

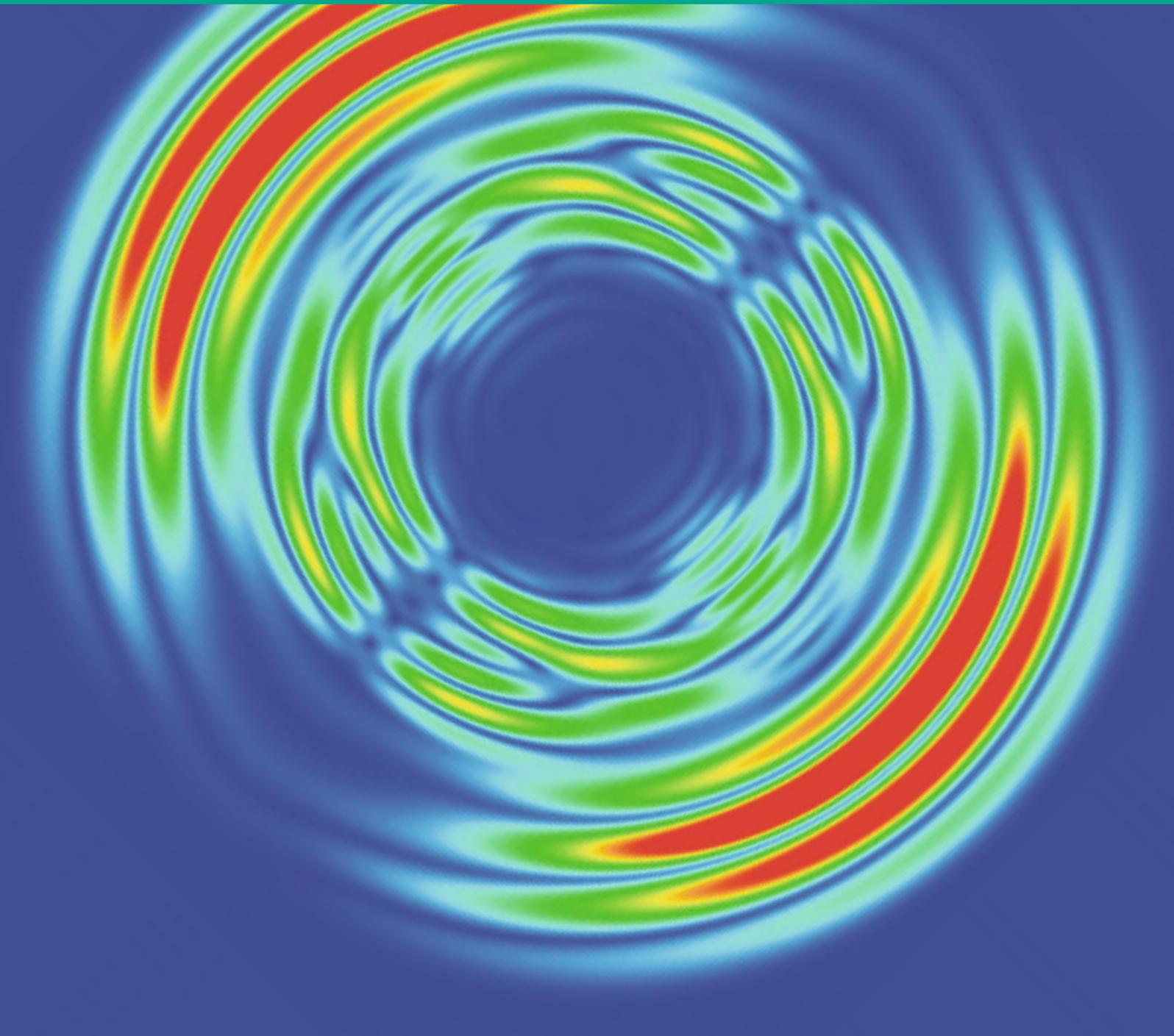


Fraunhofer
IKTS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS

INDUSTRIELÖSUNGEN

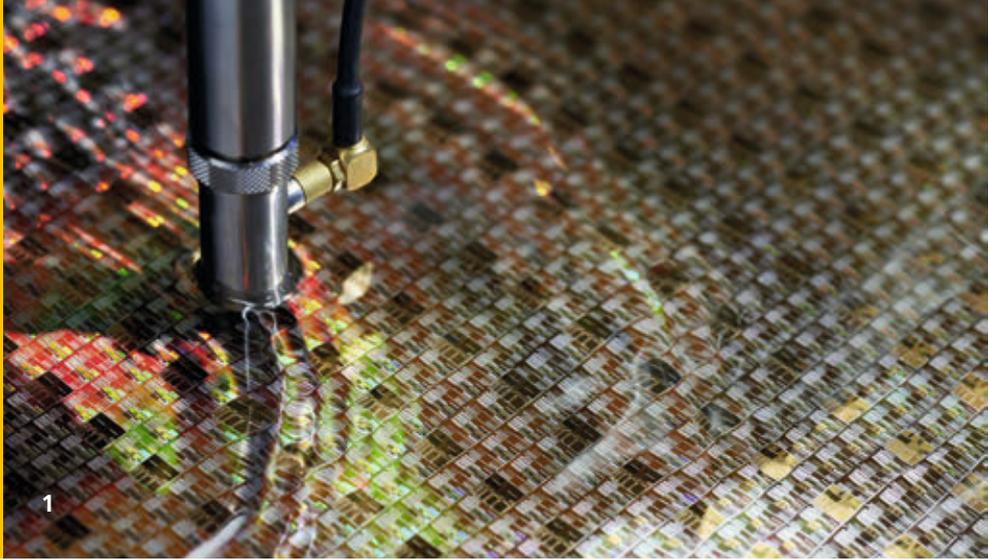
ULTRASCHALL



1	Überblick
2	Methodenentwicklung
4	Ultraschallwandler
6	Ultraschall-Prüfköpfe und -Sensoren
8	Elektronik
12	Software
15	Simulation und Modellierung
17	Akkreditiertes ZfP-Zentrum
18	Prüfsysteme
20	Kooperationsmodelle
21	Technische Ausstattung

TITELBILD *Wellenfeld eines
PZT-Faserwandlers.*

1 *Ultraschall-Prüfkopf scannt
einen Wafer.*



»ONE STOP SHOP« FÜR ULTRASCHALL

Ultraschall ist eines der am häufigsten eingesetzten zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP) im Labor und in der Industrie. Das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS verbindet langjährige Erfahrungen in der Materialprüfung mit unikalen Kompetenzen im Bereich der Ultraschalltechnologien. Als ZfP-Spezialist kann das Fraunhofer IKTS neue und effizientere Ultraschall-Prüfmethoden entwickeln sowie innerhalb des akkreditierten Prüfzentrums validieren und verifizieren. Das Institut begleitet die Entwicklung kundenspezifischer Ultraschall-Prüfsysteme entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Simulation und Modellierung über die Entwicklung von Wandlern und Sensoren sowie Hochleistungsprüfelektronik bis zur Systemintegration.

Bereits seit den 1960er Jahren, damals noch am Zentralinstitut für Kernforschung in Dresden-Rossendorf, beschäftigt sich das Fraunhofer IKTS mit der Ultraschallprüfung. Heute schafft das größte Keramikforschungsinstitut Europas smarte Lösungen für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung – von der piezoelektrischen Keramik bis zum zertifizierten Ultraschall-Prüfsystem.

Herzstück eines jeden Prüfsystems sind die Sensoren. Für Spezialanwendungen konzipiert, liefert das Fraunhofer IKTS eigens entwickelte Sensoren, die auf Geometrien, Materialien und an akustische Parameter optimal angepasst werden können. Kundenspezifische Prüfsysteme werden mit einer modularen und sehr leistungsfähigen Elektronik (PCUS[®] pro-Geräte-reihe) sowie einer flexiblen Software (PCUS[®] pro Lab) bestückt.

Stetig treibt das Fraunhofer IKTS die Optimierung und Weiterentwicklung von Ultraschall-Prüfsystemen und Prüfverfahren voran. Dies erfolgt mit Simulationstechniken, die auch für neue Messansätze herangezogen werden. Das hauseigene Prüfzentrum kann mittels flexibler Akkreditierung selbst entwickelte Ultraschall-Prüfverfahren validieren und diese zur Anwendung freigeben.

Abgerundet wird das Portfolio durch wissenschaftliche Beratungen bei grundlegenden Fragen zum Ultraschall im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung sowie durch die Umsetzung und Begleitung kompletter FuE-Projekte.

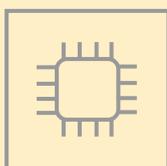
Ultraschallmethoden und -technologien für ZfP, Materialdiagnostik und Werkstoffcharakterisierung



Methoden-
entwicklung



Wandler &
Sensoren



Elektronik



Software



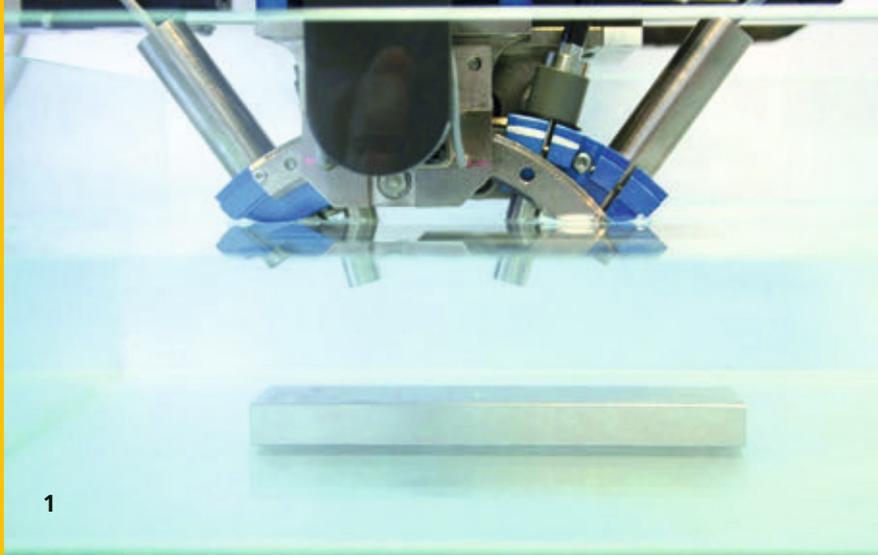
Simulation &
Modellierung



Akkreditiertes
ZfP-Zentrum



Ultraschall-
Prüfsysteme



METHODENENTWICKLUNG

Neue Fertigungsverfahren, komplexere Bauteile und steigende Anforderungen an die Qualität konfrontieren Unternehmen immer häufiger mit Fragestellungen, die mit etablierten Ultraschallansätzen nicht mehr gelöst werden können. Als ZfP-Spezialist entwickelt das Fraunhofer IKTS »out-of-the-box« neue und effektive Prüfmethode für industrielle Ultraschallanwendungen und kann diese bei Bedarf mit einer zugeschnittenen Mess- und Auswertetechnik komplettieren.

