

# RapidRepair: Hightech-Reparatur von CFK-Bauteilen

## Präzise – Schnell – Zertifizierbar

- 3D-Erfassung mehrfach gekrümmter Bauteile
- On-Demand-Generierung individueller, komplexer Bahnkurven zur Roboterführung

- Integration aller Komponenten zu einem Gesamtsystem
- Zentrale Prozesssteuerung

## Die Aufgabe

In vielen Bereichen ist in den letzten Jahren ein rapider Anstieg an faserverstärkten Kunststoffen (CFK) zu verzeichnen. Verwendet werden diese beispielsweise im Bau von Flugzeugen (Dreamliner – Boeing oder A350 – Airbus), Hubschraubern (Tiger, NH90 – beide AHD), Automobilen mit Elektroantrieben (i3, i8 – BMW), Windkraftanlagen, Schienen- und Nutzfahrzeugen sowie im Schiffsbau. Allen gemeinsam ist, dass es während des Betriebs zu Strukturschäden kommt, welche durch hochqualitative Reparatur auf dem Niveau einer Neustruktur beseitigt werden müssen.

Eine verbreitete Methode zur Reparatur ist das Schäften der Schadstelle und das anschließende Einkleben eines speziell angepassten Patches. Das Schäften muss mit einer sehr geringen Fehlertoleranz erfolgen ( $< 0,1$  mm), ist daher sehr (zeit)aufwändig und wird zumeist manuell durchgeführt.

Im Bereich der Luftfahrt muss zudem die gesamte Prozesskette zur Herstellung eines CFK-Bauteils als auch dessen Reparatur zertifiziert, d. h. vollständig reproduzierbar sein. Manuelles Schäften ist jedoch in starkem Maße von Qualität und Tagesform des Werkers abhängig, somit zur Zertifizierung ungeeignet und muss durch reproduzierbares, d. h. automatisiertes Schäften ersetzt werden. Das Hauptproblem hierbei ist, dass alle Reparaturstellen von Fall zu Fall unterschiedlich sind und deren automatisiertes Schäften individuell angepasste Fräsprogramme verlangt.

## Der Lösungsansatz

Zur Entwicklung eines halbautomatischen Reparatursystems von Composite-Bauteilen aus der Luftfahrt wurde in Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern wie Lufthansa Technik und Airbus das Kooperationsprojekt RapidRepair gegründet. Ziel des Projektes war es, ein zertifizierbares Verfahren zur halbautomatischen Reparatur (Schäftung) von Schadstellen an CFK-Bauteilen mit mehrfach gekrümmter Oberfläche zu entwickeln.

Das zu entwickelnde System musste folgende Vorgaben erfüllen:

- Über geeignete Sensoren wird die im Allgemeinen mehrfach gekrümmte Oberfläche des CFK-Bauteils automatisiert erfasst.
- Aus den Scandaten wird ein Oberflächenmodell des Bauteils generiert.
- Aus dem Oberflächenmodell werden die komplexen Bahnkurven zur Schäftung berechnet. Hierbei werden die zuvor gewählten Parameter Steigungswinkel und Schäftungstiefe berücksichtigt.
- Das Schäften erfolgt mithilfe eines von einem Roboter geführten Fräswerkzeuges.
- Alle Berechnungen sowie das Führen des Roboters erfolgen über einen zentralen Leitrechner.
- Die maximal zulässige Positionstoleranz der Schäftung darf 1/10 mm in Z-Richtung und 1 mm in X/Y-Richtung nicht übersteigen.
- Die Dauer des automatisierten Schäftungsprozesses muss geringer sein als die des manuellen Schäftungsprozesses.

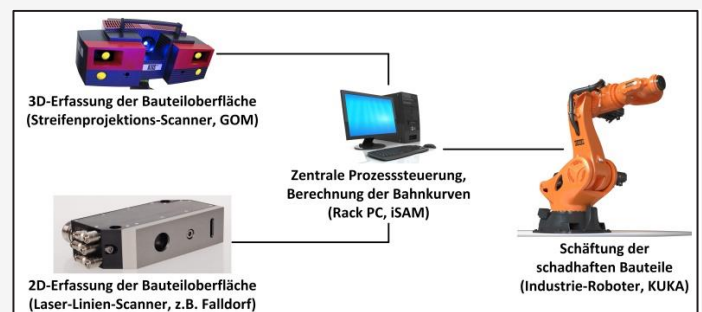


Abbildung 1: Zentrale Prozessführung – Integration der Systemkomponenten

# we deliver solutions ...

## Die Lösung

Im Folgenden ist ein typischer Ablauf der halbautomatischen Reparatur eines CFK-Strukturbauteils am Beispiel eines Hubschrauber-Rotorblattes beschrieben.

