

Laminographische Prüfung großer CFK- Flugzeugbauteile bei Airbus

Dr. Oliver BULLINGER¹, Dr. Ulf SCHNARS¹, Daniel SCHULTING¹,
Bernhard REDMER², Martin TSCHAIKNER², Prof. Dr. Uwe EWERT²

¹ Airbus, Bremen

² BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Kontakt E-Mail: ulf.schnars@airbus.com

Kurzfassung

Airbus ist Hersteller von Luftfahrtbauteilen aus Kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Die innere Qualität der Bauteile wird durch eine 100%-Prüfung mittels Ultraschall sichergestellt. Für den Fall unklarer Anzeigen wurde gemeinsam mit der BAM eine angepasste Form der Röntgenplanartomografie –Technik (Laminografie) als Eskalationsverfahren entwickelt. Dort wird die Indikation mit Hilfe des dreidimensionalen hochaufgelösten Datensatzes analysiert. Mehrere hundert radiometrische Projektionen in kleinen Winkelschritten sind nötig. Die tomographische Rekonstruktion liefert eine dreidimensionale Darstellung der Struktur und der Defekte äquivalent zu einem Schlibbild.

Das laminographische Prüfsystem wurde zur Detektion von Porosität, flachen Gaseinschlüssen zwischen den Lagen und offene Materialtrennungen im Radius des ca. 18m langen Bauteils entwickelt. Teststücke wurden erfolgreich geprüft und mit Schlibbildern verglichen. Eine spezielle Rekonstruktionssoftware wurde entwickelt, um 3D-Volumenbilder in weniger als 1min zu erhalten. Weitergehende Untersuchungen sollen die Leistungsfähigkeit der Technik zeigen und auch zur Entwicklung von Akzeptanzkriterien genutzt werden.

17. DGZFP DS Seminar, Desden
Dr. Ulf Schnars

Laminographische Prüfung großer CFK- Flugzeugbauteile bei Airbus

Koautoren:

Dr. Oliver Bullinger, Airbus
Daniel Schulting, Airbus
Bernhard Redmer, BAM
M. Tschaikner, BAM
Prof. Dr. Uwe Ewert, BAM



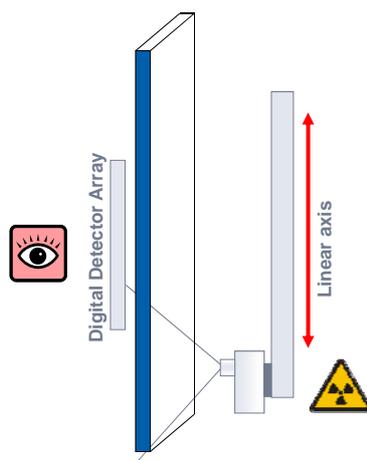
Inhalt

- Motivation
- Planar-CT System TOMOCAR der BAM
- Beispiel Seitenleitwerksschale
- Beispiel A380 Seitenleitwerksholm
- Technische Qualifikation
- Zusammenfassung

Motivation

- Computertomografie (CT) ist ein leistungsfähiges Prüfverfahren, um Inhomogenitäten in Bauteilen sichtbar zu machen.
- Praktische Begrenzung: Größe der zu untersuchenden Bauteile.
- Herausforderung in der Luftfahrtindustrie: Prüfung großer (oft flacher) CFK-Bauteile wie Seitenleitwerksschalen, Flügelschalen, lange Holme.
- Laminografie (Planar-CT) ist eine interessante Alternative zur Standard-CT, da hiermit auch große Bauteile prüfbar sind.
- Laminografie soll bei Airbus als sog. Eskalationsverfahren eingesetzt werden, d. h. nur falls andere Verfahren (Ultraschall) keine eindeutigen Ergebnisse liefern.

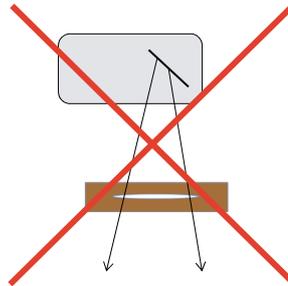
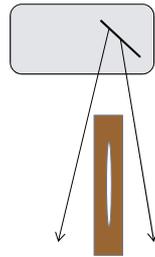
Planar-CT System TOMOCAR der BAM



- Röntgenröhre und Detektor sind räumlich getrennt, d. h. auch große Bauteile können untersucht werden
- Begrenzte Anzahl von Durchstrahlungsrichtungen (90°)