CHARAKTERISIERUNG VON RANDSCHICHTEN

Zur Verbesserung der Werkstoffeigenschaften, wie Schwingfestigkeit, Steifigkeit, Belastbarkeit und Dauerfestigkeit, werden stark beanspruchte Bauteile wie Nockenwellen, Zahnräder, Biege- und Presswerkzeuge aber auch Triebwerkskomponenten in ihren Randbereichen hinsichtlich ihrer mechanischen und thermischen Parameter modifiziert. Dies kann durch Kugelstrahlen von Metallen zur Gefügemodifikation (Kaltverfestigung) oder zur Einbringung von Oberflächendruckspannungen erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist das Randschichthärten. Mit diesen Modifikationen gehen häufig aber auch negative Änderungen, wie die Oberflächendegradation durch Mikrorissbildung, einher.

In jedem Fall ist eine zerstörungsfreie Charakterisierung des Werkstoffzustands von Interesse. Mittels Rayleigh-Wellen können die gewünschten Informationen gewonnen werden. Diese Ultraschall-Wellen werden dabei an die Oberfläche des Bauteils geführt und tauchen je nach Frequenz unterschiedlich tief ein. Die frequenzabhängige Schallgeschwindigkeit (Dispersion) liefert eine Information über den Tiefengradienten der jeweiligen Eigenschaften. Über den akustoelastischen Effekt, der Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit von den

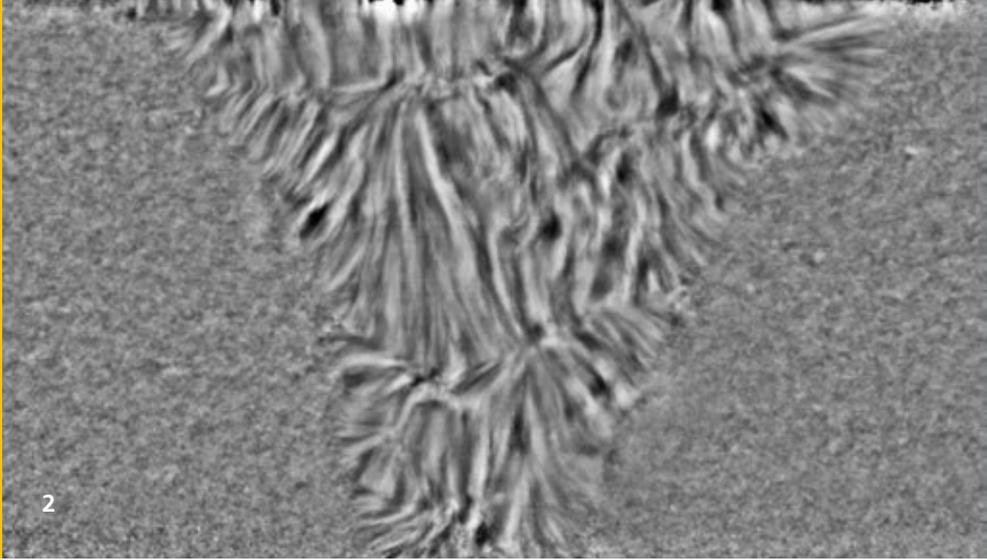
elastischen Spannungen, ist ein Eigenspannungs(-tiefen-)gradient erfassbar. Zur zerstörungsfreien Charakterisierung von Randschichten hat sich die laseroptische Bestimmung der Rayleigh-Wellendispersion als eine sehr genaue Charakterisierungsmethode etabliert, die jedoch aufwändig und mechanisch wenig robust ist.

Das Fraunhofer IKTS hat deshalb nach einer Alternative gesucht, um Eigenspannungen in kugelgestrahlten Metallen zu charakterisieren. Mit Hilfe des am Institut entwickelten »High Resolution Ultrasound Goniometer« (HUGO) wird das Spektrum des in Immersionstechnik reflektierten Signals über den Winkel dargestellt, woraus sich eine Dispersionskurve generieren lässt. Mit diesem Ansatz konnten die Wissenschaftler des Fraunhofer IKTS erfolgreich in mehreren Kundenprojekten den Zustand der Eigenspannung von gehärteten und kugelgestrahlten Metallen schnell und zerstörungsfrei charakterisieren. Darüber hinaus kann das Prüfgerät zur Bestimmung von Schichtdicken und Oberflächendegradationen eingesetzt werden.

DARSTELLUNG VON VOLUMENABBILDERN

Mit hochfrequenter Ultraschall-Immersionstechnik, auch Ultraschallmikroskopie oder Scanning Acoustic Microscopy (SAM) genannt, können Volumenabbilder dargestellt werden. Diese Methode ist ideal für Objekte mit kleinen Fehlstellen (Streuern) geeignet, jedoch sehr ungenau in der Detektion von schrägliegenden flächigen Inhomogenitäten wie Rissen.

1 HUGO-III-System des IKTS zur schnellen und zerstörungsfreien Charakterisierung von gehärteten und kugelgestrahlten Metallen.



Mit einer neu entwickelten Messmethodik und Auswertesoftware für die Ultraschallmikroskopie löst das Fraunhofer IKTS diese Problematik. Die SAM-Tomography leistet für Objekte mit einer ebenen Einkopplfläche deutlich mehr als die übliche Ultraschallmikroskopie, da sie auch schräg liegende flächige Defekte korrekt detektieren und darstellen kann.

VERMESSUNG DER ULTRASCHALLAUSBREITUNG

Die Optimierung von Ultraschallprüfverfahren setzt eine detaillierte Kenntnis der Ultraschallwellenausbreitung voraus. Als Werkzeug kommt dabei die numerische Simulation zum Einsatz, die jedoch mit zunehmender Komplexität, z. B. fehlende oder ungenaue Eingangsparameter, scheitert. Experimentelle Methoden zum Kenntnissgewinn sind dann unverzichtbar.

Die Forscher des Fraunhofer IKTS verfügen über langjährige Erfahrungen in der Vermessung von Ultraschall-Wellenfeldern mit verschiedensten Methoden. Als besonders geeignet hat sich dabei die laservibrometrische Vermessung der Ultraschallausbreitung an Oberflächen oder Querschnitten erwiesen. Diese vollkommen rückwirkungsfrei arbeitende Methode liefert Schnappschüsse und Filme der Wellenausbreitung und eignet sich insbesondere für faserverstärkte oder elastisch stark anisotrope Materialien, wie austenitische Schweißnähte. Zudem lassen sich auch für defektbasierte Wechselwirkungen entscheidende Erkenntnisse bezüglich der Ultraschall-Wellenausbreitung gewinnen.

MIKROSTRUKTURBESTIMMUNG

Eine sich entlang einer Oberfläche ausbreitende Ultraschallwelle trägt nicht nur Information über die makroskopisch

variierenden elastischen Eigenschaften mit sich, sie enthält auch Informationen über die Mikrostruktur des zu untersuchenden Objekts.

Den Wissenschaftlern des Fraunhofer IKTS ist es gelungen, mittels laservibrometrischer Vermessung von streifenden Ultraschallwellen die Mikrostruktur sichtbar zu machen.

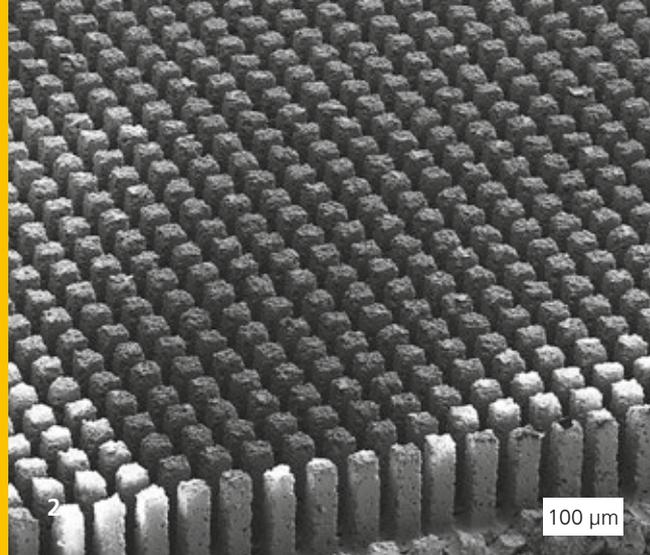
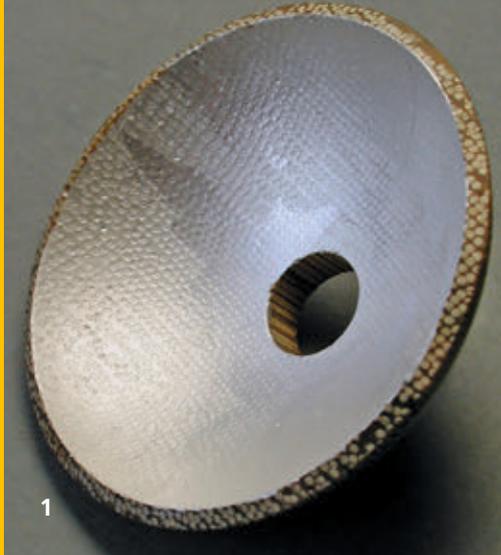
Diese neue Art von elastodynamischer Nahfeldmikroskopie, »Grazing Incidence Ultrasound Microscopy« (GIUM), stellt für Kornstrukturanalysen eine Alternative zur Metallographie dar und kommt ohne das Ätzen aus. Im Vergleich zur Elektronenrückstreubeugung (EBSD) verzichtet GIUM auf ein Vakuum und erlaubt deutlich größere Proben.

Leistungsangebot

Das Fraunhofer IKTS bietet für industrielle Aufgabenstellungen innovative Lösungsansätze mit Ultraschallmethoden an. Darüber hinaus stehen weitere ZfP-Verfahren zur Verfügung, die je nach Fragestellung folgende Schritte komplett oder teilweise durchlaufen:

- Analyse der Fragestellung
- Suche nach bekannten Lösungen oder Lösungsansätzen
- Modellierung des Sachverhalts
- Experimentelle Untersuchungen
- Demonstration der Machbarkeit
- Entwicklung/Adaption von Sensorik und/oder Elektronik
- Entwicklung von Software
- Dienstleistungsmessungen oder Lieferung eines Prüfsystems

2 *Mittels GIUM dargestellte Kornstruktur einer austenitischen Schweißnaht.*



ULTRASCHALLWANDLER

Der Ultraschallwandler ist die wichtigste Komponente des Ultraschallprüfkopfs. Auf Basis seiner Material- und Fertigungskompetenz, bietet das Fraunhofer IKTS unikale Lösungen für spezifische Wandler und innovative Prüfanwendungen.

FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Die Kombination aus piezokeramischen Elementen und Polymeren bietet eine große Auswahl an Hochleistungsultraschallwandlern. Zur effizienten Herstellung werden sowohl die genutzten piezokeramischen Komponenten als auch die daraus abgeleiteten piezoelektrischen Komposite auf die individuellen Anwendungen zugeschnitten.

Am Fraunhofer IKTS werden piezokeramische Fasern mit Hilfe eines Spinnverfahrens hergestellt. Damit steht eine leistungsfähige Technologie zur Herstellung faserförmiger piezokeramischer Komponenten zur Verfügung, die in regulärer oder beliebiger Verteilung in sogenannte 1-3-Piezokomposite integriert werden können. Somit lassen sich die Ultraschallwandler an die spezifischen Anforderungen anpassen:

- Hochfrequenz/Niederfrequenz
- Fokussiert/nicht fokussiert
- Einzelelement/segmentiert

Resonanzfrequenz	40 kHz bis 8 MHz
Kopplungskoeffizient	0,60
Akustische Impedanz	15 bis 25 MRayl
Faserabstand	100 bis 800 µm
Max. Wandlerabmessung	60 x 60 mm

1 Fokussierender Ultraschallwandler auf Basis von Piezofaserkompositen.

DICE-AND-FILL-KOMPOSITE

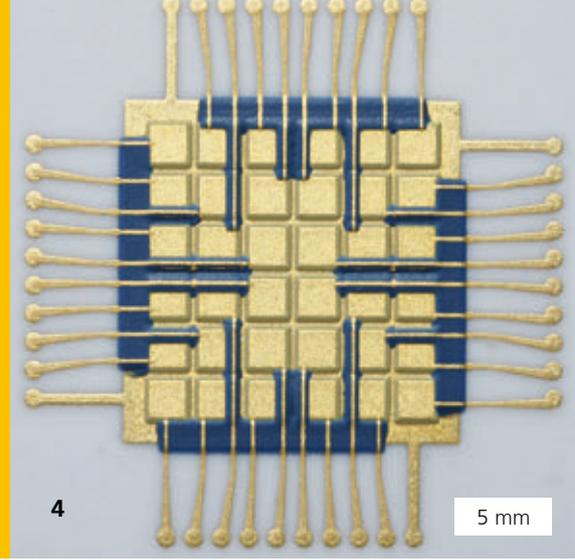
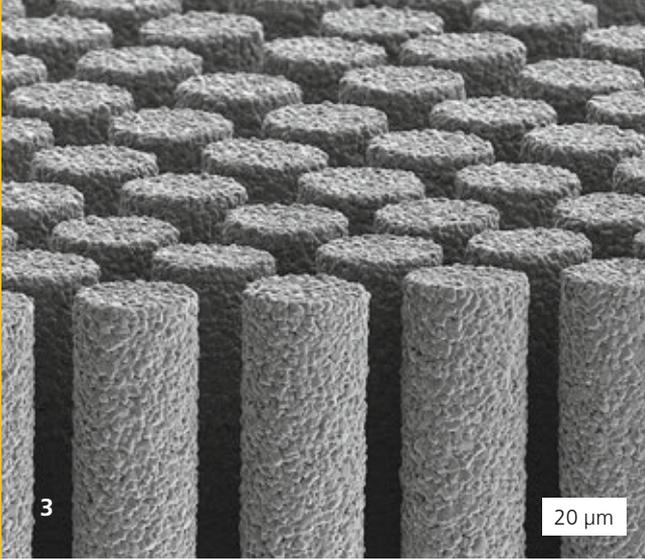
Die Dice-and-Fill-Technologie ist die am häufigsten genutzte Methode zur Fertigung von 1-3-Kompositen. Dabei werden in einen gesinterten und gepolten piezokeramischen Block senkrechte Schnitte eingebracht. Die entstandenen Gräben werden mit einem Polymer verfüllt und der Bodenkörper durch Schleifen entfernt. Die piezokeramischen Stäbchen haben einen rechteckigen Querschnitt. Gegenüber üblichen Bulk-Keramiken bieten 1-3-Piezokomposite folgende Vorteile:

- Niedrigere akustische Impedanz Z_a
- Höherer Kopplungskoeffizient k_t
- Höhere Bandbreite B
- Niedrigerer mechanischer Qualitätsfaktor Q_m

Das piezokeramische Material wird entsprechend den Anforderungen ausgewählt. Für hochsensitive Ultraschallwandler eignet sich besonders das einkristalline PMN-PT.

Resonanzfrequenz	1 bis 15 MHz
Kopplungskoeffizient	0,68 (Keramik) 0,75 (Einkristall)
Akustische Impedanz	18 bis 22 MRayl
Min. Elementgröße	50 µm
Min. Zwischenraum	35 µm
Max. Wandlerabmessung	60 x 60 mm

2 Bearbeitete PZT-Keramik zur Herstellung von 1-3-Piezokompositen.



SOFT-MOLD-KOMPOSITE

Die Herstellung von Hochfrequenz-Ultraschallwandlern für Frequenzbereiche größer 10 MHz gestaltet sich aufgrund der möglichen Grabenbreite und Sprödigkeit des piezokeramischen Trägermaterials als sehr herausfordernd. Mit dem Soft-Mold-Prozess hat das Fraunhofer IKTS eine Technologie entwickelt, mit der sich nun noch kleinere Abstandsgrößen und ein freies Design der piezokeramischen Stäbchen realisieren lassen.

Beim Soft-Mold-Prozess nutzt das Fraunhofer IKTS Urformen, die mit Hilfe von Mikrosystemtechniken, wie dem reaktiven Ionenätzen von Siliziumwafern, strukturiert werden. Von diesen werden Polymerformen abgenommen und anschließend mit einem keramischen Schlicker verfüllt. Nach der Trocknung, Entformung und Sinterung entstehen feinskalige piezokeramische Arrays, die mit einem Polymer aufgefüllt und zur gewünschten Dicke abgeschliffen werden können.

Resonanzfrequenz	5 bis 40 MHz
Kopplungskoeffizient	0,60
Akustische Impedanz	10 bis 20 MRayl
Min. Elementgröße	25 µm
Min. Zwischenraum	8 µm
Max. Wandlerabmessung	10 x 10 mm

3 Gesinterte PZT-Stäbchen für die Herstellung von 1-3-Piezokompositen.

SIEBGEDRUCKTE ULTRASCHALLWANDLER

Das Fraunhofer IKTS liefert spezielle, durch Siebdruck gefertigte Ultraschallwandler. Strukturierte PZT-Dickschichten mit einer typischen Dicke von 30 bis 150 µm können einfach auf übliche elektronische Substrate, wie Al_2O_3 , LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics), Silizium und ausgewählte Stahlsorten, aufgebracht werden. So werden kompakte Geräte mit piezoelektrischer Funktion und Elektronik in Serienfertigung auf Wafer-Ebene hergestellt. Diese erfüllen alle Anforderungen hinsichtlich Miniaturisierung und Integration.

Durch die Strukturierung von piezokeramischen Dickschicht- und Elektrodenanordnungen ist es möglich, Ultraschallwandler als Phased-Arrays zu konzipieren. Die Siebdrucktechnologie kann darüber hinaus auch bei zylinderförmigen Substraten eingesetzt werden.

Resonanzfrequenz	5 bis 30 MHz
Kopplungskoeffizient	-
Akustische Impedanz	-
Min. Elementgröße	300 µm
Min. Zwischenraum	300 µm
Max. Wandlerabmessung	100 x 100 mm

4 2D-Ultraschallwandler auf Al_2O_3 -Substrat.



ULTRASCHALL-PRÜFKÖPFE UND -SENSOREN

Ultraschallprüfköpfe kommen in vielen Industriezweigen bei der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) zum Einsatz. Sie ermöglichen eine präzise Bestimmung der Lage von Fehlern und somit eine sichere Qualitäts- und Zuverlässigkeitsbewertung. Das IKTS bietet eine große Auswahl an Prüfköpfen mit unterschiedlichen Frequenzen, Konfigurationen, Anschlüssen und Kabeltypen.

FOKUSSIERENDE PHASED-ARRAY-PRÜFKÖPFE

Das Fraunhofer IKTS liefert Spezialwandler für Ultraschallanwendungen an gekrümmten Bauteilen, Rohren und Löchern. Der gekrümmte Phased-Array-Prüfkopf erzielt eine geometrische Fokussierung des Schallfelds und verbessert so die Schallübertragung in das Prüfobjekt.

EINSCHWINGER-PRÜFKÖPFE

Die Messung mit einem Einschwinger-Prüfkopf ermöglicht, in Verbindung mit der Auswertung der Laufzeit zwischen zwei aufeinander folgenden Rückwandechos, eine hohe Genauigkeit ohne systematische Fehler. Das Fraunhofer IKTS liefert Einschwinger-Prüfköpfe für Tauchtechnik, zum Beispiel mit einer Wasserdichtheit bis 2 m Wassersäule und bis zu 9 m Kabellänge.

HOHEMPFINDLICHE PHASED-ARRAY-PRÜFKÖPFE

Das Fraunhofer IKTS liefert für Ultraschallanwendungen an Schweißnähten in stark anisotropen Materialien, vor allem in der Automobilindustrie, hochempfindliche Phased-Array-

Prüfköpfe. Die Empfindlichkeit ist mehr als 10 dB höher als bei PZT-basierten Prüfköpfen. Außerdem verbessert sich die relative Bandbreite um 20 Prozent.

ZYLINDERFÖRMIGE PRÜFKÖPFE

Für Kanäle in Wärmetauschern oder kleineren Rohren liefert das IKTS Sonderprüfköpfe, die durch Runddruck von PZT-Dickschichtpasten auf zylindrische Trägermaterialien hergestellt werden. Diese können sowohl als Gruppenstrahler als auch als linienfokussierte Prüfköpfe ausgelegt sein. Damit ergeben sich bei kleinen Innenradien (10 bis 30 mm) neue Möglichkeiten der Ultraschallprüfung.