## 3D-Erfassung der Oberfläche

Streifenprojektion - Hochpräzises Scannen der Oberfläche

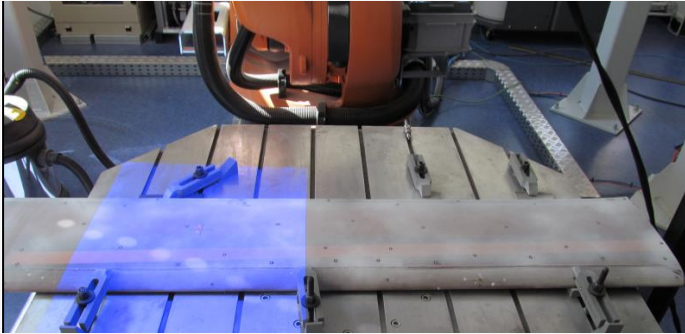


Abbildung 2: 3D-Erfassung des CFK-Bauteils (Rotorblatt)

## Benutzeroberfläche

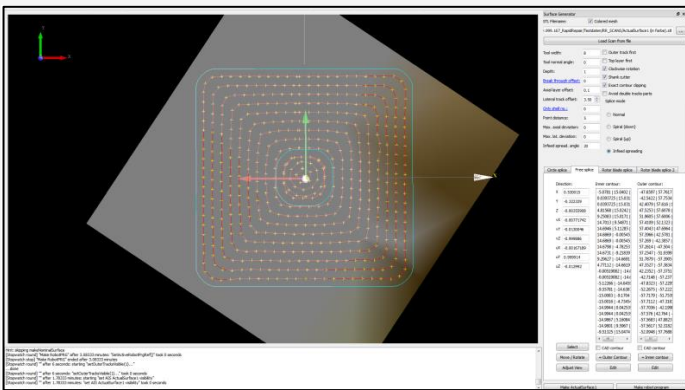


Abbildung 3: Rückgeführte Fläche und generiertes Fräsprogramm

## Generierung der Bahnkurven zur Schäftung

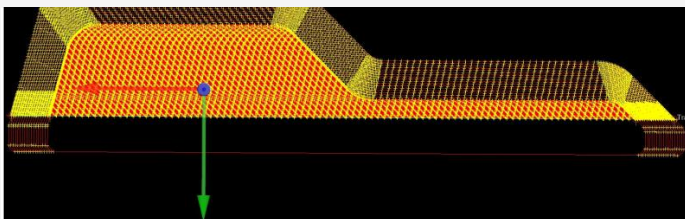


Abbildung 4: Berechnung individueller, hochgenauer Bahnkurven

## Fakten

- Branchen:
- Luft- und Raumfahrt
  - Automotive
- Schlüsselfunktionen:
- 3D-Erfassung mehrfach gekrümmter Bauteile
  - Online Generierung individueller Bahnkurven
  - Zentrale Prozessführung
  - Zertifizierbarer, hochpräziser Prozess

## Ergebnis: Bauteil mit Schäftung



Abbildung 5: CFK-Bauteil (Rotorblatt) mit Schäftung

## Präzise Bearbeitung

Verifizierung der Reparaturstelle

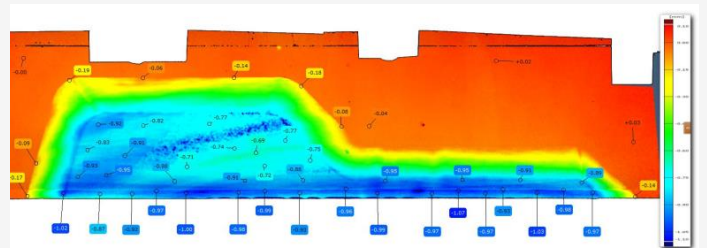


Abbildung 6: Verifizierung der Reparaturstelle

## Schnelle Durchführung

- Automatische Schäftung: 1,5 Stunden
- Manuelle Schäftung: ca. 6 – 10 Stunden

## Generierung von Flächenschnitten der Schäftung

- Berechnung der Decklagen
- Erzeugung von dxf-Dateien für den Cutter

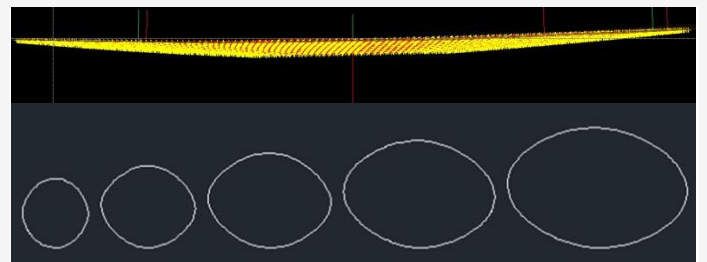


Abbildung 7: Querschnitt durch die Reparaturstelle und Einzellagen der Reparaturpatche

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Komponenten: • 3D-Scanner mit Streifenprojektion (GOM)

• Industrieroboter (KUKA)

• iSAM Rack-PC

Schnittstellen: • Ethernet TCP/IP

• Modbus / Profibus / CAN-Bus ...

• Digital / Analog