



Fraunhofer
IKTS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS

INDUSTRIELÖSUNGEN

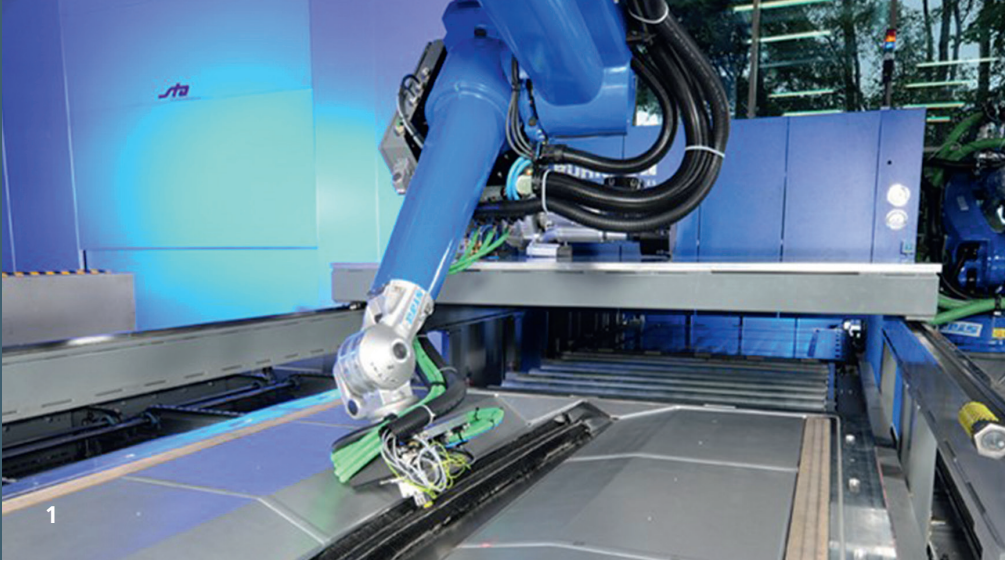
ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG



1	Einleitung
3	Akkreditiertes ZfP-Zentrum
4	Ultraschallverfahren
6	Akustische Verfahren
8	Elektromagnetische Verfahren
10	Röntgenverfahren
12	Optische Verfahren
14	Advanced NDT
16	Anwendungsbeispiele

TITELBILD *Roboterbasiertes Wirbelstrom-Prüfsystem für Bauteile mit komplexen Geometrien.*

1 *Verkettungs- und Qualitätssicherungsroboter am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt Stade mit EddyCus®-Technologie zur Faserwinkel-detektion (Quelle: DLR Stade).*



ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG: LÖSUNGEN IM SYSTEM

Die Methoden der zerstörungsfreien Bauteilprüfung und Materialdiagnostik stehen vor einer Neubewertung und einem Paradigmenwechsel im Kontext von Industrie 4.0. Neue Sensorkonzepte, robotergestützte Messungen, cloudbasierte Methoden der Datenerfassung und -verknüpfung sowie die Datenauswertung mittels KI-Methoden treiben den Wandel voran und erweitern das Einsatzspektrum.

Mit den über Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen stellt sich das Fraunhofer IKTS mit seinem Institutsteil für Materialdiagnostik diesen neuen Herausforderungen. Die aus der Keramikentwicklung stammenden IKTS-Konzepte – möglichst komplette Wertschöpfungsketten abzudecken und Werkstoff- oder Prozessinnovationen auf Systemebene zu realisieren – kommen auch im Umfeld der Materialdiagnostik zum Tragen.

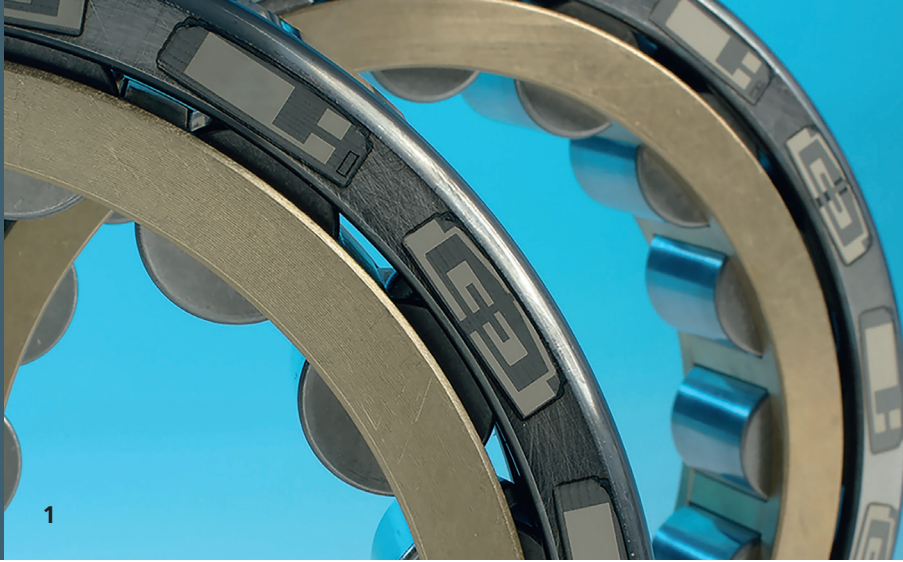
Zerstörungsfreie Methoden der Bauteilprüfung (ZfP) und Materialdiagnostik können über den gesamten Produktlebenszyklus von der Entwicklung bis zur Prüfung im Produktionsprozess zum Einsatz kommen. Dabei setzt das Fraunhofer IKTS seinen Schwerpunkt auf traditionelle Verfahren wie Ultraschall, Wirbelstrom, Röntgenprüfung und akustische Diagnostik. Diese werden mit neuen Methoden wie der Laser-Speckle-Photometrie oder der Optischen Kohärenztomographie kombiniert oder ergänzt. Wenn die bei der Prüfung erhobenen Daten mit dem dynamischen Simulationsmodell des Bauteils oder Systems verknüpft werden, kann deren Lebensdauer oder Leistungsfähigkeit mit Hilfe des digitalen Zwillings vorhergesagt werden.

Das Fraunhofer IKTS ist Teil des weltweit führenden Forschungsclusters der Dresdner Werkstoffforschung und kooperiert mit dem Netzwerk der Dresdner Mikroelektronik sowie etablierten Maschinenbauunternehmen.

Kompetenzen

Das Kompetenzportfolio des Fraunhofer IKTS geht weit über das eines klassischen Anbieters von ZfP-Prüftechnik hinaus. Die traditionelle Stärke des Instituts – der Umgang mit rauschbehafteten Signalen – spiegelt sich zum einen auf Hardwareebene in angepasster Sensorik und eigener Elektronik mit einem exzellenten Signal-Rausch-Verhältnis und zum anderen in einer eigenen Softwarebibliothek und dem Einsatz modernster Methoden des maschinellen Lernens wider. Das mathematische Know-how des Instituts und seiner Forschungspartner fließt dabei in die Algorithmenentwicklung ein und ist Grundlage für Konzepte der Sensordaten-Fusion.

Sensorentwicklungen profitieren von den Werkstoffsystemen und dem Technologieangebot des IKTS-Stammhauses. Dies umfasst sowohl Dünnschicht-, Dickschicht- und Multilayer-technologien als auch gedruckte Elektronik und keramische Sensorik für harsche Betriebsbedingungen. In den Profillinien Nanoanalytik und robuste Elektronik wird das Wissen um Versagensmodelle erarbeitet und in zuverlässige Sensorlösungen umgesetzt. Möglichkeiten der störungsfreien optischen Datenübertragung und Datenkompression durch Vorverarbeitung im Sensor runden das Profil ab.



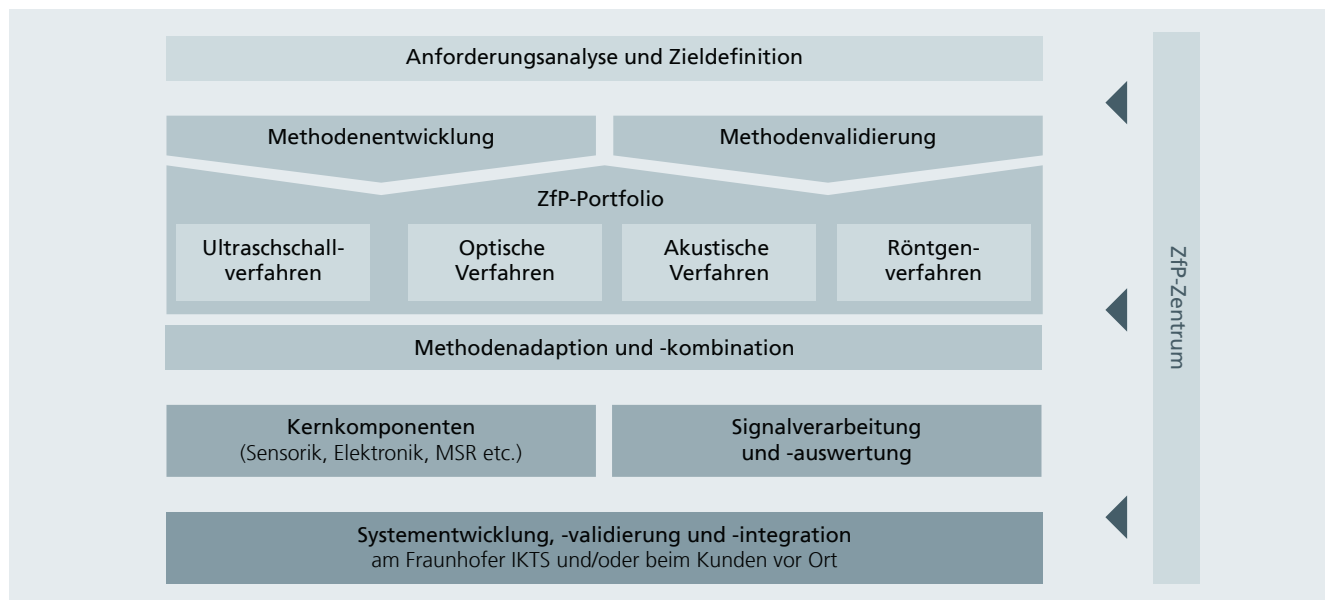
Diese technologischen Kernkompetenzen – gepaart mit dem systemischen Ansatz und vorangetrieben durch ein kreatives Team aus Wissenschaftlern, Technikern und Ingenieuren – ermöglichen es, etablierte Verfahren weiterzuentwickeln und neue Methoden für die zerstörungsfreie Prüfung zu qualifizieren.