Prüfköpfe	Fokussierende Phased-Array-Prüfköpfe	Einschwinger-Prüfköpfe
Elementanzahl	16 bis 64	1
Sensormaterial	Komposit	Komposit
Anschluss	Hypertronics oder Olympus	LEMO oder Kundenwunsch
Kabel	Koaxialkabel	Koaxialkabel
Arbeitsfrequenz	2 bis 15 MHz	2 bis 15 MHz
Elementdurchmesser	Linien-Arrays nach Kundenwunsch	3 bis 50 mm
Max. Temperatur	40 °C	40 °C
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl
Membran	-	-
Anpassungsmedium	Nach Kundenwunsch	Nach Kundenwunsch

1 Mechanisch fokussierender Phased-Array-Prüfkopf.

2 Zylinderförmige Prüfköpfe für Sonderanwendungen.



3



4

HOCHFREQUENZ-PRÜFKÖPFE

Auf Basis eines Aluminiumnitrid-Dünnschichtschwingers fertigt das Fraunhofer IKTS Prüfköpfe mit einer Frequenz von 100 bis 250 MHz. Diese Hochfrequenz-Prüfköpfe werden für die Ultraschallmikroskopie als fokussierende oder nicht fokussierende Version eingesetzt.

SCHALLEMISSIONS-WANDLER

Die aktive und passive Strukturüberwachung von Stahlrohren, Dampfleitungen, Großtankböden oder Brückenkonstruktionen

wird je nach Kundenanforderung und benötigter Temperaturstabilität mit Schallemissionswandlern für den typischen Frequenzbereich von 100 bis 700 kHz realisiert.

HOCHTEMPERATUR-PRÜFKÖPFE

Für Messungen von Bauteilen, flüssigen Medien und Prüflingen aus Stahl, Nichteisen-Metallen, Aluminium mit Legierungen, Kunststoffen, Keramik und Glas bietet das Fraunhofer IKTS geeignete Spezial-Prüfköpfe. Die Prüfköpfe können für unterschiedlichste Applikationen bei Temperaturen bis 200 °C zum Einsatz kommen und werden für Prüfungen in Aufsetz- oder Tauchtechnik ausgelegt und hergestellt.

Prüfköpfe	Hohempfindliche Phased-Array-Prüfköpfe	Zylinderförmige Prüfköpfe	Hochfrequenz-Prüfköpfe	Schallemissionswandler	Hochtemperatur-Prüfköpfe
Elementanzahl	16	16	1	1	1
Sensormaterial	Komposit (Einkristall)	PZT-Dickschicht	AlN-Dünnschicht	PZT-Keramik	PZT-Keramik
Anschluss	Hypertronics oder Kundenwunsch	Hypertronics oder Kundenwunsch	UHF, Microdot	LEMO	LEMO
Kabel	Koaxialkabel	Koaxialkabel	-	Teflon-Koaxialkabel	Teflon-Koaxialkabel
Arbeitsfrequenz	2 bis 10 MHz	10 MHz	100 bis 250 MHz	100 bis 600 kHz	1 bis 10 MHz
Elementdurchmesser	Linien-Arrays nach Kundenwunsch	Linien-Arrays	2 bis 5 mm	3 mm	3 bis 12 mm
Max. Temperatur	40 °C	60 °C	60 °C	150 °C	200 °C
Gehäuse	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Membran	-	-	-	Stahlmembran	Keramik-Vorlauf
Anpassungsmedium	Nach Kundenwunsch	Nach Kundenwunsch	Quarz	-	-

3 Schallemissionswandler.

4 Hochtemperatur-Prüfköpfe.



1

ELEKTRONIK

Eine leistungsfähige modulare Elektronik und Software ermöglicht es, die maximale Leistung der Sensorik auszunutzen. Mit der PCUS®*pro*-Gerätefamilie bietet das Fraunhofer IKTS eine Ultraschall-Elektronik, die für den Einsatz von der Ultraschall-Handprüfung bis zum automatisierten Ultraschall-Prüfsystem geeignet ist.

Alle PCUS®*pro*-Geräte sind kompakt, energieeffizient und erfüllen die jeweils relevanten Teile der Ultraschallnorm DIN EN 12668. Der modulare Aufbau erlaubt die Anpassung an die entsprechende Prüfaufgabe mit geringem Entwicklungsaufwand.

Der Anschluss einer beliebigen Anzahl von PCUS®*pro*-Geräten an PC, Laptop oder Tablet gelingt mit USB problemlos. Die kompakte Bauform erlaubt sensornahe Applikationen.

PCUS®*pro* SINGLE

PCUS®*pro* Single ist ein handliches Ultraschall-Frontend, das zusammen mit einem Standard-PC ein Ultraschall-Prüfsystem bildet. Alle für die Signalerzeugung, -messung und -verarbeitung erforderlichen Komponenten sind in einem kleinen Gehäuse untergebracht.

PCUS®*pro* Single ist die ideale Lösung für Handprüfungen, einkanalige automatisierte Prüfungen sowie Lehre und Forschung.

Produktdetails

- Verfahren: Handprüfung
- Kompakte Elektronik für manuelle und mechanisierte

Ultraschallprüfung mit einem Kanal Stromversorgung und Datentransfer über USB 2.0

- Optionales externes Encoder-Interface für vier Achsen
- Für IE/SE-Prüfköpfe im Frequenzbereich von 500 kHz bis 30 MHz
- Rauscharme A/D-Wandlung mit 14-Bit-Auflösung und Abtastraten bis zu 100 MS/s

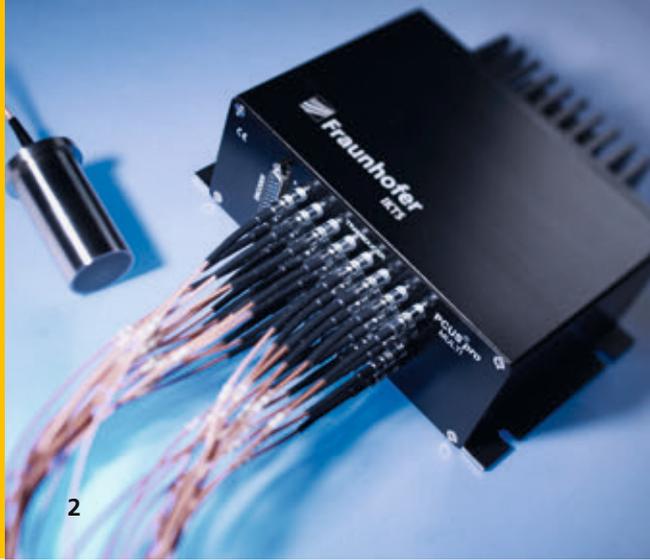
PCUS®*pro* MULTI

PCUS®*pro* Multi ist ein 16-kanaliges Ultraschall-Frontend für vollautomatisierte Ultraschallprüfungen mit mehreren Prüfköpfen. Durch die USB 2.0-Schnittstelle und die Möglichkeit der Komprimierung der Messdaten sind sehr schnelle Prüfungen im industriellen Umfeld möglich, z. B. in der Blechprüfung oder Hohlwellenprüfung bei Schienenfahrzeugen. PCUS®*pro* Multi lässt sich durch den modularen Aufbau an nahezu jede Prüfaufgabe anpassen.

Produktdetails

- Verfahren: Automatisierte Mehrkanal-Prüfung
- Kompakte Ultraschallelektronik für automatisierte Prüfung mit bis zu 16 Prüfköpfen
- Für IE/SE-Prüfköpfe im Frequenzbereich von 500 kHz bis 30 MHz
- Rauscharme A/D-Wandlung mit 14-Bit-Auflösung und Abtastraten bis zu 80 MS/s
- Bis zu 400 V Sendespannung
- Integriertes Encoder-Interface für vier Achsen

1 PCUS®*pro* Single.



2

PCUS® pro ARRAY

Mit PCUS® pro Array sind schnelle automatisierte Phased-Array-Ultraschallprüfungen im industriellen Umfeld möglich, z. B. im Schienenfahrzeug- oder Automobilbau. Das Prüfungssystem ist für Schweißnähte, Klebungen oder andere schwer zugängliche Prüfbereiche bestens geeignet. Durch die große Bandbreite und die hohe Abtastrate lassen sich auch CFK- und GFK-Strukturen prüfen.

Produktdetails

- Verfahren: Automatisierte Prüfung mit Phased-Array
- Mehrere Phased-Array-Prüfköpfe an einer Elektronik möglich
- Kompakte Ultraschall-Elektronik für automatisierte Prüfung mit Phased-Array-Prüfköpfen bis 64 Elemente (16:64)
- 64 parallele Sender für flexibles Beamforming
- Für Phased-Array-Prüfköpfe im Frequenzbereich von 500 kHz bis 30 MHz
- Konventionelles Phased-Array, Full Matrix Capture, Total Focussing Method und SAFT möglich
- Integriertes Encoder-Interface für vier Achsen

PCUS® pro ARRAY II

PCUS® pro Array II ist die Weiterentwicklung der PCUS® pro Array-Elektronik für besonders schnelle Phased-Array-Prüfungen mit vielen Elementen. Durch das voll parallele Design und die USB 3.0-SuperSpeed-Schnittstelle können höchste Taktraten erreicht werden. Der bipolare Sendeimpuls ermöglicht ein nochmals verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis.

Produktdetails

- Verfahren: Automatisierte Prüfung mit Phased-Array
- Mehrere Phased-Array-Prüfköpfe an einer Elektronik möglich
- Kompakte Ultraschall-Elektronik für automatisierte Prüfung mit Phased-Array-Prüfköpfen bis 64 Elemente (16:64)
- 64 parallele Sender für flexibles Beamforming
- Für Phased-Array-Prüfköpfe im Frequenzbereich von 500 kHz bis 30 MHz
- Konventionelles Phased-Array, Full Matrix Capture, Total Focussing Method und SAFT möglich
- Integriertes Encoder-Interface für vier Achsen

PCUS® pro HF

PCUS® pro HF ist die Weiterentwicklung der PCUS® pro Array-Elektronik für besonders schnelle Phased-Array-Prüfungen mit vielen Elementen. Durch das voll parallele Design und die USB 3.0-SuperSpeed-Schnittstelle können höchste Taktraten erreicht werden. Der bipolare Sendeimpuls ermöglicht ein nochmals verbessertes Signal-Rausch-Verhältnis.

Produktdetails

- Kompakte Elektronik für automatisierte Ultraschallprüfung mit Phased-Array-Prüfköpfen bis 128 Elemente (128:128)
- Mehrere Phased-Array-Prüfköpfe an einer Elektronik möglich
- Für Phased-Array-Prüfköpfe im Frequenzbereich von 500 kHz bis 30 MHz
- Rauscharme A/D-Wandlung mit 14-Bit-Auflösung und Abtastraten bis zu 125 MS/s
- Kaskadierbar, z. B. für die Nutzung von Matrix-Arrays
- Bipolarer Sendeimpuls für bestes Signal-Rausch-Verhältnis
- Konventionelles Phased-Array, Full Matrix Capture, Total Focussing Method und SAFT möglich
- Integriertes Encoder-Interface für vier Achsen
- Selbsttest und Eigendiagnose für höchste Zuverlässigkeit



LEISTUNGSDATEN PCUS® pro-GERÄTEREIHE

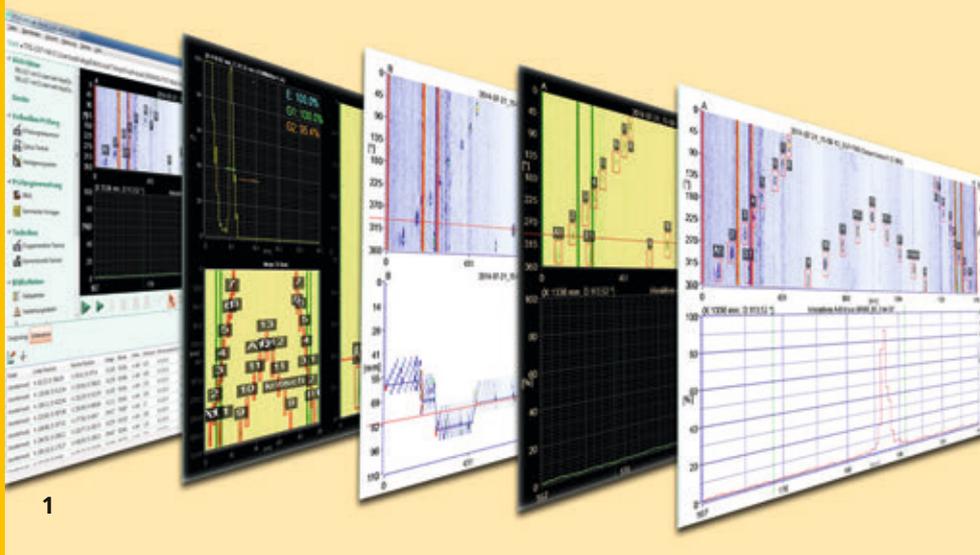
	PCUS® pro Single	PCUS® pro Multi	PCUS® pro Array	PCUS® pro Array II	PCUS® pro HF
Pulsers					
Number of pulsers	1	2...16	64	128	1
Pulse voltage / step	-50 to -250 V / 1 V	-50 to -300 V / 1V	-20 to -180 V / 1 V	±10 to ±80 V / 1 V	-50 to -180 V / 1V
Pulse delay / step	0 to 40 µs / 5 ns	0 to 51 µs / 6.25 ns	0 to 51 µs / 3.125 ns	0 to 131 µs / 2.0 ns	0 to 10 µs / 8 ns
Pulse width / step	0 to 500 ns / 2.5 ns	0 to 500 ns / 3.125 ns	0 to 500 ns / 3.125 ns	0 to 500 ns / 2.0 ns	0 to 50 ns / 1 ns
Pulse repetition frequency	Up to 20 kHz	Up to 2 kHz	Up to 2 kHz	Up to 15 kHz	Up to 20 kHz
Integrated damping	-	50 Ω	50 Ω	50 Ω	-
Signal path					
ADC sample rate	100 MS/s max.	80 MS/s max.	80 MS/s max.	125 MS/s max.	500 MS/s
ADC sample width	14 bit	14 bit	14 bit	14 bit	12 bit
Rectification	Raw / full / positive / negative				
A scan compression	Up to 256:1	Up to 256:1	Up to 256:1	Up to 256:1	-
Gates	One interface gate + four hardware measurement gates				
Digital filter	-	-	-	Yes	-
Recording length	65535 samples				
Probe delay / step	0 to 655 µs / 10 ns	-	-	0 to 524 µs / 8 ns	0 to 250 µs / 8 ns
Receiver delay / step	0 to 655 µs / 10 ns	-	-	0 to 524 µs / 8 ns	0 to 131 µs / 2 ns
Time gain correction					
Dynamic range / step	80 dB / 0.1 dB	80 dB / 0.1 dB	80 dB / 0.1 dB	80 dB / 0.1 dB	-
Slope	40 dB / µs	40 dB / µs	40 dB / µs	40 dB / µs	-
TGC curves	1	16	64	128	-
Points per curve	256	256	64	64	-
Dimensions					
	120 x 100 x 40 mm ³	190 x 150 x 65 mm ³	190 x 190 x 65 mm ³	272 x 222 x 90 mm ³	170 x 120 x 30 mm ³

1 PCUS® pro Array II.



	PCUS [®] pro Single	PCUS [®] pro Multi	PCUS [®] pro Array	PCUS [®] pro Array II	PCUS [®] pro HF
Receiver					
Number of receivers	1	2 to 16	16	128	1
Input multiplexer	-	-	4:1	-	-
Dual element mode	Yes	Yes	No	No	Yes
Receiver bandwidth	500 kHz to 30 MHz (-3 dB)	500 kHz to 30 MHz (-3 dB)	500 kHz to 30 MHz (-3 dB)	500 kHz to 30 MHz (-3 dB)	5 MHz to 150 MHz (-3 dB)
Analog band filters*	4	2	2	4	4
Maximum input voltage	10 V p-p	10 V p-p	10 V p-p	2 V p-p	2 V p-p
Amplification / step	0 to 80 dB / 0.1 dB	0 to 80 dB / 0.1 dB	0 to 80 dB / 0.1 dB	0 to 80 dB / 0.1 dB	0 to 52 dB / 0.1 dB
Preamplifier	40 dB	40 dB	40 dB	20 dB	20 dB
Connectors					
Probe connector	LEMO 00	LEMO 00	Hypertec	Hypertec / Olympus	SMA female
PC interface type	USB 2.0 high speed	USB 2.0 high speed	USB 2.0 high speed	USB 3.0 super speed	USB 3.0 super speed
PC interface connector	B type	Bulgin mini B type PX0443	Bulgin mini B type PX0443	USB 3.0 B type	USB 3.0 B type
Trigger in	MCX, 5 V	Lemo 00, 5 V	Lemo 00, 5 V	DSUB, 5 V	DSUB, 5 V
Trigger out	MCX, 5 V	Lemo 00, 3.3 V	Lemo 00, 3.3 V	DSUB, 5 V	DSUB, 5 V
Scanner interface	External (option)	Integrated	Integrated	Integrated	Integrated
Scanner interface axes	4				
Aux analog input	-	-	-	2 channels, 0 to 5 V	2 channels, 0 to 5 V
Waveform analog out	-	-	-	125 MS/s	-
Self-test	-	-	-	Yes	-
Power supply					
	USB bus powered	12V DC / 4 A Bulgin PX0419	12V DC / 4 A Bulgin PX0419	24V DC / 8 A	24V DC / 0.4 A

* Filterfrequenzen nach Kundenwunsch



SOFTWARE

Software ist zum elementaren Bestandteil bei der Entwicklung von Prüfsystemen im industriellen Umfeld geworden. Anwender definieren die für sie notwendigen Features und setzen eine intuitive Bedienbarkeit voraus. Software muss innovativ und schnell verfügbar sein, ohne an Flexibilität für zukünftige Änderungen und Erweiterungen zu verlieren.

Mit PCUS[®] *pro* Lab hat das Fraunhofer IKTS eine Software-Suite entwickelt, die passend zur PCUS[®] *pro*-Gerätereihe eine leichte Durchführung und Visualisierung automatischer und halbautomatischer Ultraschallprüfungen mit Einzel- oder Gruppenstrahlern unterstützt.

Der Anspruch der Software-Suite PCUS[®] *pro* Lab definiert sich dabei stets über die Bedürfnisse der Anwender. Themen wie Industrie 4.0 und die stetig zunehmenden Anforderungen an die Integration, Effizienz und Vernetzung der eingesetzten Komponenten im industriellen Umfeld von Ultraschall-Prüfsystemen stehen hierbei im Fokus.

PCUS[®] *pro* LAB

PCUS[®] *pro* Lab ist eine modulare Software-Suite für zerstörungsfreie Prüfaufgaben. Angepasst auf die jeweilige Prüfaufgabe, werden schnell und flexibel automatisierte, halbautomatisierte und manuelle Lösungen erstellt.

Die Bedienbarkeit und Nutzerakzeptanz stehen bei der normkonformen Umsetzung komplexer Prüfszenarien im Fokus der Softwareentwicklung. Dabei helfen klar definierte Schnittstellen und Module zur Integration bestehender Automatisierungskonzepte des Kunden. PCUS[®] *pro* Lab garantiert dadurch eine bestmögliche Zusammenführung mit bestehenden industriellen Fertigungsstrecken und -techniken.

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.

Die Methoden der agilen Softwareentwicklung garantieren einen nachvollziehbaren Entwicklungsprozess, der Hand in Hand mit dem Kunden erfolgt. Wünsche und Anforderungen werden schnell und sicher umgesetzt, um ein Höchstmaß an Qualität und Sicherheit zu garantieren. Benutzeroberflächen und Ablaufsteuerungen können individuell und prozessorientiert angepasst werden.

1 Messschirme der PCUS[®] *pro* Lab-Software-Suite.



FEATURES

- 64-Bit-Anwendung
- Lauffähig auf allen gängigen Windows-Systemen
- Touchfähig
- Intuitive Bedienung durch eine moderne, zugängliche und leicht anpassbare Benutzeroberfläche
- Industrie 4.0 – vollständig vernetzte Integration in bestehende Fertigungskonzepte
- Einfacher Übergang von der Labor- zur Industrieumgebung durch einheitliche Software für alle Anwendungsgebiete
- Kombination beliebiger Geräte und Techniken in einer Prüfung für höchstmögliche Effizienz
- Umfangreich konfigurierbare Darstellung gängiger Volumenbilder (B, C, D, S, L, TD etc.)
- Professionelle Umsetzung von kundenspezifischen Anforderungen durch modulares Konzept im Bereich Parametrierung, Prüfablauf und Analyse (z. B. vollständig an Prüfvorgang angepasste Benutzeroberfläche)
- Abbildung komplexer Prüfanforderungen an beliebigen Geometrien
- Echtzeit-Darstellung der Volumenbilder während der Datenaufnahme
- Unterstützung bei der Inbetriebnahme durch flexible Kalibriermodi
- Speicherung von Messdaten als Rohdaten mit optionaler verlustfreier Komprimierung oder als reduzierte Bilddaten
- Integrierte Prüfprotokollierung und -archivierung
- Schnelle Einbindung externer Module zur Steuerung vielfältigster Aktorik und Sensorik
- Erfassung und Management sehr großer Prüfdatenmengen
- Nachträgliche Parameter-Anpassungen sämtlicher aufzeichnungsunabhängiger Werte (u. a. Visualisierungen, Blenden)
- Individuelle Fehlerprotokoll und -berichterstellung nach Kundenbedarf
- Vielseitige Optionen zur einfachen Rechtfreigabe per Windows-Nutzerkontensteuerung
- Einheitliches Software Development Kit (SDK) für gesamte PCUS®*pro*-Gerätefamilie zur Einbindung der PCUS®*pro*-Hardware in kundeneigene Software

2 Gruppenstrahler-Prüfsystem für Radsatzvollwellen mit US-Elektronik und -Software des Fraunhofer IKTS (Quelle: arxestolina GmbH).



