



Abschlussbericht

für das Verbundprojekt **PRO-CFK**

Laufzeit des Vorhabens: **01.07.2003** bis **31.12.2006**

Zuwendungsempfänger:	Composite Technology Center Stade
Förderkennzeichen:	20W0303A
Berichtszeitraum:	1.07.2003 – 31.12.2006

Erstellt von: Joachim Piepenbrock

Freigegeben: Prof. Dr. Axel Herrmann

Datum: 9.8.2007



Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	2
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
1.3 Planung und Ablauf	3
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
2 ERGEBNISBERICHT	8
2.1 Erzieltes Ergebnis	8
2.2 Verwertung und Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	8
2.3 Fortschritt bei anderen Stellen	9
2.4 Veröffentlichungen.....	9
3 ERFOLGSKONTROLLBERICHT	10
3.1 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen	10
3.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse, wesentliche Erfahrungen	10
3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans	11
3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	11
3.5 Möglichkeiten der Präsentation.....	12
3.6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung.....	12



1 Zusammenfassung

1.1 Aufgabenstellung

Der Anteil an Faserverbundstrukturen in der Luftfahrt hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen, ohne dass die Fertigungstechnologien sich im selben Tempo mitentwickelt haben. Der Herstellungsprozess ist nach wie vor geprägt von manuellen Tätigkeiten. Wesentliches Ziel des Projektes PRO-CFK war die Entwicklung von Basistechnologien, die durch Anpassung von Verfahren und Maßnahmen zur Qualitätssicherung die Bereitstellung einer effektiven Prozesskette ermöglichen. Dies soll in späteren Fertigungsprozessen zur Erhöhung der Produktivität und Verringerung von Durchlaufzeiten führen, wobei gleichzeitig die Qualität und Reproduzierbarkeit signifikant verbessert wird.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die CTC GmbH ist als Tochtergesellschaft der Airbus Deutschland GmbH sehr gut mit allen Fertigungstechnologien für Faserverbundstrukturen in der Luftfahrt vertraut. In verschiedenen Forschungsprojekten wurde bereits an der Entwicklung und Herstellung von Faserverbundstrukturen auf Grundlage von textilen Prozessen gearbeitet (EU-Projekt TANGO, Fertigung einer CFK-Rumpfstruktur; CFK-Nähanlage, Tailored Fibre Placement, AUTO-RTM). Erste Produkte auf Basis textiler Halbzeuge konnten bereits in einen Serienprozess überführt werden (Bsp. A380 Druckkalotte). Für eine weitere Etablierung dieser Technologien in größeren Serienanwendungen in der Luftfahrt wurde gleichzeitig erheblicher weiterer Forschungsbedarf identifiziert; dies gilt insbesondere für die Themen der Qualitätskontrolle im Fertigungsprozess sowie der Prozessautomation.

1.3 Planung und Ablauf

Das Projekt PRO-CFK hat sich in die Teilprojekte ProTex, PROSA und CFK-Produktionsform aufgeteilt. Die CTC GmbH hat die Federführung für das Gesamtprojekt sowie die Leitung des Teilprojektes ProTex übernommen. Das Teilprojekt PROSA wurde von Eurocopter, das Teilprojekt CFK-Produktionsform von EADS-MAS geleitet.

In den drei Teilprojekten wurden im CTC die folgenden Arbeitspakete bearbeitet:

ProTex:

- AP 1 Anforderungsprofil Gesamtprozess

Definition der Anforderungen an den zu entwickelnden Fertigungsprozess durch alle Projektpartner, insbesondere durch die Endanwender CTC und EADS-MAS

- AP 2.1 Anforderungsprofil Garn/Textil

Definition der Anforderungen an die im Projekt zu entwickelnden Fasern und textilen Halbzeuge

- AP 4 Konfektionstechnik/Bauteilherstellung
 - AP 4.1 Greiftechnik / Konfektionstechnische Ablage

Definition der Anforderungen an Systeme zur automatisierten Ablage textiler Halbzeuge. Erprobung der im Rahmen des Projektes entwickelten Handhabungssysteme und Integration dieser in eine automatisierte Prozesskette.