Leistungsangebot

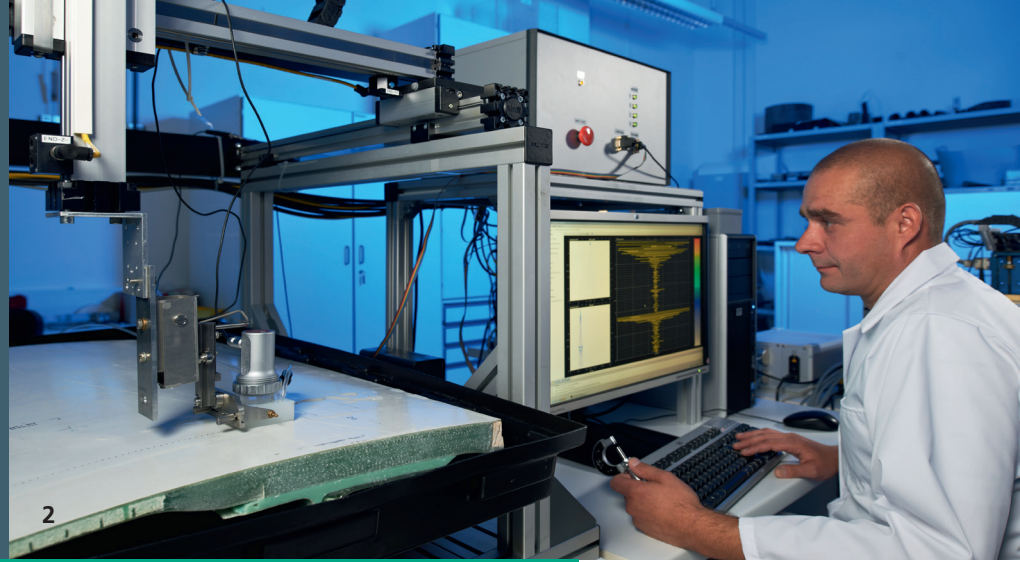
Für die Kunden des IKTS bestehen je nach Aufgabenstellung und eigenen Möglichkeiten unterschiedliche Anknüpfungspunkte für Aufträge und Kooperationen. Das Projektspektrum reicht von einfachen Dienstleistungen über die punktuelle fachliche Weiterentwicklung eines Verfahrens oder kundenspezifischer Komponenten bis zur kompletten Systementwicklung.

Dabei steht die klare Analyse der Fragestellung und die Demonstration der Machbarkeit am Anfang des Projekts. Machbarkeitsstudien in der frühen Entwicklungsphase reduzieren das finanzielle Risiko und sind die Grundlage aller weiteren Projektschritte. Im Ergebnis steht ein CE-zertifiziertes System sowie bei Entwicklungen aus dem Bereich Ultraschall- oder Wirbelstromprüfung eine mögliche Freigabe des Prüfprozesses über das ZfP-Zentrum. Einzelne Entwicklungs- und Umsetzungsschritte werden zwischen Auftraggeber und IKTS flexibel abgestimmt.

Erfolgreiche Hardwareentwicklungen werden über industrielle Kooperationen kommerzialisiert und können von Industriekunden für ihre Anwendungsfelder lizenziert werden.



1 Wälzlager mit aufgedruckten und lasergesinterten Sensoren zur Dehnungs- und Körperschallmessung, realisiert im Rahmen eines Fraunhofer-Verbundprojekts (Quelle: Fraunhofer ILT).



AKKREDITIERTES ZfP-ZENTRUM

NEUE PRÜFVERFAHREN SCHNELL IMPLEMENTIEREN

Zur validen und reproduzierbaren Durchführung von zerstörungsfreien Prüfungen gehören Know-how und Erfahrung. Eine Vielzahl nationaler und internationaler Standards, die sich je nach Branche unterscheiden können, definieren die Randbedingungen für den Einsatz etablierter und neuer Verfahren. Gerade bei der Optimierung und Neuentwicklung von Methoden und Systemen müssen aktuelle Vorschriften eingehalten und neue Verfahren bzw. Gerätesysteme entsprechend aufgebaut werden.

Die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) hat dem Fraunhofer IKTS ZfP-Zentrum nach DIN EN ISO/IEC 17025 die Akkreditierung für vier zerstörungsfreie Prüfverfahren ausgesprochen.

Das Fraunhofer IKTS legt größten Wert auf die Geheimhaltung und Datensicherheit. Proben und Daten lagern in zusätzlich abgesicherten Räumen mit stark eingeschränkter Zugangsmöglichkeit. Alle Mitarbeitenden des Akkreditierten ZfP-Zentrums sind sich der besonderen Geheimhaltungspflicht bewusst und werden regelmäßig geschult.

Akkreditierungsumfang

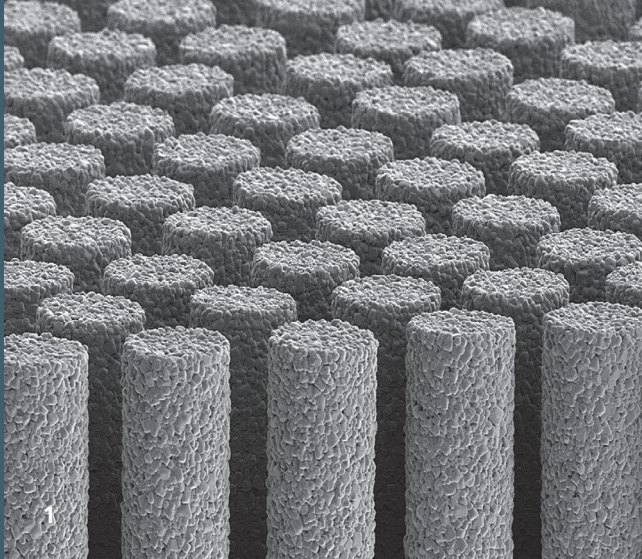
Die Akkreditierung des ZfP-Zentrums gilt für manuelle und mechanisierte Prüfverfahren (Ultraschall-, Wirbelstrom-, Schallemissions- und Sichtprüfung) an metallischen Bauteilen, faserverstärkten und keramischen Werkstoffen und Kunststoffen.

Kontakt

Christoph Prüfer
Gruppenleiter ZfP-Zentrum
Telefon +49 351 88815-552
christoph.pruefer@ikts.fraunhofer.de



2 Durchführung von angepassten Ultraschallprüfungen im ZfP-Zentrum



ULTRASCHALLVERFAHREN

Ultraschall ist eines der am häufigsten eingesetzten Verfahren in der zerstörungsfreien Prüfung. Das Fraunhofer IKTS verbindet langjährige Erfahrungen in der Materialprüfung mit unikalen Kompetenzen im Bereich der Ultraschalltechnologien. Als Entwickler für industrielle Ultraschall-Prüfsysteme bietet das Fraunhofer IKTS Sensoren, Prüfelektronik, Software, Simulations- und Modellierungsdienstleistungen sowie ein ZfP-Zentrum zur Validierung und Verifizierung von Ultraschallverfahren – ein echter One-Stop-Shop für Ultraschall.

Ultraschallsensoren

Herzstück eines jeden Prüfsystems sind die Sensoren. Das Fraunhofer IKTS entwickelt Sensoren, die an die jeweiligen Geometrien, Materialien und akustischen Parameter optimal angepasst sind.

Technische Details

- Hochleistungslultraschallwandler zur Applikation an Faserverbundwerkstoffen (hoch- und niederfrequent, fokussiert/nicht fokussiert, Einzelelement bzw. segmentiert)
- Dice-and-Fill-Komposite
- Soft-Mold-Komposite für Frequenzbereiche von 5 bis 30 MHz, max. Wandlerabmessung 10 x 10 mm
- Siebgedruckte Ultraschallwandler für kompakte Sensorsysteme in Serienfertigung von 5 bis 30 MHz, max. Wandlerabmessung 100 x 100 mm
- Fokussierte Ultraschall-Phased-Array-Prüfköpfe
- Hochempfindliche Phased-Array-Prüfköpfe
- Hochfrequenz-Prüfköpfe (100 bis 250 MHz)
- Hochtemperatur-Prüfköpfe (bis 200 °C)
- Schallemissionssensoren

Ultraschallelektronik

Um die maximale Leistung der Sensorik auszunutzen, stellt das Fraunhofer IKTS mit der PCUS®*pro*-Gerätefamilie eine leistungsfähige modulare Elektronik zur Verfügung. Das Portfolio reicht vom einfachen Ultraschall-Handprüfsystem bis zum automatisierten Ultraschall-Prüfsystem.

