

# Die Zukunft hat komplexe Formen – Eine Universal-Prüfanlage für Flugzeugteile der Gegenwart *und* Zukunft

Dr.-Ing. Sebastian GRIPP\*, Wolfgang HAASE\*, Markus ZÜBLIN\*\*, Gero WAHLE\*\*\*

- \* AREVA NDE Solutions Germany, intelligenteNDT Systems & Services GmbH, Erlangen, Deutschland.  
Adresse: intelligenteNDT Systems & Services GmbH, Paul-Gossen-Straße 100, 91052 Erlangen. Tel.: 09131-900-98800. Internet: [www.intelligendeNDT.de](http://www.intelligendeNDT.de)
- \*\* RUAG Schweiz AG, RUAG Technology, Emmen, Schweiz, Internet: [www.ruag.com](http://www.ruag.com)
- \*\*\* RUAG Schweiz AG, RUAG Aviation, Emmen, Schweiz, Internet: [www.ruag.com](http://www.ruag.com)

**Kurzfassung.** Dieser Artikel beschreibt eine neu installierte Ultraschall-Prüfanlage mit hohem Innovationsgrad, die kürzlich von der intelligenteNDT Systems & Services GmbH für die RUAG Emmen AG gefertigt wurde. Prägnante Merkmale sind der Einsatz von Knickarmrobotern für eine hoch genaue Prüfmechanik überragender Flexibilität sowie modernster Prüfelektronik aus dem Hause intelligenteNDT für einen optimalen Dynamikbereich.

## Einführung

Der deutsche Teil der weltweit tätigen AREVA NDE Solutions, intelligenteNDT Systems & Services GmbH, hat im Rahmen eines Auftrages für die RUAG Schweiz AG, RUAG Technology, in Emmen, eine Prüfanlage realisiert, die durch unübertroffene Flexibilität, Vielseitigkeit und Produktivität besticht.

Entsprechend den Kundenbedürfnissen und in Spezifikationen niedergelegten Anforderungen musste das Anlagenlayout die Prüfung einer sehr breit gefächerten Palette von Bauteilformen und Werkstoffkombinationen ermöglichen, darunter komplex geformte, auch zweidimensional gekrümmte Bauteile mit großer Durchbiegung und engen Radien, die aus metallischen wie auch polymeren Verbänden teils sehr großer Wandstärke und intrinsischen Schwächungen gefertigt sein können.

## Anlagenmechanik

In Konsequenz dessen wurde als Ansatz für eine geeignete Prüfmechanik ein System mechanisch unverbundener, aber steuerungstechnisch gekoppelter Manipulatoren gewählt, die in Form kommerziell erhältlicher Knickarmroboter der Firma Stäubli ausgebildet sind.

Diese Roboter haben 6 Freiheitsgrade, so daß innerhalb des Arbeitsbereiches jede beliebige Orientierung und Drehlage eines Werkzeuges eingenommen werden kann, was



für alle Prüfsysteme erforderlich ist, die mehr als einen Schallaustrittspunkt aufweisen, was z. B. generell für die Gruppenstrahler- oder Phased Array-Prüftechnik zutrifft.

Kommerziell erhältliche Knickarmroboter zu verwenden, hat eine Reihe von Vorteilen:

- Niedrige Stückkosten für vergleichsweise hoch komplexe Mechanik aufgrund der hohen Fertigungszahlen
- Ausgereifte Optimierung hinsichtlich der spezifischen Steifigkeit, d. h. hohe Steifigkeit gemessen am dynamisch bewegten Gewicht
- Erreichung hoher Geschwindigkeiten am Arbeitspunkt des Werkzeugs (Tool Center Point, TCP), sowie aufgrund des geringen Gewichts und der hohen Steifigkeit sehr hohe Beschleunigungen möglich
- Sehr hohe Dauerstandfestigkeiten bei minimalem Wartungsaufwand



**Bild 1:** Moderne, voll 3D-fähige Doppelroboter- Ultraschallprüfanlage für Durchschallung von komplex geformten CFK-Bauteilen

Die TCP-Bewegung der Roboter wird ergänzt um eine servomotorisch angetriebene Linear-Achse, welche die aufgespannten Bauteile translatorisch zwischen den Robotersockeln bewegen kann und so die effektiv prüfbare Bauteillänge im Prinzip beliebig erweitert, im vorliegenden Falle auf 5 m.

Weiter sorgt ein Drehteller für die Möglichkeit, zylindrische Bauteile im rotierenden und im reversierenden Betrieb besonders effizient zu prüfen.

