

**Projektkennblatt**  
der  
**Deutschen Bundesstiftung Umwelt**



Az	<b>00470</b>	Referat	<b>24/0</b>	Fördersumme	<b>1.885.000,00 DM</b>
----	--------------	---------	-------------	-------------	------------------------

**Antragstitel**                      **Entwicklung und Errichtung einer halbautomatischen Rotorblattfertigung**

**Stichworte**                      Energie, Wind, regenerativ

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
<b>8 Jahre und 2 Monate</b>	<b>13.05.1992</b>	<b>25.07.2000</b>	<b>1</b>

Förderbereich 1991 – 1998	I.3.2	Umwelttechnik
---------------------------	-------	---------------

*Rationelle Energienutzung und regenerative Energien*

***Umweltgerechte Erschließung und Nutzung regenerativer Energien***

<b>Bewilligungsempfänger</b>	ENERCON- Aero GmbH	Tel	04941/9270
		Fax	04941/927-199
		Projektleitung	
		Herr Dipl. Kfm. H. D. Kettwig	
	Dreekamp 5	Bearbeiter	
	26605 Aurich	Herr Dipl. Kfm. J. Rötger	

**Kooperationspartner**

### ***Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens***

Einführung von Material sparenden Fertigungsverfahren in die Fertigung von hochwertigen Faserverbundbauteilen sowie Einrichtung von ergonomischen und Umwelt schonenden Arbeitsplätzen. Dabei sollten die Vorteile (Flexibilität) des konventionellen Handlaminates beibehalten und mit den Vorzügen (Qualität und reduzierter direkter Kontakt) der Prepregbauweise kombiniert werden, während die Nachteile dieser Verfahren (hoher Materialverbrauch bei Prepregbauweise und häufiger direkter Kontakt mit dem Harz beim Handlaminat) vermieden bzw. wesentlich verringert werden.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

Durch den Einsatz von Imprägnieranlagen zum Tränken der Glasgewebeklebebahnen mit integrierter Zuschnittmarkierung und der Option, Konturen zu tränken, wurde der Materialverbrauch durch gleichzeitige Optimierung der Zuschnitte und das kontinuierliche Dosieren und Mischen nur der momentan auch wirklich benötigten Harzmengen reduziert ebenso wie direkte Kontakt der Mitarbeiter mit den Kunstharzen bei diesen Arbeitsgängen vermieden. Beim Imprägnieren der Fiberglasrovinge wurde der Tränkvorgang durch die Konstruktion der Maschine und durch die Ausführung des Fadenlaufes sehr effektiv gestaltet. Es ergeben sich dadurch auch bei hohen Durchsatzmengen kleine Bäder und es befinden sich nur geringe Mengen Harz im System. Der Transport und das Einlegen der großflächigen, langen und „vorimprägnierten“ Halbzeuge in die Formen wird sicher und einfach mit einem neu entwickelten Verfahren bewältigt. Die Rotorblattflansche werden mit diamantbestückten Werkzeugen unter Verwendung von Wasser als Kühl- und Schmiermittel staubfrei und sehr effektiv bearbeitet. Das Aushärten und Tempern der Bauteile erfolgte zunächst in einer großen beheizbaren Kabine mit Umluft. Mit zunehmendem Produktionsvolumen wurde der Aushärtungsprozess durch die direkte Beheizung der Formen mit Heißwasser bzw. durch gezielte Beheizung nur der auszuhärtenden Bereiche an den Bauteilen ergänzt und zum Teil ersetzt. Der konstruktive Aufbau der Rotorblätter wurde vereinfacht und an die Fertigungsmethoden angepasst. Die Vermeidung von Rest- bzw. Abfallstoffen erfolgt im Wesentlichen durch Optimierung der Zuschnitte und der eingesetzten Materialmengen. Eine Rückgewinnung der Reinigungsmittel erfolgte durch Destillation im Hause. Das eigene Recyclat erwies sich jedoch als qualitativ minderwertig, daher werden verunreinigte Reinigungsmittel an den Lieferanten zur weiteren Aufbereitung zurückgegeben.

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Die Imprägnieranlage für Gewebeklebebahnen stellt gegenüber den bisher üblichen Verfahren einen wesentlichen Fortschritt in Bezug auf Materialverbrauch, Flexibilität und Belastung am Arbeitsplatz dar. Diese Anlage ist nach der Überwindung von Anfangsproblemen eines der wesentlichen Produktionselemente der Produktion geworden. Weitere Entwicklungsschritte sind noch bei der Weiterverarbeitung (Handhabung der getränkten Gewebeklebebahnen und Einlegen dieser in die Formen) der Gewebeklebebahnen sinnvoll und mittelfristig erforderlich. Die Tränk- und Ziehanlage für Rovingstränge hat sich ebenfalls bewährt und konnte auch flexibel an Änderungen im Produktionsablauf angepasst werden.

