



Industrielle Ultraschallprüfung geometrisch komplexer Faserverbundstrukturen

thinking without limits


Präsentation: FA Ultraschallprüfung: „Bildgebende Verfahren für die Ultraschallprüftechnik“
11. November 2014
Berlin
Manuel Holzheimer



thinking without limits

Agenda

- Eurocopter
- Komplexe Faserverbundstrukturen
- Prüfprozessentwicklung
 - Verfahren identifizieren
 - Methoden anpassen / entwickeln
 - Wirksamkeit des Prozesses nachweisen
 - Praktische Umsetzung
- Fazit



2

EUROCOPTER

Eurocopter



KOMPLEXE FASERVERBUNDSTRUKTUREN

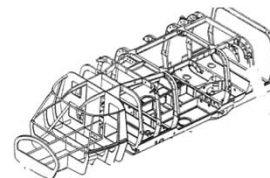
Komplexe Faserverbundstrukturen

Aktuell / Trend →

- Konzeptleichtbau
- Integralbauweise
- Komplexe Geometrien
- Neue Produktionstechniken
- Neuartige Materialien / Materialkombinationen (Fasern / Harze / Kernmaterialien)



Herausforderung ZFP



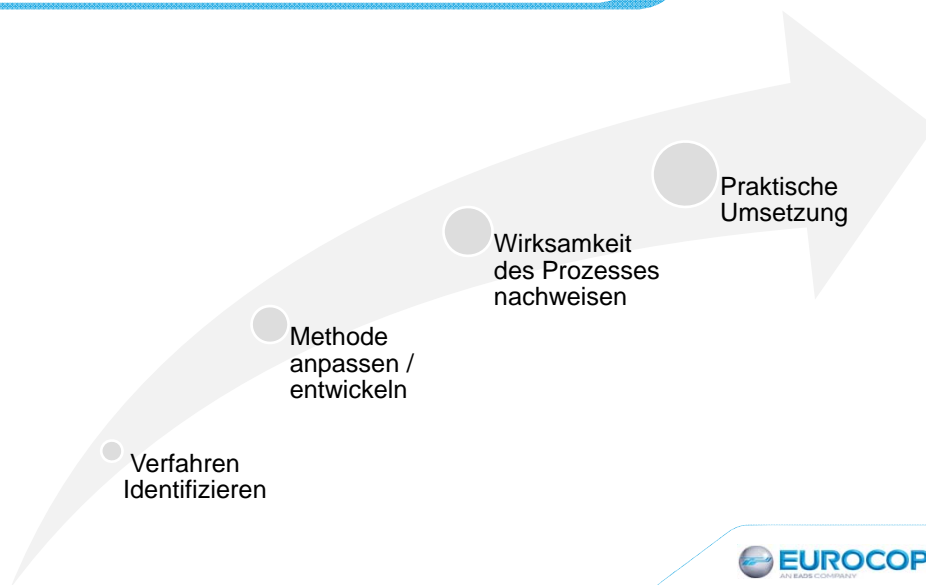
ZFP ANFORDERUNGSPROFIL

Anforderungen an die ZFP



PRÜFPROZESSENTWICKLUNG

Prüfprozessentwicklung



Verfahren Identifizieren



EC 135



Verfügbare ZFP-Methode	lange, schmale, komplexe Struktur, hohe Stückzahlen	Potentielle Fehlerarten		
		Porosität	Delamination	OnQualtion
UT-PE	-	-	-	-
UT-TT	-	-	-	-
IRT	-	-	-	-
RT	-	-	-	-
CT	+	+	+	+



EC 145 T2

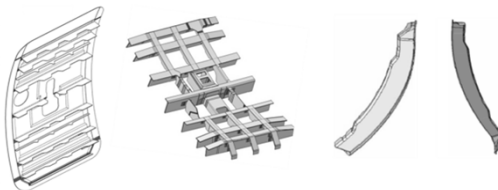


Verfügbare ZFP-Methode	lange, röhrförmige, schwer zugängliche Sandwichstruktur	Potentielle Fehlerarten				
		Porosität in Monolith	Delamination in Monolith	Porosität in Radien	Delamination in Radien	Delamination in Sandwich
UT-PE	+	+	o	+	-	
UT-TT Water	o	o	o	o	+	
UT-TT Air	-	-	-	-	+	
IRT	-	o	o	o	o	
RT	-	-	-	-	o	
CT	o	o	o	o	o	