- AP 4.2 / 4.3 Automatisierter Vakuumaufbau / Preforming

Entwicklung eines Fertigungskonzeptes zur vollautomatisierten Fertigung von CFK-Schalenbauteilen auf Basis textiler Halbzeuge. Hierzu gehören die Erarbeitung der



technologischen Grundlagen für diesen Prozess, die Erprobung der technischen Prinzipien, der Aufbau einer Pilotanlage sowie die Integration dieser Pilotanlage in einer Gesamtprozesskette „Textil- und Nasstechnologie“.

- AP 4.4 Automatisierung Injektions-/Infusionstechnologie

Konzeptentwicklung für eine vollautomatisierte Infusion bzw. Injektion von Bauteilen unterschiedlichster Größen und Stückzahlen gemeinsam mit dem DLR.

- AP 4.5 Optimierung Infusionsprozess

Entwicklung und Optimierung geeigneter Infusionskonzepte für die Imprägnierung großer CFK-Schalenbauteile in „einem Schuss“ gemeinsam mit dem DLR.

- AP 5 Demonstrator

Validierung des im Arbeitspaket 4 entwickelten Herstellungsprozesses anhand der Fertigung eines CFK-Rumpfsegmentes auf Basis textiler Halbzeuge

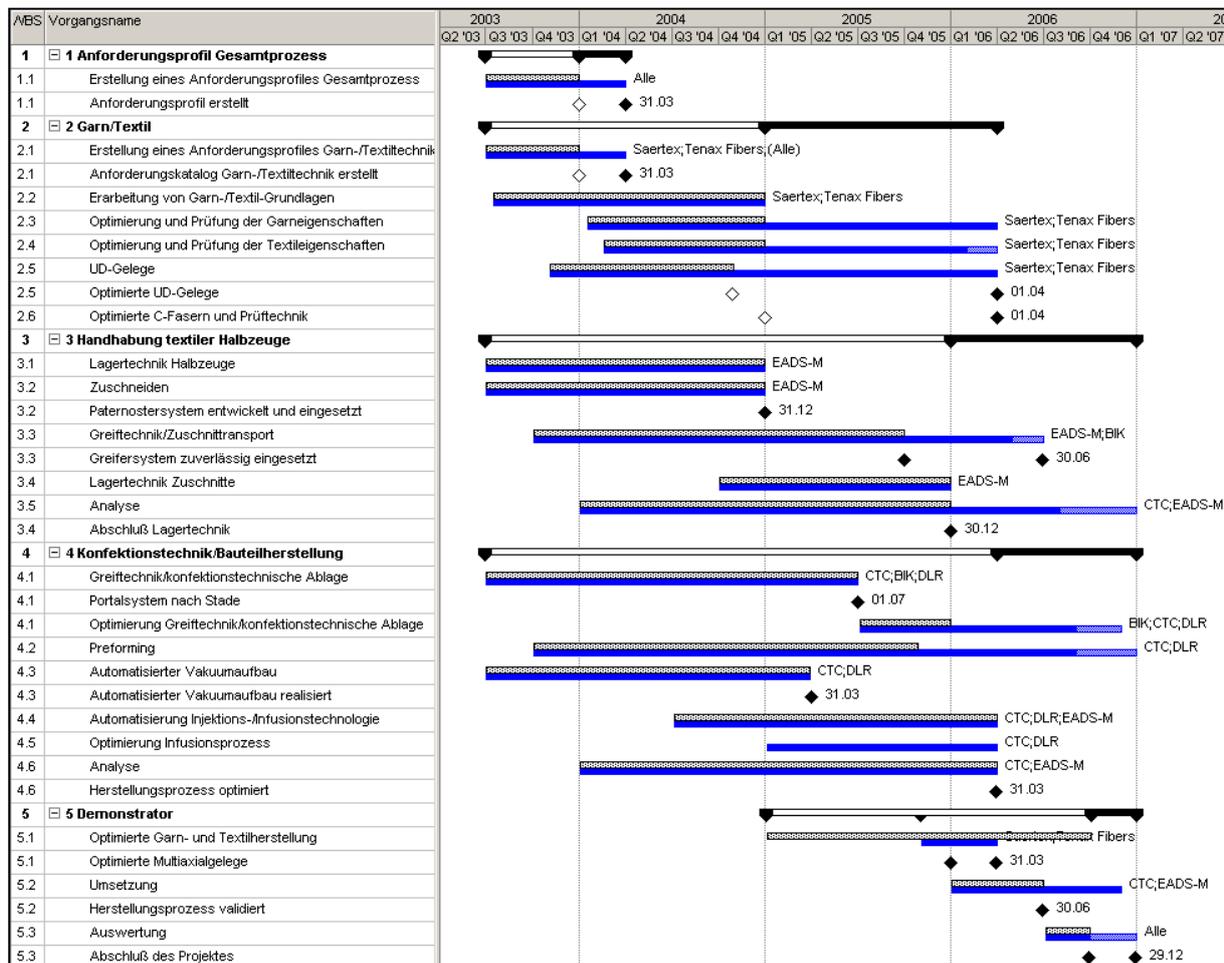


Abbildung 1 ProTex Projektplan

PROSA:

- AP 1.1 Effects of defects (EoD)

