

GRENZEN DER MANUFAKTUR ÜBERSCHREITEN –

HALBZEIT IM VERBUNDPROJEKT 'PRO-CFK'

G. Dressler, A.S. Herrmann, J. Piepenbrock
 CTC GmbH
 Airbus-Strasse 1
 21684 Stade

1. EINLEITUNG

Strukturen aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen haben das anerkannt höchste Leichtbaupotential. Selbst gegenüber Aluminiumbauweisen ist eine Gewichtsreduzierung von bis zu 30% möglich, was insbesondere im Flugzeugbau zu erheblichen ökonomischen und ökologischen Vorteilen führt. Entsprechend hat sich die Anwendung von faserverstärkten Kunststoffen im zivilen Flugzeugbau in den vergangenen beiden Jahrzehnten kontinuierlich erweitert und deutlich zum wirtschaftlichen Betrieb von Verkehrsflugzeugen beigetragen.

Einer weiteren Durchdringung des Marktes – insbesondere im Bereich der allgemeinen Verkehrstechnik – widersprachen bisher die nicht marktfähigen Herstellungskosten. Ende der 90er Jahre haben der BMWi und der BMBF sehr intensiv die Entwicklung neuer, kostengünstiger Fertigungstechnologien gefördert (LUFO II), um die Marktfähigkeit von Faserverbundstrukturen in großer Breite zu erreichen. Ergebnis waren Einzeltechnologien, die jedoch erst nach Integration in Prozessketten die gewünschten Ziele bezüglich Kostenreduktionen, stark erhöhter Kadenz und Reproduzierbarkeit erwarten lassen.

Wesentliches Ziel des vom BMWA im Rahmen von LUFO III geförderten Verbundprojektes 'PRO-CFK' ist die Entwicklung von Basistechnologien, die unter Anpassung von Verfahren und Qualitätssicherungsmaßnahmen die Integration dieser Einzeltechnologien zu einer effektiven Prozesskette erlauben. Vision ist es, die Grenzen der Manufaktur hin zu einer industrialisierten Fertigung zu durchbrechen.

Nachdem bei der DGLR Tagung 2004 das Verbundprojekt 'PRO-CFK' in seiner Gesamtheit präsentiert wurde, werden heute - mit Ablauf der halben Projektlaufzeit - nach einer kurzen Übersicht über das Gesamtvorhaben, Ergebnisse aus ausgewählten Arbeitspaketen präsentiert.

2. ÜBERSICHT GESAMTVORHABEN PRO-CFK

2.1. Ziele

Die heutige Herstellung von Faserverbundbauteilen im Flugzeugbau ist noch immer stark handwerklich orientiert mit grosser Fertigungstiefe und einer meist abschliessenden Qualitätssicherung. Die vom Markt geforderten Ziele bezüglich:

- Herstellungs- / Bauteilekosten
- Ausbringungsraten
- Reproduzierbarkeit

lassen sich nur durch einen Übergang von der Einzelfertigung hin zu geschlossenen, automatisierten Prozessketten erfüllen. Im Rahmen von PRO-CFK werden drei Aufgabenfelder bearbeitet, die von den Projektpartnern als *DIE* Schlüssel zur Erreichung dieser Ziele angesehen werden.

2.2. Organisation

Wie oben ausgeführt, unterteilt sich das Vorhaben PRO-CFK in drei Aufgabenfelder, die in Form der Teilprojekte ProTex, PROSA und CFK-Produktionsform bearbeitet werden.

PRO-CFK steht unter der Federführung der CTC GmbH, Stade. Die Teilprojekte werden gemäß der unten stehenden Matrixdarstellung von ausgewählten Verbundpartnern geleitet.

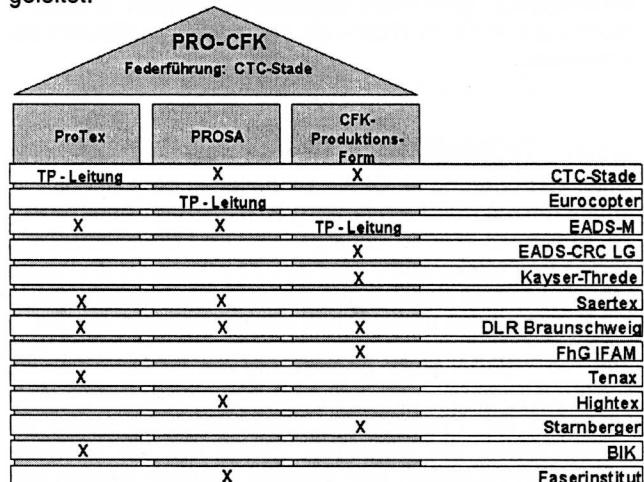


Bild 1 Organisationsstruktur des vom BMWA geförderten Verbundprojektes PRO-CFK [CTC]

2.3. Beschreibung der Teilprojekte

2.3.1. Teilprojekt 1: ProTex

Die Herstellung von Faserverbundstrukturen ist derzeit ein weitgehend manueller Prozess. Das Ergebnis hängt dabei massgeblich von der Geschicklichkeit, Ausbildung und Motivation der Werker ab, und ist damit nicht sicher reproduzierbar.

