

DGZfP Jahrestagung 2011 in Bremen 27.09.2011



Materials & Processes, Testing Technology

## ZfP von Flugzeug-CFK-Strukturen in der Wartung

Überblick über den aktuellen Stand bei Airbus

Präsentiert von  
Wolfgang Bisle, Helge Hicken, Dieter Scherling,




DGZfP Jahrestagung 2011 in Bremen 27.09.2011

## Inhalt

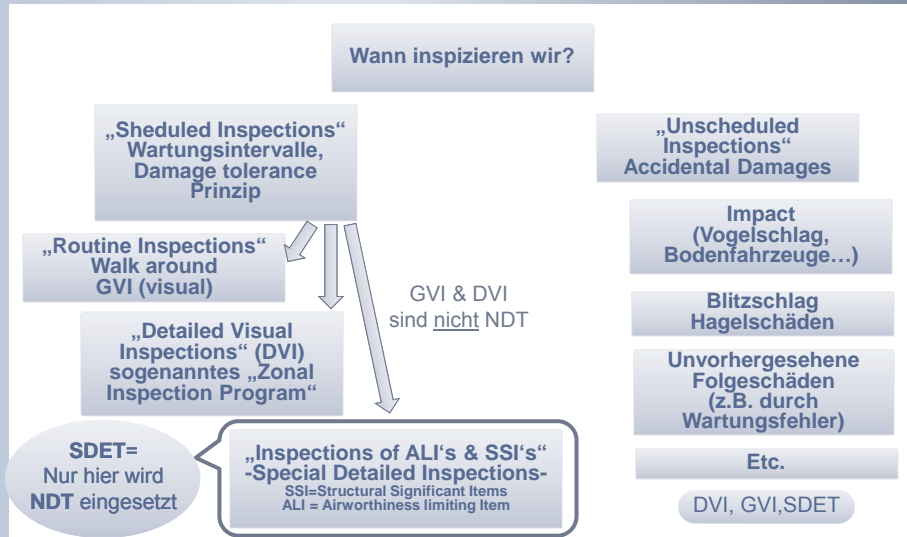
- Generelle Informationen zur Wartungsprüfung (In-Service-Inspektion)
- Prüf-Kategorien für "Accidental Damages"-Fälle
  - Impact
  - Blitzschlag
  - Kratzer
- Bisher schon verfügbare (generelle) Prüfprozeduren
- Andere ZfP-Aufgaben
  - Bohrlochinspektion
  - Farbschichtdickenmessung auf CFRP
- "Experten-Fernbetreuung" durch OMA (Online Maintenance Assistant)
- Fazit

Seite 2



© AIRBUS Operations GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.

# In-Service-Inspektionen – Was wann?



# Im Falle von “Accidental Damage”



## Prüfmöglichkeiten im Fall von Impacts

Zur Zeit verfügbare ZfP Methoden, die im **AIRBUS**NTM der Alt-Programme A300-A380) schon veröffentlicht sind:

- Tap Test / Woodpecker
- Einfache Ultraschallprüfung ( Standard Ultraschallgeräte)
- Gruppenstrahler Ultraschall (elektronisches Rastern) ( Geräte Neuer Generation)
- Visuelle Inspektion

## Taptest



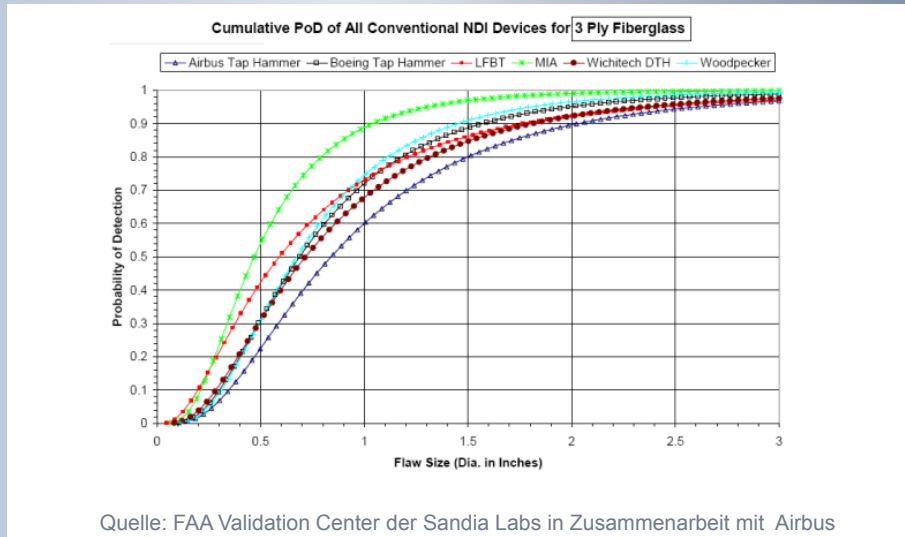
Manueller Tap Test  
Sehr einfaches Werkzeug  
Paßt in die Hosentasche, billig  
überall verfügbar  
Erstaunlich gute POD\*