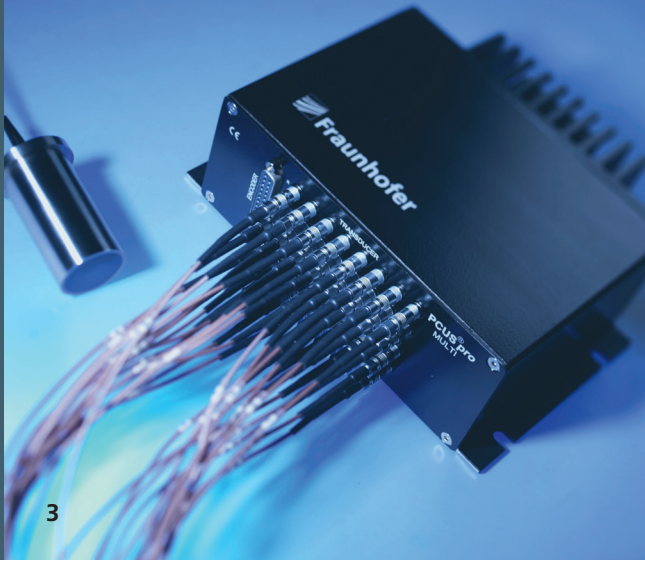
Technische Details

- Modular einsetzbar und kundenindividuell anpassbar
- Kompakt und energieeffizient
- Erfüllt die jeweils relevanten Teile der Ultraschallnorm DIN EN 12668
- Für Einzelschwinger, Ein- und Mehrkanal-Prüfelektronik bis hin zu Arrays (bis 128:128) geeignet

Ultraschallsoftware

Software ist zum elementaren Bestandteil bei der Entwicklung von Prüfsystemen im industriellen Umfeld geworden. Sie muss innovativ und schnell verfügbar sein, ohne an Flexibilität für zukünftige Änderungen und Erweiterungen zu verlieren. Die PCUS®*pro* Lab ist eine modulare Software-Suite, die angepasst auf die jeweilige Prüfaufgabe schnell und flexibel Lösungen anbietet. Die Software unterstützt die Erstellung von Parametrierungen für die Aktorik- und Sensoriksteuerung, Visualisierung und Auswertung. Im flexibel anpassbaren Revisionssystem erfolgt die Organisation und Verwaltung der Daten. Darüber hinaus lässt sie sich im Kontext von Industrie 4.0 vollständig in bestehende Fertigungskonzepte integrieren.

- 1 *Mikroformgebung von feinskaliger Piezokeramik für hochfrequente Ultraschallwandler.*
- 2 *Schallemissionssensor für die aktive und passive Strukturüberwachung.*



3



4

Technische Details

- Intuitive Bedienung durch eine moderne, zugängliche und leicht anpassbare Benutzeroberfläche
- Professionelle Umsetzung von kundenspezifischen Anforderungen durch modulares Konzept im Bereich Parametrierung, Prüfablauf und Analyse
- Abbildung komplexer Prüfanforderungen an beliebigen Geometrien
- Echtzeit-Darstellung der Volumenbilder während der Datenaufnahme

Simulation und Modellierung

Zur Optimierung von Ultraschall-Prüfsystemen sowie zur Entwicklung neuer Messansätze sind Simulationstechniken heute essenziell. Sie erlauben es, die physikalische Plausibilität des Verfahrens zu prüfen sowie die bestmöglichen Mess- und Prüfkopfparameter zu ermitteln, noch bevor der erste Messaufbau tatsächlich realisiert wird. Dies spart Zeit und Geld bei der Entwicklung und führt zu Prüfsystemen mit deutlich verbesserten Leistungsparametern.

Technische Details

- Eigenentwickelte numerische Ultraschall-Solver (EFIT)
- Wellenphysikalische Simulation
- Berücksichtigung von Beugung, Interferenz, Modenumwandlung, Mehrfachstreuung etc.
- Isotrope und anisotrope, homogene und heterogene Materialien

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Henning Heuer
 Abteilungsleiter Prüf- und Analysesysteme
 Telefon +49 351 88815-630
 henning.heuer@ikts.fraunhofer.de

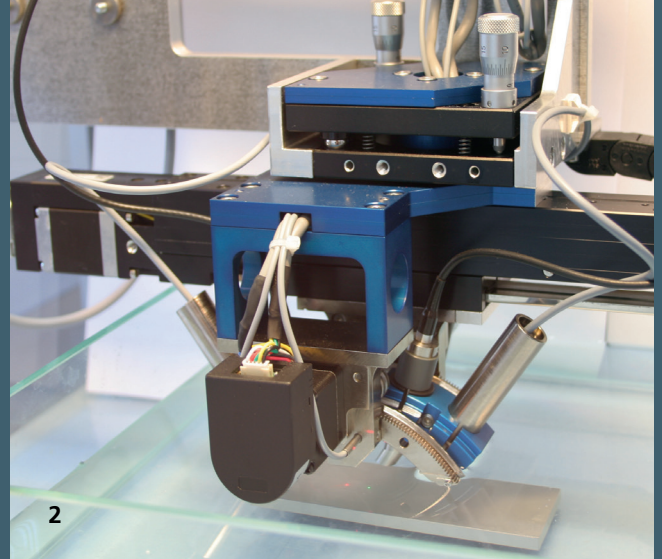
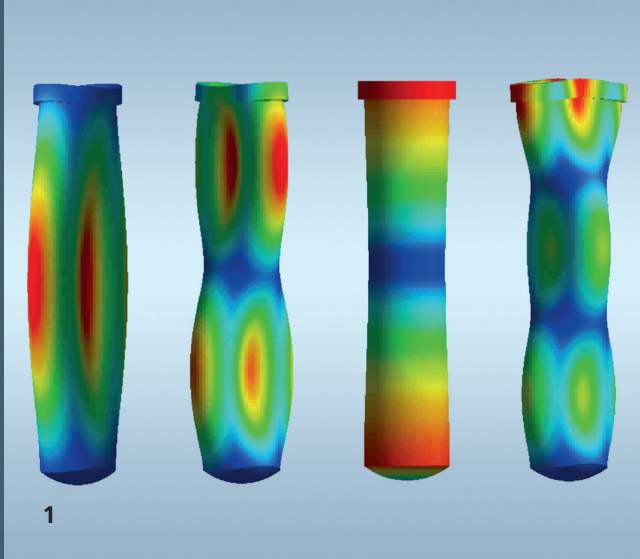
- Festkörper und fluide Medien
- 2D- und 3D-Modelle
- Zeitsignale, Wellenfrontschnappschüsse, Videoanimationen

Leistungsangebot

- Entwicklung von kundenspezifischen Sensoren
- Vermessung und Charakterisierung von Prüfköpfen
- Entwicklung von Software für Spezialanwendungen bis hin zu kompletten DIN EN 12668-konformen Prüfsystemen
- Entwicklung von Prüfelektronik für einfache Handprüfsysteme bis zu automatisierten Ultraschallprüfsystemen
- Entwicklung von anwendungsspezifischen Simulationstools
- Wissenschaftliche Beratung mit simulationsgestützten Machbarkeits- und Optimierungsstudien
- Ergebnisinterpretation
- Demonstration und Schulung

3 *Ultraschallprüfgerät PCUS[®] pro Multi für die automatisierte Prüfung.*

4 *Mobiles Prüfsystem für Rad-satzwellen mit Längsbohrung mit Elektronik und Software des Fraunhofer IKTS (Quelle: Arxes-Tolina).*



AKUSTISCHE VERFAHREN

SPEZIELLE ELASTO-DYNAMISCHE VERFAHREN

Ähnlich den Ultraschallmethoden gehören auch die akustischen Methoden zu den Verfahren, die eine elastodynamische Wechselwirkung im Objekt nutzen, um Aussagen über dessen Zustand zu gewinnen. Häufig ist dies mit der Abstrahlung von akustischen Signalen verbunden. Die Klanganalyse zur Erkennung rissbehafteter Bauteile wie keramischen Gebrauchsgegenständen ist weitgehend bekannt und appliziert.

Die Wissenschaftler des IKTS vertiefen einerseits diesen zunächst rein empirischen Ansatz durch eine experimentelle und modelltheoretische Schwingungsanalyse. Andererseits wird der Begriff Akustik vom Fraunhofer IKTS relativ weit gefasst und bezieht alle elastischen Deformationen und Wellen ein. So gelingt es, über die Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen von der mechanischen Spannung, letztere zu bestimmen. Sehr hochfrequenter fokussierter Ultraschall erlaubt Abbildungen mit mikroskopischer Auflösung (Scanning Acoustic Microscopy = SAM) aus dem Volumen opaker Objekte.

Dort wo die Anwendung es erfordert, wird die Methodik weiter entwickelt, um gegebene Probleme zu lösen. Ein Beispiel ist die SAM-Tomographie, die auch bei sonst für Ultraschall schwierigen Fragestellungen eine räumliche Darstellung ähnlich der Röntgen-CT liefert. Eine weitere neuere Entwicklung ist die Abbildung von Gefügestrukturen an Oberflächen

mittels streifend laufender elastischer Wellen, die optisch abgetastet werden.

Nicht immer erlaubt die verfügbare Gerätetechnik die Nutzung der neuartigen Methoden. Wo es erforderlich ist, sind die Wissenschaftler des IKTS in der Lage, geeignete Gerätetechnik zu entwickeln und dem Kunden zur Verfügung zu stellen.

