

Luftultraschallprüfung in der Luftfahrt

Johannes SCHULLER

Eurocopter Deutschland GmbH;
81663 München;
Telefon:+49 89 6000-8547;
E-Mail: johannes.schuller@eurocopter.com

Reinhold OSTER, Eurocopter Deutschland GmbH;
81663 München;
Phone:+49 89 6000-2570;
E-Mail: reinhold.oster@eurocopter.com

Wolfgang HILLGER, Ingenieurbüro Dr. Hillger, Braunschweig;
Jürgen BOSSE, Robo-Technology, Puchheim

Kurzfassung: Kohlefaserverstärkte Sandwich-Bauteile, werden wegen ihrer hohen Festigkeit bei niedrigem Gewicht, gerne und mit steigender Tendenz in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Klassischer Weise werden diese Strukturen auch bei Eurocopter in Durchschallungstechnik mit Wasserankopplung, sogenannten „Squirtern“ geprüft. Diese Technik ist qualifiziert und hat sich über viele Jahre hinweg etabliert. Trotz dieser Tatsache und des damit verbundenen Qualifizierungsaufwandes, der speziell in der Luftfahrt nicht ganz trivial ist, hat sich Eurocopter nun dazu entschlossen, für spezielle Hubschrauberbauteile einen neuen Weg zu gehen, um die Ankopplung über Luft zu realisieren.

1. Einführung

Sandwichbauteile werden heute in der Luftfahrt üblicherweise in Durchschallung geprüft. Dazu werden meist automatisierte Anlagen mit sogenannter Squirtertechnik eingesetzt. Der Vorteil der Durchschallungstechnik liegt in der klaren Aussage. Wird das emittierte Signal des Senders nach Durchlauf des Prüfteils am Empfänger in ausreichender Höhe empfangen, so ist die Prüfstelle in Ordnung, ist das nicht der Fall, so geht man von einem Defekt aus. Diese Technik ist seit vielen Jahren im Einsatz und hat sich bewährt. Die Nachteile liegen in der fehlenden Laufzeitinformation, dem Umstand, daß eine beidseitige Zugänglichkeit gegeben sein und mit Wasser hantiert werden muss. Wasser ist zwar ein guter „Schalleiter“, aber auch mit vielen Nachteilen behaftet. So müssen die Bauteile z.B. oft aufwendig gegen eindringendes Wasser abgedichtet werden. Zudem ist die damit einhergehende Korrosion immer wieder ein leidiges Thema.

2. Die Herausforderung

Immer komplexere Strukturen führen zu immer höheren Prüfanforderungen. So besteht die Zelle des neuen Heckauslegers der EC145 T2 [1] praktisch nur noch aus 3 Teilen (siehe Abb. 2). Die zu untersuchende Röhre ist ca. 3m lang und hat einen Ei-förmigen Querschnitt mit ca. 35cm Durchmesser. Ca. 80% der Fläche besteht aus einem sogenannten Sandwichaufbau mit einer Papierwabe als Stützmaterial und dünnen Kohlefasergewebelagen innen und außen.



Abb.1 EC145 Helikopter

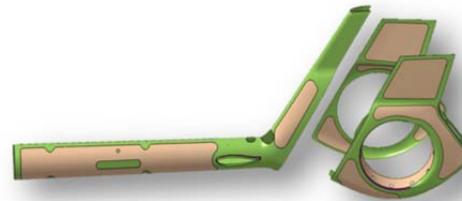


Abb.2 CFK Sandwich Heckausleger

Was für die Fertigung eine Reduzierung von Teilen und Fügeprozessen und somit Herstellkosten bedeutet, stellt die Prüftechniker der Luftfahrtindustrie, wo nahezu alle Bauteile ihre Qualität unter Beweis stellen müssen, vor neu und große Herausforderungen [2, 3]. Das ist in aller Regel kostenintensiv, und Einsparungen in der Fertigung, können sehr schnell wieder durch die erhöhten Prüfkosten aufgeessen oder übertroffen werden. Es ist daher sehr wichtig, den gesamten Prozeß der Bauteilrealisierung im Auge zu behalten und sich mit allen Prozeßbeteiligten permanent und rege auszutauschen. So läßt sich letztlich eine kostengünstige und effiziente ZfP-Prüfung vornehmen.

3. Qualifikation der Luftultraschall-Durchschallungsprüfung

Eine „gute Idee“ alleine, reicht in der Luftfahrt normalerweise nicht aus. Alles von der Norm abweichende (vom neuen Mitarbeiter bis zum veränderten Aushärtezyklus) muß den Nachweis erbringen, daß das Erwartete in der Realität auch reproduzierbar erbracht wird. Diesen Nachweisprozeß nennt man Qualifikation.