Mitsui Woodpecker  
Ebenfalls einfaches System  
Ampel-Anzeige, billig, einfacher  
gebrauch



## Beispiel für eine POD-Untersuchung

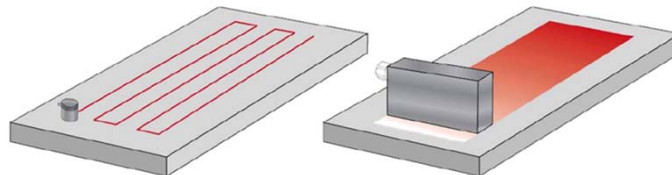


## Ultraschall Varianten

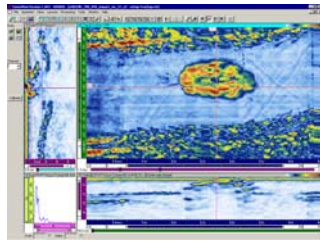
Manuelle einkanalige Standard Handgeräte



Ultraschall Array Prüfsysteme



## Array Ultraschall Inspektion als Standard



**zur Inspektion von CFK-Bauteilen:**  
Standard für komplette Airbus-Familie

### Vorteil in der Wartungsprüfung:

Im online-C-Bild/B-Bild Erkennbarkeit von Struktureinheiten wie Lagengrenzen, Lagenüberlappungen, Anbauten (Stringer, Spante, Clips)

Überwiegend Elektronischer Scan Modus

Sector-Scan für CFK wenig geeignet

Genereller Vorteil **Omniscan**  
Vielseitigkeit, Bauweise,

## Andere Verfahren in Erprobung oder Entwicklung

- **Acoustocam („Quick Check“)**  
schnelles Bestimmen von Impactschadensgrößen.  
Nachteil: kleines Sichtfeld, nicht für großflächiges Prüfen
- **Aktive Thermografie (Puls, Modulation...)**  
Schnelle Visualisierung großer Flächen,  
„Accidental Damage“ auffinden, Größe ermitteln  
Nachteil: begrenzte Eindringtiefe,  
(Impactschäden innen größer als außen – „Tannenbaum“)
- **Lambwellen Interferometrie**  
Idee: Wellenausbreitung an Oberfläche beobachten  
analog: Stein in Ententeich werfen, Wellen betrachten  
Großflächig Prüfen, berührungsfrei,  
Nachteil: noch im Anfangsstadium.

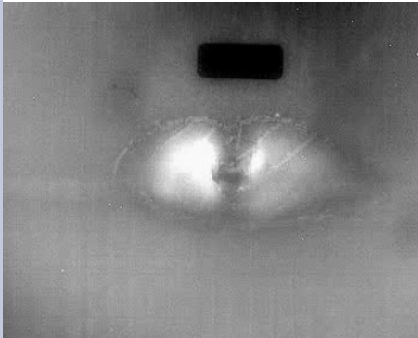
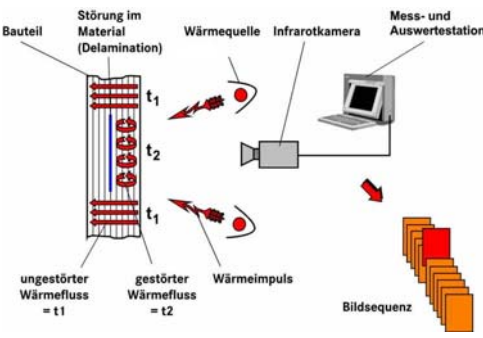
## Acoustocam – Abbildende Ultraschallmethode





Imperium Acoustocam emittiert ebene Schallwellenfront in Prüfteil.  
Alle reflektierten Wellen im Sichtfeld werden akusto-optisch von einem speziellen Array aufgenommen und als schwarz/weiß-Bild dargestellt