1

Modulares Design

- Freie Zusammenstellung der benötigten Funktionen
- Integration kundeneigener Module in die Oberfläche
- Einfache Feature-Kopplung an Benutzerprofile
- Umfassende Stammdatenbank für Sensoren, Materialien, Prüftechniken, Layouts etc.
- Managementsystem zur komfortablen Verwaltung von Prüfergebnissen und -daten

Parametrierung/Justierung

- Modulare, bibliotheksorientierte Parametrierung zur schnellen, einfachen Erweiterung, Modifikation und Weiterverwendung
- Bis zu vier frei konfigurierbare Koordinatenachsen
- Simulation sämtlicher Koordinatenachsen zur Abstimmung der Aktorik mit dem Prüfablauf
- Justage sämtlicher Prüfkopf- und Materialparameter
- Unbegrenzte Anzahl an Sendemodulierungen
- Umfangreiche Standardbibliotheken
- xml-Export für kundenspezifisches Layout
- Nutzerfreundliche Plausibilitätsprüfung der Eingaben zur Parametrierung sowie automatische Bedienhilfen per Tooltip

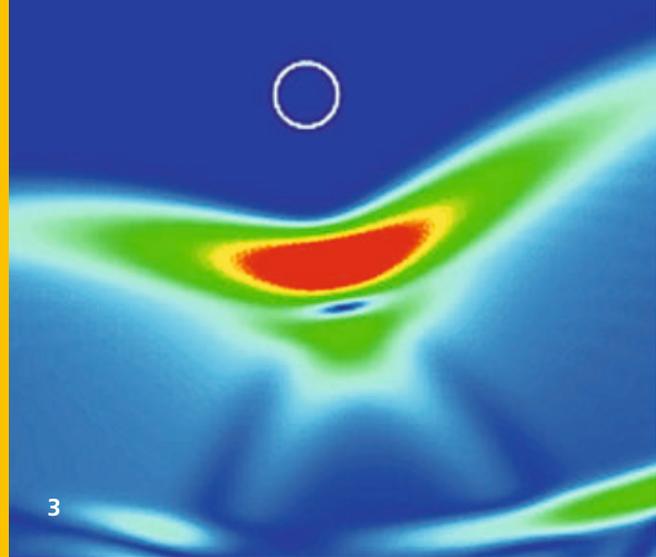
Prüfung

- Schnelle Einbindung in automatisierte Produktionsprozesse
- Beliebige Kombination und Anzahl von Geräten in einer Prüfung
- Mit USB 3.0 bis zu 300 MB/s Datenübertragungsrate
- Koordinaten-, zeit- oder extern getriggerte Prüfungen
- Live-Darstellung der Volumenbilder während der Prüfung

Auswertung

- Beliebige Projektionsebenen des Prüfkörpers
- Gleichzeitige Anzeige mehrerer Prüfgruppen
- Parallele Anzeige verschiedener Prüfungen und Dateien
- Automatische oder manuelle Ermittlung und Anwendung der Transfektorrektur
- Maßeinheiten des metrischen und des angloamerikanischen Systems
- Zoomfunktion in allen Ebenen
- Intelligente Algorithmik, z. B. Ausblendung von Störanzeigen, Maximasuche, Flächenermittlung oder dynamischer Beschnitt der Prüfdaten an der Objektgeometrie
- Individuell anpassbare Layouts und Messwertdarstellung
- Nachträgliche Einstellung von Offline-Blenden
- Flexible Bericht- und Protokollerstellung
- xml-Export der Fehlerberichte für kundeneigenes Protokoll-layout
- Vielfältige Vermessungstools in allen Volumenbildern
- Umfangreiche und leicht anzupassende Farbpaletten
- Frei anpassbare Offline-Visualisierungen (B, C, D, S, L, TD etc.)
- Export von Rohdaten in gängige Textformate
- Im Rahmen der vorhandenen Speicherkapazität unbegrenzte Prüfdatenmenge
- Komfortable anlagen- und nutzerübergreifende Verwendung von Basisparametrierungen

1 Mobiles Prüfsystem mit US-Elektronik und -Software des Fraunhofer IKTS für Radsatzhohlröhren mit Längsbohrung (Quelle: arxes-tolina GmbH).



SIMULATION UND MODELLIERUNG

Zur Optimierung von Ultraschall-Prüfsystemen sowie zur Entwicklung neuer Messansätze sind Simulationstechniken heutzutage 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.

Eine Simulationsgestützte Modellierung wird am Fraunhofer IKTS sowohl mit kommerziellen als auch mit eigenentwickelten, speziell für den Ultraschallbereich konzipierten numerischen Verfahren durchgeführt.

Die Eigenentwicklungen basieren auf der Elastodynamischen Finiten Integrationstechnik (EFIT) und erlauben eine vollständige wellenphysikalische Simulation von Prüfsystemen unter expliziter Berücksichtigung von Beugung, Interferenzen, Modenumwandlungen und Mehrfachstreuungen.

Es können sowohl isotrope und anisotrope als auch homogene und heterogene Materialien modelliert werden. Auch gekoppelte Modelle aus Festkörpern und fluiden Medien lassen sich realisieren.

Die Simulationsergebnisse werden in Form von Zeitsignalen, B- und C-Bildern, Sektorbildern, Wellenfrontschnappschüssen oder Videoanimationen zur Verfügung gestellt.

Einsatzmöglichkeiten

Die Einsatzmöglichkeiten simulationsgestützter Verfahren sind sehr vielfältig. Das Fraunhofer IKTS nutzt simulationsgestützte Werkzeuge seit vielen Jahren erfolgreich in zahlreichen Ultraschall- und Akustikprojekten aus Industrie und Forschung:

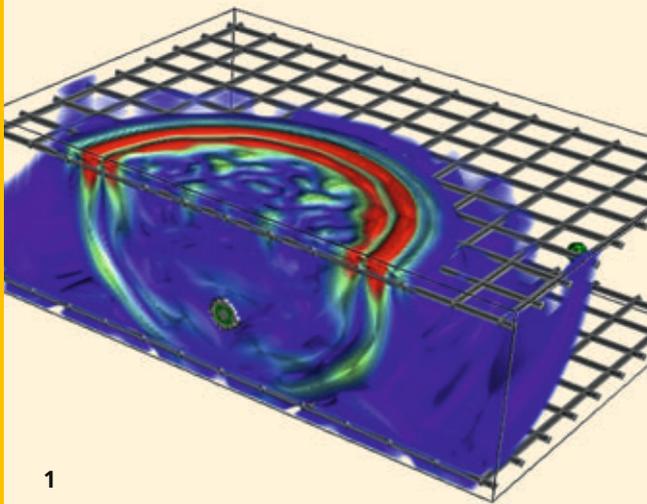
- Simulationsgestützte Optimierung von Prüfkopfwellenfeldern inklusive Phased-Array
- Optimierung von Prüfaufbauten und Sensorkonfigurationen
- Ermittlung modellgestützter POD-Kurven (Probability of Detection) für die Ultraschallprüfung
- Untersuchung geführter Wellen für die Zustandsüberwachung (Structural Health Monitoring)
- Anwendungen auf Basis von Oberflächenwellen sowie Laser- und Luft-Ultraschall
- Akustische Problemstellungen (Raumakustik, Schallemission, Lärmschutz etc.)

Leistungsmerkmale

- Eigenentwickelte numerische Ultraschall-Solver
- Wellenphysikalische Simulation
- Berücksichtigung von Beugung, Interferenz, Modenumwandlung, Mehrfachstreuung etc.
- Isotrope und anisotrope, homogene und heterogene Materialien
- Festkörper und fluide Medien
- 2D- und 3D-Modelle
- Zeitsignale, Wellenfrontschnappschüsse, Videoanimationen

2 Schallfeld eines Ultraschall-Winkelprüfkopfs.

3 Fokussiertes Schallfeld eines Ultraschall-Phased-Array-Prüfkopfs.



Im Laufe der vergangenen 20 Jahre ist neben einem umfassenden Modellierungs-Know-how auch eine umfangreiche und flexible Modulbibliothek für verschiedenste Anwendungen in Forschung und Entwicklung entstanden.

Für die Bearbeitung neuer Projekte wird das jeweils am besten passende, bereits vorhandene Simulationsmodul ausgewählt. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufgabenstellung wird das Modul anschließend angepasst, optimiert und weiterentwickelt. Der Entwicklungsaufwand einzelner Module sowie die damit verbundenen Entwicklungskosten halten sich daher in Grenzen und erste Ergebnisse stehen sehr schnell zur Verfügung.

Dass die Simulationen realistisch und anwendungsbezogen sind, wird durch die enge Kooperation mit den experimentell arbeitenden Arbeitsgruppen am Fraunhofer IKTS sichergestellt. So werden die Modelle regelmäßig durch Wellenfeldmessungen auf Basis von Immersionstechniken oder Laservibrometrie validiert und optimiert.