- + Verfahren sehr gut geeignet
- o Verfahren bedingt geeignet
- Verfahren ungeeignet

- Verfahren kurzfristig verfügbar
- Verfahren mittelfristig entwickelbar
- Verfahren im Laborstatus

Verfahren Identifizieren



A350 Passagiertür



Verfügbare ZFP-Methode	diverse, komplexe, monolithische Strukturen, hohe Stückzahl	Potentielle Fehlerarten			
		Porosität in Monolith	Delamination in Monolith	Porosität in Radien	Delamination in Radien
UT-PE	+	+	+	+	
UT-TT Water	o	o	o	o	
IRT	o	o	o	o	
RT	-	-	-	-	
CT	o	o	o	o	

- + Verfahren sehr gut geeignet
- o Verfahren bedingt geeignet
- Verfahren ungeeignet

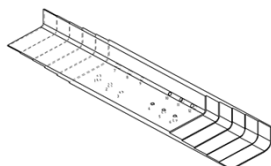
- Verfahren kurzfristig verfügbar
- Verfahren mittelfristig entwickelbar
- Verfahren im Laborstatus

METHODEN ANPASSEN / ENTWICKELN

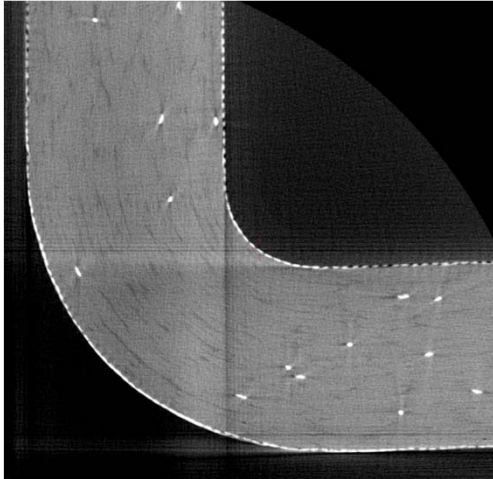
Ultraschall Radienprüfung an monolithischen Faserverbundstrukturen

Methoden anpassen / entwickeln

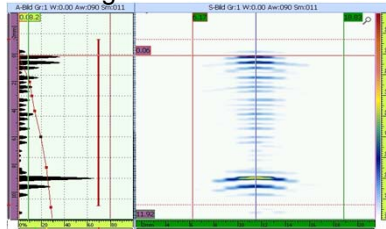
- Auswahl Equipment
Ultraschallgeräte, Prüfköpfe, Vorlaufstrecken usw.
- Entwicklung Vergleichskörper
Repräsentative Geometrie, Materialien inkl. kleinster nachzuweisender Fehler (z.B. KSR)
- Anpassen und optimieren der UT Methode / Equipment
- UT Parameterstudien
Tiefenausgleichskurven, Transferkorrekturen, Registrierschwellen



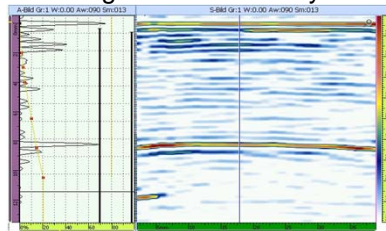
Auswahl / Optimierung der Methoden
„So viel wie nötig, so wenig wie möglich“



