



Übrigens, kennen Sie schon unsere industrietauglichen akkreditierten Dienstleistungen?

- Kompetenzbescheinigung des akkreditierten Prüflabors entsprechend DIN EN ISO / IEC 17025, (neue) zerstörungsfreie Prüfverfahren für die industrielle Prüfpraxis zu qualifizieren und validieren
- Schneller Transfer bis zur Marktreife und Möglichkeit für den qualifizierten, normenkonformen Einsatz in industriellen Anwendungen sowohl für komplette Neu-Entwicklungen (Eigenentwicklungen) oder für maßgeschneiderte Anpassungen innovativer ZfP-Technologien auch in bisher nicht genormten Aufgabenfeldern
- Zertifizierung des zugehörigen Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001



**Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP**

Campus E3 1  
66123 Saarbrücken

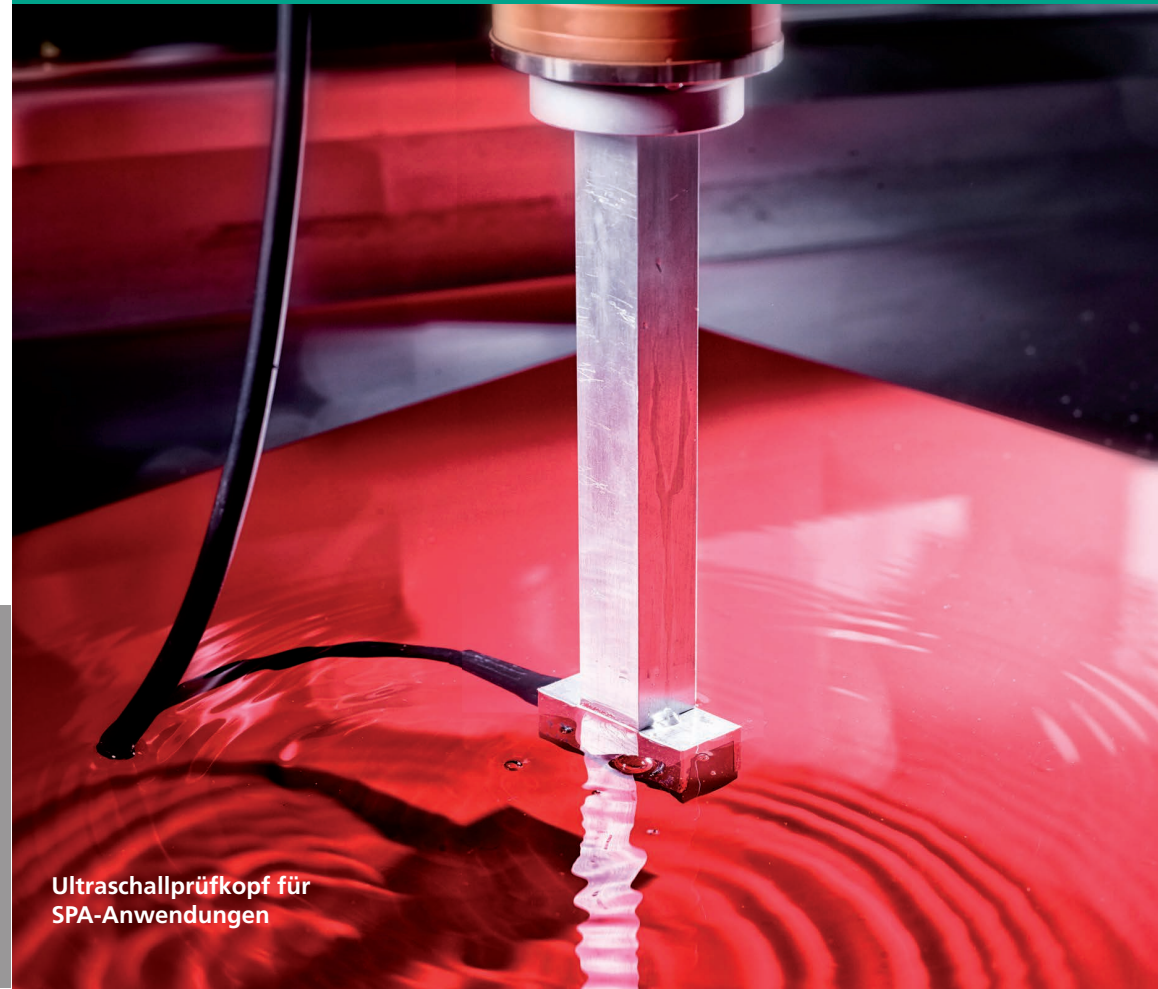
+49 681 9302 0

info@izfp.fraunhofer.de  
www.izfp.fraunhofer.de

*“Fraunhofer” und “IZFP”  
sind registrierte Handels-  
marken.*



**ZERSTÖRUNGSFREIE CHARAKTERISIERUNG  
UND PRÜFUNG VON WERKSTOFFEN UND BAU-  
TEILEN MIT SAMPLING PHASED ARRAY**



**Ultraschallprüfkopf für  
SPA-Anwendungen**

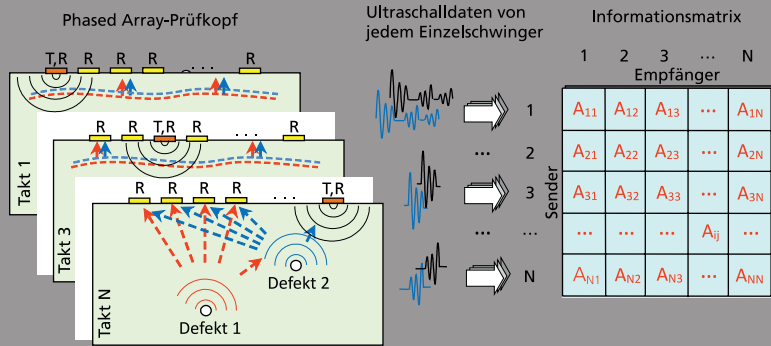


Abb. 1: SPA, Datenaufnahme: Alle  $N \times N$  Ultraschallsignale eines  $N$ -elementigen PA-Prüfkopfs werden online verarbeitet, um tomographische 2D- und 3D-Bilder zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Prüfbjekte in Echtzeit zu erzeugen

