Transportsektor (Automobil, Flugzeugbau, Bahnindustrie), Möbelindustrie, Maschinenbau und Medizintechnik und betreiben in ihrem Marktsegment wiederum enge Netzwerke mit renommierten Kunden in deren Schlüsselmärkten. Diese Geschäftspartner werden zu Projektmitte über den Stand des Vorhabens informiert. Zum Projektende wird eine Abschlussveranstaltung durchgeführt, auf der potenziellen Anwendern die Ergebnisse und Musterbauteile vorgestellt werden.

In der Automobilindustrie und im Nutzfahrzeugbau werden aufgrund von Aerodynamik- und Designanforderungen zunehmend sphärisch geformte Bauteile verarbeitet.

Verstärkter Einsatz von Leichtbaumaterialien ist notwendig, um die EU-Richtlinien nach einem PKW-Flottenverbrauch von weniger als 5,7 Litern Benzin pro 100 km ab dem Jahr 2008 erfüllen zu können. Mit dieser Technologie können z. B. Frontends, Stoßfänger, Dachrelinge, Unterbodenelemente oder auch Innenraumstützstrukturen wirtschaftlich gefertigt werden.

Für Möbel, insbesondere Sitz- und Liegemöbel, können an den Körper angepasste Schalen und Lehnen hergestellt werden. Derzeitige Kunststoff-Bettgestelle sind aus geraden Profilen mit über ihre Länge konstantem Querschnitt und konstanten Eigenschaften aufgebaut. Weitere Einsatzgebiete für gebogene Profile sind Stringer und Spante in Flugzeugrümpfen, Schiffen und Schienenfahrzeugen. Falls es gelingt, Technologien für kleine Biegeradien zu entwickeln, kommen darüber hinaus Spante für Druckbehälter und – als Sonderfall – für Flugzeugrümpfe in Frage.

Mit gekrümmten Faserverbundprofilen können vorgespannte Profilelemente beispielsweise für Brücken oder weitere Tragstrukturen dargestellt werden, so dass deren Eigenverformung durch die Vorkrümmung im Bauteil kompensiert werden kann. Dazu gehören auch Bauteile für Textilmaschinen, bei denen die Abstände von drehenden Funktionselementen aus qualitativen Gründen möglichst klein sein sollen, deren Maschinenbreite aber aus Gründen der wirtschaftlichen Produktionsmenge zunehmend wächst (Trommeln für Krempel, Deckelstäbe für Karden).

Eine ebenfalls aussichtsreiche Anwendung der Nachverformung sind chirurgische Implantate und verschleißfeste Zahnersatzelemente, welche erst im OP-Saal an die Konturen des Patienten angepasst werden. Dazu gehören Osteosyntheseplatten zur Knochenschienung oder Platten für die Gesichtsrekonstruktion. Durch den steigenden Kostendruck sind auch bei Anwendungen in der Medizintechnik inzwischen kostengünstige Verfahren, wie z. B. die Pultrusion, zur Herstellung dieser Implantate notwendig.

Da die beteiligten Projektpartner in den genannten Marktsegmenten vertreten sind, ist mit einer zügigen Marktreife und Serienproduktion der untersuchten Verfahren und Profile zu rechnen, wobei durch den hohen Automatisierungsgrad sowie die hohe Prozessgeschwindigkeit der Pultrusion eine erhebliche Marktdynamik zu erwarten ist.

## Das Projekt im Überblick

Herstellung definiert gekrümmter Profile mit dem Pultrusionsverfahren (PULKRUM)

**Technologiefeld / Branche:** Prozessentwicklung und Strukturmechanik für die Fertigung von Faserverbundwerkstoffen, automatisierte und kontinuierliche Fertigungstechniken, allgemeiner Maschinen- und Formenbau, Anwendung im Transportsektor (Automobil und Nutzfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, Luft- und Raumfahrt), Windenergieanlagen, Medizintechnik

**Laufzeit:** 01.03.2008 bis 28.02.2010

**Projektkosten:** 405.869 Euro

**Förderungssumme:** 333.369 Euro

## Projektpartner Forschung

### Faserinstitut Bremen e. V. (FIBRE)

(Kordinator)

Prof. Dr.-Ing. Axel S. Herrmann

Dipl.-Ing. Holger Puro

Am Biologischen Garten 2, 28359 Bremen

Tel.: 0421 218-9329, -9335, Fax: 0421 218-3110

E-Mail: sekretariat@faserinstitut.de;

puro@faserinstitut.de

www.faserinstitut.de

### Fachgebiete:

Faserverbund Struktur- und Verfahrensentwicklung, Textilindustrie, Prüfung von Faserhalbzeugen

### Zielbranchen:

Automobilbau, Luftfahrt, Maschinenbau

### Projektschwerpunkte:

Projektkoordination, Erstellen von Anforderungsprofilen, Materialdefinition, Fertigungsversuche, Industrialisierungskonzepte

### Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkerdorf (ITV)

Prof. Dr.-Ing. Heinrich Planck

Dr.-Ing. Markus Milwich

Körschtalstraße 26, 73770 Denkerdorf

Tel.: 0711 9340-0, -164, Fax: 0711 9340-297

E-Mail: info@itv-denkerdorf.de; markus.milwich@itv-denkerdorf.de

www.itv-denkerdorf.de

### Fachgebiete:

Faserverbund Verfahrensentwicklung, Textil- und Faserforschung, Technische Textilien, Beschichtungstechnik

### Zielbranchen:

Medizintechnik, Textiltechnik, Automobilbau, Luftfahrt

### Projektschwerpunkte:

Erstellen von Anforderungsprofilen, Materialdefinition, Fertigungsversuche

## Projektpartner Industrie

### Aksys GmbH

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Meinert

Forschung und Entwicklung

Werk Köngen

Nürtinger Straße 25, 73257 Köngen

Tel.: 07024 808-233, Fax: 07024 808-107

E-Mail: hans.meinert@aksys.de

www.aksys.de

### Branche:

Automobilbau, Kunststofftechnik

### Geschäftsfelder:

Karosserie-Structurbau, Akustik-Entdröhnssysteme

### Projektschwerpunkte:

Anforderungsprofil für den Einsatz im Automobilbau, Fertigungsversuche im D-LFT-Verfahren