Nachdem bei uns die Idee der Durchschallungsprüfung mit Luftankopplung geboren war, wurde eine Originalheckauslegerröhre mit künstlichen Fehlstellen gebaut. Dazu wurden spezielle Folien in unterschiedlichen Formen und Größen eingelegt. Diese Röhre wurde anschließend zerschnitten und die damit zugänglichen Testfelder in konventioneller Transmission (Squirtertechnik) geprüft. Die so ermittelten Ergebnisse galten im folgenden als „Standard“ und Maßstab für die künftigen Prüfungen. Nachdem erste Grundsatzversuche bei unseren Kollegen von AIRBUS in Bremen positiv verliefen, wurde eine umfangreiche Parameterstudie bei EDAS IW in Ottobrunn vorgenommen. Ziel dieser Studie war nicht nur die Durchführbarkeit generell, sondern auch ein Gespür für die Sensibilität dieser Technik zu bekommen. Denn die Kosten einer Prüfanlage wachsen überproportional mit den Anforderungen an die Genauigkeit. Die folgende Grafik zeigt symbolisch die Parameter, die mit unterschiedlichen Prüffrequenzen untersucht wurden.

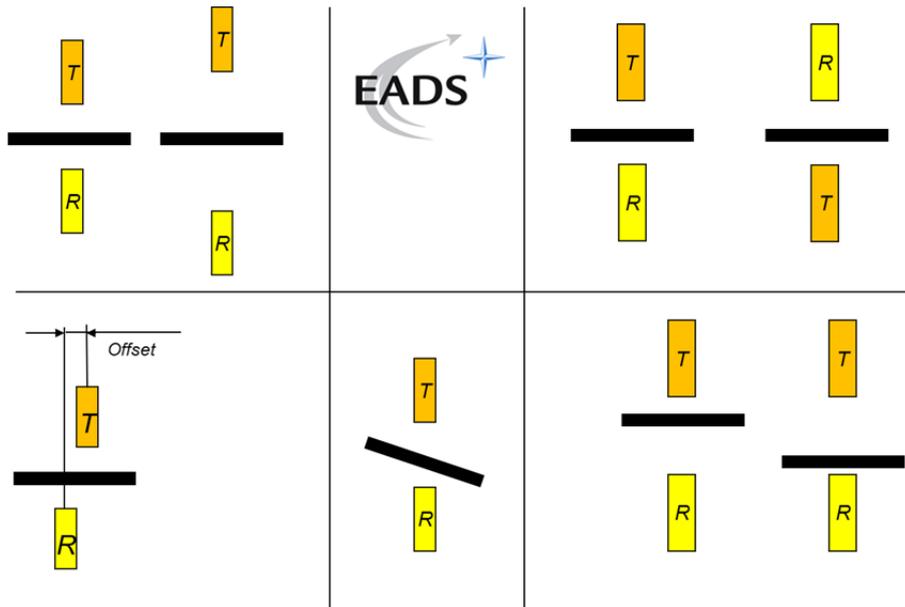


Abb.3 Einflußparameter [4]

Exemplarisch zeigt die folgende Abbildung den Einfluß einer Abstandsvergrößerung des Senders.

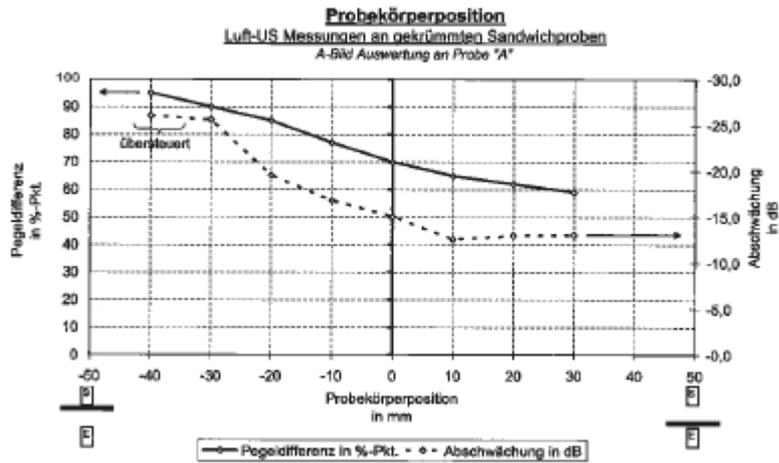


Abb.4 Einfluß des Abstandes mit $f=120$ kHz [4]

4. Automatisierte Luft UT-Prüfanlage

Da es weder bei Eurocopter noch auf dem freien Markt eine passende Lösung zur automatisierten Luftultraschallprüfung von rohrförmigen CFK-Sandwichstrukturen gab, wurde vom EUROCOPTER Vorrichtungsbau [5] ein Konzept erarbeitet und zusammen mit den Firmen RoboTechnology, der Ostertag GmbH und dem Ingenieurbüro Dr. Hillger die Prüfanlage realisiert. Die 10-Achsen Maschine, die ihre Positionierbefehle letztlich aus dem CAD-Modell erhält, kann alle zu prüfenden Raumpositionen mit den zwei Durchschallungsprüfköpfen optimal anfahren. Geschlossene Röhren, mit Durchmessern ab 300mm bis 1100mm können so mit Prüfgeschwindigkeiten von bis zu 500 mm/s, geprüft werden.