Ziel von ProTex ist die Entwicklung angepasster Materialien und Verfahren zur Herstellung großer Strukturen in einer automatisierbaren Prozesskette "Textil- und Nasstechnologie".

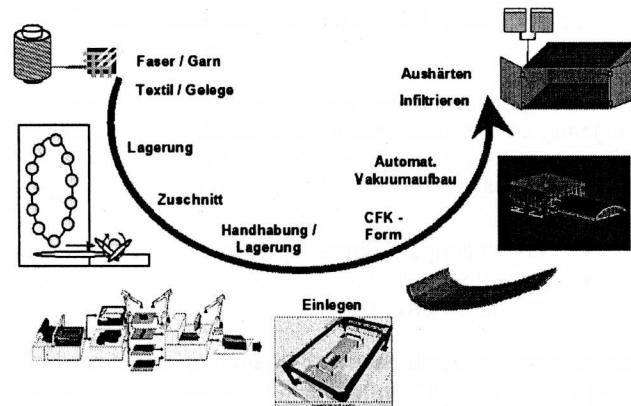


Bild 2 Automatisierter Prozesskette zur Herstellung großer Faserverbundstrukturen, schematisch [CTC]

Innerhalb von ProTex wird die Automatisierung der in Bild 2 dargestellten Glieder einer automatisierten Prozesskette zur Herstellung großer Faserverbundstrukturen in Nasstechnologie realisiert. Die Arbeitspakete sind hierbei:

- Textiltechnik (Faser & Gelege)
- Handhabung textiler Halbzeuge
- Konfektionstechnik, Bauteileherstellung
- Demonstrator

Die bislang im Arbeitspaket 'Konfektionstechnik, Bauteileherstellung' erreichten Zwischenergebnisse werden – exemplarisch für ProTex – im Folgenden ausführlich beschrieben.

2.3.2. Teilprojekt 2: PROSA

Qualitätssicherung an CFK – Bauteilen in der Luftfahrt erfolgt derzeit meist am fertigen Bauteil, nach Durchlauf der gesamten Wertschöpfungskette. Mit Hilfe einer frühzeitige Fehlererkennung könnten die Kosten für Reparaturen / Ausschuss deutlich gesenkt und die Reaktionszeit zur Korrektur des ursächlichen Fehlers verkürzt werden.

Ziel von PROSA ist die Entwicklung von Prüfverfahren zur Fehlererkennung noch während bzw. nach jedem Prozessglied der Prozesskette. Darüber hinaus sollen die Auswirkungen der erkannten Fehler auf die mechanischen Eigenschaften der Bauteile ermittelt werden und zur Fehlerbeurteilung zur Verfügung gestellt werden.

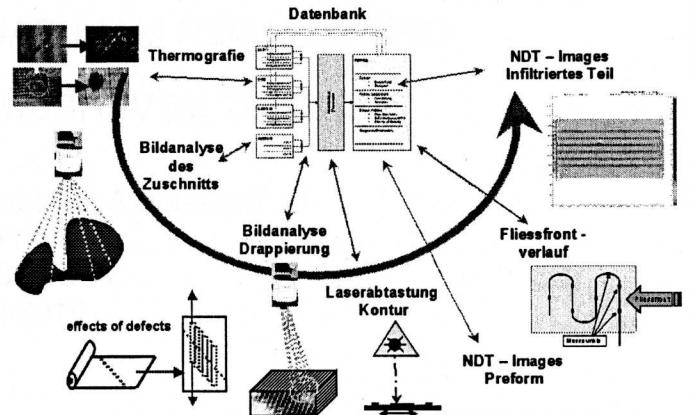


Bild 3 Prozessbegleitende Qualitätssicherung CFK – Herstellungsprozess, schematisch [CTC]

Die Arbeitspakete sind hierbei:

- Definition Fehler, Fehlerursachen und Anforderungen
- Fehlerindikatoren / Fehlerdetektion
- Fehlerbewertung / Validierung ("effects of defects")
- Datenbank zum Fehler – und Korrekturmanagement

Die bislang im Arbeitspaket Fehlerbewertung / Validierung ("effects of defects") und Datenbank zur Fehler – und Korrekturmanagement erreichten Ergebnisse werden – exemplarisch für PROSA – im Folgenden ausführlich beschrieben.