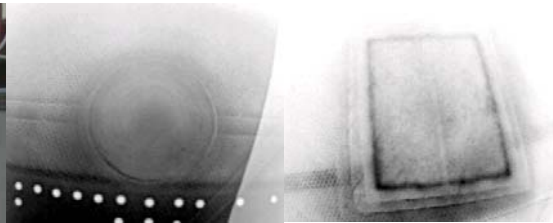
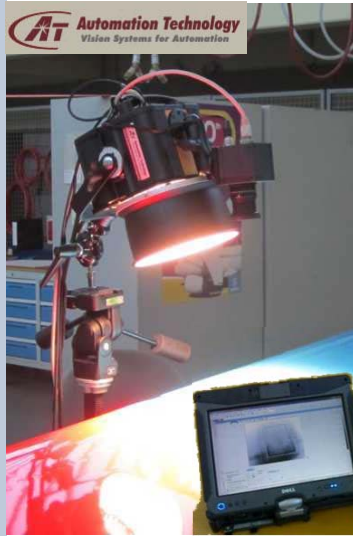
## Thermografie zur Detektion von "Accidental Damage"

**Jetzt bevorzugt: Langpuls-Methode**

- Halogenlicht (NIR) beleuchtet Prüfbereich für ~3..7 sec.
- Aufheiz- und Abkühlphase:  
10...25 sec aufzeichnen bei 9 fps mit Mikrobolometer (FIR)
- Auswertung vornehmlich der Phase

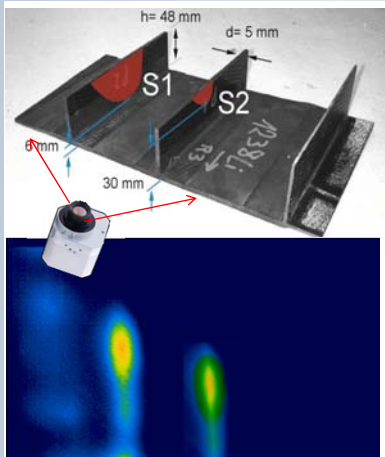
## Neue preiswerte kompakte Thermographie



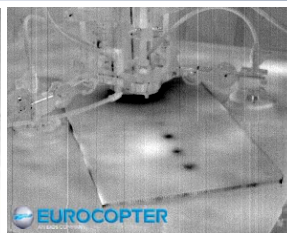
- Mikrobolometer Smart-Eye (Automation Technology)
- integrierter Controller zur Modulation der Halogenstrahler (NIR), ggf. Blitzansteuerung
- Dimmer und Netzteil im Halogenstrahler integriert
- Steuerung & Bildverarbeitung durch Touch-PC / Pad-Computer

Basiskonfiguration ~25k€, vergleichbar Ultraschallgerätekosten

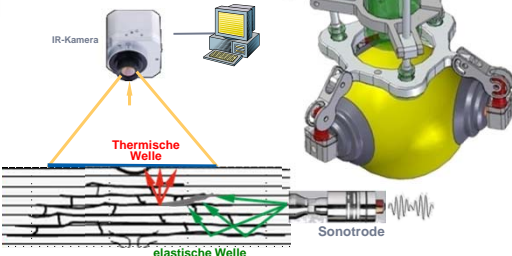
## Ultraschall-angeregte Thermografie



Delaminationen in Stringerstegen.  
Kamera sieht auf die Stringer-freie Oberfläche

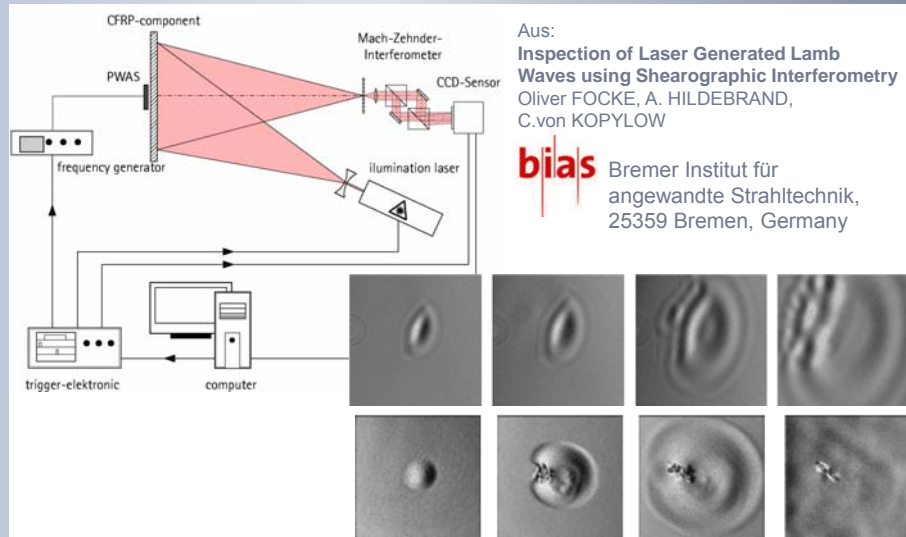


**EUROCOPTER**  
Sonotrode mit Vakuum - Fixierung



Methode erhitzt nur die Delamination.