Leistungsangebot

- Grundlagenuntersuchungen (speziell für neue Prüfansätze)
- Machbarkeitsstudien
- Versuchsplanung und -begleitung
- Ergebnisinterpretation (bei unklaren Messergebnissen)
- Systemoptimierung (einschließlich Prüfköpfe und Sensoren)
- Visualisierung und Bildgebung

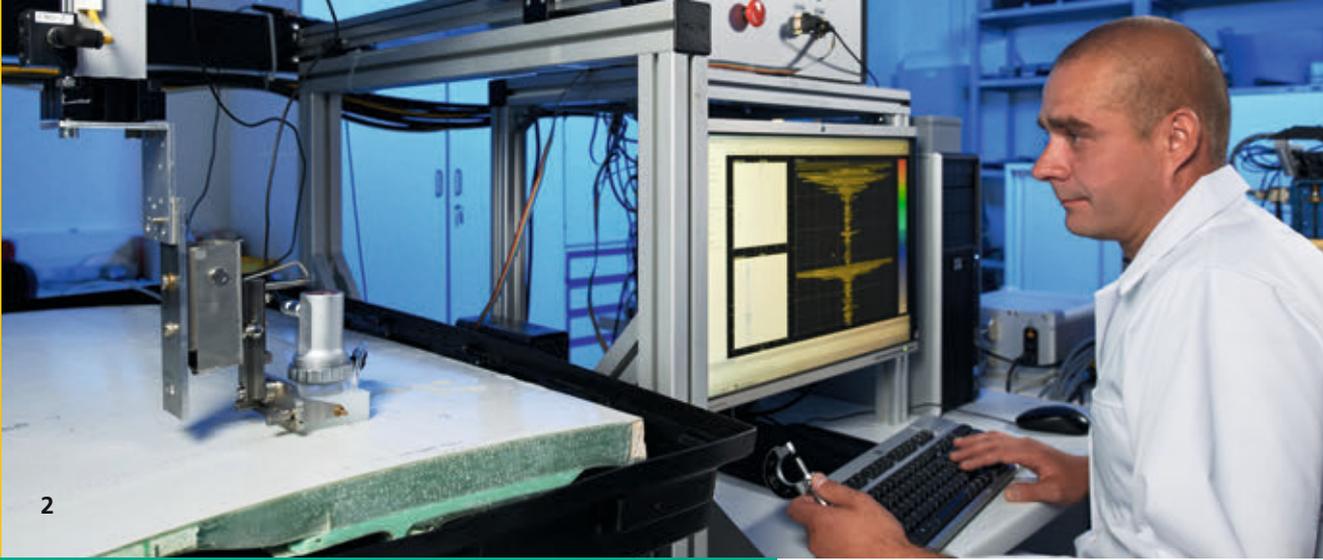
- Demonstration und Schulung (u. a. didaktische Einführung in die Ultraschallphysik und -ZfP mittels Wellenfrontbildern und Animationen)
- Simulationsdienstleistungen (Simulationsergebnisse und deren Interpretation auf Basis der vom Kunden spezifizierten Aufgabenstellung)
- Entwicklung anwendungsspezifischer Simulationstools für Kunden, die eigene Simulationen durchführen möchten
- Ergänzung durch und Kopplung mit kommerzielle(n) Solver(n) (z. B. CIVA, ANSYS, Comsol etc.)

Mission

Das Fraunhofer IKTS ist als Ideengeber und Innovationstreiber strategisch daran interessiert, die Simulationswerkzeuge permanent weiterzuentwickeln.

Für die Realisierung dieser Vorhaben werden Partnerschaften mit anderen Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Rahmen von öffentlich geförderten nationalen und internationalen Projekten angestrebt.

1 *Elastische Wellen in einem Stahlbetonkörper nach mechanischem Impakt.*



2

AKKREDITIERTES ZFP-ZENTRUM

Zur richtigen und reproduzierbaren Durchführung von zerstörungsfreien Prüfungen, vor allem an komplexen Strukturen, gehört Know-how und Erfahrung. Eine Vielzahl von internationalen Standards, die für verschiedene Branchen sehr unterschiedlich sein können, bestimmen die Regeln. Gerade bei der Entwicklung von neuen Verfahren und Systemen müssen aktuelle Vorschriften eingehalten und neue Verfahren bzw. Gerätesysteme entsprechend aufgebaut werden. Die Flexible Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 qualifiziert das Akkreditierte ZfP-Zentrum von neutraler Stelle (Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH – DAkkS), alle erforderlichen Schritte zur Validierung und Verifizierung von neuen Verfahren und Systemen aus dem Bereich Ultraschallprüfung durchzuführen.

Das Akkreditierte ZfP-Zentrum am Fraunhofer IKTS führt die klassische zerstörungsfreie Prüfung für metallische, nichtmetallische, keramische und Verbundwerkstoffe durch. Dabei kommen alle relevanten genormten Verfahren sowie nicht genormte Verfahren zum Einsatz. Das Fraunhofer IKTS unterstützt darüber hinaus auch bei der Lösung von ungewöhnlichen und hochspezialisierten Mess- und Prüfproblemen.

Die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) hat dem Fraunhofer IKTS ZfP-Zentrum nach DIN EN ISO/IEC 17025 die flexible Akkreditierung in der Kategorie 2 für den Bereich Ultraschallprüfung ausgesprochen. Dieser besondere Status erlaubt es dem ZfP-Zentrum, im diesem Bereich Verfahren zu modifizieren sowie weiter- und neu zu entwickeln. Damit können nach einer entsprechenden Validierung neue Ultraschall-Verfahren beim Auftraggeber ähnlich wie genormte Verfahren zum Einsatz kommen. Das führt dazu, dass neue Prüftechnologien viel

eher, als Normungsprozesse es ermöglichen würden, eingesetzt werden.

Das Spektrum des ZfP-Zentrums reicht von der Einzelteilprüfung über die Prüfung von großen Stückzahlen, auch im Mehrschichtbetrieb, bis hin zum Aufbau individueller teilautomatisierter Prüfanlagen für spezielle Fragestellungen. Das Prüfzentrum untersucht Bauteile verschiedenster Materialien, Geometrien und Bauteilgrößen auf Fehler, egal von welcher Komplexität oder Sicherheitsrelevanz und bedient sich dabei einer großen Palette an Verfahren.

Prüfkompetenz

- Material (Stahl, Austenit, Titanlegierungen, Nichteisenmetalle, Polymere, Keramik-Verbundwerkstoffe, Polymerkomposite, Naturfaserstoffe)
- Materialverbund (Schweißverbindungen, Sandwich/Lagen, Halbzeuge, Niet- und Bolzenverbindungen, Klebeverbindungen, Lotverbindungen)
- Geometrie (voluminöse Körper, komplexe Geometrien, flache Bleche etc.)
- Bauteilgröße (je nach Fragestellung von wenigen Millimetern bis mehreren Metern)
- Fehlerbild (Risse, Poren, Delaminationen, Geometriefehler, Einschlüsse, etc.)

2 Fehlerprüfung an einer GFK-Probe mit Ultraschall.



1

PRÜFSYSTEME

Das Fraunhofer IKTS entwickelt kundenspezifische Ultraschall-Prüfsysteme für Labor- sowie Industrieanwendungen und setzt die Installation und Inbetriebnahme, inklusive Mitarbeiterschulung, je nach Kundenwunsch um.

PRÜFSYSTEME FÜR LABORANWENDUNGEN

Das Fraunhofer IKTS entwickelt hochspezialisierte Ultraschall-Prüfsysteme für Bereiche, die durch die aktuellen Angebote von Prüfgeräteherstellern nicht vollständig abgedeckt werden.

Ausgangspunkt eines jeden Prüfsystems ist eine kundenindividuelle Analyse der Anforderungen hinsichtlich maximalem Scanbereich, notwendiger Genauigkeit, Elektronik und Auswertesoftware. Auf dieser Grundlage können im Rahmen von Verbund- oder bilateralen Projekten anforderungsgerechte Ultraschall-Prüfsysteme für Laboranwendungen, z. B. zur stichprobenartigen Qualitätsprüfung von Materialien oder Produkten, entwickelt werden.

Als Leistungsschwerpunkt liefert und implementiert das IKTS speziell für Hersteller von Ultraschallwandlern Systeme zur Vermessung von Schallfeldern und weiteren Wandlerparametern, wie Mittenfrequenz und Bandbreite. Auch Systemerweiterungen bei neuentwickelten Messverfahren, die bereits für feste Wandlerpositionen erprobt wurden und nun um eine Scanoption erweitert werden sollen, setzt das IKTS um.

1 *Laborsystem des Ultraschall-scanners VARIUS zur Detektion von Hohlräumen und Rissen in Schweiß- oder Klebverbindungen und weiteren Fehlern in Verbundwerkstoffen.*



2

Leistungsangebot

- Aufbau von Mehrachsscannern nach Kundenanforderung
- Integration von Ultraschall-Elektronik aus der PCUS® pro-Reihe des Fraunhofer IKTS oder Second-Source-Anbietern
- Ansteuerung von Einzelprüfköpfen und/oder Phased-Array-Prüfköpfen
- Signalanalyseoptionen und Dynamic Depth Focussing
- Adaption von alternativen Sensoren möglich (z. B. Laser-vibrometer, elektrodynamische Sonden, Hydrophone, Kleinmanipulatoren wie HUGO III)

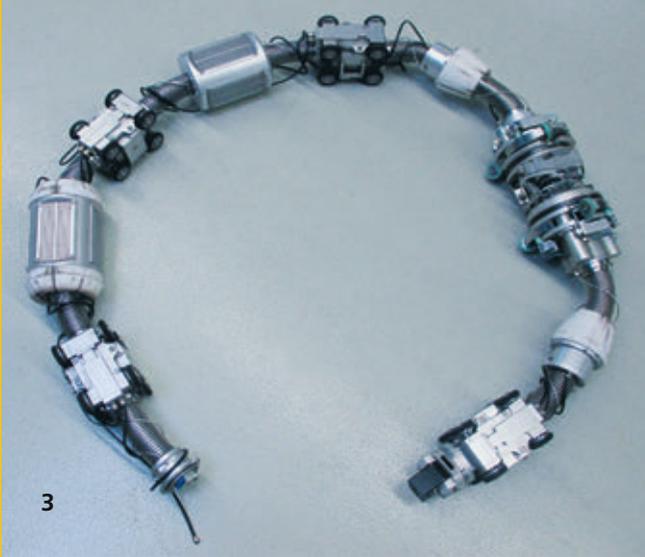
PRÜFSYSTEME FÜR INDUSTRIEANWENDUNGEN

Industrielle Prüfsysteme werden bei der intervallbasierten Inspektion und Wartung sowie bei der integrierten Qualitätssicherung innerhalb der Fertigungslinie eingesetzt. Die dafür notwendigen Anforderungen hinsichtlich robuster Hardware und intuitiver Software variieren je nach Einsatz. Das IKTS baut neben komplett eigenentwickelten Anlagen auch kundenindividuelle Prüfsysteme für Fertigungsprozesse aus kommerziell verfügbaren Industrierobotern auf.

ULTRASCHALL-PRÜFSYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

In der Vergangenheit haben die vom Fraunhofer IKTS konzipierten Prüfsysteme besonders im sicherheitsrelevanten Bereich der Schienenfahrzeuge Einsatz gefunden. Einen Entwicklungsschwerpunkt stellten Systeme für die Prüfung hochbelasteter Komponenten wie Achsen und Räder dar, die in Kooperation mit Industriepartnern erfolgten und weltweit erfolgreich vermarktet werden.

2 *Gruppenstrahler-Prüfsystem für Radsatzvollwellen (Quelle: arxes-tolina GmbH).*



Die Prüfsysteme hat das IKTS mit der hauseigenen Leistungselektronik aus der PCUS® *pro*-Reihe sowie der intuitiv bedienbaren Software PCUS® *pro* Lab ausgestattet, die dem Prüfer eine verwechslungssichere Prüfung ermöglichen.

Hohlwellen-Prüfsystem

Für einen optimierten Prüfprozess, z. B. zum Auffinden von Querrissen in Radsatzwellen, hat das Fraunhofer IKTS gemeinsam mit Partnern aus der Industrie ein Hohlwellen-Prüfsystem für Hochgeschwindigkeitszüge wie ICE, TGV, Shinkansen oder Bombardier Zefiro entwickelt. Die leistungsstarke PCUS® *pro*-Elektronik garantiert aufgrund der hohen Datenraten und des parallelen FPGA-Designs schnelle und flexible Parametrierungen und damit eine sichere Prüfung der Achsen.