Auswirkung von Fehlern im Bauteil auf die Laminatqualität, Durchführung eines Probenprogramms zur Ermittlung der Auswirkungen von typischen Bauteilfehlern auf die Qualität des Bauteils. Hierbei wurde unterschieden zwischen Fehlern im textilen Halbzeug (gaps, fuzballs, Ondulationen,...) und Fehlern aus dem Herstellprozess (Poren).

- AP 3.1 PROSA Fehlerdatenbank



Ziel dieses Arbeitspaketes war es, eine zentrale Datenbank zu konzipieren und zu erstellen, in welcher sämtliche Fehler an CFK-Bauteilen erfasst werden und Eingaben über Fehlerursachen und getroffene Korrekturmaßnahmen dokumentiert werden können.

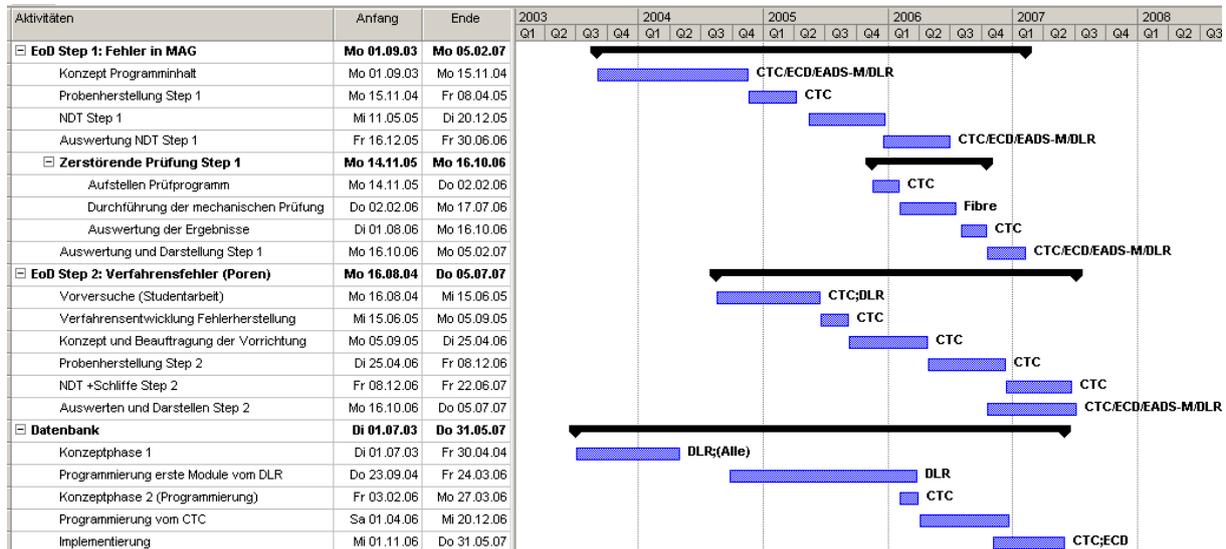


Abbildung 2 PROSA Projektplan

CFK-Produktionsform:

- AP 3.3 CFK-Form

Ziel im Arbeitspaket war die Fertigung einer großen Versuchsform aus CFK mit integrierter Sensorik sowie aufgetragenen Verschleißschutz- und Trennschichten. Die Vorarbeiten hierzu waren in verschiedene Unterarbeitspakete aufgeteilt:

- AP 3.1.6 Reparatur

Entwicklung von Reparaturmethoden für CFK-Vorrichtungen mit permanentem Verschleißschutz und Trennschichten.

