

Materialcharakterisierung **Zerstörungsfreie Prüfung von Compositebauteilen**

Um die Qualität von Faserverbundstrukturen zu sichern und zu verbessern, stellt die zerstörungsfreie Prüfung ein sehr wichtiges Werkzeug dar.

Geeignete Testverfahren müssen dabei den kompletten Produktlebenszyklus von der Materialentwicklung bis zum Recycling berücksichtigen.

H.-G. HERRMANN, A. BULAVINOV U. A.

Durch die Notwendigkeit zur Ressourcenschonung und die Forderung nach erhöhter Energieeffizienz bei gleichzeitiger Verbesserung der Funktionseigenschaften hat die Entwicklung von Faserverbundstrukturen enorme Bedeutung erlangt. Das gilt heute für „klassische“ Leichtbaubranchen wie die Luftfahrtindustrie genauso wie für den Automobilbereich, der insbesondere durch die Entwicklung der Elektromobilität neue Entwicklungsimpulse in Sachen Leichtbau erlebt. Aber auch Unternehmen für erneuer-

bare Energien, wie beispielsweise die Windenergiebranche, setzen verstärkt auf Faserverbundwerkstoffe. Um die vorhandenen Leichtbaupotenziale auszuschöpfen, müssen bei allen Leichtbauaktivitäten auch sicherheitskritische Bauteile in ihrem Gewicht reduziert und optimiert werden.

Kennwerte inhomogener Werkstoffe sind notwendig

Dieses Ziel erfordert jedoch eine durchgängige, umfassende und aussagefähige Werkstoffcharakterisierung von Faserverbundstrukturen, bei denen die zerstörungsfreien

Prüfverfahren (ZfP) eine fundamentale Rolle spielen. Außerdem kommen diese bauteilschonenden Methoden vor allem zur Fehleraufdeckung an Halbzeugen und Fertigprodukten im Rahmen der Fehlerprüfung zum Einsatz. Die Möglichkeiten und Anwendungsfelder gehen jedoch noch deutlich weiter und umfassen den kompletten Produktlebenszyklus von der Werkstoff- und Produktentwicklung über Herstellung, Betrieb und Wartung bis hin zum stofflichen Recycling.

Für eine optimale Auslegung von Faserverbundstrukturen ist eine fundierte Kenntnis der teilweise inhomogenen und sogar anisotropen Werkstoffkennwerte notwendig. Um diese Werte zu erhalten, bieten sich zerstörungsfreie Prüfverfahren an, mit denen sich insitu auch zeitlich veränderliche Kenngrößen, wie beispielsweise Ermüdungseffekte, erfassen lassen. Der Vorteil im Vergleich zu zerstörenden Prüfungen ist, dass der zeitliche Aufwand für die Prüfungen deutlich reduziert wird. Zusätzlich lässt sich mit den ermittelten Kennwerten schon zu einem sehr frühen Entwicklungszeitpunkt die Bauteil-

Prof. Dr.-Ing. Hans-Georg Herrmann ist Leiter Methodenentwicklung für das Lebensdauermanagement am Fraunhofer-IZFP in 66123 Saarbrücken und Lehrstuhlinhaber für Leichtbausysteme an der Universität des Saarlandes, Tel. (06 81) 93 02-38 20, info@izfp.fraunhofer.de, Dr.-Ing. Andrey Bulavinov und Dr.-Ing. Michael Maisl arbeiten am Fraunhofer-IZFP in Saarbrücken, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Henning Heuer forscht am Fraunhofer-IZFP in Dresden.