Leistungsparameter

- System mit sieben unabhängigen Einzelschwingerprüfköpfen
- Basiert auf PCUS® *pro* Multi und Software PCUS® *pro* Lab
- Vollautomatischer Betrieb und Analysemodus
- Adapter zum Andocken an unterschiedliche Wellentypen
- Schnelle Prüfung von nur einer Seite

Vollwellen-Prüfsystem

Das Vollwellen-Prüfsystem für Achsen von Güterzügen ergänzt das Portfolio der am Fraunhofer IKTS entwickelten Ultraschall-Prüfsysteme für Schienenfahrzeuge. Auf Basis von Ultraschall-Phased-Array können beschichtete Radsatzvollwellen in anrissgefährdeten Bereichen wie Querschnittsübergängen auf Oberflächenfehler geprüft werden.

3 Mit PCUS® *pro* ausgestatteter Ultraschall-Prüfroboter für Rohre DN 200-300 (Quelle: INSPECTOR SYSTEMS Rainer Hitzel GmbH).

Leistungsparameter

- Prüfung von beschichteten Radsatzvollwellen
- Taktzeit unter 4 Minuten
- Darstellung der Prüfergebnisse in Echtzeit
- Gleichzeitige Nutzung von bis zu 8 Gruppenstrahler-Prüfköpfen (32 Elemente)
- Vollautomatischer Betrieb und Analysemodus
- Drei PCUS® *pro* Array-US-Elektroniken im Parallelbetrieb

ULTRASCHALL-INSPEKTIONSROBOTER

Servicerobotik bietet die Möglichkeit, schwer durchführbare Inspektionsmaßnahmen zu vereinfachen. Zudem wird die Sicherheit für das Servicepersonal erhöht und Kosten durch Zeiteinsparungseffekte gesenkt. Die Prüfmanipulatoren müssen jedoch robust sein und fehlerunanfällig arbeiten.

Dies gilt vor allem für die Prüfelektronik, die das Fraunhofer IKTS speziell für den Einsatz in harschen Umgebungen entwickelt hat und gemeinsam mit der PCUS® *pro*-Software u. a. in sogenannten Crawlern bzw. Prüfmolchen einsetzt. Diese arbeiten in schwer zugänglichen, meist erdverlegten oder sich in großer Höhe befindlichen Rohrleitungen.

Mit dem Ultraschall-Scanwagen hat das IKTS einen weiteren Prüfroboter für Inspektions- und Wartungsarbeiten von Rotorblättern an Windkraftanlagen entwickelt, der ebenso mit der PCUS® *pro*-Elektronik ausgestattet ist. Dieser Inspektionsroboter, mit einer Spannweite von bis zu einem Meter und adaptierbaren Ultraschall-Prüfköpfen, kann schnell und ohne Risiko Rotorblätter automatisiert abfahren und abschnappen.

4 Ultraschall-Messungen mit Scanwagen über dem GfK-Gurtbereich eines Rotorblatts einer Windenergieanlage.



KOOPERATIONSMODELLE

Innovation und Entwicklung sind Bausteine für eine erfolgsversprechende Unternehmenszukunft. Um Wettbewerbsvorteile zu generieren, bietet Fraunhofer maßgeschneiderte Kooperationsmöglichkeiten für die bestmögliche Form der Zusammenarbeit für kleine und mittlere Unternehmen. Damit können Entwicklungskompetenzen vom Kunden kurzfristig und bedarfsorientiert abgerufen und genutzt werden.

Einzelaufträge

Der klassische Fall einer Kooperation ist der Einzelauftrag. Das Unternehmen sieht einen Forschungs- oder Entwicklungsbedarf. Das Fraunhofer IKTS entwickelt entsprechend der Anforderungen des Unternehmens eine termin- und qualitätsgerechte Lösung.

Verbundprojekte

Manche Problemstellungen sind so komplex, dass mehrere Partner die Lösung entwickeln müssen. Dann steht das gesamte Umfeld der Fraunhofer-Institute zur Verfügung. Auch externe Partner können hinzugezogen werden.

Strategische Partnerschaften und Innovationscluster

Aus Vorlaufforschung, die zunächst unabhängig von Aufträgen erfolgt, ergeben sich häufig lang andauernde Partnerschaften mit Unternehmen auf regionaler und internationaler Ebene.

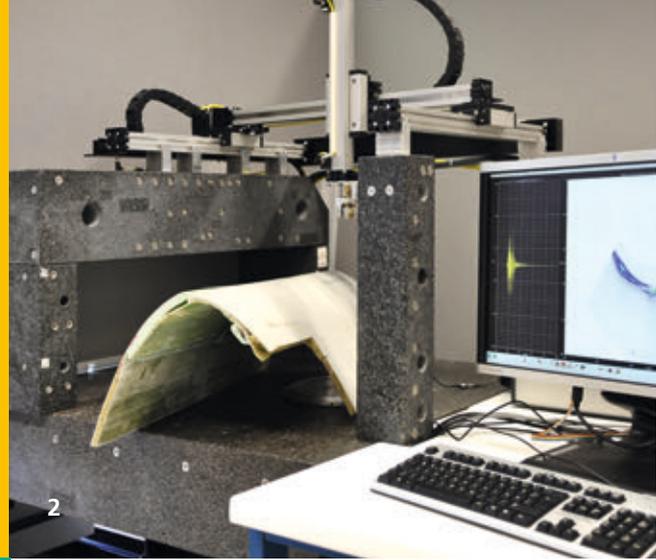
Ausgründungen

Fraunhofer-Mitarbeiter machen sich oft mit einer Neuentwicklung selbstständig, an der sich die Fraunhofer-Gesellschaft beteiligen kann. Im Einzelfall sind sogar strategische Beteiligungen und Joint Ventures möglich. Auch die Auftraggeber einer neuen Entwicklung können Teilhaber des Spin-off-Unternehmens werden.

Lizenzierungsmodelle

Lizenzen räumen Dritten ein Nutzungsrecht an gewerblichen Schutzrechten unter definierten Bedingungen ein. Damit können industrielle Kunden Fraunhofer-Innovationen in ihren Produkten und Leistungsangeboten nutzen.

Das Fraunhofer IKTS bietet flexible Lizenzmodelle an, die zum unternehmensweiten Einsatz, zur Optimierung des eigenen Angebots oder der Vermarktung an Drittkunden genutzt werden können. Bei der Gestaltung der Lizenzverträge spielen die Randbedingungen der Kommerzialisierung für das Unternehmen im jeweiligen Marktsegment und die Kooperation mit Fraunhofer IKTS eine Rolle. Ein solches Angebot wird deshalb immer individuell verhandelt.



TECHNISCHE AUSSTATTUNG

Robotermesszelle

- Schnelle Umsetzung verschiedener Messverfahren und Messsysteme
- Adaption verschiedener Werkzeuge zum Scannen, Ritzen, Schneiden, Bohren, Schweißen oder Kleben
- Genauigkeit Roboter: 80 µm Zielpunktdifferenz
- Genauigkeit Kamera: 20 µm Verzerrung bei 800 mm Fokus
- Oberflächen-PreScan (optisch): Stereokamera und Software
- Bahnplanung: mit Software (parametrisch mit Steigung, Ausgleich, Nachlaufwinkel, Richtungswinkel etc.)
- Messgeschwindigkeit: ca. 500 mm/s bei 0,25 mm Pitch
- Impedanzbild: 100 x 100 mm bei 0,25 mm Pitch: 3 min

Ultraschall-Mikroskop

- Scan-Bereich: bis 310 x 310 mm
- Positionsgenauigkeit und Auflösung: < 10 µm
- Laterale Auflösung: < 15 µm
- Vertikale Auflösung: < 30 nm (Rissdicke)
- Ultraschallfrequenz: bis 200 MHz
- Impuls-Echo- und Durchschallungstechnik
- Einzelproben und Probenserien

Ultraschall-Scanwagen

- Flächenhafter Scan über Messbereiche von bis zu 1 m Spannweite
- Verwendung von verschiedenen Ultraschall-Prüfköpfen
- Frequenzbereich der Prüfköpfe bestimmt Auflösung
- Automatisiertes Abfahren von Flächen

Vier-Achs-Manipulator für Sonderprüfaufgaben

- Drei lineare Achsen, ein Drehteller, verschiedene (drehbare) Tauchbecken
- Tauchttechnik und Kontakttechnik
- Realisierbare Objektparameter:
 - Gewicht < 100 kg
 - Geometrie < 500 x 300 x 300 mm³
- Verschiedene Ultraschall-Elektronik mit diversen Parametern
- Freier Zugriff auf Rohdaten (verschiedenste Auswertalgorithmen möglich)
- Adaptierbar für viele Sensoren und mechanische Konfigurationen
- Methoden der Schallfeldcharakterisierung: Kugel im Wasserbad und elektrodynamische Sonden

Ultraschall-Goniometer HUGO III

- Untersuchung von Rayleighwellen-Dispersion in geschichteten Materialien
- Untersuchung von Lambwellen an dünnen Strukturen
- Bestimmung von Schichtdicken
- Experimente mit Volumenwellen

Schallintensitäts-Messsystem (AIMS)

- Schallfeldbestimmung im Wasserbad
- Fünffachsig hydrophone Positionierung
- Geeignet für die Charakterisierung und Validierung von Ultraschallwandlern

1 *Robotermesszelle des Fraunhofer IKTS.*

2 *Vier-Achs-Manipulator.*

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 jenseits der klassischen Einsatz-gebiete zu demonstrieren und zu qualifizieren. Dazu gehören keramische Werk-stoffe und Verfahren, Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Elektronik und Mikro-systeme, Energie, Umwelt- und Verfahrenstechnik, Bio- und Medizintechnik, Optik sowie die Material- und Prozessanalyse.



www.ikts.fraunhofer.de

KONTAKT

Industrielösungen
Ultraschall

Prof. Dr.-Ing.
Henning Heuer
**Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien
und Systeme IKTS**

Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
Telefon +49 351 88815-630
[henning.heuer@
ikts.fraunhofer.de](mailto:henning.heuer@ikts.fraunhofer.de)

**Piezoelektrische Materialien,
Komponenten und Wandler**

Dr.-Ing. Holger Neubert
**Fraunhofer-Institut für
Keramische Technologien
und Systeme IKTS**

Winterbergstraße 28
01277 Dresden
Telefon +49 351 2553-7615
[holger.neubert@
ikts.fraunhofer.de](mailto:holger.neubert@ikts.fraunhofer.de)