Anwendungsfelder

- Schnelle Defektanalyse in ganzen Bauteilen
- Bestimmung von Oberflächengradienten mechanischer Eigenschaften und Spannungszuständen
- Nachweis von Schichtanhaftung, Inhomogenitäten und Rissen

Leistungsangebot

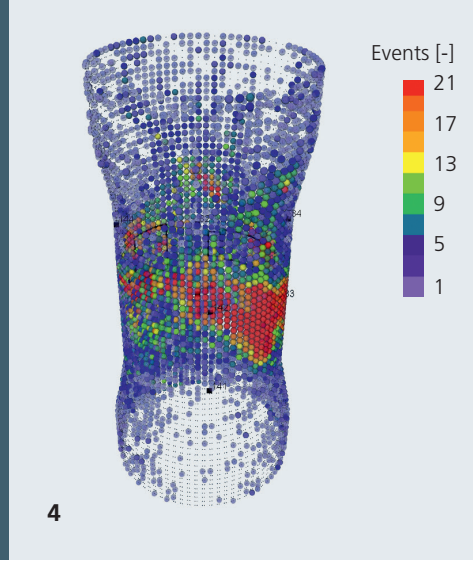
- Methodenentwicklung und -adaption für individuelle Prüfbedingungen
- Entwicklung und Validierung von angepassten Messsystemen
- Service- und Beratungsleistungen

Kontakt

Dr. rer. nat. Bernd Köhler
ZfP-Zentrum
Telefon +49 351 88815-520
bernd.koehler@ikts.fraunhofer.de

1 Simulatorisch ermitteltes Schwingungsverhalten von keramischen Rohren für Batterieanwendungen.

2 Ultraschallgoniometer HUGO bei der Messung von Oberflächengradienten.



SCHALLEMISSIONS-ANALYSE

Das Fraunhofer IKTS setzt die Schallemissionsanalyse erfolgreich in der Materialprüfung ein. Damit lassen sich schnell und sicher Bereiche orten, die infolge einer äußeren Belastung eines Bauteils, z. B. durch Risswachstum, Schall emittieren. Aus der Laufzeit der Signale von den einzelnen schallemittierenden Quellen zu einer Vielzahl von Sensoren kann auf die Position der aktiven Schädigung geschlossen werden. Dies erlaubt im Nachhinein die zielgerichtete Untersuchung mit konventionellen ZfP-Verfahren bzw. bietet Möglichkeiten zur Versuchssteuerung.

Die Schallemissionsprüfung wird vor allem bei statischen Tests von Faserverbundbauteilen erfolgreich eingesetzt, da in Verbundwerkstoffen durch Faserbrüche und Delaminationsprozesse sehr starke Schallemissionen detektiert werden können. Im Rahmen dynamischer Ermüdungstests stellen das starke Umgebungsrauschen und die ungünstigen akustischen Eigenschaften der Kompositwerkstoffe große Herausforderungen dar. Um diese zu lösen, bietet das Fraunhofer IKTS ein akustisches Messsystem an, das über eine hohe Messwertdynamik und spezielle Auswerte- und Ortungsalgorithmen verfügt. Darüber hinaus ermöglicht das System die Speicherung und Bewertung der vollständigen Wellenformen. Die Verteilungen von Schallemissionsparametern liefern schon während der Tests Hinweise auf geänderte Strukturzustände und erlauben so die Anpassung der Lastkollektive.

Kontakt

Dr.-Ing. Lars Schubert
 Abteilungsleiter Zustandsüberwachung und Prüfdienstleistungen
 Telefon +49 351 88815-533
 lars.schubert@ikts.fraunhofer.de

Technische Details

- Hohe Variabilität des Schallemissions-Messsystems durch den modularen Aufbau aus 4-Kanal-Sensorknoten
- Anpassung von institutseigener Hard- und Software an die entsprechende Messaufgabe

Anwendungsfelder

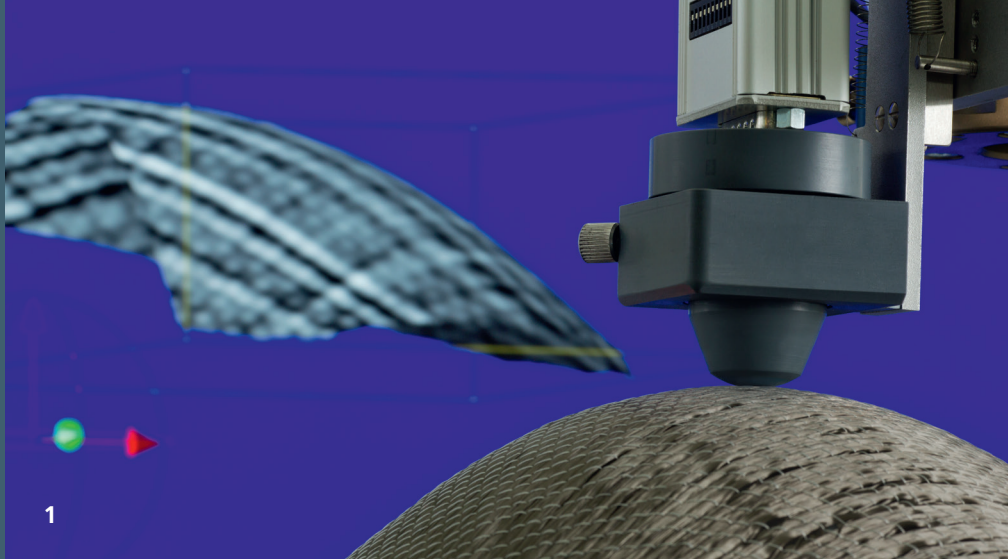
- Entwicklung von Leichtbaustrukturen
- Integritätsprüfung von Leichtbaustrukturen unter spezifischen Last- und Umweltbedingungen

Leistungsangebot

- Messtechnische Begleitung von statischen und dynamischen Strukturermüdungstests (von Couponproben bis Großstrukturen)
- Bereitstellung von Messequipment
- Spezifische System- und Sensorauslegung
- Einrichtung der Messsysteme vor Ort
- Unterstützung bei der Bewertung aufgenommener Signale
- Einsatz hochauflösender ZfP-Verfahren nach Ortung der Fehlerstellen und kundenangepasste Entwicklung von akustischen Messsystemen

3 Überwachung von Struktur-schäden an thermisch belasteten Bauteilen mittels Schallemission und Hochtemperatur-Dehnungsmessung.

4 3D-Schallemissions-Ortungsplot zur Lokalisierung von Kriechschädigungen.



ELEKTROMAGNETISCHE VERFAHREN

HOCHFREQUENZ- WIRBELSTROMVERFAHREN

Die Wirbelstrommethode ist ein elektromagnetisches Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von metallischen Werkstoffen und nicht oder schwach leitfähigen Materialien wie Kunststoffen oder auch Keramiken. Sie ist insbesondere im Bereich des Leichtbaus – von der Luftfahrtindustrie über den Automobilbau bis hin zur Energietechnik – zu einer Schlüsseltechnologie in der Qualitätssicherung geworden, da sie sehr schnell arbeitet, ohne Koppelmittel funktioniert, keine Anforderungen an den Strahlenschutz stellt und sich problemlos in industrielle Fertigungsprozesse integrieren lässt.

Am Fraunhofer IKTS wurden die sogenannte Hochfrequenz-Wirbelstromtechnik und die abbildende Impedanzspektroskopie im Frequenzbereich von 100 kHz bis 100 MHz entwickelt, mit denen schwach elektrisch leitfähige Werkstoffklassen wie Kohlefasern und deren Composite analysiert werden können. Das Methoden-Know-how erstreckt sich hierbei über die gesamte Fertigungskette – von der Simulation über die Sensorik, Manipulation und Elektronik bis hin zum Gerätebau. Kundenanforderungen werden stets in angepasste Mess- und Prüflösungen überführt.

Mit der EddyCus®-Geräteplattform hat das Fraunhofer IKTS eine Technologiefamilie für den wachsenden Bedarf der Leichtbauindustrie geschaffen, die auch Nachfragen nach wirbelstrombasierten Verfahren für die Qualitätssicherung in anderen Bereichen bedienen kann.

Kontakt

M. Sc. (NDT) Martin Schulze
Gruppenleiter Wirbelstromverfahren
Telefon +49 351 88815-628
martin.schulze@ikts.fraunhofer.de

Technische Details

- Frequenzbereich: bis 100 MHz
- Spezielle Sensorik für Faserverbundwerkstoffe
- Wirbelstromsystem zur individuellen Systemeinbindung (IntegrationKit)
- 2D- und 2,5D-Wirbelstrom-Scansysteme
- Roboterbasierte Wirbelstromsysteme für Freiform-Bauteile

Anwendungsfelder

- Charakterisierung von Faserlagen und Materialeigenschaften von Kohlefaserverbundwerkstoffen
- Prüfung von Keramiken und Metallen
- Überwachung der Aushärtereaktionen von Epoxidharzen

Leistungsangebot

- Entwicklung und Aufbau kundenindividueller Prüfsysteme inklusive Sensor, Hard- und Software sowie Manipulator-technik

1 Entwicklung von Wirbelstromsensoren für spezielle Anwendungen, z. B. Verbundwerkstoffe.



2

MIKROMAGNETISCHES BARKHAUSENRAUSCHEN

Das mikromagnetische Barkhausenrauschen ist ein Oberflächenverfahren, das ausschließlich zur Charakterisierung von ferromagnetischen Werkstoffen eingesetzt werden kann. Der Barkhauseneffekt stellt dabei eine Wechselwirkung zwischen einem eingetragenen elektromagnetischen Feld und der Mikrostruktur des Bauteils dar. So lassen sich vor allem Spannungen, Ermüdungserscheinungen aber auch Restaustenit und Zementitbildung detektieren. Das Barkhausenrauschen ist zudem neben der Röntgendiffraktion das einzige zerstörungsfreie Verfahren, mit dessen Hilfe Eigenspannungen unabhängig von der Mikrostruktur bestimmt werden können.