Prüfung mit Vorlaufstrecke



Prüfung mit Curved Array



**WIRKSAMKEIT DES PROZESSES
NACHWEISEN**

Wirksamkeit des Prozesses nachweisen durch POD und MCT

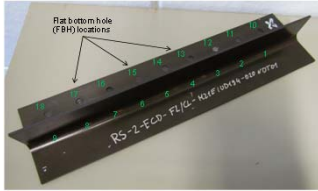
Statistischer Nachweis

POD „Probability of Detection“

Quantitativer Nachweis

MCT „Micro-Computertomografie“

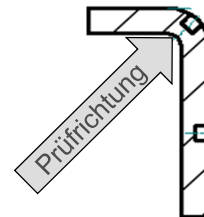
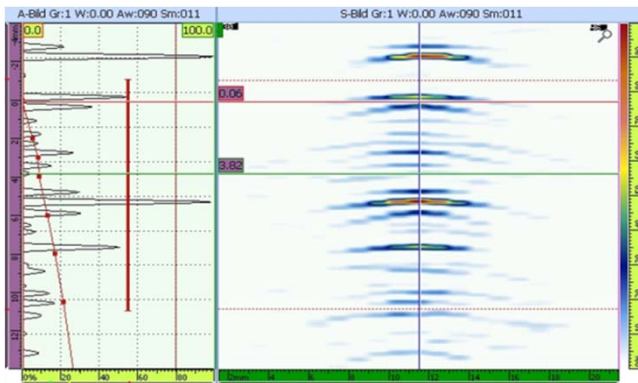
Defect category	4			5			6			4			5			6											
FBH no.	10			11			12			13			14			15			16			17			18		
Inspector no.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y			
2	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y			
3	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y			
4	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y			
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
Trials / FBH	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
y / FBH	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			
n / FBH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			



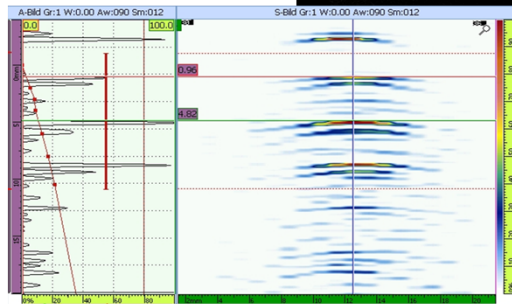
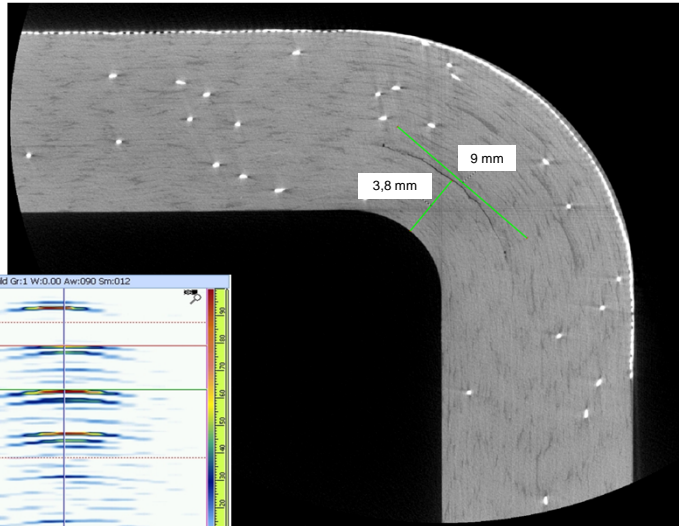
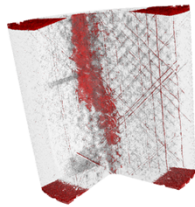
RayScan 250 Micro-CT

Verifikation an Vergleichskörpern mit eingebrachten KSR

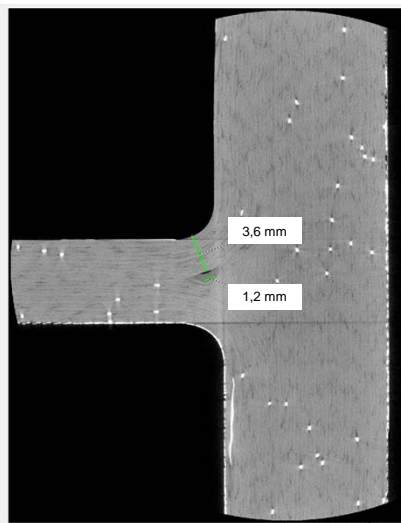
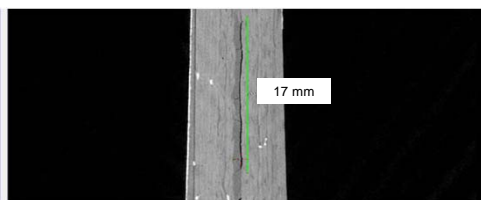
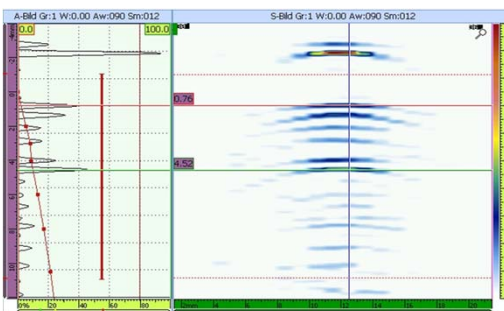
KSR 6 mittig