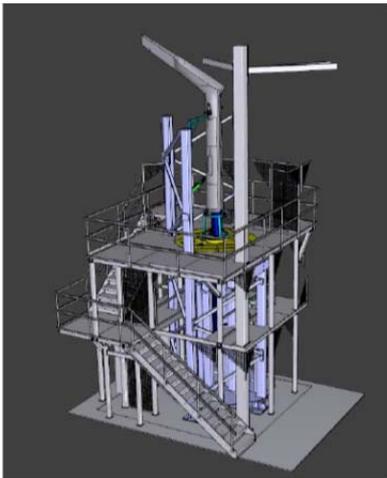


Abb.5 Entwurf



Abb.6 Prüfmaschine

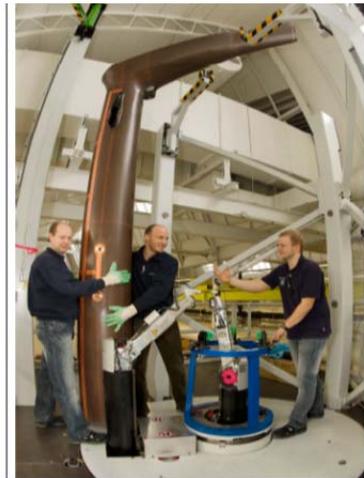


Abb.7 Prüfvorbereitung

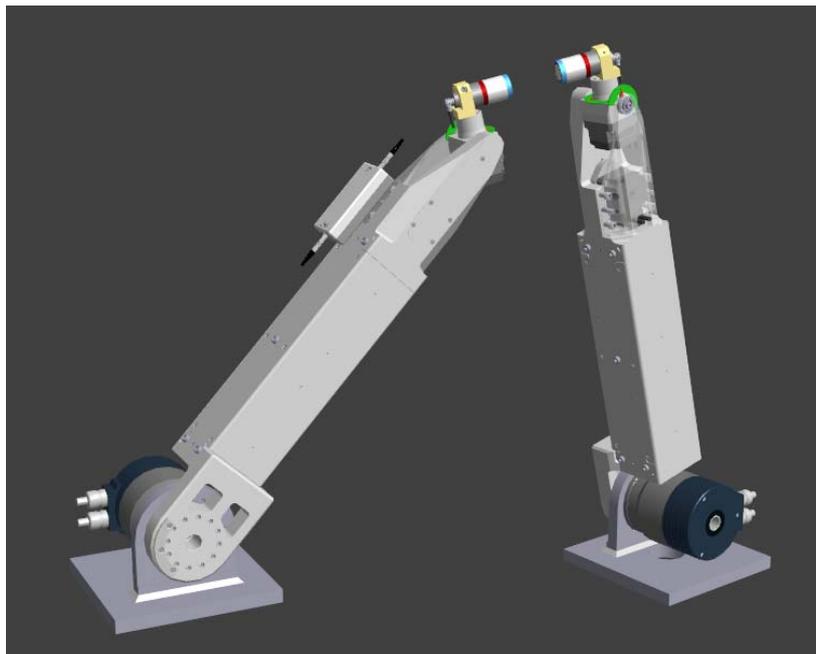


Abb.8 Prinzipdarstellung der 3-achsigen Pivot Arme

5. Prüfergebnisse

Um die Auswertung der C-Bilder ergonomischer zu gestalten, werden die abgewickelten Flächen auf sogenannte „Patches“ also Teilflächen aufgeteilt. Die **Abbildung 9** zeigt eine zusammengesetzte Hälfte des Heckauslegers.