Die Barrieren zum Einsatz in der Praxis liegen bei diesem Verfahren hauptsächlich in der starren und recht großen Sensorik, der extremen Anfälligkeit der Prüfsysteme auf parasitäre Einflüsse sowie dem hohen Kalibrieraufwand. Um diese zu überwinden, hat das Fraunhofer IKTS eine kleinere, kompaktere und robustere Prüftechnik entwickelt. Damit ist die Technologie weniger anfällig für Umwelteinflüsse. Darüber hinaus ist durch eine spezielle Sensorik ein breiterer Einsatz möglich und der Kalibrieraufwand lässt sich durch eine komplexe Algorithmenmik deutlich reduzieren.

Technische Details

- Applikation mit Standardsensorik oder alternativ mehrachsigen Sensoren oder Stromanregung
- Übergabe der Rohdaten (Integral, Maximum, Mittelwert bzw. Koerzitivfeldstärke etc.)
- Übergabe der kalibrierten Materialeigenschaften (Härte, Spannung, Restaustenit, Zementit etc.)
- Messdienstleistungen sowie Konzeption und Aufbau individueller Prüftechnik bzw. Sensorik

Anwendungsfelder

- Außeneinsätze unter rauen Umgebungseinflüssen mit Laborgeräten und robusten Handprüfgeräten
- Werkstoffcharakterisierung während des Herstellungsprozesses
- Bewertung des Spannungszustands von industriellen Großanlagen und Bauwerken

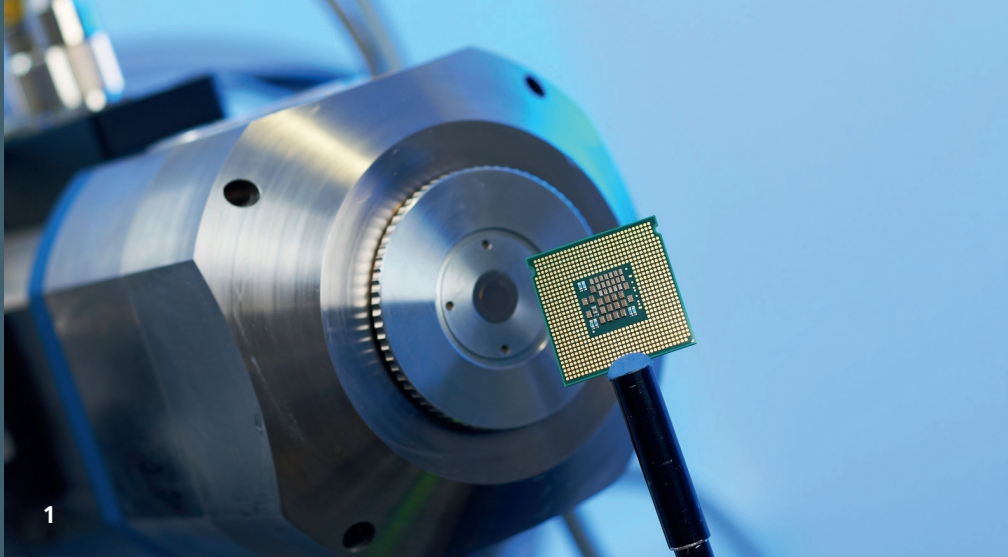
Leistungsangebot

- Entwicklung kundenindividueller Sensorik und Prüftechnik
- Vermietung von Prüfsystemen
- Schulungen
- Prüfdienstleistungen

Kontakt

Christoph Prüfer
Gruppenleiter ZfP-Zentrum
Telefon +49 351 88815-552
christoph.pruefer@ikts.fraunhofer.de

2 *Schweißnahtprüfung an Tragwerksstrukturen mittels mikromagnetischem Barkhausenrauschen.*



RÖNTGENVERFAHREN

MIKROCOMPUTER-TOMOGRAPHIE

Die industrielle Mikro-Computertomographie (μ CT) ist ein etabliertes Analyseverfahren für technische und naturwissenschaftliche Anwendungen und wird zunehmend in der Untersuchung künstlerischer und kultureller Güter eingesetzt. Sie ist ein ideales Verfahren, um Luft einschließen, Risse und andere Materialinhomogenitäten innerhalb eines beliebig geformten Objekts sichtbar zu machen. Die Mikro-Computertomographie ermöglicht eine zerstörungsfreie dreidimensionale Prüfung von Objekten mit hoher räumlicher Auflösung.

Das Fraunhofer IKTS verfügt über eine Mikro-CT-Anlage, die je nach Kundenwunsch an die Prüfaufgabe angepasst wird. Dies gestattet sowohl die Untersuchung von sehr kleinen Komponenten wie Elektronikbauteilen als auch von großen Objekten wie Kunstgegenständen oder Fossilien.

Technische Details

- 225 kV Mikrofokus-Röntgenröhre
- 2048 x 2048 Pixel-Flächendetektor
- Reale Auflösung: max. 1 μ m
- Probengröße: max. 60 cm (größte Ausdehnung)
- Probengewicht: max. 6 kg

Anwendungsfelder

- Material- und Produktentwicklung für die Elektronikindustrie und Medizintechnik
- Prüfung von Massenteilen
- Prüfung von archäologischen Funden und Kunstgegenständen

HOCHAUFLÖSENDE CT-LAMINOGRAPHIE

Die hochauflösende Computerlaminographie (High Resolution Computed Laminography, HRCL) ist ein neu entwickeltes Röntgentomographie-Verfahren des Fraunhofer IKTS. Es ermöglicht, kleine Bereiche insbesondere großflächiger und planarer Schaltungsträger hochaufgelöst und zerstörungsfrei zu untersuchen. Durch einen veränderten Messaufbau und einen optimierten Rekonstruktionsalgorithmus im Vergleich zur Mikro-CT stellt die hochaufgelöste Untersuchung von Leiterplatten beliebiger Größe nun kein Problem mehr dar. So können beispielsweise Steuerplatinen für die Automobil- oder Leistungselektronik sowie eingebettete Systeme zerstörungsfrei und ohne Präparationsaufwand analysiert werden.

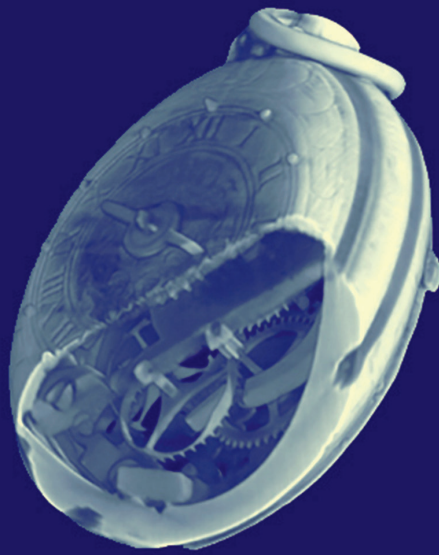
Technische Details

- 225 kV Mikrofokus-Röntgenröhre
- 2048 x 2048 Pixel-Flächendetektor
- Reale Auflösung: max. 900 nm
- Probengröße: max. 60 cm (größte Ausdehnung), bei Prüfungen von Teilbereichen auch größer
- Probengewicht: max. 6 kg

Anwendungsfelder

- Schnelles Sichtbarmachen von Rissen in Fugestellen elektronischer Bauteile auf deren Schaltungsträger
- Prüfung von in CFK-Platten eingebetteten Systemen

1 Untersuchung an einer elektronischen Baugruppe mittels hochauflösender Röntgen-Laminographie.



RÖNTGENDIFFRAKTION

Die Röntgendiffraktion ist ein Verfahren, mit dem das Fraunhofer IKTS die Zusammensetzung von Stoffgemischen bestimmt. Dabei wird Röntgenstrahlung an geordneten Strukturen wie Kristallen oder Quasikristallen gebeugt und die Beugungsintensitätsverteilung gemessen.

Darüber hinaus nutzt das Fraunhofer IKTS die Röntgendiffraktion für die Bestimmung von Eigenspannungen durch das Sinus 2ψ -Verfahren. Dabei wird die Probe in einen Reflex um einen gewissen Bereich ψ (Psi) gekippt. Um die Verteilung der Eigenspannungen über den Prüfkörper zu bestimmen, wird an verschiedenen Punkten, mindestens aber in den extremen Bereichen (Ränder, Ecken und Mitte), gemessen. Da die Textur die Ergebnisse vieler Verfahren beeinflusst, liefert auch das Sinus 2ψ -Verfahren nur zuverlässige Werte, wenn die zu untersuchende Schicht untexturiert ist. Deshalb werden an verschiedenen Punkten des Untersuchungsobjekts die Polfiguren für mindestens zwei verschiedene Reflexe aufgenommen. Aus den ermittelten Peak-Positionen lässt sich anschließend die Eigenspannung ableiten.

Anwendungsfelder

- Bestimmung der Zusammensetzung von Stoffgemischen und von Eigenspannungen in der Material- und Produktentwicklung
- Studien zur Ursachenklärung bei Bauteilfehlern

Kontakt

Christoph Prüfer
Gruppenleiter ZfP-Zentrum
Telefon +49 351 88815-552
christoph.pruefer@ikts.fraunhofer.de

RÖNTGENZEILE L100

Röntgenzeilendetektoren werden meist dann eingesetzt, wenn fortlaufende Güter zu untersuchen sind oder wenn die Größe des Objekts nur eine streifenförmige Beleuchtung zulässt, um unerwünschte Streustrahlung zu vermeiden. Der vom Fraunhofer IKTS entwickelte Zeilendetektor L100 wird aus kundenspezifischen Einzelschaltkreisen (ASIC) aufgebaut, sodass eine kostengünstige Fertigung und vielfältige Konfigurationen – insbesondere auch beliebige Größen – möglich sind. Zusätzlich arbeitet der neuartige Detektor direkt konvertierend. Dadurch steigen Auflösung und Geschwindigkeit im Gegensatz zum herkömmlichen Detektorprinzip deutlich an. Zudem können dank Einzelphotonendetektion die Röntgenphotonen hinsichtlich ihrer Energie bewertet werden. Dies ermöglicht »Dual Energy«-Anwendungen, bei denen Materialien in ihrer Zusammensetzung unterschieden werden.

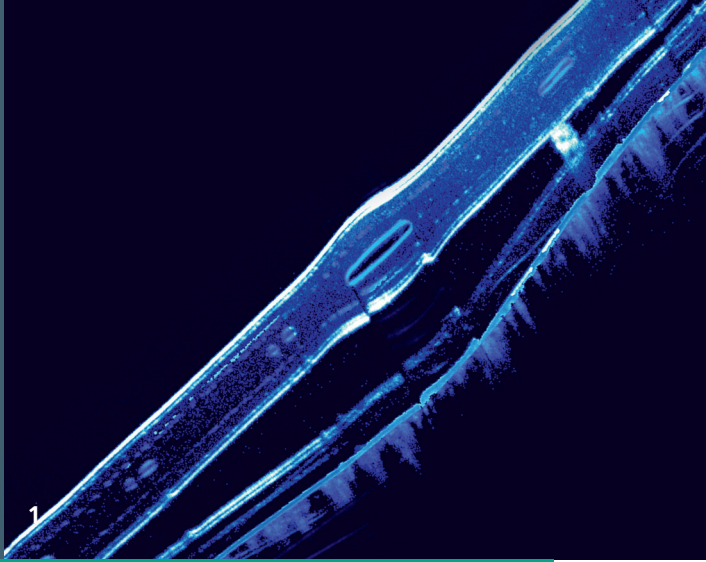
Technische Details

- Zeilenlänge: 102,4 mm
- Auflösung: 100 μm
- Energiebereich: 30 bis 200 keV und 2 bis 40 keV
- Prüfungsgeschwindigkeit: bis zu 50 m/s

Anwendungsfelder

- Inline-Qualitätssicherung und Materialklassifikation für:
- Lebensmittelindustrie und Pharmazie
 - Kleinteil-/Halbzeugfertigung

2 Röntgen-CT einer Einzeiger-Halsuhr, gefertigt um 1600 (Ausstellungsstück der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden).



OPTISCHE VERFAHREN

OPTISCHE KOHÄRENZ-TOMOGRAPHIE

Am Fraunhofer IKTS wird die Optische Kohärenztomographie (OCT) zur dreidimensionalen Erfassung und Abbildung von Strukturen verschiedenster Materialien wie Keramiken, Kunststoffe, Gläser, glasfaserverstärkte Kunststoffe oder biologische Materialien genutzt. Das nicht-invasive, tomographische Bildgebungsverfahren ermöglicht es, die Topographie von Oberflächen und inneren Strukturen in streuenden Medien sichtbar zu machen. Dazu wird das Untersuchungsobjekt mit breitbandigem, nahinfrarotem Licht bestrahlt und das Streulicht spektroskopisch verarbeitet.

Die Optische Kohärenztomographie erlaubt dabei Prüfungen in Echtzeit und ohne direkten Kontakt mit der Probe. Sie besticht zudem durch hohe Messgeschwindigkeiten, die die Erfassung volumetrischer Untersuchungsbereiche innerhalb weniger Sekunden ermöglicht. Diese Vorteile qualifizieren das Verfahren als einen effizienten und kostengünstigen Ansatz zur Inline-Defekterkennung (z. B. Siegelnahtprüfung) sowie zur Fremdkörperdetektion in Bulk-Materialien in verschiedenen Industriezweigen. Das Messverfahren kann für diverse Anwendungen adaptiert und für die jeweiligen Anforderungen optimiert werden.

Kontakt

Dr.-Ing. Malgorzata Kopycinska-Müller
Gruppenleiterin Charakterisierungsverfahren
Telefon +49 351 88815-541
malgorzata.kopycinska-mueller@ikts.fraunhofer.de

Technische Details

- 3D-Bildgebungsverfahren für semitransparente Materialien
- Messbereich: 40 x 40 cm²
- Auflösung: < 10 µm
- Hohe Eindringtiefe: 1 bis 3 mm
- Hohe axiale Auflösung: 0,5 bis 15 µm
- Nicht-invasives, berührungsfreies Messverfahren
- Keine ionisierende Strahlung
- Mehr als 30 Querschnittsbilder pro Sekunde

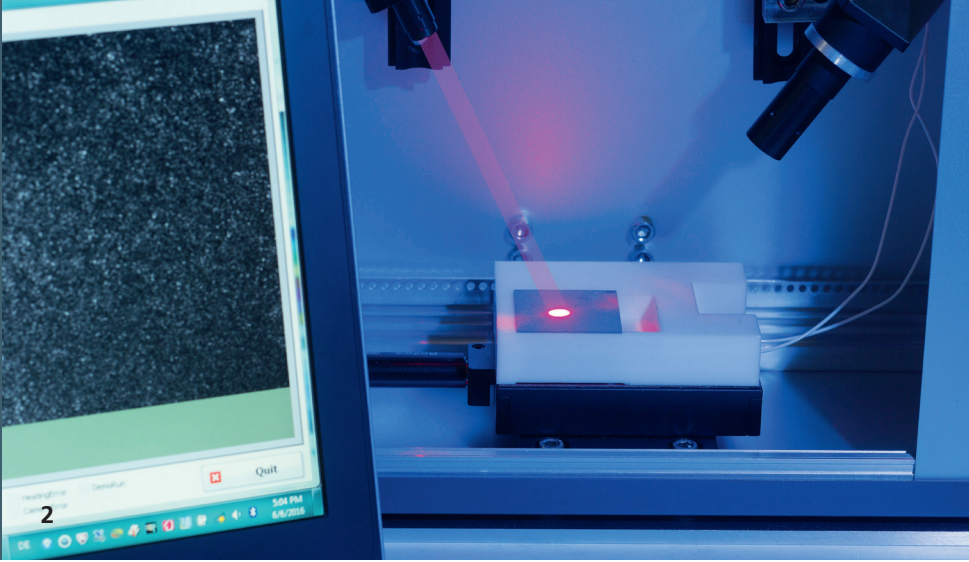
Anwendungsfelder

- Produktprüfung und Prozessüberwachung für:
- Kunststoff- und Verpackungsindustrie
 - Keramikindustrie
 - Elektronikindustrie
 - Additive Fertigungsverfahren
 - Nahrungsmittelindustrie
 - Rolle-zu-Rolle-Prozesse

Leistungsangebot

- Statische und dynamische Schichtdickenmessung
- Dreidimensionale Strukturvisualisierung (Oberfläche und innere Struktur)
- Entwicklung kundenspezifischer Prüfsysteme
- Weiterentwicklung von Messalgorithmen und Bildauswertung
- Integration in bestehende Anlagen

1 OCT-Querschnittsbild einer Schweißnaht mit Luft- und Partikel-Einschlüssen.



LASER-SPECKLE- PHOTOMETRIE

Die zeitaufgelöste Laser-Speckle-Photometrie (LSP) ist ein neues, am Fraunhofer IKTS entwickeltes Verfahren, mit dem Bauteiloberflächen charakterisiert werden können. Es basiert auf der Auswertung der zeitlichen Veränderung von Speckle-Mustern, die sich bei mechanischer oder thermischer Anregung der Prüfobjekte entwickeln. Dabei kann die Anregung sowohl aus dem Prozess selbst kommen (z. B. Schweißwärme) als auch durch gezieltes Einbringen (z. B. Wärme oder mechanischen Spannungen) während eines Prüfprozesses.

Das berührungslose Verfahren zeichnet sich durch einen einfachen, robusten Aufbau und im Vergleich zu konkurrierenden Messmethoden durch geringe Kosten aus. Die extrem kurzen Messzeiten prädestinieren es für den Inline-Einsatz in der industriellen Produktion und für In-situ-Messungen bei Wartungs- und Reparaturaufgaben.

Die Laser-Speckle-Photometrie verfügt über eine hohe Empfindlichkeit für Out-of-plane- und In-plane-Verschiebungen. Im Vergleich zu anderen Techniken, die sich auf die Verzerrung der gesamten Speckle-Muster oder der Fringes konzentrieren, wird bei der Laser-Speckle-Photometrie die räumlich-zeitliche Dynamik der Speckle gemessen, die durch die Intensitätsänderung jedes einzelnen Pixels im Kamerasensor hervorgerufen wird. Durch eine bestimmte Korrelationsfunktion kann die Wechselwirkung zwischen Speckle-Dynamik und dem Zustand der Probe ermittelt werden. Um Kenngrößen wie Porosität,

Spannungen und Defekte zu bestimmen, wird ein kundenspezifisches Korrelationsmodell anhand von Referenzwerten, Prozessbedingungen und Werkstoffkennwerten herangezogen.