2.3.3. Teilprojekt 3: CFK - Produktionsform

Zur Herstellung von CFK – Bauteilen werden klassisch Produktionsformen aus Metallen oder Faserverbund verwendet. Den Vorteilen der Metallformen wie Wärme- und Verschleissfestigkeit stehen deren hohe Kosten, Massen und Wärmekapazität entgegen. Faserverbundformen zeichnen sich durch geringere Herstellkosten, Dehnungskompatibilität und Massenträgheit aus, erreichen jedoch nicht die Standzeiten der Metallformen. Beiden Typen gemein ist der wiederholt auszuführende Trennmittelauftrag, sowie keine Möglichkeit eines Monitorings der Form selbst, noch des werdenden Bauteils.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von verfahrensgesetzten, beschichteten CFK-Werkzeugen zur trennmittelfreien Fertigung von CFK-Leichtbauteilen mit online Qualitätssicherung. Die trennmittelfreie Fertigung bedeutet durch Einsparung eines kompletten Arbeitsschrittes erhöhte Wirtschaftlichkeit, verbesserten Arbeits- und Umweltschutz sowie erhöhte Prozesssicherheit.

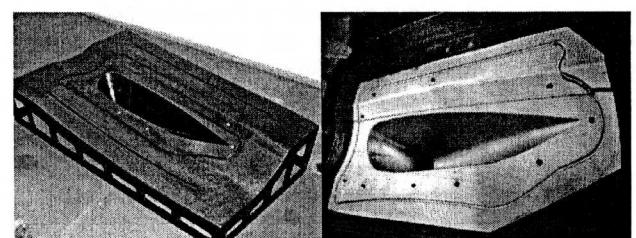


Bild 4 Form ohne (links) und mit Verschleissschutz (rechts) [EADS-M / EADS-CRC]

Die Arbeitspakete sind hierbei:

- Entwicklung einer Sensorik in der Formoberfläche
- Entwicklung verschleissfester Oberflächen
- Entwicklung permanenter Trennschichten
- Fertigung von Testfemis, Entformungsversuche

Nach der Definition von Anforderungsprofilen an eine CFK – Produktionsform und insbesondere deren Oberfläche wurden Verschleisssschutz – und Trennschichten entwickelt und in umfangreichen Versuchsserien bezüglich deren Verschleiss – und Trennverhaltens untersucht. Parallel hierzu wurden komplexe Testformen gefertigt und beschichtet. In der Restlaufzeit des Projektes werden die Schichten bezüglich Verschleisssschutz, Trennverhalten, Haftung und Applikationstechnik weiter optimiert und final an einer zu erstellenden großen CFK – Produktionsform angewendet und validiert werden.

3. GRENZEN DER MANUFAKTUR ÜBERSCHREITEN

3.1. AutoVac - Automatisierter Bauteil- und Vakuumaufbau

Exemplarisch für die Arbeiten im Teilprojekt ProTex werden - nach jetzt erreichter Halbzeit des Projektes - nachfolgend ausführlich die Zwischenergebnisse des Arbeitspakete 'Automatisierter Bauteil – und Vakuumaufbau' präsentiert. Die Führung des Arbeitspakete, wie auch des Teilprojektes liegt beim CTC. Die für den automatisierten Bauteil – und Vakuumaufbau notwendigen Manipulatoren werden in Kooperation mit dem BIK erarbeitet.

3.1.1. Ausgangssituation

Die heutige Bauteilebelegung mit trockenen (nicht Prepreg) Materialien im Flugzeugbau ist – von Sonderbauteilen wie der A 380 Druckkalotte abgesehen - noch immer rein händisch. Auch der Aufbau von komplexen Prepregbauteilen mit lokalen weich / harten Versteifungen (z.B. Stringer) erfolgt händisch. Als Beispiele für ein nicht Prepreg Bauteil seien A 380 Rippen in Infusionsbauweise genannt, für die Prepreg Bauweise AIRBUS Seitenleitwerksschalen. Nach Aufbau der Belegung erfolgt bei beiden Bauweisen ein aufwändiger, händisch ausgeführter Aufbau des Vakumsackes. Nachteile dieses händischen Vorgehens sind:

- Hoher manueller Aufwand
- Lange Formenbelegung (Vakumsack VTP – Schale eine Schicht)
- Geringe Reproduzierbarkeit, Bauteilqualität massgeblich von Geschicklichkeit, Ausbildung und Motivation der Werker abhängig
- Gefahr des Verschiebens von Stringern, Undichtigkeit des Vakumsackes.