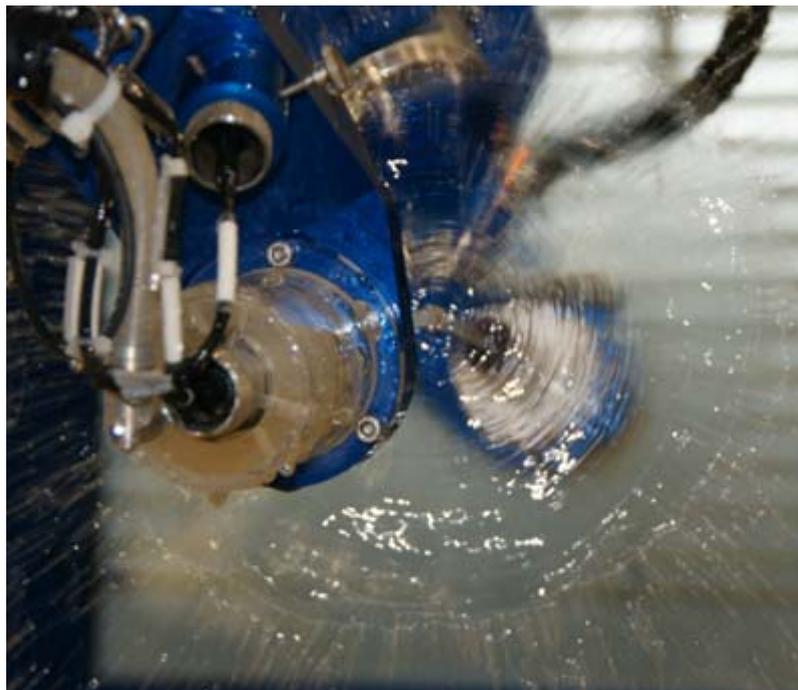
## Performance

Durch die mechanische Auslegung ist Anlage für die Prüfung von komplexen Bauteilformen in Puls- Echo Technik sowohl einkanalig wie auch in Phased Array Technik vorbereitet.

Dabei ermöglicht die Kombination von Roboterbewegung und linearer Bauteilbewegung eine höhere Prüfgeschwindigkeit des Arbeitspunktes bei geringster Wasserstrahldynamik im Vergleich zu Anlagen mit stehenden Bauteilen.

Eine komplexe Steuerung sorgt dafür, daß die beiden TCP's der Roboter und die Position der Linearachse immer genau zusammenfallen, und zwar nicht nur statisch, sondern bei voller Bewegung aller Komponenten. Dadurch wird ein dauerhaft stabiler Wasserteller erreicht, der die hervorragende Prüfqualität der Anlage ausweist.

Der nach der entsprechenden Airbus- Spezifikation AITM 6-0013 durchgeführte Test zeigte denn auch eine sehr geringe Toleranz von weniger als  $\pm 1.5$  dB.



**Bild 2:** Stabiler Wasserteller durch aufwendige Positionssynchronisierung der beiden unabhängig arbeitenden Knickarmroboter

Weiter wird durch aufwendige steuerungstechnische Maßnahmen erreicht, daß auch die Erzeugung von Triggersignalen, welche die eigentlichen US-Messungen auslösen, mit der jeweiligen TCP-Position so genau und in Echtzeit korreliert sind, daß auch bei Scangeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s auf geraden oder gekrümmten Bahnen und Schussabständen von z.B. 0.5 mm der Versatz zwischen geraden und ungeraden Scanlinien - d. h. zwischen hinlaufenden und zurücklaufenden Bahnen - weniger als ein Millimeter beträgt.

Die Anlage ermöglicht den schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Frequenzen durch einfaches Umstecken der entsprechenden Prüfköpfe zwischen Parkposition und dem Düsenhinterteil (siehe Bild 2 oben) und einen ebenso schnellen Wechsel der Wasserstrahldurchmesser durch Umschrauben der Düsen spitzen.

Die eingesetzte Ultraschallelektronik ist ein SAPHIR<sup>Quantum</sup> und entstammt damit der gerade fertiggestellten, neuesten Generation von Ultraschallgeräten, welche die intelligenteNDT Systems & Services GmbH seit langem selbst unter Einsatz jahrzehntelangen Know-hows entwickelt und fertigt.

Durch umfangreiche Erweiterungen und Anpassungen der Prozeduren zur Kalibrierung und Qualifizierung der Geräteperformance konnte erreicht werden, daß diese neue SAPHIR<sup>Quantum</sup> Ultraschallelektronik in vollem anwendbaren Umfang gemäß der Norm DIN-EN-12668-1 in ihrer aktuellen Ausgabe von 2010 charakterisiert wird.



