

Mit Durchblick

Computertomographie – Sicht ins Innere der Bauteile

Von Thomas Ullmann

Leichter – spritsparender – umweltschonender, so lautet die Devise für Flugzeuge der nächsten Generation. Um dieses Ziel zu erreichen, sind bei Rumpfstrukturen, Flügeln und Strahltriebwerken zunehmend leichtere, zumeist kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe das Material der Wahl. Diese vereinen Stabilität und Leichtigkeit. Doch sind sie auch fest genug? Eine einzigartige Diagnose-Anlage im DLR gibt Antwort.

Mit den neuen Werkstoffen stoßen die Ingenieure im Flugzeugbau in technologische Grenzbereiche vor. Die Materialien und deren Verarbeitung haben hier extremen Anforderungen zu genügen. Eine Markteinführung neuer Werkstoffe und Strukturbauteile ist in der Luftfahrt nur dann möglich, wenn ihre Zuverlässigkeit durch Qualitätsstandards definiert und mit geeigneten Prüfmethoden nachgewiesen ist. Moderne, zerstörungsfreie Prüfverfahren spielen daher bei der Qualitätssicherung und Wartung komplexer Leichtbauteile eine immer wichtigere Rolle. Durch die hohe Ortsauflösung und die dreidimensionale Abbildungsgenauigkeit bietet die Computertomographie die einzigartige Möglichkeit, die strengen Qualitätsstandards neu zu definieren und deren Einhaltung zu gewährleisten.

Bei einem industriell eingesetzten Computertomographen wird ein zu untersuchendes Bauteil auf einem Probentisch langsam um seine Achse gedreht, während es von einer seitlich angebrachten Röntgenröhre durchstrahlt wird. Auf der gegenüberliegenden Seite befindet sich ein Flächendetektor, der die Röntgenprojektion des Bauteils registriert und in digitale Signale umwandelt. Durch die Drehung des Bauteils

werden mehrere hundert solcher Projektionen aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen, die dann mit einem leistungsfähigen Computer zu einer dreidimensionalen Punktwolke aus Grauwerten umgerechnet werden. Im Ergebnis erhält man mehrere hundert zweidimensionale Röntgen-Schnittbilder entlang der drei Hauptachsen im Raum. Aus der Gesamtzahl dieser Querschnitte errechnet der Computer ein dreidimensionales Abbild der untersuchten Struktur. Das Besondere dabei ist die Tatsache, dass nicht nur äußere Flächen, sondern auch innere Strukturen, Hohlräume und Grenzflächen zwischen verschiedenen Materialien (z. B. Klebeflächen) mit hoher Genauigkeit abgebildet werden können.

Die beiden neuen CT-Anlagen des DLR, die Ende 2007 am Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart in Betrieb gegangen sind, spiegeln nicht nur den neuesten Stand der Technik wider, sondern stellen eine weltweit einzigartige Anlagenkombination dar – vereint unter einem Dach. Hier bietet sich die seltene Chance, mit einer großen CT-Anlage Forschung und Entwicklung voranzutreiben. Und das in einem Institut, das mit mehr als 25 Jahren Entwicklung und Erprobung

von neuartigen Leichtbauteilen für die Luft- und Raumfahrtstechnik über ein großes Know-how verfügt.

Die CT-Großanlage „v|tome|x L450“ ermöglicht eine dreidimensionale Analyse komplex geformter Strukturbauteile. Dank ihrer Eigenschaften können innere Strukturen und eventuell auftretende Fehlstellen aufgespürt und identifiziert werden:

- Untersuchung von Objekten mit über einem Meter Durchmesser
- Vermessung im Mikrometer-Bereich
- zwei Röntgenröhren unterschiedlicher Bauart: 450 kV Minifokus-Röntgenröhre zur Durchstrahlung massiver Metallbauteile, 240 kV Mikrofokus-Röntgenröhre für die Untersuchung von Bauteilgruppen aus Leichtmetall-, Keramik-, Kunststoff- oder Faserverbundwerkstoffen.

Für detaillierte Untersuchungen am Werkstoffgefüge oder an kleinsten elektronischen Bauelementen eignet sich die zweite, kleinere CT-Anlage, die als „Nanotom“ bezeichnet wird. Die Bauweise dieser 180 kV Transmissions-Röntgenröhre ermöglicht die Erzeugung eines sehr kleinen Brennfleckdurchmessers (ca. 0,9 µm) auf dem Target. Dadurch wird selbst bei höchsten Vergrößerungen ein scharfes Abbild vom Inneren des zu untersuchenden Materials erreicht.