3.1.2. Ziele

Ziel ist der vollständig automatisierte:

- Aufbau der Bauteilebelegung direkt von der Rolle und / oder von vorkonfektionierten Zuschnitten / Preforms.
- Einbringen von lokalen weich / harten Verstärkungen, Stringern etc.
- Vakuumaufbau
- Infusionsaufbau

- Entformen, Entfernen Vakumsack und Hilfsstoffe
- Reinigung des Femis und der Manipulatoren

3.1.3. Realisierung: Automatisierter Bauteilaufbau

Die für den automatisierten Bauteilaufbau notwendigen Manipulatoren / Greifer etc. wurden in Kooperation mit dem BIK definiert, entwickelt und sind teilweise bereits erfolgreich erprobt. Im Einzelnen sind dies:

- Greifer zur Aufnahme und Ablage von Gelege Zuschnitten
- Stringergreifer zum Einlegen der Stringerpakete
- Gelegerollengreif- / schneideeinheit

Nach der Erprobung dieser Elemente am BIK erfolgt die Integration in das Roboterportal der CTC GmbH.

3.1.4. Realisierung: Automatisierter Vakuumaufbau

Beim klassischen Fertigungsablauf großflächiger Faserverbundbauteile folgt dem Aufbau des Bauteils in der Form der Aufbau des Vakumsacks. Der Vakumsack besteht aus einem Unterbau aus Trennfolien sowie verschiedenster Fliese, die zur Abpolsterung, Entlüftung und Aufnahme überschüssigen Harzes verwendet werden. Über diesen Unterbau wird die eigentliche Vakuumfolie in aufwändiger Handarbeit drapiert und an deren Rändern mit der Form luftdicht versiegelt.



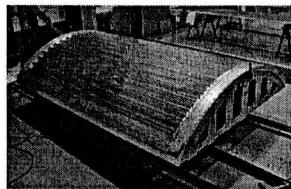
Bild 5 'Klassisch' händischer Aufbau des Vakumsacks, Drapieren der Vakuumfolie [AIRBUS Stade]



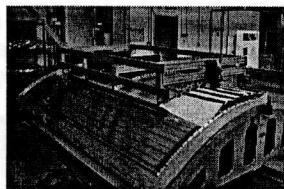
Bild 6 Versiegeln der Folie gegen die Form [AIRBUS Stade]

Beim automatisierten wird die klassische Legeabfolge umgekehrt. Der Ablauf ist hier wie folgt:

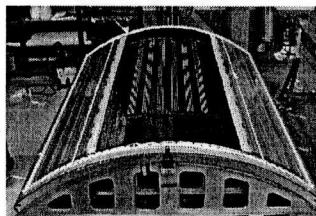
- Ablegen der Vakuumfolie auf Positionierträger
- Drapieren (plastische Verformung) der Vakuumfolie in die für Verstärkungsprofile (z.B. Stringer) vorgehaltenen Mulden (Vakuum und Temperatur)
- Automatisiertes Einlegen der Verstärkungsprofile als Paket aus Profil und beidseitigem Formstück
- Automatisierter Aufbau der Schalenbelegung auf den Positionierträger
- Aufbringen von Siegelkitt auf die Vakuumfolie im Randbereich
- Unterfahren des Positionierträgers unter die gewen-dete Form
- Zufahren des Positionierträgers gegen die Form – Siegelkitt drückt gegen die Formfläche
- Übergabe des kompletten Aufbaues an die Form (Vakuumaufbau zwischen Form und V. – Sack; Va-kuumabfall zwischen Positionierträger und V. Sack)
- Drehen der Form mitsamt aufgebautem Bauteil
- Infusion / Härtung des Bauteils
- Entformen, Reinigen



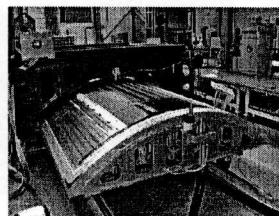
Drapieren der Vakuumfolie



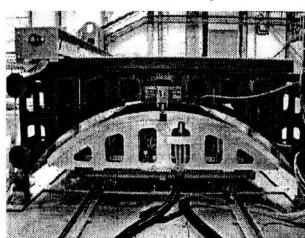
Preformaufbau



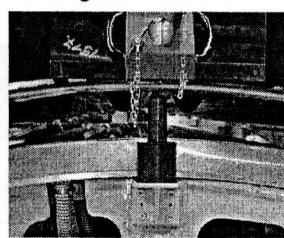
Preform komplett



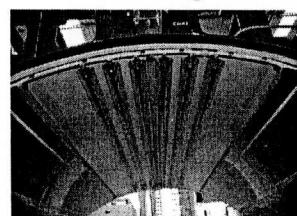
P.-träger fährt unter Form



Aufbauübergabe



Aufbau übergeben



Preform komplett in LKV



Ausgehärtet und Entformt

Bild 7 Automatisierter Vakuumaufbau [CTC]

Das AutoVac Verfahren verlief bereits bei den ersten Vorversuchen mit Versuchsbauteilen sehr stabil. In der Folge wurden eine Schale in MAG mitsamt sechs aufgelegten Preformstringern im MVI – Verfahren hergestellt. Die Fertigung der Schale verlief ohne Schwierigkeiten, sämtliche Teilfunktionen des AutoVac Aufbaues konnten erfolgreich erprobt werden. Um nachzuweisen, dass das AutoVac Verfahren auch für die Fertigung von Prepreg – Bauteilen anwendbar ist, wurde eine entsprechende, mit harten Stringern versehene Schale, im Cobonding Verfahren ausgehärtet.