Geplant, aber noch nicht ausgeführt, ist in diesem Bereich das automatische Ziehen und Ablängen der Stränge und daran anschließend auch ein automatisiertes Assemblieren der einzelnen Stränge zu den Rovinggurten. Von diesen Maßnahmen wird eine weitere Reduzierung des direkten Kontaktes der Mitarbeiter mit dem noch flüssigen Harz-Härtergemisch und Qualitätsverbesserungen durch den dann kontinuierlich möglichen Ziehvorgang gegenüber dem jetzigen Taktverfahren erwartet. Die Bearbeitung der Rotorblattflansche (Krafteinleitung) hat sich in der ausgeführten Form (nasse Bearbeitung mit Diamantwerkzeugen) bewährt. Die Belastung durch Staub entfällt in diesem Bereich vollständig und das Wasser wird vor dem Ableiten aufbereitet. Eine Automatisierung dieses Bereiches erwies sich anfangs nicht als sinnvoll, da die Bearbeitungszeit im Vergleich zur Rüstzeit relativ gering ist und eine Überwachung des Bearbeitungsvorgangs in jedem Falle erforderlich wäre. Mit dem Einsatz separater, vorgefertigter Flansche wurde später eine Automatisierung der Flanscbearbeitung verwirklicht.

Nicht bewährt hat sich das Vorhaben, alle Oberflächennacharbeiten zur Vermeidung von Staubemissionen nass auszuführen. Die damit verbundenen Nachteile (feuchte Arbeitsumgebung und großflächige Trocknung der Bauteile) waren derart, dass dieser Weg aufgegeben und auf trockene Bearbeitung mit Punktabsaugung an den Bearbeitungswerkzeugen umgestellt wurde. Die für die nasse Bearbeitung vorhandenen Einrichtungen für die Wasseraufbereitung konnten für die Flanscbearbeitung weiter benutzt werden. Die Klebeflächenvorbereitung konnte durch die konstruktive Gestaltung auf ein Minimum reduziert werden. Das Dosieren, Vermischen und der Auftrag des Klebharzes auf die großen Bauteile wurde in Zusammenarbeit mit dem Harzlieferanten und einem Anlagenhersteller zu einer teilautomatisierten Lösung weiterentwickelt, um die Qualität zu verbessern, den Materialeinsatz zu reduzieren und die Belastung der Mitarbeiter zu minimieren. Der Einsatz von Aluminium für die Negativmulden der Rotorblätter hat sich in mehrfacher Hinsicht bewährt. Hervorzuheben sind die schnelle Verfügbarkeit der Formen, die hohen Standzeiten im Vergleich zu GFK-Formen, die unempfindlichen Oberflächen und die hervorragende Wärmeverteilung beim Aushärten der Bauteile durch die gute Wärmeleitung des Materials. Dieser Vorzug machte sich nach der Ausrüstung der Formen mit einer Warmwasserbeheizung nochmals positiv bemerkbar. Der Nachteil der höheren Wärmeausdehnung ist bei den bisher gebauten Teilegrößen bis 33 m Länge noch beherrschbar. Wesentlich für den Erfolg der Maßnahmen war die konsequente Abstimmung der Rotorblattstrukturen mit den Fertigungseinrichtungen. Diese erfolgte sowohl durch Vereinfachungen in der Konstruktion als auch durch die Ausnutzung der durch die Einrichtungen gegebenen neuen Möglichkeiten und war nur durch die enge Zusammenarbeit zwischen der Konstruktion und der Fertigung in diesem Umfang überhaupt möglich. Die eigene Rückgewinnung und Weiterverwertung von Reststoffen (insbesondere Reinigungsmittel) wurde versucht, erwies sich aber auf Grund der konsequenten Mengenreduzierung als auf die Dauer nicht sinnvoll. Die Reststoffe werden daher soweit möglich an die Lieferanten oder Dritte zur Weiterverwertung bzw. Aufarbeitung abgegeben.

## ***Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation***

Die Imprägnieranlage für Glasgewebeklebebahnen wurde auf der Verbundwerk `93 in Wiesbaden vorgestellt und erhielt dort wegen ihrer neuartigen Funktionen (Zuschnittmarkierung und Konturentränken) einen Innovationspreis.

## ***Fazit***

Das Projekt konnte bisher in wesentlichen Teilbereichen erfolgreich durchgeführt werden. Die Ziele – Ressourcen schonen durch sparsamen Materialeinsatz und Reduzierung des direkten Kontaktes der Mitarbeiter mit den Laminierharzen – wurden erreicht. Einige Teilbereiche des Projektes, die auf weitere Fortschritte durch zunehmende Integration und Vernetzung der verschiedenen Fertigungsschritte zielen, konnten auf Grund von Verzögerungen in anderen Bereichen noch nicht ausreichend bearbeitet werden; hier sind noch weitere Arbeiten erforderlich.