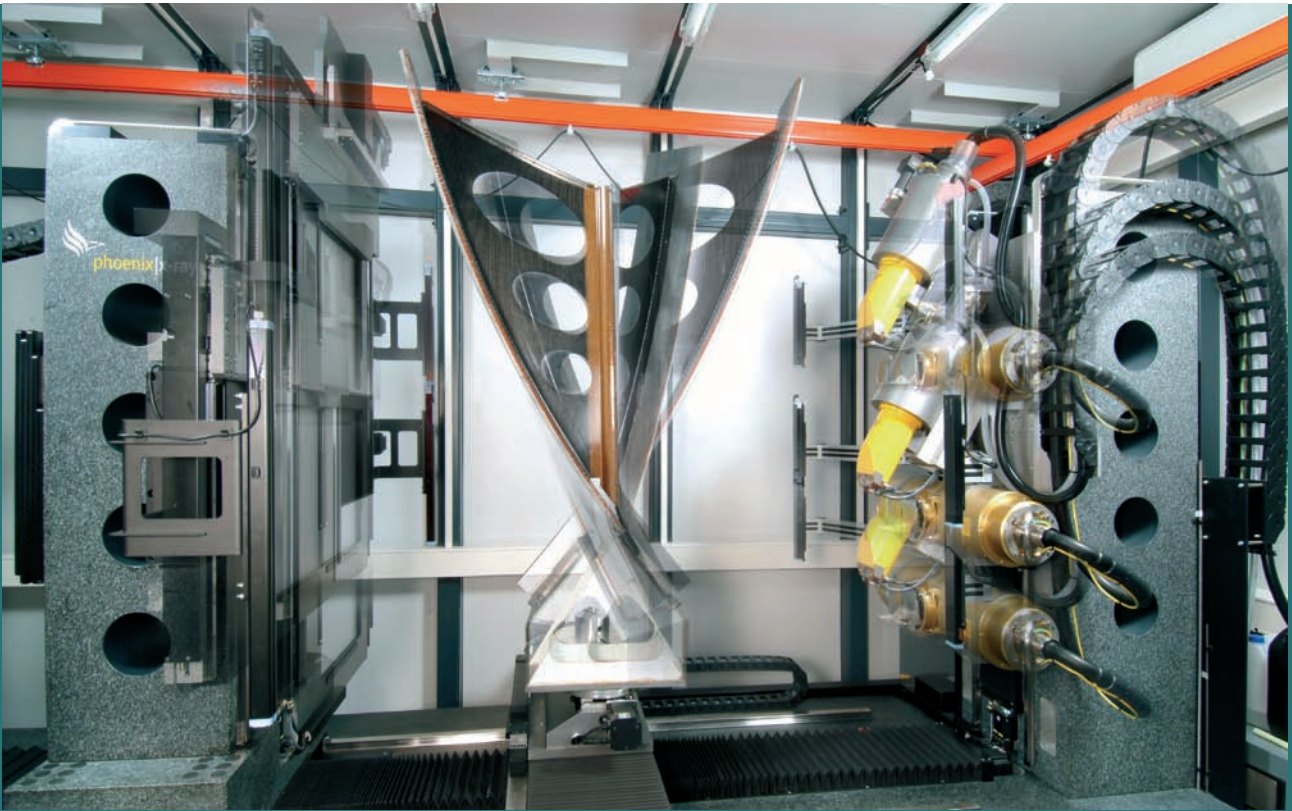
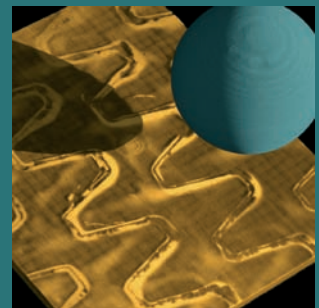
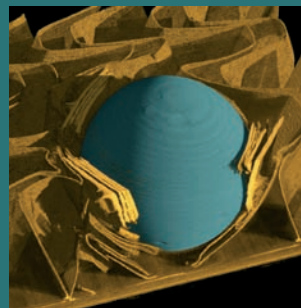
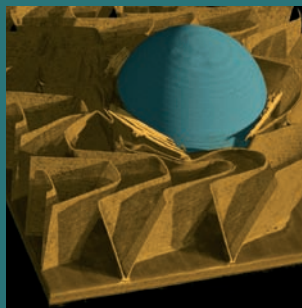
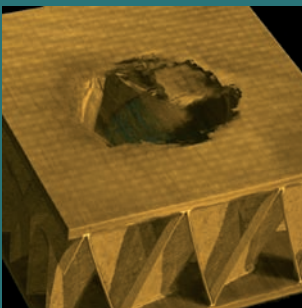
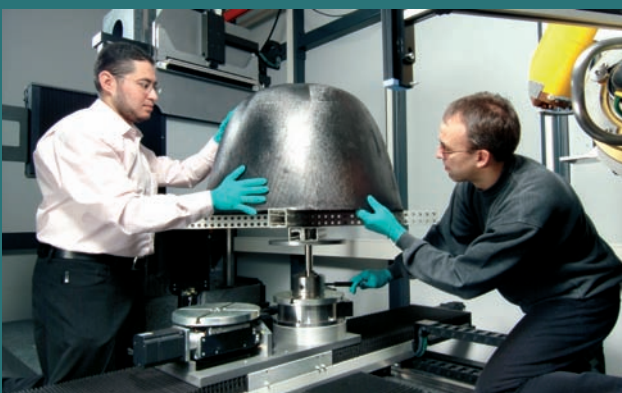


Bild oben: Computertomographie-Großanlage mit einem Crash-Spant in der Mitte (CFK-Struktur zur Stabilisierung einer Fluggastzelle). Das Bild ist durch eine Mehrfachbelichtung entstanden, um die Beweglichkeit der Anlage im Bild festzuhalten. Rechts im Bild (gelb) sind die Röntgenröhren. Links ist der Flächendetektor zu sehen.



Bildsequenz: Analyse einer CFK-Doppelschale mit Falzwabenkern (sog. „Sandwichstruktur“ als Modell eines zukünftigen CFK-Flugzeugrumpfs in Leichtbauweise). Dieser wurde mit einer Glaskugel beschossen, um die Reststabilität nach der punktuellen Beschädigung des Paneels zu überprüfen – z. B. nach einem Hagelschlag. Die Glaskugel ist blau dargestellt (Falschfarbe). Gut zu erkennen: die räumliche Schädigung der Falzwabenstruktur nach dem Beschuss.

Einbau einer Nasenkappe aus C/C-Faserkeramik, ein Bauteil dieser Art soll einmal an der Spitze einer europäischen Forschungskapsel ins All fliegen.



Autor: Thomas Ullmann leitet die Arbeitsgruppe Zerstörungsfreie Prüfung der Abteilung Keramische Verbundstrukturen am DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung in Stuttgart.