Die geometrische Vermessung der Schalen, insbesonde-re der Stringerpositionen und Dicken ergaben:

- Die Lagetoleranzen der Stringer liegen alle weit unterhalb der für Serienteile zulässigen Werte
- Dicke der Stringerstege lag mit +/- 0,2 mm bei allen Stegen innerhalb der Toleranz
- Die Außenhaut weist die für MAG üblichen Tole-ranzen auf
- Abdrücke der Formstücke auf den Hautlagen sind nicht feststellbar

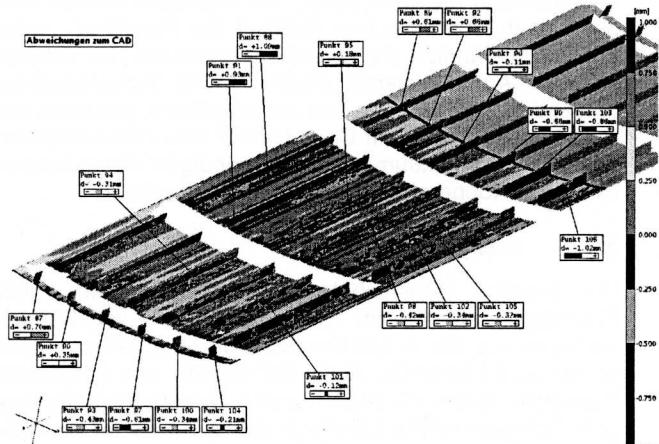


Bild 8 Geometrische Vermessung der Infusionsschale [CTC]

Eine Ultraschallprüfung ergab im Randbereich einige Fehlstellen im Bereich der T – Stringerstege. Diese wer-den auf einen systematischen Fehler im Angusskonzept zurückgeführt, an dessen Beseitigung gearbeitet wird.

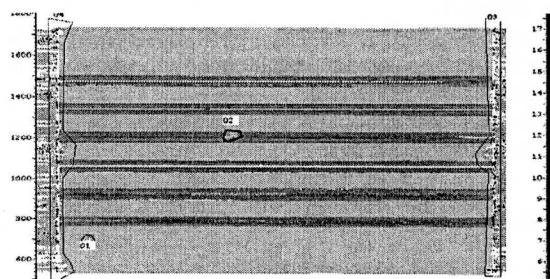


Bild 9 Ultraschallprüfung komplettes Hautfeld [AIRBUS Stade / CTC]

3.1.5 Ausblick

Die Arbeiten am automatisierten Bauteil – und Vakuumaufbau werden im Rahmen von ProTex weitergeführt. Darüber hinaus soll die Technik in einem AIRBUS internem Projekt an sphärisch gerkrümmten Bauteilen angewendet werden. Die bis zum Projektende anstehenden Aufgaben sind:

- Integration der vom BIK entwickelten Manipulatoren an das Roboterportal am CTC, Erprobung
- Fertigung einer Full – Size (Tango) Demonstrator-schale mit 18 Stringern
- Optimierung der Angusskonzepte
- Anwendung bei AIRBUS internem Projekt

3.2. Korrekturmanagement / Effects of Defects

Exemplarisch für die Arbeiten im Teilprojekt PROSA werden nachfolgend ausführlich die Zwischenergebnisse aus den Teilbereichen des 'Effects of Defects' und 'Fehler – Korrekturmanagement' präsentiert.

3.2.1. Ausgangssituation

Fehler- und Korrekturmanagement

Die Abwicklung von fehlerhaften Bauteilen in der Luftfahrt erfolgt nach strengen Regularien. Der Fokus besteht hierbei darauf, nur nachgewiesen sichere Bauteile für den Einsatz zuzulassen – ohne Betrachtung der Kosten für Nacharbeit / Ausschuss. Aufgrund der stark steigenden Stückzahlen und steigendem Kostendruck gewinnt das frühzeitig Erkennen von Fehlerhäufungen im Fertigungsprozess, deren standartisierte Reparatur sowie die Behebung deren Ursachen an Bedeutung. Die für die luftrechtlich relevante Abwicklung der Fehler vorhandenen EDV – gestützten Abläufe lassen eine auf den Fertigungsprozess ausgerichtete Fehlerauswertung und Korrekturverfolgung jedoch nicht ausreichend zu.