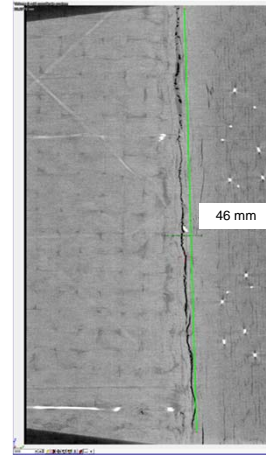
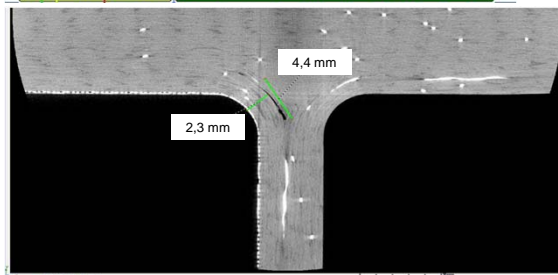
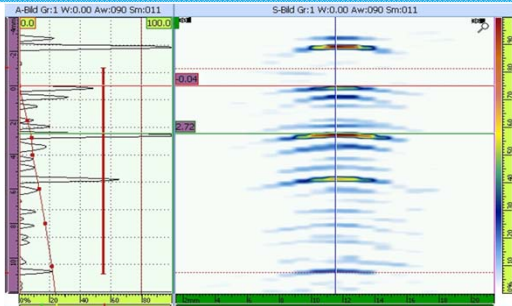
Verifikation und Analyse an realen Anzeigen



Verifikation und Analyse an realen Anzeigen



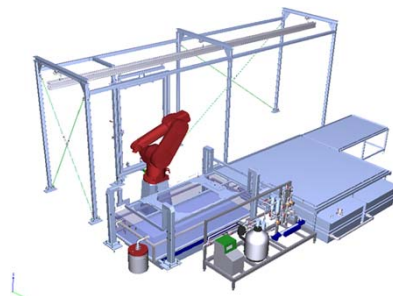
Verifikation und Analyse an realen Anzeigen



PRAKTISCHE UMSETZUNG

Praktische Umsetzung

- Infrastruktur herstellen / Geräte
- Prüfanweisungen / Dokumentationsgrundlagen
- Schulung / Leistungskontrollen des Prüfpersonals
- Fortwährende Optimierung des Prüfprozesses
- Von manueller- zur automatisierten Prüfung
- Wartung



FAZIT

Fazit

- Aktuelle Faserverbundstrukturen und Bauweisen bringen ZFP an ihre Grenzen
- Hintergrundwissen ist notwendig bezüglich Herstellungsverfahren, Bauweisen, Materialien → Möglich Fehlertypen und Größen
- Aussagekräftige Wirksamkeitsnachweise nur über Verifikationsmessungen an realen Strukturen möglich
 - MCT, Schliffbilder, reale Defekte
- MCT wertvoll als Referenzmethode an Kleinproben
 - Fehlererkennbarkeit UT typischerweise überlegen
 - Fehlercharakterisierungsmöglichkeiten (z.B. durch Visualisierung, Vermessung, Automatisierung usw.)
 - MCT Ergebnisse leichter verständlich als UT (3D vs. 2D)
- Angepasster ZFP Prozess
 - So viel wie nötig, so wenig wie möglich!

Fragen?



**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT**