

# TIEFER BLICK INS BAUTEIL

## Terahertz-Sensoren prüfen moderne Flugzeugwerkstoffe



# TIEFER BLICK INS BAUTEIL

## Terahertz-Sensoren prüfen moderne Flugzeugwerkstoffe

Nicht nur in der Automobilindustrie, auch im Flugzeugbau ist das Energiesparen heute eines der wichtigsten Entwicklungsziele. Die Hersteller greifen deshalb neben den klassischen Materialien wie Aluminium zunehmend zu alternativen, modernen Werkstoffen – beispielsweise zu Kohle- oder Glasfaserverbundwerkstoffen. Sie sind elastisch, stabil und zugleich besonders leicht. Dank dieser Materialien sinkt das Gewicht der Flugzeuge und damit ihr Kerosinverbrauch. Der Airbus A380 beispielsweise besteht bereits zu gut 20 Prozent aus Kohlefaser-verbundwerkstoffen (Carbonfaserverstärkte Kunststoffe, CFK).

Gerade im Flugzeugbau müssen hohe Sicherheitsstandards eingehalten werden. Die Hersteller prüfen deshalb jeden Werkstoff und jedes Bauteil bei Produktion und Montage akribisch. Doch die klassischen Prüfmethode eignen sich nur bedingt für die neuen Hightech-Materialien. Ultraschall etwa versagt, wenn es darum geht, Glasfaserverbünde zu durchleuchten. Diese Werkstoffsandwichs bestehen aus mehreren Lagen Kunststoffharz und Glasfasergewirk. Der Schichtaufbau streut die Ultraschallwellen derart, dass sie nicht sauber erfasst und ausgewertet werden können. Eventuelle Materialfehler lassen sich nicht mehr erkennen. Forscher von Fraunhofer IPM haben in den vergangenen Jahren eine neue Prüfmethode zur Marktreife gebracht, die die herkömmlichen Verfahren ideal ergänzt: ein Messsystem, das Werkstücke mit Terahertz (THz)-Wellen durchleuchtet. Dabei handelt es sich um elektromagnetische Strahlung, deren Wellenlänge zwischen der von Mikrowellen und Infrarot-Strahlung liegt. Diese Terahertz-Wellen können eine Vielzahl elektrisch nicht leitender Werkstoffe durchdringen.

### THz-Wellen identifizieren Fremdkörper, Lufteinschlüsse und Materialschichten

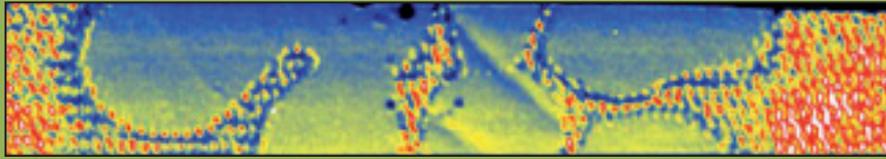
Die IPM-Forscher haben bereits eine Anlage zur Prüfung von Rotorblättern für Windräder entwickelt, nun arbeiten sie an einem Scanner für Flugzeugbauteile. Das Messsystem entsteht im europäischen Verbundprojekt DOTNAC (Development and Optimisation of THz Non-destructive testing on Aeronautics Composite Multi-layered Structures), das von der EU innerhalb des 7. Rahmenprogramms (RP7) gefördert wird. Das Messsystem besteht aus kleinen Terahertz-Sendern und -Empfängern, die jeweils die Größe einer Getränkedose haben. Künftig sollen Roboter oder andere Automaten die Geräte über ein Bauteil führen. Der Sender durchstrahlt das Werkstück mit Terahertz-Wellen, der Empfänger nimmt die reflektierten Signale auf und schickt diese an die Auswerteelektronik. Je nachdem, wie dicht das Material ist, durchwandert eine Terahertz-Welle die Substanz unterschiedlich schnell. Auch der Wechsel von Materialschichten lässt sich aus dem Terahertz-Echo herauslesen – ebenso luftgefüllte Hohlräume, die von der Strahlung recht schnell durchwandert werden. Gerade im Flugzeugbau hat man es wegen der Gewichtsersparnis oftmals mit Hohlstrukturen zu tun, die sich mit der Terahertz-Technik hervorragend prüfen lassen. Auch fehlerhafte Klebstellen werden zuverlässig erkannt.

Im Fokus des Projekts steht der sogenannte »Radar-Dom«, die runde Nase eines Flugzeugs, durch den Funksignale abgestrahlt und empfangen werden. Er besteht aus Glasfaserverbund.

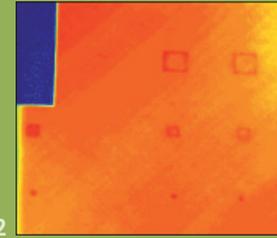
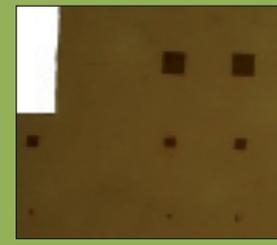


*Im Flugzeugbau werden zunehmend Verbundwerkstoffe eingesetzt, um Gewicht zu sparen. Die innovativen Materialien verlangen nach neuen Prüfmethode. Terahertz-Wellen könnten hier eine gute Ergänzung bestehender zerstörungsfreier Prüfmethode sein.*

*(Bildquelle: Airbus S.A.S., 2008, e<sup>m</sup> company, H. Goussé)*



1



2

**1** Ausschnitt einer Längsversteifung (Stringer) aus CFK mit aufgebrachtem Blitzschutz (oben). Die Bereiche mit tief liegendem Blitzschutz erscheinen dunkel. Die Maximalamplitude des reflektierten THz-Signals (unten) zeigt eindeutig die Bereiche mit tief liegendem Blitzschutz sowie Oberflächendefekte (Risse und Löcher).

(Bildquelle: Fraunhofer IPM)

**2** Eine Platte aus Glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) mit künstlich eingebrachten Fehlern (PTFE-Folie) dient als Referenzprobe. Die Reflexionsaufnahme der Referenzplatte zeigt alle eingebrachten Fehler.

(Bildquelle: Fraunhofer IPM)

Mit dem Detektorsystem soll künftig schon während der Produktion überwacht werden, ob beim Aushärten des Harzes kleine Fremdkörper, Wassertröpfchen oder Luftbläschen eingeschlossen werden. An derartigen Fehlstellen können sich im Laufe der Zeit feine Risse bilden, durch die dann Feuchtigkeit eindringt. Der Funkverkehr durch die Flugzeugnase wird dadurch gestört, die Signale verwaschen.

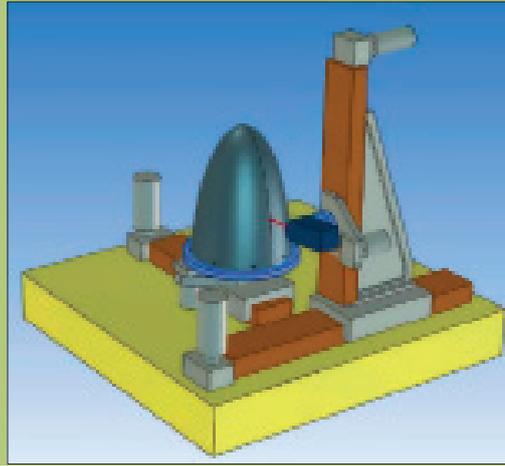
### Lackdicke Schicht für Schicht prüfen

Auch die Lackierung von Flugzeugteilen kann der Scanner künftig erleichtern. Flugzeuge werden nacheinander mit mehreren Schichten Lack überzogen – mit Basislack, der direkt auf das Bauteil aufgetragen wird, mit Decklack und Klarlack. Am Ende der Prozedur trägt ein großes Verkehrsflugzeug eine halbe Tonne Farbe durch die Luft. Auch diese Schichten tragen zum Treibstoffverbrauch bei. Bislang werden Flugzeugteile deshalb vor und nach dem Lackieren gewogen. Wurde versehentlich zu viel Lack aufgetragen, geht es ans Eingemachte: Das Bauteil wird aufwändig entlackt und anschließend neu besprüht. Das kostet Zeit und vor allem Geld. Mit dem Terahertz-Verfahren hingegen ließe sich nicht nur die Schichtdicke direkt während des Lackierens überwachen. Auch die Dicke jeder einzelnen Lackschicht kann exakt erfasst werden. Entsprechend ließe sich dann die Lackieranlage steuern. Herkömmliche Lackdicken-Messgeräte, die mit dem sogenannten Wirbelstromverfahren arbeiten, können hingegen nur die Gesamtdicke aller Lackschichten auf einem Bauteil messen. Zudem eignet sich das Wirbelstromverfahren nur für Metalle nicht aber für moderne CFK oder Glasfaserverbünde.