Technische Details

- Für alle nicht spiegelnden Werkstoffe anwendbar
- Bauraumgröße: unbegrenzt, homogene Ausleuchtung einer Fläche bis 100 x 100 mm², größere Flächen werden rasternd geprüft
- Laterale Auflösung: 10 µm (Metall) bis 100 µm (Keramik)
- Messgeschwindigkeit: 20 Messwerte/Sekunde, 30 Bilder/Minute

Anwendungsfelder

- Prozessüberwachung schneller Fertigungsabläufe, z. B. Inline-Werkstoffcharakterisierung bei additiven Fertigungsverfahren
- Bauwerksüberwachung (Spannungen und Defekte)
- Inline-Monitoring biotechnologischer Prozesse

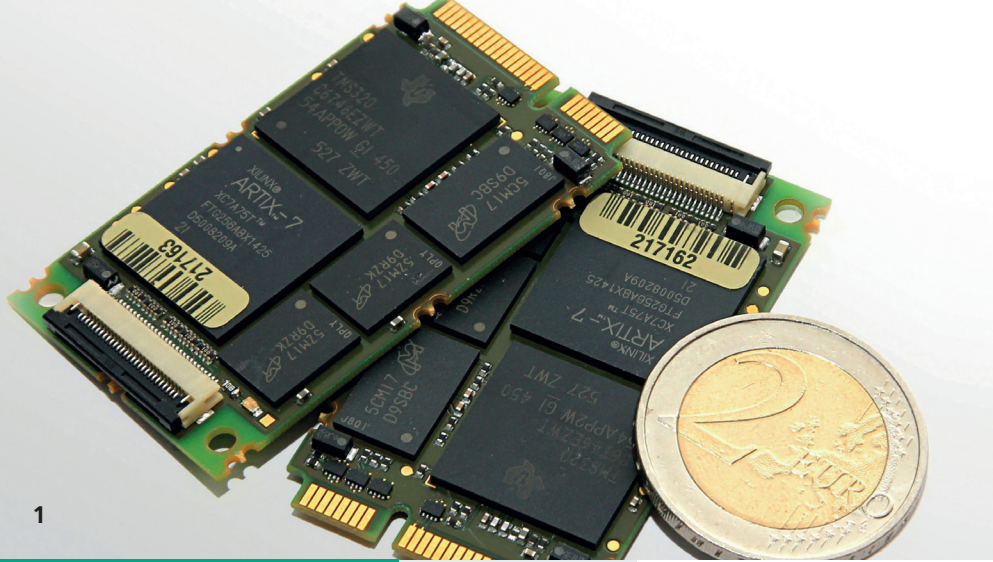
Leistungsangebot

- Entwicklung kundenspezifischer LSP-basierter Prüfsysteme
- Vor-Ort-Messservice
- Geometrische Vermessung von elektronischen Bauteilen
- Auftragsforschung

Kontakt

Dr.-Ing. Beatrice Bendjus
Gruppenleiterin Speckle-basierte Verfahren
Telefon +49 351 88815-511
beatrice.bendjus@ikts.fraunhofer.de

2 *Automatisiertes Inline-
Prüfsystem auf Basis der Laser-
Speckle-Photometrie.*



ADVANCED NDT

Komplexe Prüfaufgaben im Kontext von Industrie 4.0 liefern eine gewaltige Anzahl an Prozessdaten unterschiedlichen Ursprungs, die analysiert werden müssen. Mit geeigneten Ansätzen können aus vorhandenen oder dezidiert erfassten Parametern zahlreiche Zusatzinformationen gewonnen werden. Das Fraunhofer IKTS optimiert etablierte und neue ZfP-Verfahren, um Kunden gezielt Wege zur Nutzung dieser wertvollen Informationen aufzuzeigen.

Mustererkennung

Mit der Mustererkennung können Prüfobjekte anhand ihrer Messsignale klassifiziert werden, z. B. aktiv oder passiv gewonnene akustische Signale, Bilder oder andere Parameter wie Temperaturwerte. Das Augenmerk der Mustererkennung liegt darauf, diesen komplexen Daten eine Bedeutung zuzuordnen, z. B. »Das Zahnrad ist fehlerfrei« oder »Das Ventil hat 80 % seiner Lebenszeit erreicht«.

Das Fraunhofer IKTS besitzt seit vielen Jahren umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Mustererkennung. Die entwickelten Algorithmen wurden bereits in vielfältigen Anwendungen, u. a. im Maschinenbau sowie in der Automobil-, Glas-, Papier-, Textil- und Uhrenindustrie, erfolgreich erprobt und eingesetzt. Zusätzlich zur PC-basierten Lösung wurde ein autarkes und modulares Gerät für mobile Messungen entwickelt, an das sich verschiedene Sensoren oder Mikrofone anschließen lassen.

Technische Details

- Unabhängig von Prüfverfahren, Messprinzip und Art der verwendeten Sensoren
- Kombination verschiedener Sensordaten möglich

Anwendungsfelder

- Gut-/Schlechtanalysen
- Lebensdauervorhersagen
- Erkennung von Rissen, Einschlüssen und Einschlügen
- Verschleißmonitoring
- Zustandsüberwachung von Bauteilen, Maschinen und Anlagen
- Überwachung von Produktionsprozessen

Maschinelles Lernen

Maschinelles Lernen dient als Teilgebiet der künstlichen Intelligenz dazu, aus einer vorhandenen, meist umfangreichen Datenmenge zu lernen. Dieser Prozess erfolgt nicht durch »Auswendiglernen«, sondern durch das Erkennen von Mustern und Gesetzmäßigkeiten in bekannten Beispielen, den Trainingsdaten. Im Trainingsprozess werden dazu verallgemeinerte Modelle gebildet, mit denen neue ungesehene Daten klassifiziert werden können.

Das Fraunhofer IKTS verwendet dafür spezielle Maschinenlernverfahren, wie Deep Learning zum Training tiefer neuronaler Netze (DNN), Expectation-Maximization-Algorithmus (EM) für Hidden-Markov-Modelle (HMM) oder konvexe Optimierung für Support-Vector-Machines (SVM). Eine besondere Trainingssoftware ermöglicht ein einfaches Lernen neuer Modelle, beispielsweise für weitere Serien des gleichen Bauteils oder vergleichbare Bauteile.

Leistungsangebot

- Erkennen- und Trainingssoftware
- Hardwaremodule

1 *Hardwaremodul zur Mustererkennung.*



- Datenanalyse und -auswertungen
- Kundenspezifische Entwicklung von Gesamtsystemen

ZfP-Assistenzsysteme

Einen weiteren Schwerpunkt im Kontext von Industrie 4.0 stellen Assistenzsysteme dar, die den Menschen im Umgang mit Technik unterstützen sollen. Das Fraunhofer IKTS entwickelt hierfür eine kognitive Benutzerschnittstelle zur Steuerung von Prüfsystemen. Diese ermöglicht einen natürlichsprachlichen Dialog mit dem Prüfsystem. Somit benötigt der Prüfer weder Vorwissen, noch muss er Kommandos lernen. Sie passt sich selbstständig an die Arbeitsweise des Prüfers und an die Prüfaufgaben an. Darüber hinaus lernt sie das individuelle Nutzerverhalten und ist über verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten (z. B. Sprache) steuerbar. Damit wird Prüfern bei einem erschwerten Zugang zum Prüfkörper oder unter komplizierten Umgebungsbedingungen (z. B. verstrahltes Umfeld) die Bedienung des Prüfgeräts erleichtert.

Die am Fraunhofer IKTS entwickelte kognitive Benutzerschnittstelle hat den Vorteil, dass sie autark ist. Sie benötigt weder Internetanbindung noch Funknetz. Zudem nutzt das Hardwaremodul keine Ressourcen des Prüfgeräts.

Die Daten werden lediglich auf dem Gerät gehalten und nicht an externe Server oder eine Cloud von Drittanbietern übertragen, was absolute Datensicherheit gewährleistet. Damit ist es auch für vertrauenswürdige und lokale Anwendungen mit sensiblen Daten geeignet.

Kontakt

Dr.-Ing. Constanze Tschöpe
 Gruppenleiterin Maschinelles Lernen und Datenanalyse
 Telefon +49 351 88815-522
 constanze.tschoepe@ikts.fraunhofer.de

Technische Details

- Ohne Funknetzwerk- oder Internetverbindung einsetzbar
- Keine Übertragung der Nutzerspracheingaben an Server eines Drittanbieters
- Ermöglicht berührungslose (»hands and eyes free«) Kommunikation

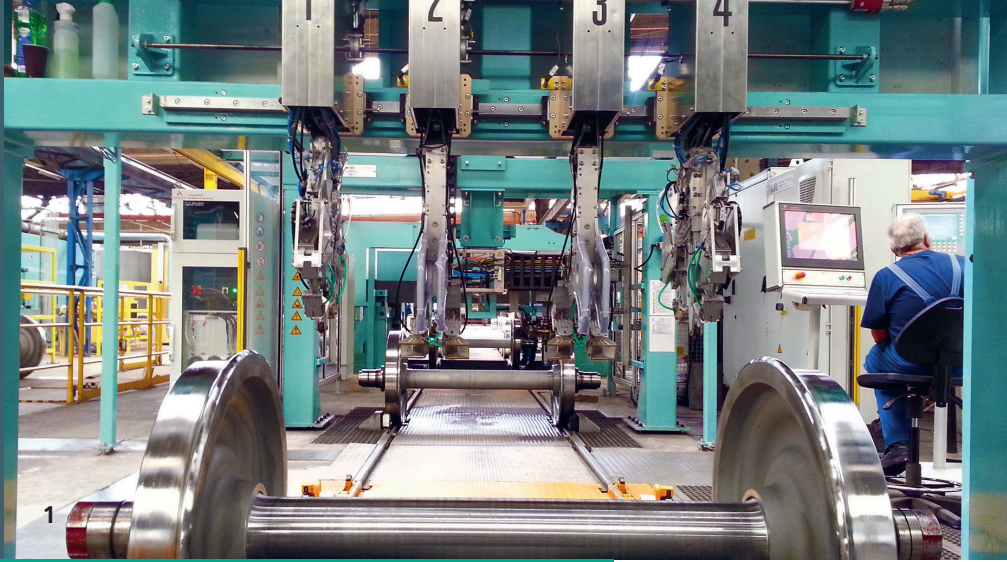
Anwendungsfelder

- Wartung, Reparatur und Betrieb (MRO) in:
 - Technischen Großinfrastrukturen
 - Luftfahrt
 - Industrie- und Anlagentechnik
- Mensch-Maschine-Interaktion
- Steuerung von Geräten und Anlagen