Bild: Fraunhofer-IZFP



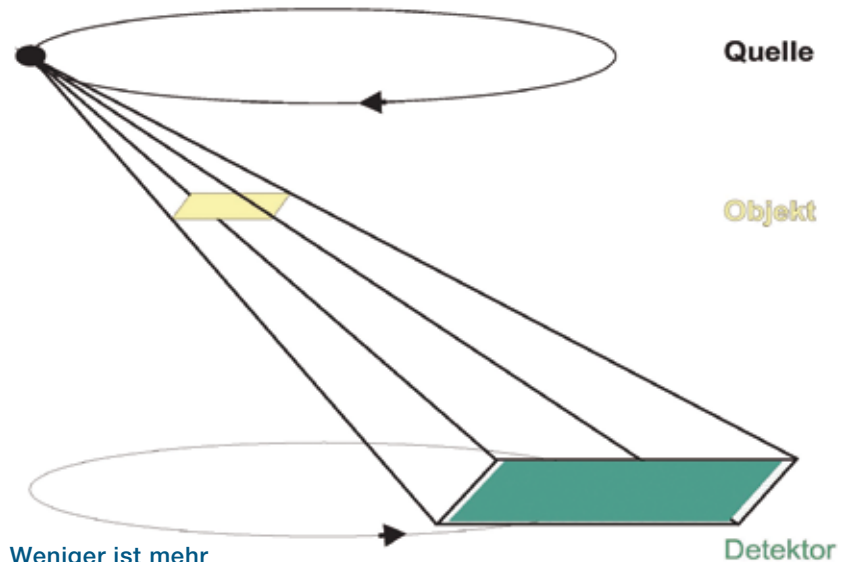
Zeitsparer für Leichtbauprüfung

Forscher am Fraunhofer-IZFP, können mit diesem speziell entwickelten Computer-Laminografiesystem (CL) auch in kurzer Zeit das Innenleben großflächiger Faserverbundbauteile untersuchen.

dimensionierung durchführen. Die Messwerte werden dazu als Eingangsgrößen zur Modellbildung und -verifikation genutzt. Im Rahmen der Validierung finden Methoden der zerstörungsfreien Prüfung ebenso ihren Einsatz, um relevante Veränderungen, wie etwa die Rissbildung oder das Risswachstum, während der obligatorischen Versuche zur Betriebsfestigkeit begleitend zu erfassen.

Zerstörungsfreie Prüfverfahren liefern erste praxisnahe Aussagen

Bei der Entwicklung von Faserverbundmaterialien, -komponenten und -strukturen ist es außerdem wichtig, erste Prototypen im Hinblick auf ihre mechanischen und strukturellen Eigenschaften zu charakterisieren, um anhand dieser Ergebnisse deren Qualität beurteilen zu können. Zerstörungsfreie Prüfmethoden können dabei eine 100-%-Prüfung ermöglichen und bieten im Vergleich zu den zerstörenden Verfahren den Vorteil, dass die geprüften Baumuster uneingeschränkt und ohne aus der Prüfung resultierende Beschädigungen für die weiteren Untersuchungen zu verwenden sind. Damit ist die Voraussetzung geschaffen, die



Weniger ist mehr

Der wesentliche Vorteil der CL gegenüber der klassischen CT besteht darin, dass große, flächige FVK-Strukturen auch ausschnittsweise mit hoher Auflösung untersucht werden können.

Auswirkungen von erkannten Fehlern auf die Lebensdauer des Bauteils im Versuch und im realen Belastungsfall zu beurteilen. Ein Verfahren, welches sich aufgrund seines bildgebenden Charakters im besonderen

Maß für die Untersuchung einzelner Baumuster eignet, ist die Röntgen-Computertomografie (CT) als Referenzmethode. Sollen damit jedoch größere Objekte mit hoher Messauflösung getestet werden, erfordert

Bild: Fraunhofer-ZFP



Mit richtiger Technik zum Erfolg!



CNC-Technologie in Bestform



Perfekte 5-Achs-Bearbeitung für die Luftfahrt-, Automobil- und Schiffbauindustrie

- Konfigurierbar mit ein oder zwei 5-Achs Arbeitsaggregaten, bis zu 44° unterschwenkend
- In X, Y und Z mitfahrender 12-fach Teller-Werkzeugwechsler
- Vollgekapselte Fräsmaschine mit Rotationstisch in Schrägbettanordnung
- Bearbeitung von Materialien aus Kunststoff, Aluminium, GFK und kombinierten Hybridteilen aus Kunststoff und Metall

Besuchen Sie uns auf der Messe in Düsseldorf
Halle 4, Stand C03



Reichenbacher Hamuel GmbH

Rosenauer Straße 32 · D-96487 Dörfles-Esbach
Telefon: +49 (0)9561-599-0 · Fax: +49 (0)9561-599-199
info@reichenbacher.de · www.reichenbacher.com