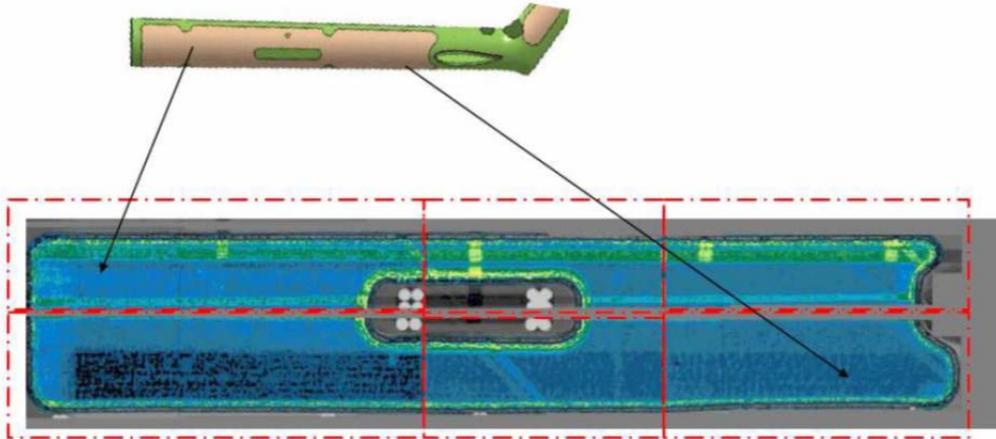


Abb.9 Zusammengesetztes C-Bild einer Röhrenhälfte

Klar zu sehen sind die planparallelen Wabenbereiche (blau) und die Wabenschrägen (blau-grün). Die dunkleren Streifen sind Bereiche mit höherer Dichte und das grüne Band im oberen Bereich ein Kupferband. Das folgende Bild zeigt die komplette Röhre des Auslegers im abgewickelten Zustand.

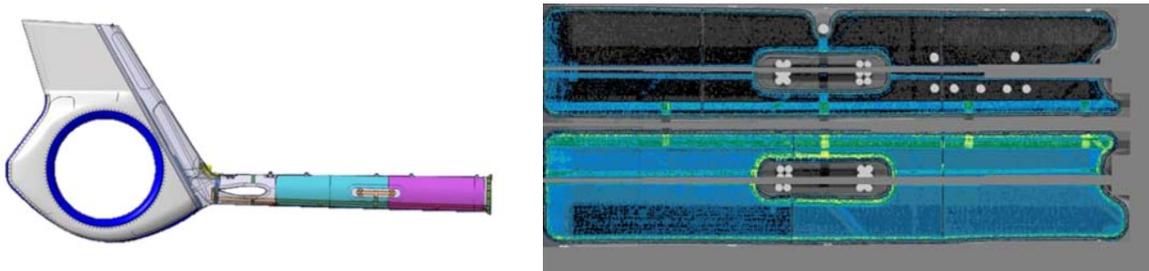


Abb.10 Heckausleger mit Wabenangaben für links und rechts, sowie C-Bild komplett

Hier fällt auf, daß die obere Hälfte nahezu schwarz ausfällt. Der Grund dafür ist, daß bei gleicher Grundverstärkung hier zwei verschiedenen Wabentypen geprüft wurden. Der obere Teil der Abwicklungsfläche ist mit einer deutlich dichteren und somit schwereren Wabe ausgeführt, was zu einer wesentlich besseren Schalleitung führt.

6. Zusammenfassung

Es wurde eine neue Prüfmaschine qualifiziert, die die Wabenbereiche von Heckauslegern, wie den der EC145 T2 sicher und zuverlässig in Durchschallung mit einer Ankopplung über Luft prüfen kann. Dazu wurden zahlreiche Parameterstudien und Nachweisversuche an Originalstrukturen durchgeführt. Zudem umgeht man die Nachteile der Wasserankopplung. Man denke hier nur an die Korrosion, Algen, Wasseraufbereitung oder den Einfluß der Schwerkraft. Natürlich bleibt es immer abzuwägen, welche Methode für den jeweiligen Fall die bessere und günstigere Lösung darstellt.

7. Danksagung

An dieser Stelle sei nochmals allen Beteiligten der Firma Eurocopter und insbesondere den Partnerfirmen, wie dem Ingenieurbüro Dr. Hillger, der Firma Ostertag sowie der RoboTechnology GmbH für die gute Zusammenarbeit gedankt.

Referenzen

[1] A. Engleder, S. Görlich, D. Strobel (EUROCOPTER DEUTSCHLAND GmbH) THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COMPOSITE TAILBOOM; 37th European Rotorcraft Forum 2011, Session: Structures & Materials

[2] R. Oster: (EUROCOPTER DEUTSCHLAND GmbH) NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODOLOGIES ON HELICOPTER FIBER COMPOSITE COMPONENTS CHALLENGES TODAY AND IN THE FUTURE, 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa

[3] R. Oster: (EUROCOPTER DEUTSCHLAND GmbH) HERAUSFORDERUNGEN AN DIE ZFP BEI IHRER ANWENDUNG AN FASER VERBUNDBAUTEILEN, DGZfP Dachtagung Graz 2012

[4] R. Stößel, D. Kiefel,: Interne EADS IW Untersuchungen

[5] J. Arent, S. Lang, A. Nebil (Eurocopter Deutschland Vorrichtungsbau)