- AP 3.1.7 Erprobung Beschichtung Testfemi

Erprobung unterschiedlicher Verschleißschutz- und Trennschichten auf einer Versuchsvorrichtung

- Aufbau Demonstrator

Fertigung einer CFK-Vorrichtung groß zur Erprobung der Sensorik und der im Projekt entwickelten Beschichtungen

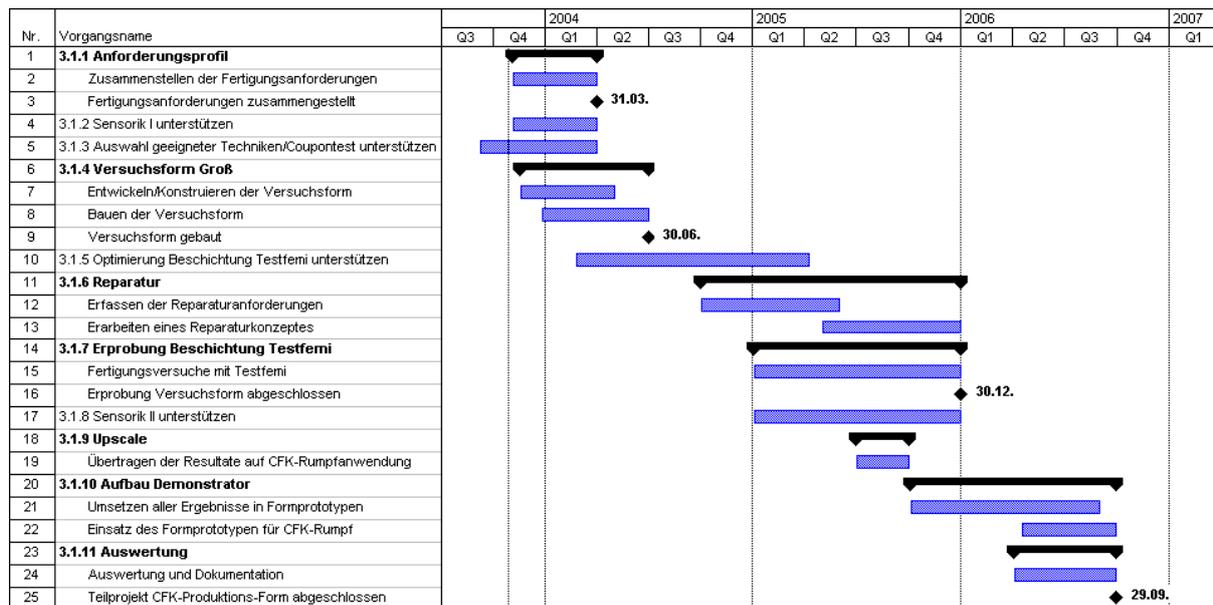


Abbildung 3 CFK-Produktionsform Projektplan

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand

ProTex:

Die bisherige Fertigung von Faserverbundstrukturen auf Basis textiler Halbzeuge ist geprägt von manuellen Tätigkeiten. Weder für die Handhabung von textilen Halbzeugen noch für das Preforming oder den Bauteilaufbau existierten zu Projektbeginn Ansätze für eine Prozessautomatisierung. Für einzelne Anwendungen wie das Handhaben einzelner Zuschnitte gab es technische Lösungsansätze (Unterdruckhandhabung, Gefriergreifer), die jedoch entweder auf die Anwendungen der Textilindustrie ausgerichtet sind oder noch in den Kinderschuhen steckten und bisher bestenfalls im Labormaßstab umgesetzt wurden.

Der Bauteilaufbau bei der Serienherstellung von großen Faserverbundstrukturen erfolgt bis auf die Ablage der Hautlagen (bei Prepreg-Technologie: Tapeleger) komplett von Hand. Sowohl die Applikation der Verstärkungselemente (Stringer) als auch der Hilfsstoffaufbau sind Arbeitsschritte, die vollständig manuell durchgeführt werden. Ansätze für die Umsetzung einer durchgängig automatisierten Fertigungskette „Textil- und Nasstechnologie“ sind nicht bekannt.

PROSA:

Der Zusammenhang zwischen Fehlern im Bauteil und deren Auswirkungen auf die mechanischen Kennwerte für CFK-Bauteile aus textilen Strukturen war zu Projektbeginn noch nicht erforscht, Grenzwerte für die Serienfertigung wurden aus vorhandenen Normen für CFK-Strukturen aus Prepreg abgeleitet. Auch die Eignung verschiedener Prüfmethode für die Fehlerdetektion in textilen Strukturen war zu Projektbeginn nur für Einzelanwendungen bekannt. Das gezielte Einbringen von Porositäten war zu Beginn des Projektes nur bei Prepreg-Bauteilen möglich.

Das Thema Fehlerdatenbank war zu Projektbeginn bekannt, es gab jedoch keinerlei Anwendungen für die speziellen Anforderungen der CFK-Fertigung.

CFK-Produktionsform:

Ursprünglich wurden bei Airbus für die Aushärtung der CFK-Seitenleitwerksschalen Formwerkzeuge verwendet, die ebenfalls aus CFK bestanden. Diese hatten jedoch neben vielen positiven Aspekten den entscheidenden Nachteil, dass ihre Oberflächenstruktur durch die zyklische Temperaturbeanspruchung und das Entformen der darin ausgehärteten



Bauteile einem starken Verschleiß unterlegen war, der sie aufgrund notwendiger Reparaturen oder gar vorzeitiger Ausmusterung auf Dauer gegenüber langlebigeren Metallvorrichtungen unwirtschaftlich werden ließ. Aus diesem Grund stellte Airbus nach und nach die gesamte Produktion auf metallische Aushärtevorrichtungen um, die jedoch ihrerseits wiederum gewisse Nachteile mit sich brachten wie höhere Massen und dadurch längere Aufheiz- und Abkühlraten sowie ungünstigere Temperaturendeckungskoeffizienten. Durch eine Erhöhung der Standzeit von CFK-Oberflächen mit Hilfe eines geeigneten Verschleißschutzes, gepaart mit weiteren Verbesserungen wie der Einsparung flüssiger Trennmittel durch den Einsatz permanenter Trennschichten oder der Integration von Sensorik zur Qualitätskontrolle, sollte mit Hilfe dieses Projektes der Einsatz von CFK-Werkzeugen für die Herstellung großer CFK-Bauteile wieder wirtschaftlich rentabel werden und eine neue Bedeutung erlangen.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In allen drei Teilprojekten wurde sehr eng unter den jeweiligen Projektpartnern zusammengearbeitet. Neben den regelmäßigen, quartalsweise durchgeführten Teilprojekttreffen und den jährlichen Gesamtprojekttreffen fanden auf Arbeitsebene zu den verschiedenen Einzelthemen eine Vielzahl von Terminen einzelner Projektpartner statt. Auf eine Auflistung aller Treffen wird hier verzichtet.

In den einzelnen Teilprojekten gab es u.a. folgende Unteraufträge:

ProTex:

- Grunewald
- Hexcel
- Grantz
- Sommer
- Robotunits
- SKI
- Bockfilm
- Sperlich
- Airbus, Werk Stade

PROSA:

- Faserinstitut Bremen e.V.
- Mediprint Apparatebau GmbH
- Gulp Consulting Services GmbH
- Hahlbrock GmbH
- Sperlich
- Airbus, Werk Stade

CFK-Form:

- Steinbeiss
- Kayser-Threde
- Sperlich
- Airbus, Werk Stade und Werk Varel



2 Ergebnisbericht

2.1 Erzieltes Ergebnis

Im Folgenden sind die technischen Ergebnisse zusammengefasst:

ProTex:

- Entwicklung, Erprobung und Validierung des Funktionsprinzips „Automatisierter Vakuumaufbau“ → AP 4.3
- Entwicklung und Erprobung einer Anlage zur vollautomatisierten Ablage von Vakuumfolie → AP 4.3
- Erprobung verschiedener Handhabungssysteme für die automatisierte Ablage textiler Halbzeuge → AP 4.1
- Entwicklung und Erprobung einer Vorrichtung zur automatisierten Applikation von Siegelband → AP 4.3
- Entwicklung und Erprobung von Infusionsstrategien zur Infusion großer, stringerversteifter Schalen in einem Schuss → AP 4.5
- Konzeptentwicklung Automatisierte „Infusions-/Injektionstechnologie“
- Fertigung eines CFK-Rumpfsegmentes als Demonstrationsbauteil für die im Projekt entwickelten Technologien → AP 5

PROSA:

- Grund-Erkenntnisse bzgl. Wiederauffindbarkeit mittels diverser NDT-Verfahren und Einfluss von bestimmten Fehler in MAG-Trockengelege (Fuzzballs, Splices, Gaps, Faserwelligkeit und Faserwinkel)
- Entwicklung einer Vorrichtung und eines Prozesses zur künstlicher Porositätszeugung in jeder Art von CFK-Material
- Entwicklung und Programmierung einer Datenbank zur Erfassung aller möglichen Fehler an CFK-Bauteile und zur Auswertung bzw. Dokumentation der Gegenmaßnahmen (mit Gruppierungs- oder Kategorisierungsmöglichkeit).

CFK-Produktionsform:

- Untersuchung neuer CFK-Halbzeuge für Aushärtevorrichtungen: Das getestete neue Material zeigte sich für die Herstellung der in diesem Projekt vorgesehene Vorrichtung in Kombination mit der ausgewählten Art der Beschichtung als weniger geeignet.
- Durchführung von Vorversuchen zur Auswahl einer geeigneten Verschleißschutzbeschichtung und einer permanenten Trennschicht für die große CFK-Versuchsform
- Versuche mit faseroptischen Sensoren
- Herstellung der großen CFK-Versuchsform mit Verschleißschutz-Schicht, permanenter Trennschicht und integrierter Sensorik
- Erfolgreiche Durchführung einer Bauteilabformung in der großen CFK-Versuchsform unter Anwendung der Sensorik zur Aufzeichnung der Temperaturverläufe während der Bauteilinfiltration und -aushärtung

2.2 Verwertung und Verwertbarkeit der Ergebnisse

ProTex:



Die erfolgreiche Erprobung des Fertigungskonzeptes „Automatisierter Vakuumaufbau“ hat dazu geführt, dass zurzeit Untersuchungen für eine mögliche Fertigung verschiedener Serienbauteile im Airbus-Konzern durchgeführt werden. Insbesondere für neue Flugzeugprogramme wie die A350 (CFK-Rumpf) und die Nachfolgegeneration der Single-Aisle Familie zeigt die neu entwickelte Technologie ein großes Potential für eine Anwendung in der Serienfertigung. Wenn es gelingt, eine so hochautomatisierte Fertigungstechnologie wie im Projekt PRO-CFK entwickelt, bei Airbus zur Anwendung zu bringen, wird dies die Konkurrenzfähigkeit des Fertigungsstandortes Deutschland nachhaltig für die Luftfahrtindustrie stärken und so langfristig Arbeitsplätze sichern.

Einzelne, im Rahmen des Projektes entwickelte Handhabungssysteme (Vakuumeffektor) werden bereits erfolgreich in einem anderen Projekt (Auto-RTM) eingesetzt, auch hier wird zurzeit eine mögliche Serienanwendung geprüft.

PROSA:

Im Arbeitspaket Effects of Defects sind Erkenntnisse zur Eignung verschiedener NDT-Verfahren zur Detektion von Fehlern im NCF-Material und von einander zu unterscheiden gewonnen worden. Mit den zerstörenden Prüfungen konnten die Einflüsse der eingebrachten Fehler quantifiziert werden.

Im Arbeitspaket „künstliche Porositätserzeugung“ wurde der Grundstein für ein reproduzierbares Verfahren gelegt, der für Trockengelege und Infusionsverfahren geeignet ist.

Die im Projekt generierte Datenbank PROSA ist für ein Labor oder eine Versuchswerkstatt voll verwertbar. Alle Modul sind fertig programmiert und wurden gründlich getestet. In einem ersten Schritt wird diese Datenbank im CTC für Versuchsbauteile implementiert, später ist eine Erweiterung für die Applikation in der Serienfertigung geplant.

CFK-Produktionsform:

Die erste Bauteilabformung verlief sehr erfolgversprechend: Die permanente Trennschicht hat ein Anhaften des Bauteils auf der Form verhindert, das Bauteil hatte sich vor dem geplanten Entformen bereits von selbst gelöst; trotz der Reparaturstellen speziell in den problematischen Bereichen der scharfen Kanten hat es keinerlei Probleme mit Verschleißschutz oder Trennschicht gegeben; die Sensorik hat trotz des Ausfalls von einigen wenigen (<10) der insgesamt 150 Messstellen über die gesamte Formoberfläche gute, plausible Ergebnisse geliefert.

Nachweis der Reparaturmöglichkeiten sowie Langzeittests der Beschichtung(en) stehen noch aus.

Das Thema Sensorik (speziell die industrielle Anwendbarkeit für eine spätere Serienproduktion) wird im Nachfolgeprojekt LoKost – Smart Tooling wieder aufgegriffen und weiterentwickelt.

2.3 Fortschritt bei anderen Stellen

Keine bekannt

2.4 Veröffentlichungen

Herrmann, A., „CFK-Valley – Vorsprung durch Technologie“, Congress Intelligente Leichtbausysteme, Hannover, September 2003

Herrmann, A., „Verbundprojekt PRO-CFK“, DGLR-Tagung, Dresden, September 2004



G. Dressler, J. Piepenbrock, A.S. Herrmann, CTC, Stade, M. Book, Faserinstitut Bremen e.V.; „Grenzen der Manufaktur überschreiten - Halbzeit im Verbundprojekt PRO-CFK“, DGLR-Tagung, Friedrichshafen, September 2005

J. Piepenbrock, A.Herrmann, CTC, Stade,: „PRO-CFK - Exceeding the limits of manufacture“, SAMPE, Paris, März 2006

3 Erfolgskontrollbericht

3.1 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen

Im Projekt ist ein großer Schritt hin zu einer hochautomatisierten Fertigung von CFK-Strukturen getan worden. Die erzielten Ergebnisse leisten einen entscheidenden Beitrag dazu, die Fertigung effektiver und damit billiger bei gleichzeitig erhöhter Reproduzierbarkeit (Stichwort Online-Prozesskontrolle) zu machen. Dies ist von hoher Bedeutung für die langfristige Absicherung und Schaffung von neuen Arbeitsplätzen nicht nur in der Luftfahrt in einem Hochlohnland wie Deutschland. Die Verringerung von Ausschuss führt zu erheblichen Ressourceneinsparungen. Gleichzeitig bringen die neu entwickelten Technologien das Potential mit, durch günstigere Fertigungsprozesse die Faserverbundfertigung auch für andere Industriezweige wirtschaftlich interessant werden zu lassen. Durch vermehrten Einsatz von Faserverbundstrukturen lassen sich Strukturen leichter fertigen, was zu erheblichen Umweltentlastungen führen kann.

3.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse, wesentliche Erfahrungen

ProTex

- Wissenschaftlich-technisches Ergebnis: Entwicklung und Umsetzung eines Fertigungskonzeptes zur hochautomatisierten Fertigung von großen, komplexen Faserverbundstrukturen am Beispiel eines Rumpsegmentes
- Nebenergebnis: Entwicklung und Erprobung verschiedener Handhabungssysteme für textile Faserverbundstrukturen und deren Hilfsstoffe
- Aufbau und Erprobung der Fertigungszelle zur hochautomatisierten CFK-Schalenfertigung haben gezeigt, dass ein solcher Prozess grundsätzlich umsetzbar ist, aus technischer Sicht konnten keine „Show-Stopper“ identifiziert werden. Im nächsten Schritt gilt es, diesen Prozess unter Serienbedingungen zu erproben.

PROSA:

- Wissenschaftlich-technisches Ergebnis: 1. Grundkenntnisse zur Wiederauffindbarkeit typischer Fehler in Multiaxialgelegen mit verschiedenen NDT-Messverfahren; 2. Fehlerdatenbank zur systematischen Archivierung von Prozess- und Bauteilfehlern
- Nebenergebnis: Entwicklung eines Verfahrens zum reproduzierbaren Einbringen von Porositäten in CFK-Bauteile
- Mit dem „effects of defects“ – Programm wurden erstmals die Auswirkungen typischer Fehler in textilen Faserverbundstrukturen auf deren mechanische Kennwerte untersucht und Zusammenhänge hergestellt; die Programmierung und Implementierung der Fehlerdatenbank zeigte sich als eine größere Herausforderung als zunächst erwartet, ein noch größerer, gleichzeitig dringend gebotener Schritt wird die Einführung einer solchen Datenbank in laufende Serienprozesse sein.

CFK-Produktionsform:



- Wissenschaftlich-technisches Ergebnis: 1. Faseroptische Sensoren lassen sich dazu verwenden, bei Nassinfusionsverfahren den Verlauf der Harzfront während des Prozesses zu erfassen. 2. Es gibt auch für CFK-Vorrichtungen geeignete Beschichtungen, die dem Verschleiß der Oberfläche entgegenwirken.
- Nebenergebnisse: Möglicherweise ist bereits eine permanente Trennschicht (auch ohne Verschleißschutz) ausreichend, den Verschleiß der CFK-Oberfläche aufzuhalten, da beim Einsatz einer Antihaft-Beschichtung Beschädigungen der Werkzeugoberfläche bei der Bauteilentformung fast vollständig entfallen.
- Wesentliche Erfahrungen: Die Robustheit der Sensorfasern und auch der Beschichtungen muss für den Einsatz in einer Serienproduktion außerhalb der Laborumgebung noch verbessert werden.

3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans

ProTex:

Das Prinzip des Automatisierten Vakuumaufbaus wird zurzeit an zwei Rumpfsegmenten mit der Geometrie einer möglichen zukünftigen Rumpfstruktur erprobt und auf seine Eignung für einen Serienfertigungsprozess untersucht. Parallel wird, zusammen mit einem erfahrenen Zulieferer aus dem Bereich der Prozessautomation (Fa. Brötje-Automation), die Industrialisierung eines solchen Prozesses mit Methoden der digitalen Fabrikplanung evaluiert. Der nächste Schritt soll der Aufbau einer hochautomatisierten, integrierten Fertigungszelle sein, um unter seriennahen Bedingungen den Prozess auf seine Robustheit für einen industriellen Fertigungsprozess bewerten zu können.

PROSA:

Die im Berichtszeitraum gewonnenen Erkenntnisse im Arbeitspaket „Effects of Defects“ führten im Rahmen eines Informationsaustauschs mit dem Airbus-Werk-Stade zu einer Unterstützung eines werksseitigen Projektes zur Simulation von Porositäten. Des weiteren besteht ein Airbus-Deutschland weites Projekt zum Thema „Effects of Defects“, bei dem das CTC im Rahmen der Verfahrensentwicklung zur Fehlereinbringung ebenfalls unterstützend mitwirkt. Die gewonnenen Erkenntnisse zur Detektierung von MAG-Fehlern im Arbeitspaket „Effects of Defects“ werden in die Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements im Airbus-Werk Stade einfließen. An der Bewertung verschiedener Prüfmethode zeigt das Werk großes Interesse und nutzt diese z. B. für die zukünftige Beschaffung von Prüfanlagen.

Die im Rahmen des Projektes entwickelte Fehlerdatenbank wird in einer ersten Phase im CTC erprobt. Anschließend ist geplant, die Datenbank im Airbus Werk Stade zu implementieren.

CFK-Produktionsform:

Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Beschichtung von Vorrichtungen führten zu weiteren Untersuchungen bei Airbus, Beschichtungen für Serienvorrichtungen einzusetzen. Eine Hürde hierbei ist zurzeit noch die relativ große Empfindlichkeit der im Rahmen des Projektes entwickelten permanenten Trennschichten, so dass diese nur in Verbindung mit einem automatisierten Prozess sinnvoll einsetzbar sind. Die Entwicklungen auf dem Gebiet der Sensorik werden im Verbundprojekt LOKOST weitergeführt.

3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

keine



3.5 Möglichkeiten der Präsentation

Die Ergebnisse des Projektes PRO-CFK sind ausführlich auf einer zweitägigen Abschluss-Veranstaltung präsentiert worden. Die Einzelvorträge sind in digitaler Form an die Tagungsteilnehmer verteilt worden. Im Rahmen der Veranstaltung wurde die aufgebaute Prozesskette im CTC in Form einer Begehung vorgeführt. Zudem sind die Ergebnisse in verschiedenen Vorträgen und Veröffentlichungen dargelegt worden; siehe hierzu Kapitel 2.4 des Abschlussberichts.

3.6 Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der in der Projektbewilligung gewährte Kostenrahmen wurde eingehalten. Zeitlich gab es in einigen Arbeitspaketen temporäre Verzögerungen, die jedoch alle aufgeholt wurden, so dass mit dem Projektende alle Arbeitspakete abgeschlossen werden konnten.