Effects of Defects

Die steigende Anwendung von CFK – Bauteilen im Flugzeugbau macht eine sichere, effektive und auch wirtschaftlich tragbare Detektion und Beurteilung von Fehlern in CFK - Bauteilen erforderlich. Die zur Beurteilung notwendigen Referenzmessungen an definierten Fehlerbildern / - größen durch bestehende und neu entwickelte Prüfverfahren liegen jedoch nicht ausreichend vor. Dies gilt insbesondere für die Fehlerdetektion an 'trockenen' textilen Gebilden (Gelegen, Preforms und TFP – Aufbauten) und typische Fehlerbilder der Infusionsverfahren. Darüber hinaus besteht keine ausreichende Datenbasis über die Auswirkungen der detektierten Fehler auf das spätere mechanische Bauteilverhalten.

3.2.2. Ziele

- Bereitstellung von NDT – Images typischer Fehlerbilder und Fehlergrößen
- Bereitstellung einer Datenbasis zur Beurteilung der Auswirkungen von typischen Fehlerbildern und – größen auf das mechanische Verhalten
- Bereitstellung eines EDV – Tools zur Unternehmensweiten (ggf. zw. Projektpartnern):
 - Darstellung der Effects of Defects Daten
 - Fehleraufnahme und Analyse
 - Erstellen und Monitoring von Korrekturmassnahmen

3.2.3. Realisierung: Datenbank zum Fehler – und Korrekturmanagement

Die Datenbank zum Fehler- und Korrekturmanagement wird von der DLR – Braunschweig aufgrund der Eingaben der Projektpartner, unter Federführung der CTC GmbH, in 'MS – ACCESS' programmiert. Es wurde hierbei eine Struktur gewählt, die ein Austausch von Informationen auch zwischen verschiedenen Fertigungslien einer Fertigung eines Standortes bzw. sogar zwischen verschiedenen Standorten / Unternehmen gewährleisten soll. Die Datenbank ist in vier Grundmodule gegliedert:

Modul Fehlererfassung und Analyse

- Erfassung der Einzelfehler unter Zuweisung prozess-relevanter Informationen
- Analyse der Fehler mit frei generierbaren Filtern
- Graphische Darstellung der Fehleranalysen
- Möglichkeit der Einleitung von Korrekturmassnahmen

Modul Fehlerursachen

- Erfassung und Darstellung der Ursache von gefundenen Fehlern
- Analyse der Ursachen in frei generierbaren Filtern
- Möglichkeit der graphischen Darstellung der Ursachenanalysen

Modul Einzelfehler / Reparatur

- Bereitstellung von Informationen zu ähnlichen, bereits abgewickelten Fehlern und deren Reparatur
- Allgemeine Entscheidungshilfen zur Fehlerbeurteilung und Erstellung von Reparaturanweisungen
- Bereitstellung von 'Effects of Defects' Daten zur Fehlerbeurteilung

Modul Gegenmassnahmen

- Definition, Verwaltung von Einzeluntersuchungen
- Definition, Verwaltung und Monitoring von Gegen - / Korrekturmassnahmen

Der Datenfluss beginnt mit der Einspeisung der Daten zur Fehlererfassung im Modul *Fehlererfassung und Analyse*. Dies erfolgt auf Ebene der Bauteilebetreuer in den einzelnen Linien der Fertigungsstandorte der Projektpartner. Hierbei werde zum größten Teil die vorhandenen Daten

aus der Fehlerabwicklung verwendet. Lediglich prozessrelevante Daten sind durch den Bauteilebetreuer zu ergänzen. Auf Grundlage dieser Daten können – beschränkt auf die Fertigungslinien – bereits Fehlerhäufungen angezeigt werden. Bei Auftreten von Fehlerhäufungen wird aus dem Modul *Fehlerfassung und Analyse* heraus in das Modul *Gegenmassnahmen* gewechselt werden, um dort Einzeluntersuchungen zur Ermittlung der ursächlichen Prozessfehler zu definieren und weiter zu verfolgen. Nach Abschluss der Einzeluntersuchungen und Ermittlung des ursächlichen Fehlers in der Prozesskette werden Gegenmassnahmen definiert. Die Überwachung deren Wirksamkeit sowie die Dokumentation des verifizierten Wissens erfolgt im gleichen Modul. Um dieses Wissen, wie auch Informationen zu Effects of Defects etc. einem weiteren Kreis verfügbar zu machen, erfolgt eine Abstraktion der Information. Damit wird erreicht, dass die Bauteilebetreuer Zugriff auf das Wissen ihrer Werkskollegen – oder im Extremfall – das Wissen aller beteiligten Projektpartner haben.

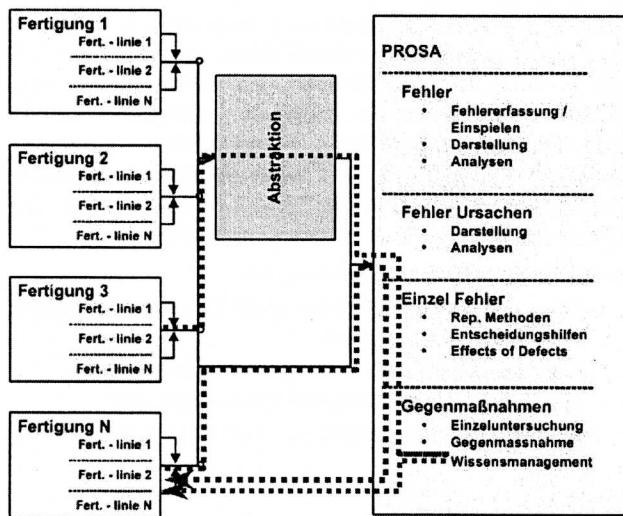


Bild 10 Datenfluss PROSA – Datenbank
Rot: Information verbleibt in der Fertigungslinie
Grün: Information überspringt die Werksgrenze (von EASD-M zu AIRBUS) [CTC / DLR – BS]

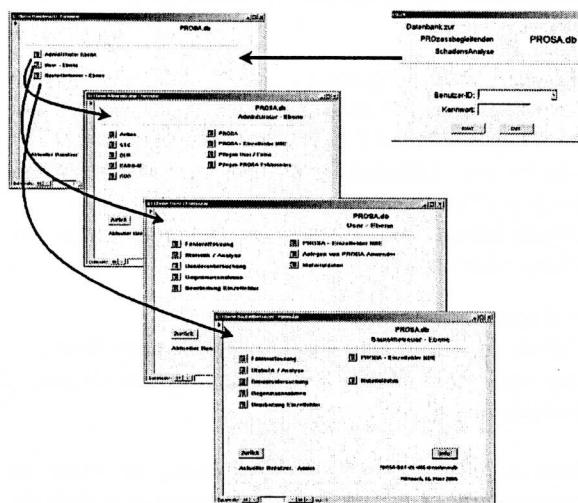


Bild 11 Menüstruktur der PROSA - Datenbank

3.2.4. Realisierung: Effects of Defects

Im Rahmen von PROSA werden nur Fehlerbilder aus Prozessen der sogenannten 'Nasstechnologie' betrachtet (im Gegensatz zur Prepreg Technologie). Die Untersuchungen finden an trockenen Verstärkungsstrukturen (Multiaxialgelegen und Preforms aus Tailored Fibre Placement) und den daraus hergestellten Laminaten statt. Nachfolgend eine Aufstellung der Eigenschaften / Fehlerbilder, die betrachtet werden:

- Untersuchungen an Multiaxial – Gelege (MAG):
 - Fehler bei der Preformherstellung:
 - Fuzzballs
 - Gaps
 - Ondulationen ('in plane')
 - Splices
 - Abweichungen vom vorgegebenen Faserwinkel
 - Fehler beim Tränken:
 - Poren
 - Delamination
 - Ondulation ('out of plane')
- Untersuchungen an TFP - Preforms
 - Eigenschaften bei der Preformherstellung:
 - Stichweite, - arten und Fadenspannung
 - Gaps
 - Lokale Fehlstiche / Nahtverzug
 - Rovingfaltung / Wendzonen

Der Untersuchungsablauf besteht jeweils aus den Schritten:

- Herstellen von textilen Vorprodukten (OHNE Fehlerbild)
- Herstellung von textilen Vorprodukten / Preforms MIT definierten Eigenschaftsabweichungen / Fehlern
- Detektion an den trockenen textilen Preforms
- Infiltration (parallel, in einem Schuss) der Preforms OHNE / MIT Fehlerbild
- bzw.
- Infiltration (parallel, in einem Schuss) zweier Preforms OHNE Fehlerbild unter Erzeugung eines Verfahrensfehlers in einer der Preforms.
- Detektion an den ausgehärteten Laminaten
- Ermittlung der mechanischen Kennwerte der fehlerfreien / fehlerbehafteten Proben

Bei der Detektion der Fehlerbilder werden folgende Technologien eingesetzt:

- Ultraschall
- Thermographie
- Shearographie
- Computer Tomographie
- Sonst.

Die Gruppe der Proben mit Fehlerbildern aus der Preformherstellung wurde bereits komplett gefertigt und sind im NDT – Umlauf. Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse dargestellt. Zur Herstellung der Proben mit Fehlerbildern aus Tränkung der Preforms konnten Vorversuche erfolgreich abgeschlossen werden.