Detektion von Delaminationen: Einstrahlrichtung

- Findung nur wenn Einstrahlrichtung parallel zur Ausdehnung der Delamination



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

 AIRBUS

Beispiel Seitenleitwerksschale

- Ziel: Rissdetektion in bestimmten Bauteilbereichen (sog. „Fingerlaschen“)



Detektor

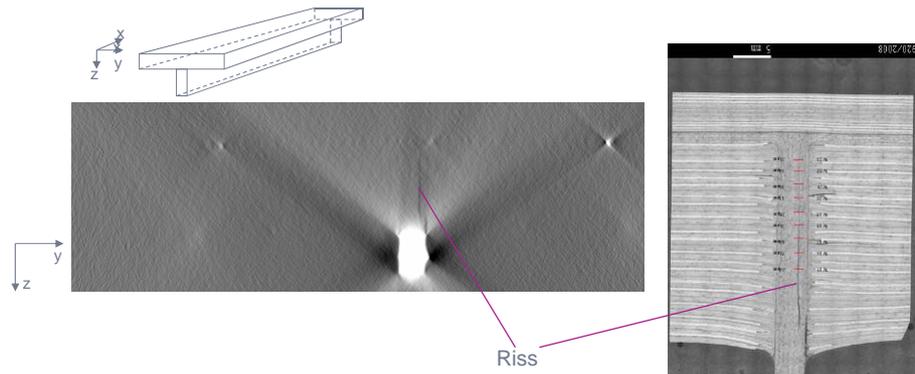
Röhre mit
Verfahrenheit

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

 AIRBUS

Beispiel Seitenleitwerksschale

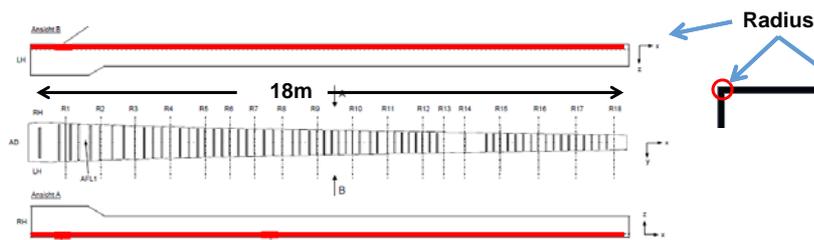
- Testbauteil mit künstlich erzeugtem Riss wurde präpariert
- Vergleich Planar-CT mit Schliif zeigte, dass relevante Risse gefunden werden können
- Methode für diese Anwendung qualifiziert



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

 AIRBUS

Beispiel A380 Seitenleitwerksholm, Radienprüfung



- Ultraschallprüfung (UT) mit Handgerät (A-Bild) ist Standardverfahren
- Im Radienbereich kein Rückwandecho
- Herausforderung für Planar-CT: Länge (18 Meter)

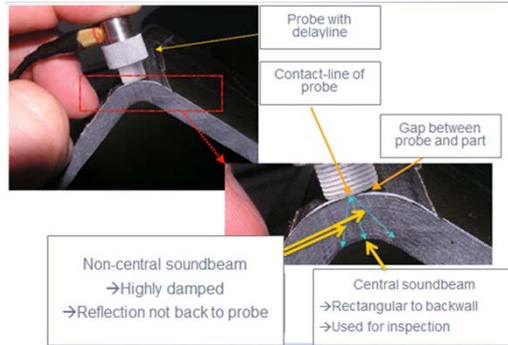


© AIRBUS Operations GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.

 AIRBUS

Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Ultraschall

- Radienprüfung per Ultraschall, aufzufindende Mindestfehlergröße 6mm x 6mm)
- Relevante Fehler u. a.: Volumenporosität und Delamination
- Kein Rückwandecho, daher keine Unterscheidung zwischen Delaminationen und Porosität
- Daher werden UT-Ergebnisse als Delamination gewertet, obwohl oft nur eine zu tolerierende Porosität vorliegt



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

AIRBUS

Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Unterscheidung zwischen Delaminationen und Zeilenporosität nach AIM6-4005

Delamination

Delaminations are detected by the appearance of a clear intermediate echo and:

- By a reduction of the back-wall echo below 6 dB above the noise level.
- Or
- By a loss of back-wall echo.

Delaminations shall be sized using the amplitude of the intermediate echo, (see sub-chapter 12.1.1)

See figure 1 below.