**Bild 3:** Kompakte neue Prüfelektronik SAPHIRQuantum im Einsatz: mit umfassender Qualifizierung und Zertifizierung gemäß DIN-EN 12668-1:2010

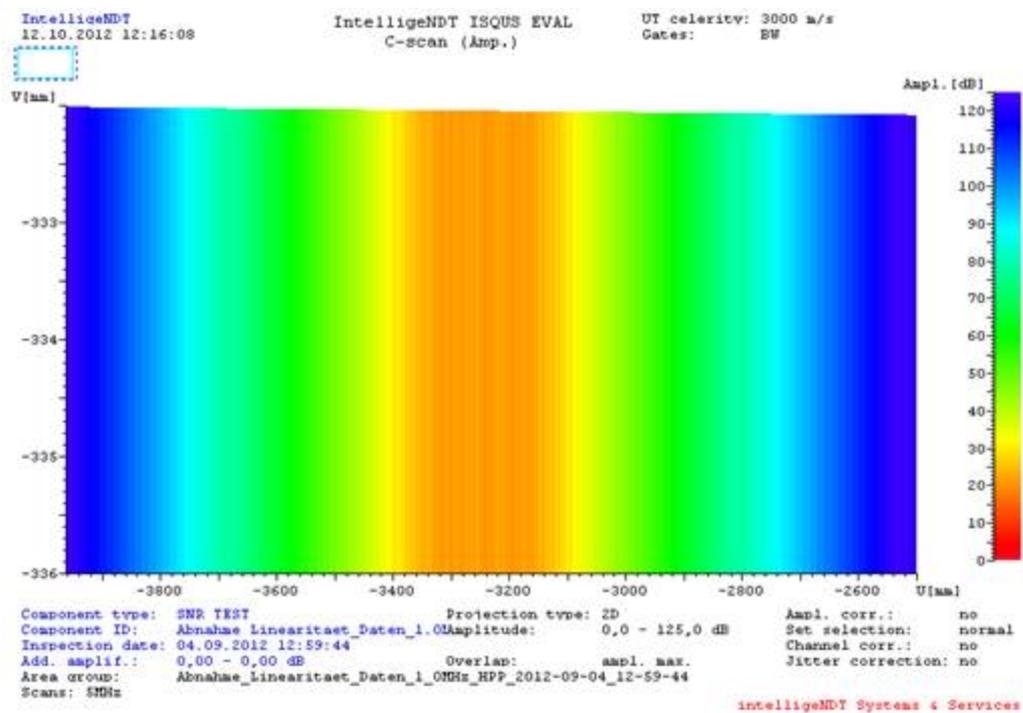
Dank des von intelligenteNDT Systems & Services GmbH mitgelieferten Kalibriermoduls ist der Kunde in der Lage, eine vollständige Geräteüberprüfung entsprechend DIN-EN-12668-1 jederzeit und in kurzer Zeit selbst bei sich vor Ort durchlaufen zu lassen, ein Vorgang, der vollständig automatisiert abläuft und das Prüfergebnis in Berichtsform zur Verfügung stellt.

Alternativ kann die jährlich empfohlene Gerätekalibrierung sehr zeit- und kostensparend per Fernwartungsservice durch die intelligenteNDT durchgeführt werden, ohne daß eine Unterbrechung der Prüffähigkeit der Anlage durch Versand des Ultraschallgerätes eintritt.

Durch eine Reihe von elektronischen Optimierungen sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite konnte es erreicht werden, den Signal-Rausch-Abstand des neu entwickelten SAPHIR<sup>Quantum</sup> gegenüber dem Vorgängergerät noch einmal deutlich zu verbessern. Dies erweitert entsprechend den Bereich möglicher innerer Dynamik der

Prüfbauteile, die auf dieser Anlage noch in einem Durchgang getestet werden können und erspart dem Kunden lästige und zeitraubende Mehrfachprüfungen. Erreicht wird dies durch einen noch einmal verbesserten High Power Pulser sowie speziell ausgelegte und gefertigte Prüfköpfe.

Dadurch wurde ein realer Gesamt-Dynamikbereich des Systems von über 100 dB bei 1 MHz erreicht, wie nebenstehendes Bild zeigt, bei dem die reale Anlage mittels eines korreliert gesteuerten Abschwächers hochgenau charakterisiert wurde.



**Bild 4:** über 100 dB nutzbare Dynamik, gemessen an der realen, installierten Anlage unter Betriebsbedingungen, mit einem korreliert gestellten Abschwächer