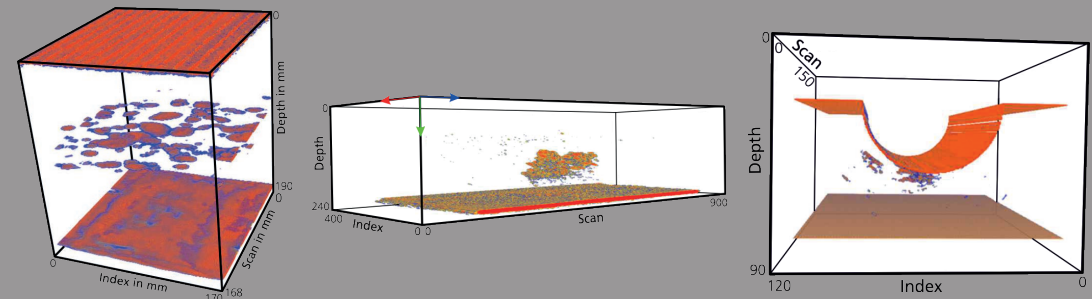


Abb. 2: Beispiele für SPA-Anwendungen  
3D-Visualisierung von Volumenfehlern, auch in Objekten mit komplexer Geometrie

## Situation

Langfristiges fehlerfreies Funktionieren und die Sicherheit von Bauteilen sind zwei wesentliche Anforderungen industrieller Produktion, vor allem in der Energiewirtschaft und im Verkehrswesen (Luft- und Raumfahrt, Eisenbahn, Automobil). Unter den vielen für deren Gewährleistung verfügbaren zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZFP) besitzt die Ultraschallprüfung den Rang einer weit verbreiteten und akzeptierten Methode der Qualitätskontrolle.

Konventionelle Ultraschallverfahren verfügen nur über begrenzte Flexibilität (jede Applikation benötigt ein eigenes Prüf-Setup und eigene Prüfköpfe), Genauigkeit und Leistungsfähigkeit. Das relativ neue Phased Array-Verfahren (PA) bietet dank der Hardware-gestützten Schallfeldsteuerung (Einschallwinkel, Fokussierungstiefe) neue Bildgebungswerkzeuge wie einen Sektorscan, einfachere Interpretation der Prüfergebnisse und erhöhte Prüfgeschwindigkeit. Jedoch können auch durch den Einsatz von PA grundlegende Limitierungen der konventionellen Ultraschallprüfung nicht überwunden werden, da das Verfahren lediglich die qualitative und referenzbasierte Charakterisierung von Fehlern gewährleistet und den starken Einfluss von Materialeigenschaften wie Inhomogenität oder Anisotropie nicht umgehen lässt.