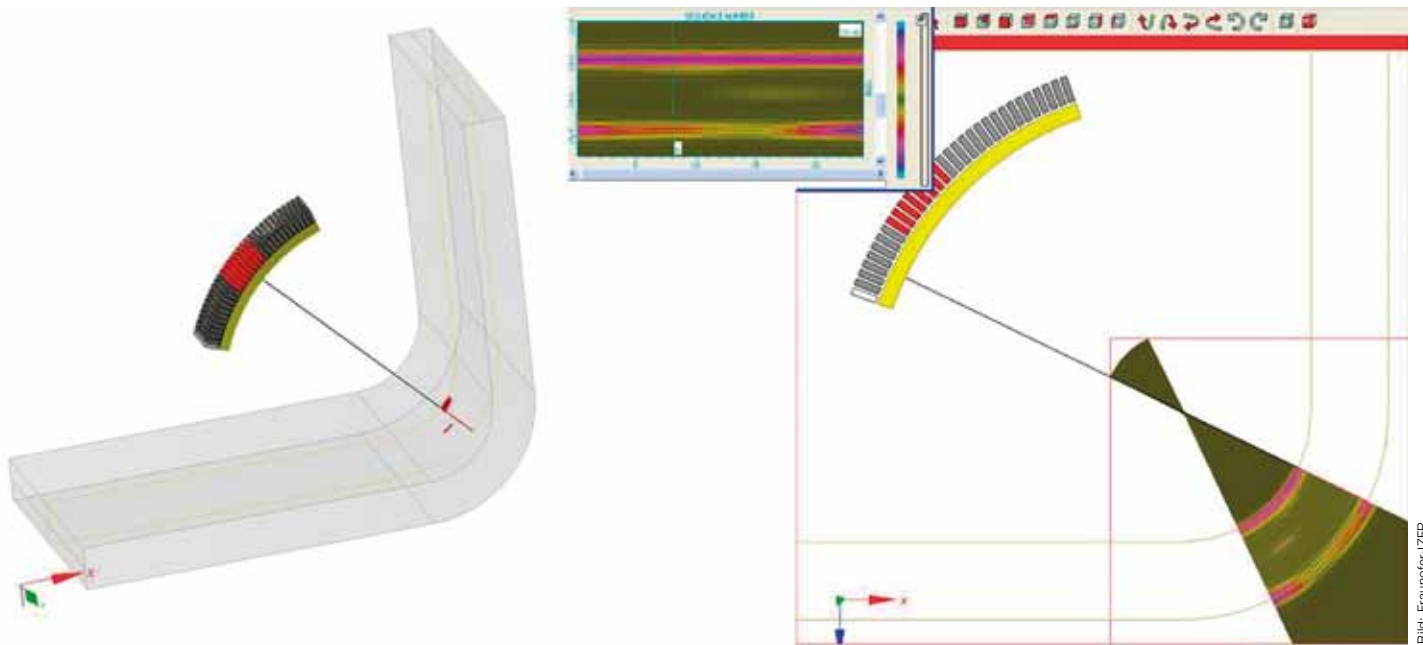


Bild: Fraunhofer-IZFP

Simulierter Ultraschall

Sollen komplexere Bauteilgeometrien an Composites untersucht werden, bietet sich eine Ultraschallprüfung für die zerstörungsfreie Prüfung an. Das Bild zeigt die simulierte Ultraschallausbreitung in einer 3D-Volumenkonstruktion des Teils.

diese Methode einen relativ hohen Prüfaufwand, um die damit verbundenen langen Prüfzeiten betreuungstechnisch aufzufangen. Man kann diesen Prüfaufwand aber verringern: Dazu wurde am Fraunhofer-IZFP ein universelles Computer-Laminografie-Prüfsystem (CL) für die 3D-Analyse mit hoher Auflösung entwickelt, damit die Untersuchung solch großer, flächiger

Komponenten gelingt, wie sie sehr häufig in Leichtbaustrukturen eingesetzt werden.

Der wesentliche Vorteil der CL gegenüber der klassischen CT besteht darin, dass die großen Objekte auch ausschnittsweise mit hoher Auflösung untersucht werden können. Bei der Datenaufnahme wird der Ausschnitt des Bauteils lediglich unter einem stark eingeschränkten Winkelbereich senkrecht zur

Oberfläche durchstrahlt. Im Vergleich zur CT ist eine geringere Zahl von Durchstrahlungsaufnahmen notwendig, was die Prüfungsgeschwindigkeit wesentlich erhöht und dabei hilft, den Zeitaufwand zu verringern.

Ultraschallmethoden sind in der Luftfahrt fest verankert

Bei der Entwicklung von carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK), die üblicherweise aus mehreren Lagen mit unterschiedlichen Faserorientierungen aufgebaut sind, ist es von großer Bedeutung, auch einzelne Faserbündel bezüglich Lage und Anordnung zu charakterisieren. Am Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik am IZFP wurde für diese Analyse das Hochfrequenz-Wirbelstromsystem „Eddycus“ entwickelt, das es erlaubt, typische Fehler in Carbonfaserrohlingen und CFK-Materialien, wie zum Beispiel Anordnungsfehler, nicht vorhandene Faserbündel, Lücken, sogenannte Fussy Balls, Einflechtungen, Ondulationen und Delaminationen, tiefenaufgelöst sichtbar zu machen.