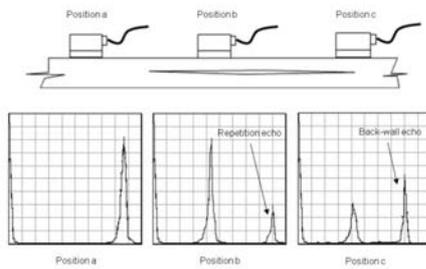


Figure 1: Detection/sizing of a delamination

Layer porosity

Layer porosity is detected by an intermediate echo exceeding the applicable threshold as per sub-chapter 12.1.1 with varying amplitude and a back-wall echo of at least 6 dB above the noise level (varying amplitude), see figure 5 below.

Layer porosity shall be sized using the amplitude of the intermediate echo(es) (see sub-chapter 12.1.1)

NOTE: The detectability of layer porosity might be restricted when the layer porosity is located close to the back-wall.

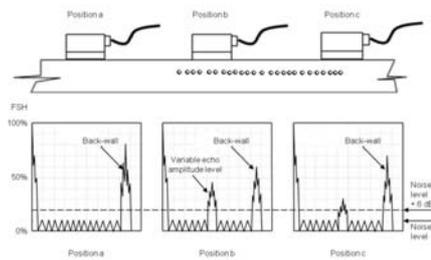


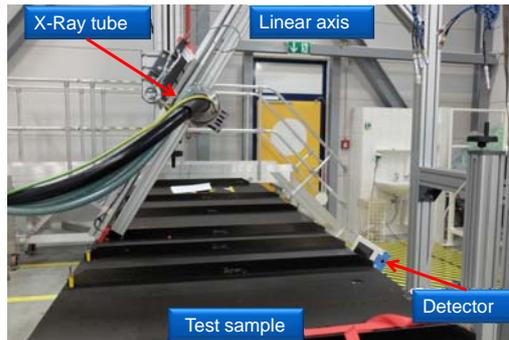
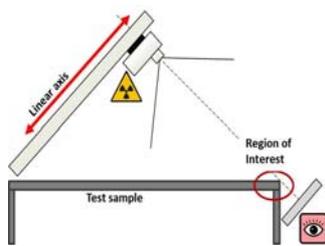
Figure 5: Detection/sizing of layer porosity

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

AIRBUS

Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Planar-CT

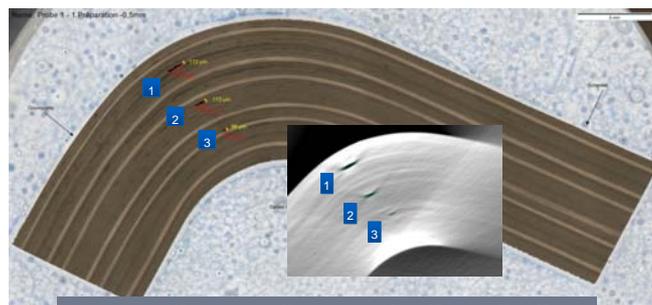
- Planar-CT als Eskalationsverfahren bei unklaren UT-Befunden
- Ein Bereich von jeweils 20 mm wird geprüft
- Kleinste detektierbare Fehlerlänge ca. 0,2 bis 0,3 mm



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

AIRBUS

Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Leistungsfähigkeit der Planar-CT

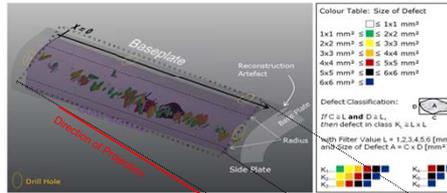


No.	Microcut Length	Microcut Depth	Planar-CT Length	Planar-CT Depth
1	1,119	1,396	1,31	1,38
2	0,749	4,428	0,88	4,36
3	0,201	6,73	0,35	6,53

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

AIRBUS

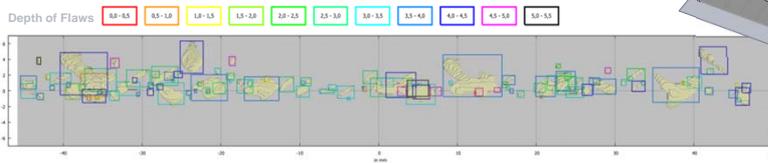
Beispiel A380 Holm, Radienprüfung mit Planar-CT: Auswertung



Colour Table: Size of Defect	
1x1 mm ² ≤	1x1 mm ²
2x2 mm ² ≤	2x2 mm ²
3x3 mm ² ≤	3x3 mm ²
4x4 mm ² ≤	4x4 mm ²
5x5 mm ² ≤	5x5 mm ²
6x6 mm ² ≤	6x6 mm ²