Auf die Dicke kommt es auch beim Blitzschutz an. Klassische Flugzeugbauteile aus Metall leiten die Energie eines Blitzes perfekt ab. Bei den modernen Kunststoffverbänden ist das anders. Ihre Leitfähigkeit ist deutlich geringer. Das Bauteil könnte sich bei einem Blitzschlag deshalb stark erhitzen und beschädigt werden. Damit der Strom besser abfließt, überzieht man ein Verbundbauteil deshalb mit einem dünnen Netz aus hauchfeiner Kupferfolie. Diese wird in die äußerste Kunstharzschicht eingelegt, bevor das Harz erhärtet. Dabei muss der Hersteller peinlich genau darauf achten, die Folie nicht zu tief im Harz zu versenken, damit die elektrische Ladung des Blitzes später nicht zu tief ins Bauteil eindringt. Hinzu kommt der Lack: Auch die Lackschicht muss dünn sein, damit sie die Kupferfolie nicht zu stark abschirmt. Auch hier hilft das Terahertz-Verfahren. Da es beim Lackieren die Gesamtdicke von Harz und Lack erfasst, lässt sich in Echtzeit feststellen, ob die Schichten über der Folie dünn genug sind.

### »Röntgenblick« ohne Röntgenstrahlung

Lange Zeit wurden Terahertz-Wellen wenig beachtet. Erst in den vergangenen zehn Jahren hat man ihr Potenzial erkannt und begonnen, die Technik in industrielle Anwendungen umzusetzen. Die Vorteile sind überzeugend: So sind die Terahertz-Wellen für den Menschen völlig un-



**3** Konzept einer Prüfanlage für einen »Radar-Dom«: Der »Radar-Dom« ist in der Bildmitte zu sehen, darum herum sind die Scanner angebracht. Der Terahertz-Messkopf ist dunkelblau dargestellt.

(Bildquelle: DOTNAC-Projekt)

gefährlich, weil sie nichtionisierend sind. Bei der Röntgenstrahlung, die heute noch häufig im Flugzeugbau eingesetzt wird, ist das anders. Flugzeugkomponenten werden geröntgt, weil sich damit feinste Fehlstellen von wenigen Hundertstel Millimeter aufspüren lassen. Allerdings muss dafür die gesamte Werkhalle geräumt werden, damit die Mitarbeiter nicht der Röntgenstrahlung ausgesetzt werden – ein erheblicher Aufwand. Ein Terahertz-Scanner hingegen würde die Arbeiter nicht behelligen.

### Terahertz-Sensoren – eine sinnvolle Ergänzung

Die Entwickler von Fraunhofer IPM gehen davon aus, dass die Terahertz-Technik in Kombination mit anderen Methoden zum Einsatz kommen wird, beispielsweise gemeinsam mit der Thermografie, also mit Wärmebild-Sensoren. Ein Wärmebild-Sensor erfasst innerhalb weniger Sekunden quadratmetergroße Bereiche. Auf diese Weise erhält man einen sehr guten Überblick. Allerdings sind die dabei gewonnenen Tiefeninformationen zu ungenau. Der Terahertz-Sensor wäre die ideale Ergänzung. Zwar ist seine Scanfläche mit wenigen Quadratmillimetern relativ gering, die Tiefenauflösung ist mit wenigen Mikrometern jedoch beachtlich. Im künftigen Materialprüfgerät ließen sich die verschiedenen Sensortypen kombinieren. Bei einer solchen Sensorfusion würde das Thermografiemodul zunächst die Bauteile grob absキャンen, um verdächtige Stellen im Werkstoff zu detektieren. Diese würde der Terahertz-Scanner dann einige Augenblicke später exakt unter die Lupe nehmen.

Das DOTNAC-Projekt endet im Sommer 2013. Bis dahin wollen die insgesamt zehn internationalen Kooperationspartner einen Demonstrator entwickelt und ausführlich getestet haben. Ein marktreifer Terahertz-Scanner oder ein Kombigerät, das mehrere Sensor-Technologien vereint, könnte, so die Entwickler, etwa ein Jahr später ausgearbeitet sein.

#### Kontakt:

Fraunhofer-Institut  
für Physikalische  
Messtechnik IPM  
Materialcharakterisierung  
und -prüfung  
Fraunhofer-Platz 1  
67663 Kaiserslautern  
[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)

Dr. Joachim Jonuscheit  
Telefon +49 631 2057-4011  
[joachim.Jonuscheit@ipm.fraunhofer.de](mailto:joachim.Jonuscheit@ipm.fraunhofer.de)

Bei Fraunhofer IPM arbeiten am DOTNAC-Projekt: René Beigang, Joachim Jonuscheit, Simon Kiefhaber und Carsten Matheis als Projektleiter.