Nachfolgend exemplarisch Ergebnisse der Untersuchungen:

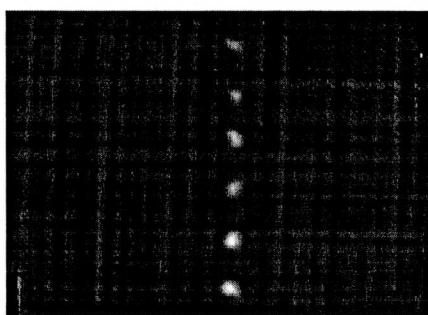
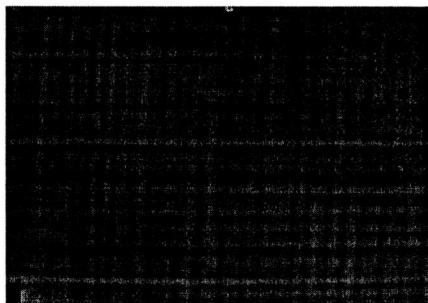


Bild 12 Thermographische Untersuchung an MAG – Platte ohne / mit Fuzzballs. Deutlich ist die wellige, nicht kalibrierte Probenrückseite zu erkennen

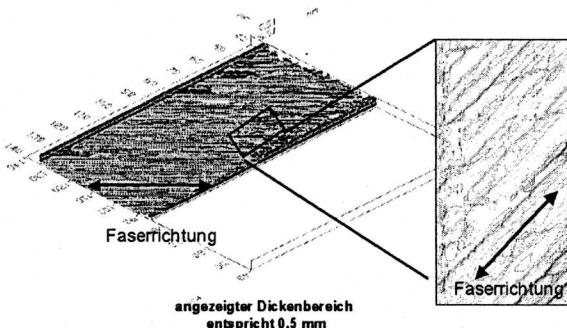


Bild 13 Höhenprofil einer gescannten TFP – Probe [Eurocopter Deutschland]

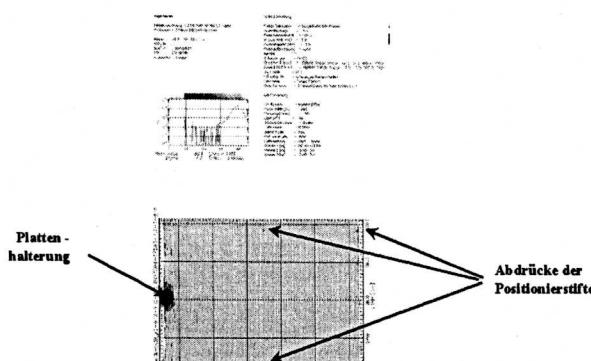


Bild 14 Ultraschalluntersuchung an Platte mit Fehler in MAG (Gap) [CTC / AIRBUS Stade]

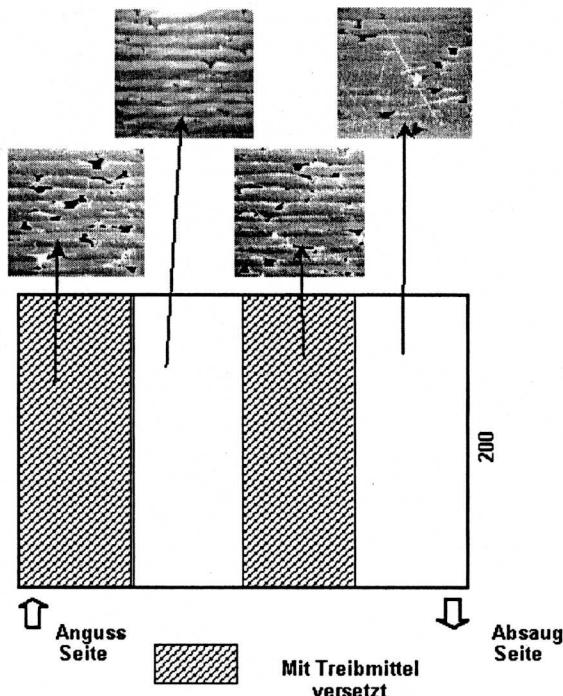


Bild 15 Schliffbilder Vorversuch 'porige Laminate'. Lokal ins trockene MAG eingebrachtes Treibmittel bildet Poren 'natürlicher' Form und Anordnung [CTC]

3.2.5. Ausblick

PROSA – Datenbank

Folgende Arbeiten sollen bis Projektende an der PROSA – Datenbank ausgeführt werden:

- Fertigstellung und Erprobung der Module
- Dateneinspielung vorhandener Prüfdaten
- Pilotanwendungen in den Herstellungswerken
- Anwendung bei allen Partnern

Effects of Defects

Folgende Arbeiten sollen bis Projektende ausgeführt werden:

- Bau der Proben mit Fehlern aus dem Tränkprozess
- NDT – Durchlauf aller Proben
- Zerstörende Prüfung
- Aufarbeitung, Bereitstellung der Ergebnisse an die PROSA - Datenbank