Defect Classification:
 1) C, L and D ≤ L
 2) not defect in class K, ≥ L x L
 3) not Filter Value L = 1,2,3,4,5,6 [mm]
 4) not Size of Defect A = C x D [mm²]

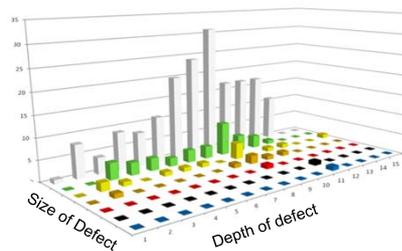
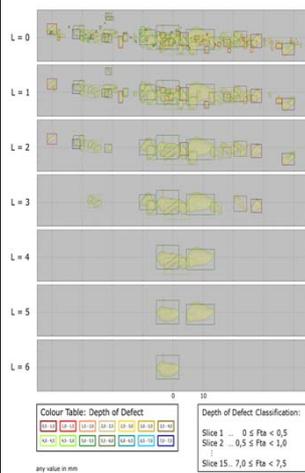
K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
K ₅	K ₆	K ₇	K ₈



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



Beispiel A380 Holm, Radienprüfung mit Planar-CT: Visualisierung von Defekten



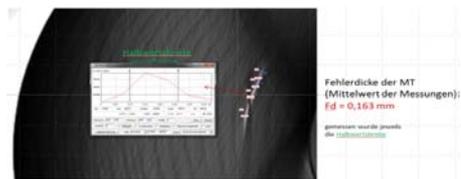
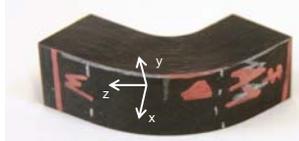
- Indikationen werden gruppiert entsprechend der
 - max. Länge eines umschreibenden Rechtecks
 - Fehlertiefe

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



Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Detektion von Delaminationen

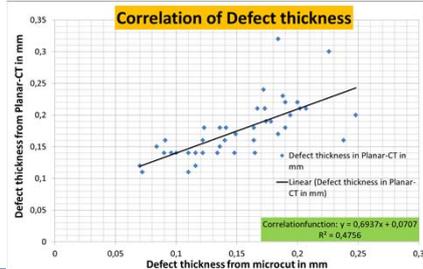
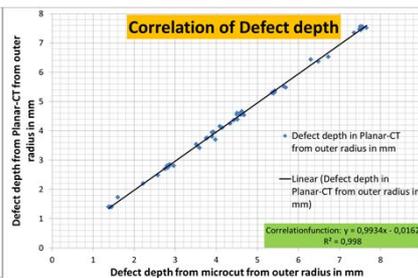
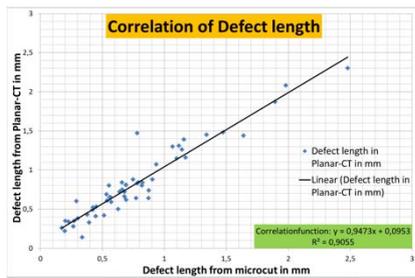
- Probe mit natürlicher Delamination per Planar-CT untersucht und mit Schliff verglichen
- Delaminationen können ab ca. 50 µm bis 70 µm Öffnung gefunden werden (werden allerdings breiter dargestellt).



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

AIRBUS

Beispiel A380 Holm, Radienprüfung: Technische Qualifikation



Ergebnis:
 Gute Korrelation zwischen Planar-CT und Schliffuntersuchungen für Defekttiefe, -länge und -lage.
 Delaminationen können ab ca. 50 µm bis 70 µm Öffnung gefunden werden.
 ⇒ Verfahren für diese Anwendung qualifiziert.

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

AIRBUS

Zusammenfassung

- Laminografie (Planar-CT) ist eine interessante Ergänzung zur Ultraschallprüfung von großen CFK-Bauteilen
- Planar-CT wurde bei Airbus für limitierte Anwendungen als Eskalationsverfahren qualifiziert, um bei unklaren Ultraschallergebnissen zusätzliche Informationen zu liefern
- Jede neue Anwendung muss neu qualifiziert werden, um die Nachweisempfindlichkeit zur Auffindung relevanter Fehler nachzuweisen
- Die Detektierbarkeit von Delaminationen hängt insbesondere von der gewählten Einstrahlrichtung ab