Bei der Prüfung von Faserverbundkomponenten ist der Einsatz von Ultraschallverfahren ein weiteres etabliertes und im Bereich der Luftfahrt im Rahmen der Zulassung fest vorgeschriebenes und verankertes Prüfverfahren. Um die Forderung nach schnelleren, echtzeitfähigen Prüfverfahren und -systemen zu erfüllen, werden zunehmend sogenannte Gruppenstrahlerwandler eingesetzt. Bei diesen handelt es sich um in Ultraschallprüfköpfen linien- oder flächen-

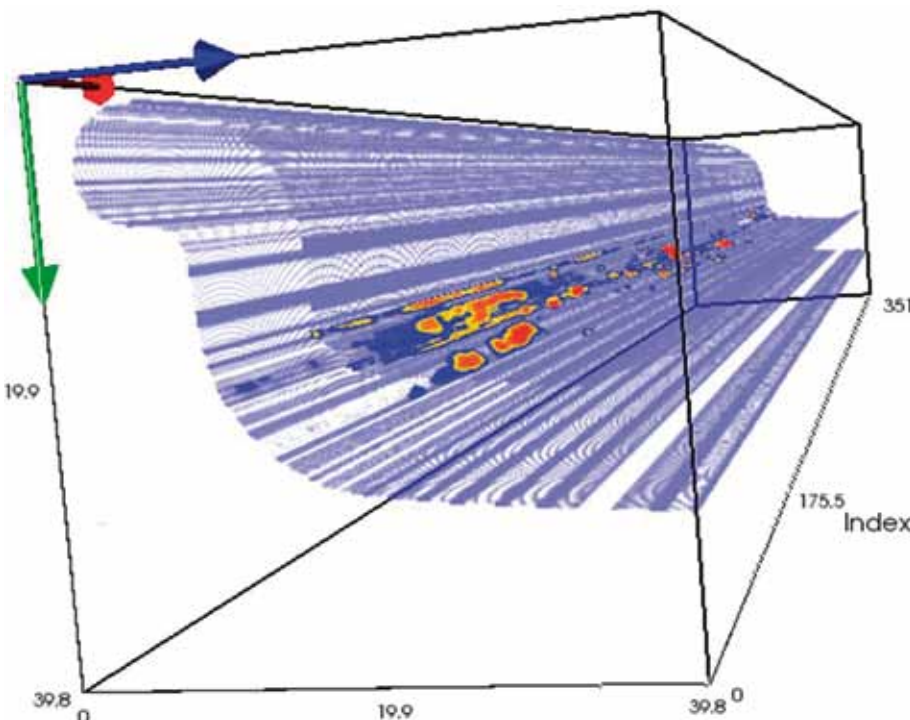
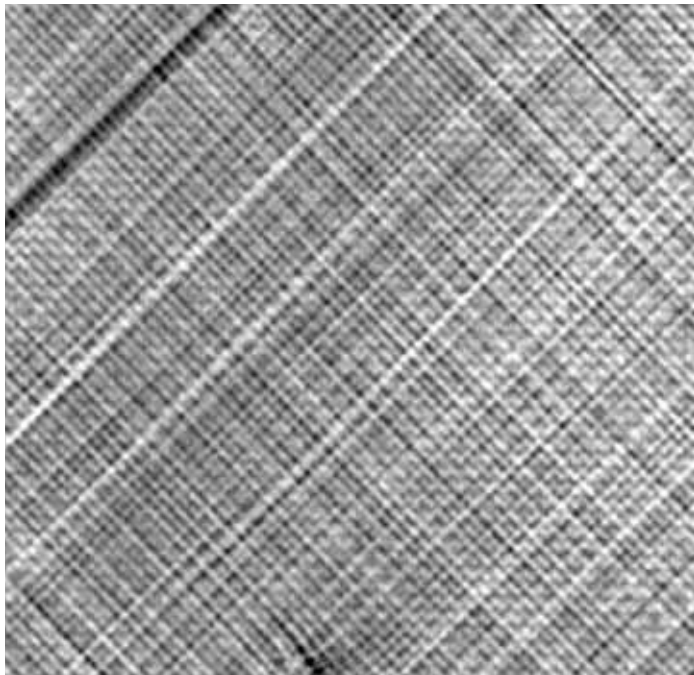


Bild: Fraunhofer-IZFP

Weiterentwickeltes Verfahren

Analysebild einer 3D-Bauteilerfassung aus dem Sampling-Phased-Array-(SPA)-Verfahren mit einer hohen örtlichen Auflösung, das auch automatisiert werden kann.