## Optische Lamb-Wellen-Prüfung



© AIRBUS Operations GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.

## Kratzer in CFK-Strukturen vermessen

Ab gewisser Schädigungstiefe sind Kratzer signifikant.

(abhängig vom Bauteil – z.B. tiefer als 1 CFK-Lage – 0,125mm)

Favorisierte Methoden:

- NDT Expert Scratchview  
(vergl. Metallstrukturen: Vermessung sog. Scribe Marks)

Alternativen (wie für Scribe Mark Inspektion):

- STTR InspectCam SDMS (ähnlich Scratchview)
- Digital Optical Micrometer

Mögliche Alternative – noch Entwicklung notwendig :

- Reflektometrie / Deflectometry





## Vermessen von Kratzern

Videoschirm zeigt reflektiertes Bild einer Laser-Line  
 Vermessung der Minima und Maxima (semiautomatisch)  
 Errechnen der Kratzerbreite und -tiefe

## Alternativ-Methoden

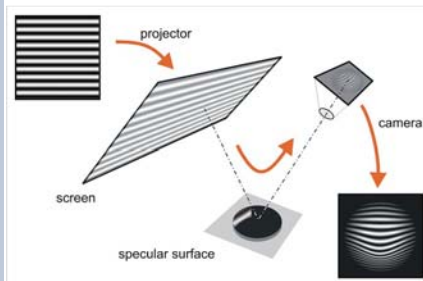
**STTR InspectCam SDMS**

Linienprojektor mit Videokamera,  
 Vermessen der Verformung der reflektierten Linie

**Digital Optical Micrometer**

Messung des Tiefenprofils durch Fokussierung

## Kratzer-Detektion mit Re-/Deflectometrie



LCD-Schirm projiziert Sinus-Streifenmuster auf reflektierende Oberfläche.

Digitalkamera erfasst gespiegelten Muster

Verzerrungen der Streifenmuster sind Indikatoren für Verformungen.

Lokale Flächenneigungen & Krümmungen errechnet mit Bildverarbeitung



Seite 19

© AIRBUS Operations GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.



## Weitere NDT-Methoden im Zulauf

### Qualitätsprüfung von Bohrlöchern

- PAUT (phased array ultrasonic testing) zur Detektion von Delaminationen in Bohrlöchern

### Farbschichtdickenmessung auf CFK

- FITM FSC1 (Mikrowellen)
- Fogale Paintscope (Kapazitives Verfahren)

### Überhitzung

- Infrarotspektroskopie (FTIR)

Seite 20

© AIRBUS Operations GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.



## Bohrlochinspektion mit PAUT

$\varnothing_D : 4.80\text{mm}$      $\varnothing_D : 5.60\text{mm}$



**Ziel:**

- Bohrfehler
- andere Abnutzungsfehler



**EADS IW: PAUT Zirkular Array**




**AIRBUS**  
normales lineares Arrays

Bohrloch-Fehler > 4 mm  
Ausdehnung ab Bohrloch  
eindeutig sichtbar



## Farbschichtdickenmessung auf CFK

**Favorit:**  
Messung auf Mikrowellenbasis

**FITM FSC1**

Besonderheit:  
Antennensonden unempfindlich gegen

- Anisotropie des CFK Materials
- Einfluß der Dielektrizitätseigenschaften (weitgehend)



**FSC1**

**Alternative**  
Messung kapazitiv

**FOGALE Paint Scope**



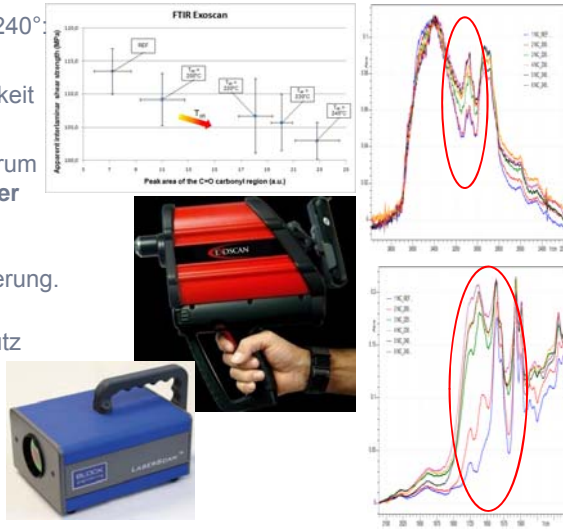
**FOGALE nanotech PAINTSCOPE**

Tech. Spezifikation:

Messbereich	0-2000 $\mu\text{m}$ / 0-78 mils.
Auflösung	$\pm 1 \mu\text{m}$ / $\pm 0.04 \text{ mil}$
Genauigkeit	$< \pm 10 \mu\text{m} \pm 1\%$
Linearitätsfehler	$\pm 0.5\%$ of measurement range

## Hitzeschaden – detektiert mit FTIR (Fourier Transform IR Spectroscopy)

- CFK - Zwischen 200°C und 240°C:
  - Degradation
  - Reduktion der Scherfestigkeit
  - Aber keine Delamination.
- Spezielle Peaks im IR Spectrum proportional zu **interlaminarer Scherfestigkeit**  
 Beispiel rechts:  
 2 Regionen klarer Differenzierung.
- Justierung auf der Prüfläche, Einfluß des Oberflächenschutz wird minimiert.
- Alternative:  
 Absorptionsspektroskopie mit durchstimmbarer LaserMidIR-Quelle auf Basis Quantum Cascade Laser



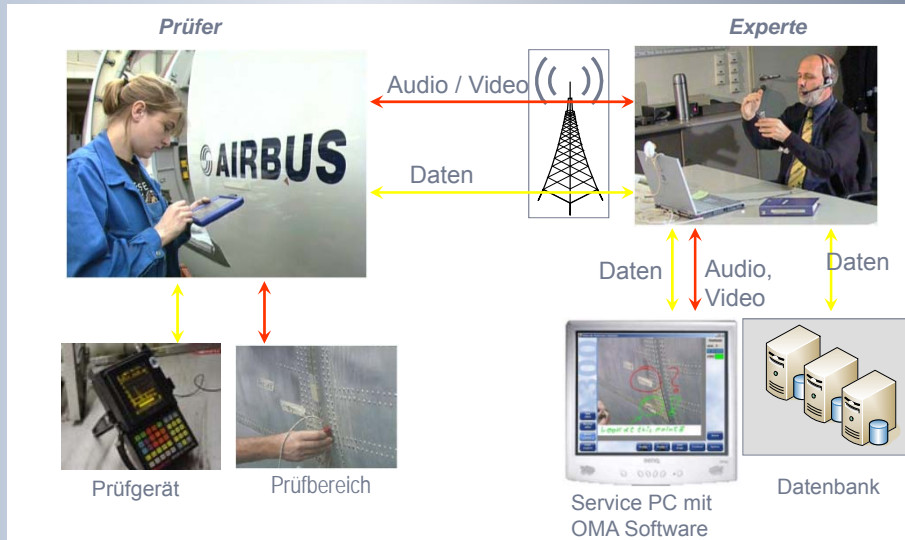
## “Experten-Fernbetreuung” durch OMA (Online Maintenance Assistant)

Experten-Fernbetreuung meint:  
 der Prüfer vor Ort braucht Unterstützung von einem Experten in der Firmenzentrale oder vom Herstellbetrieb:

Untersucht werden zur Zeit mehrere Optionen für OMA

- Genereller Ansatz:
  - Mobiles Telekonferenzsystem
- Speziallösungen
  - Ferngesteuertes NDT-Equipment (ähnlich einer Helpdesk-Aufschaltmöglichkeit beim PC z.B. unter Windows)  
 („Remote Controlled NDT Equipment“)

# Online Maintenance Assistance Konzept



# OMA Systeme im Test bei AIRBUS

This block displays various OMA systems being tested at Airbus. It includes images of the **Librestream Onsite2000R** device, the **Visual Service Support-VSS** system with a laptop, and the **AIRBUS OMA 1.0** system. The **AUDISOFT Frontline Communicator** logo is also present. A silhouette of a technician wearing a headset is shown at the bottom, along with a handheld device and a laptop.

## Fazit

### CFK und andere Verbundwerkstoffe als Strukturwerkstoff bei AIRBUS

- neue Größenordnung beim Einsatz in der nächsten Flugzeuggeneration
- 30 Jahre Erfahrung bei Airbus, auch mit der zFP in der Wartung
- bereits bewährte „zFB-Werkzeugkiste“ mit „generellen“ Prozeduren vorhanden
- Zielgenau für alle Prüfaufgaben Werkzeuge in der „zFP-Werkzeugkiste“
- zu Optimierung der Prüfaufwände (Zeit / Kosten) Entwicklung weiterer Werkzeuge
- alle generellen Prozeduren durch aufwendigen POD-Studien begleitet

Damit ist schnelle Reaktion auf unvorhergesehene Prüfanfragen möglich.