Leistungsangebot

- Erkennersoftware
- Hardware
- Trainingssoftware
- Kundenspezifische Entwicklungen

2 *Robotergestützte Messungen und KI-basierte Datenauswertungen erweitern das Einsatzspektrum von ZfP-Verfahren.*



ANWENDUNGSBEISPIELE

ULTRASCHALL-BIPLANAR-ARRAY

In der Ultraschalltechnik gibt es verschiedene Sensortypen, die entweder auf Einzelschwingertechnik oder auf Array-Technik basieren. Speziell für die Array-Techniken werden Hardwarelösungen mit vielen synchronisierten Kanälen benötigt, die mit steigender Kanal-Anzahl preisintensiver werden. In der Praxis werden hauptsächlich Linear-Arrays verwendet, die allerdings für einige Fragestellungen nicht geeignet sind. Matrix-Arrays stellen hier eine Alternative dar, die sich aber nur sehr schwer durchsetzt, weil allein für ein 8x8-Matrix-Array eine 64-kanalige Elektronik benötigt wird.

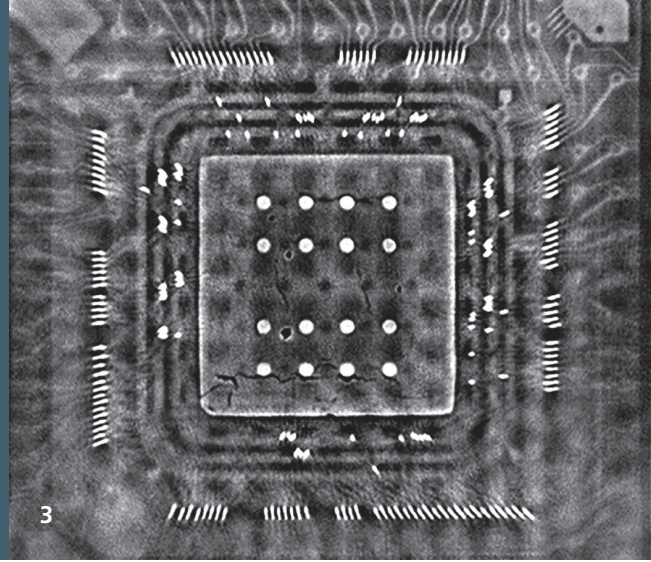
Die Entwicklung des sogenannten Biplanar-Arrays des Fraunhofer IKTS versucht die Performance eines Matrix-Arrays mit Hilfe von zwei kombinierten Linienarrays abzubilden, welche orthogonal zueinander ausgerichtet sind. Durch geschickte Schaltung der angeschlossenen Elektronik können verschiedene Punkte im zweidimensionalen Raum unter dem Array angesteuert und damit die Abbildungseigenschaften eines Matrix-Arrays nachgestellt werden. Der entscheidende Vorteil ist, dass mit dieser Bauform ein 8x8-Array mit nur 16 Kanälen abgebildet werden kann.

ULTRASCHALLSYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

Besonders hochbelastete Komponenten von Zügen und Waggons wie Achsen und Räder müssen regelmäßigen Prüfungen unterzogen werden. Das Fraunhofer IKTS entwickelt hierfür gemeinsam mit Partnern aus der Industrie Prüfsysteme auf Ultraschallbasis, wobei der Schwerpunkt auf der Software und Elektronik liegt. Die Software ist dabei so ausgelegt, dass sie intuitiv durch die Prüfer zu bedienen ist und eine verwechslungssichere Prüfung ermöglicht. Die gängige Normung wird vollständig eingehalten. Die leistungsstarke PCUS[®] pro-Elektronik garantiert aufgrund der hohen Datenraten und des parallelen FPGA-Designs schnelle Prüfungen und flexible Parametrierungen.

So wurde beispielsweise ein Hohlwellen-Prüfsystem für Hochgeschwindigkeitszüge entwickelt. Mit sieben Einzelschwingerprüfköpfen kann die Komponente schnell und sicher geprüft werden. Darüber hinaus wurde ein Vollwellenprüfsystem für Güterzüge auf Basis von Ultraschall-Phased-Array realisiert. Beide Systeme werden seit einigen Jahren sowohl bei der Deutschen Bahn als auch im Ausland erfolgreich eingesetzt.

1 Gruppenstrahler-Prüfsystem für Radsatzvollwellen mit Elektronik und Software des Fraunhofer IKTS
(Quelle: Arxes-Tolina).



EDDYCUS® ROBOT

Kohlefaserverbundwerkstoffe werden während ihres Herstellungsprozesses frühzeitig in komplexe Geometrien umgeformt. Dafür wurde – basierend auf der bereits entwickelten Hochfrequenz-Wirbelstromtechnologie mit 2D- bzw. 2,5D-Scansystemen für ebene Prüflinge – der EddyCus® Robot für die Prüfung von freigeformten Kohlefasergelegen entwickelt.

Die Bahnplanung für das roboterbasierte Prüfsystem kann dabei entsprechend der CAD-Daten erzeugt werden. Falls diese nicht vorliegen oder durch den Fertigungsprozess selbst starken Schwankungen unterliegen, steht beim EddyCus® Robot auch ein alternatives System zur Verfügung. Hierbei lässt sich ein unbekanntes Bauteil mit einer Streifenlichtkamera digitalisieren und daraus ein Netzmodell berechnen, auf dessen Oberfläche eine parametrische Bahnplanung durchgeführt wird. Anschließend wird der Sensor orthogonal über die Bauteiloberfläche gesteuert. Zuletzt werden die Sensormessergebnisse und die Bahndaten zu einem Rasterbild (C-Scan) zusammengesetzt.

Der EddyCus® Robot ist beispielsweise bei der Bayerischen Motorenwerke AG zur Detektion von Faserfehlern, Lagenfehlern sowie weiteren innenliegenden Defekten im Einsatz.

RÖNTGEN-LAMINOGRAPHIE-SYSTEM

Bei der Herstellung von elektronischen Bauteilen kann es zu Einschlüssen in Lotpunkten oder kleinen Rissen kommen. Mit der konventionellen Röntgen-Computertomographie können dreidimensionale Datensätze der inneren Struktur eines Bauteils erzeugt werden. Die Auflösung der einzelnen Voxel hängt dabei aber stark von der gesamten Größe des Prüfobjekts ab. Bei ausgedehnten flachen Strukturen wie Leiterplatten kann also nur eine begrenzte Auflösung erreicht werden.

Um die Auflösung zu erhöhen, wurde am Fraunhofer IKTS die sogenannte Röntgen-Laminographie entwickelt. Durch eine sehr spezielle Anordnung von Röntgenröhre, Detektor und Objekt kann ein hochaufgelöster 3D-Datensatz speziell für kleine Teilbereiche flacher Baugruppen erzeugt werden. So lassen sich Risse in Fugestellen elektronischer Bauteile auf deren Schaltungsträger ohne Präparationsaufwand schnell und zerstörungsfrei sichtbar machen.

Neben typischen Anwendungen im Bereich der Elektronikfertigung wird das Verfahren zunehmend in der Qualitätssicherung von in CFK-Strukturen eingebetteten Systemen genutzt.

2 EddyCus Robot® zur Prüfung von freiformbasierten Komponenten mittels Hochfrequenz-Wirbelstromtechnologie.

3 Röntgen-Laminographie-Aufnahme eines Ball Grid Arrays mit Riss.

KURZPORTRÄT DES FRAUNHOFER IKTS

Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS betreibt anwendungsorientierte Forschung für Hochleistungskeramik. Die drei Instituts-teile in Dresden und Hermsdorf (Thüringen) formen gemeinsam das größte Keramikforschungsinstitut Europas.

Als Forschungs- und Technologiedienstleister entwickelt das Fraunhofer IKTS moderne keramische Hochleistungswerkstoffe, industrierelevante Herstellungsverfahren sowie prototypische Bauteile und Systeme in vollständigen Fertigungs-linien bis in den Pilotmaßstab. Darüber hinaus umfasst das Forschungsportfolio die Kompetenzen Werkstoffdiagnose und -prüfung. Die Prüfverfahren aus den Bereichen Akustik, Elektromagnetik, Optik und Mikroskopie tragen maßgeblich zur Qualitätssicherung von Produkten und Anlagen bei.

Das Fraunhofer IKTS arbeitet in acht marktorientierten Geschäftsfeldern, um keramische Technologien und Komponenten sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren für neue Branchen, Produktideen und Märkte innerhalb und außerhalb der klassi-schen Einsatzgebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören kera-mische Werkstoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektro-nik und Mikrosysteme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medi-zintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse.



www.ikts.fraunhofer.de

KONTAKT

Industrielösungen
Zerstörungsfreie Prüfung

Christoph Prüfer
**Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien
und Systeme IKTS**

Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
Telefon +49 351 88815-552
[christoph.prufer@
ikts.fraunhofer.de](mailto:christoph.prufer@ikts.fraunhofer.de)