Übliche Verdächtige aufspüren

Das Hochfrequenz-Wirbelstromverfahren erlaubt es, die typischen Fehler im Carbonfaserrohlege, in Preforms und konsolidierten Bauteilen sicher zu finden.

Bild: Fraunhofer-IZFP

haft angeordnete Einzelschwinger (sogenannte Arrays), durch deren gezielte Ansteuerung das Schallfeld des Prüfkopfes mit dem Ziel einer schnelleren Prüfung und optimierten Prüfaussage variiert werden kann.

Eine Weiterentwicklung dieser auch als Phased Array (PA) bezeichneten Technik ist am Fraunhofer-IZFP mit der Sampling-Phased-Array-Technologie (SPA) gelungen: Die wesentliche Innovation des SPA-Verfahrens besteht darin, dass durch eine optimierte Ansteuerung der Einzelschwinger im Prüfkopf-Array in Verbindung mit synthetischen Rekonstruktionsalgorithmen die Fokussierung auf jeden Punkt des Prüfgebietes gleichzeitig möglich ist (Tomografieprinzip) und damit eine wesentlich verbesserte Ortsauflösung bei sehr hohen Prüfgeschwindigkeiten erreicht wird. Einen besonderen Vorteil bei der Prüfung von faserverstärkten Kunststoffen bietet das Verfahren auch dadurch, dass die Anisotropie der Materialeigenschaften in den dreidimensional dargestellten Ergebnissen berücksichtigt werden kann. Somit können die Materialfehler in tomografischer Qualität abgebildet und ausgewertet werden.

Auch komplexe Geometrien müssen geprüft werden

Eine weitere Herausforderung bei der Ultraschallprüfung von faserverstärkten Bauteilen besteht in der Untersuchung von komplexeren Bauteilgeometrien. Entsprechende Möglichkeiten erfordern einerseits die Verwendung von Industrierobotern zur Bauteilabtastung und setzen dabei andererseits eine

rechenintensive 3D-Volumenrekonstruktion voraus, die auf der Simulation der Ultraschallausbreitung basiert. Der größte Vorteil der 3D-Bauteilerfassung mittels Sampling-Phased-Array-Technik besteht in der möglichen Automatisierung des Auswerteprozesses.

Dank der quantitativen Bildgebung unter Berücksichtigung der Bauteilgeometrie könnte die derzeitige zeitaufwendige Bewertung der Ultraschallergebnisbilder durch den Prüfer zukünftig durch eine am Fraunhofer-IZFP entwickelte Bildverarbeitungssoftware ersetzt werden, die eine deutlich schnellere Auswertung in „Quasi-Echtzeit“ erlaubt. Außer den erwähnten Methoden untersucht das Fraunhofer-IZFP weitere Verfahren zur Prüfung von faserverstärkten Kunststoffen, wie etwa die „aktive Thermografie“ oder „luftgekoppelten Ultraschall“ sowie Mikrowellen und die „Shearografie“ (Speckle-Interferometrie).

Letztendlich ist ein robuster und effizienter Leichtbau mit Faserverbundstrukturen nur durch die konsequente Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung als integraler Bestandteil der Produkt- und Prozessentwicklung möglich. Über gezieltes Lebensdauermanagement, das ohne frühzeitige Einbindung von zerstörungsfreien Prüfverfahren nicht durchführbar ist, erschließen sich weitere Potenziale zur Gewichtsreduktion von Faserverbundstrukturen. Das Fraunhofer-IZFP bietet als eines der weltweit führenden Institute eine fundierte und umfassende Kompetenz auf dem Gebiet der zerstörungsfreien Prüfverfahren von Faserverbundstrukturen.

Wir kommen zu Ihnen – täglich aktuell

maschinenmarkt.de



Wussten Sie schon, dass MM MaschinenMarkt täglich einen Newsletter versendet, welcher Sie über die aktuellen Geschehnisse aus der Branche informiert?

Abonnieren Sie den Newsletter jetzt kostenlos –

---> www.maschinenmarkt.de/newsletter



07468



Vogel Business Media

www.vogel.de