## Lösung: Sampling Phased Array (SPA)

Für die SPA-Datenaufnahme können handelsübliche PA-Prüfköpfe verwendet werden, deren Elemente einzeln (getaktet) nacheinander angeregt werden, während die aus dem Material zurückkommenden Signale von allen Elementen gleichzeitig, aber separat empfangen und gespeichert werden (Abb. 1). Dank einer kleinen Apertur jedes Schwingers breiten sich die akustischen Wellen in alle Richtungen gleichzeitig aus. Als Ergebnis der Datenaufnahme entstehen die Signale von allen möglichen »Sender und Empfänger«-Kombinationen, die Informationen von allen Punkten unterhalb der gescannten Apertur besitzen. Dieser vollständige Datensatz wird zur schnellen, GPU-basierten Rekonstruktion tomographischer 2D- und 3D-Bilder verwendet (Abb. 2), wobei der Ultraschall synthetisch auf jeden einzelnen Punkt des abgetasteten Volumens fokussiert wird.

Das SPA-Verfahren ist ein Patent des Fraunhofer IZFP (DE 10 2004 059 856 B4 2006.09.14).

## Vorteile

- Innovative Ultraschalltechnik mit überlegener Leistungsfähigkeit für komplexe Prüfaufgaben in verschiedenen Materialien und Industrieprodukten – von Fehlernachweis- und -sizing bis zur Ermittlung von Materialeigenschaften und Korrektur der Inhomogenität und Anisotropie
- Das bildgebende Verfahren ermöglicht die quantitative Charakterisierung von Materialeigenschaften und -fehlern wie Rissen, Porosität, Einschlüssen uvm.
- Zwei- und dreidimensionale tomographische Darstellung ermöglicht einfache und zuverlässige Auswertung der Prüfergebnisse. Ein SPA-Prüfsystem kann sowohl für die Echtzeitprüfung als auch zur Offline-Analyse verwendet werden.
- Besseres Fehlernachweisvermögen mit höherer Auflösung zur quantitativen Charakterisierung der Struktur (Fehler und/oder Materialeigenschaften) in Echtzeit
- Der erhöhte Informationsgehalt kann für zusätzliche Datenverarbeitung genutzt werden wie Anisotropie- und Inhomogenitätskorrektur (in austenitischen Schweißnähten oder faserverstärkten Kompositmaterialien, Abb. 3 und 4) sowie zur Rauschunterdrückung auf Basis der Analyse der statistischen Verteilung der Phasenwerte empfangener Signale (in grobkörnigen Werkstoffen Grobblechmaterialien oder in Bauteilen mit komplexer Geometrie wie Radsatz-Vollwellen, Abb. 5).

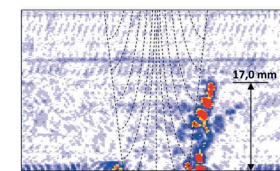


Abb. 3

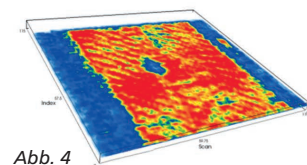


Abb. 4

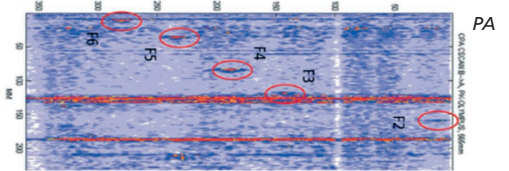


Abb. 5

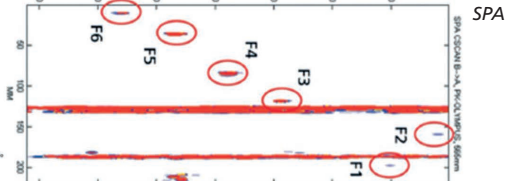


Abb. 3: Realer Riss in einer austenitischen Schweißnaht, SPA mit Anisotropie- und Inhomogenitätskorrektur, B-Bild  
Abb. 4: Charakterisierung der Materialeigenschaften in einer CFK-Platte mittels tomographischem Bild, 3D-Ansicht  
Abb. 5: Ultraschallprüfung einer Radsatz-Vollwelle mit künstlichen Fehlern: PA vs. SPA mit Rauschunterdrückung, C-Bild