BAM

Die BAM gewährleistet Sicherheit in Technik und Chemie.

Als Ressortforschungseinrichtung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) forscht, prüft und berät die BAM zum Schutz von Mensch, Umwelt und Sachgütern. Im Fokus aller Tätigkeiten in der Materialwissenschaft, der Werkstofftechnik und der Chemie steht dabei die technische Sicherheit von Produkten und Prozessen. Dazu werden Substanzen, Werkstoffe, Bauteile, Komponenten und Anlagen sowie natürliche und technische Systeme von volkswirtschaftlicher Dimension und gesellschaftlicher Relevanz erforscht und auf sicheren Umgang oder Betrieb geprüft und bewertet. Die BAM entwickelt und validiert Analyseverfahren und Bewertungsmethoden, Modelle und erforderliche Standards und erbringt wissenschaftsbasierte Dienstleistungen für die deutsche Wirtschaft im europäischen und internationalen Rahmen.

Sicherheit macht Märkte.

Die BAM setzt und vertritt für Deutschland und seine globalen Märkte hohe Standards für Sicherheit in Technik und Chemie zur Weiterentwicklung der erfolgreichen deutschen Qualitätskultur „Made in Germany“.

Unsere Forschungsthemen

In einem interdisziplinären Team aus (Nachwuchs-) Wissenschaftlern entwickeln wir Ultraschallmethoden für Anwendungen in der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) und der Zustandsüberwachung (SHM), z. B. für faserverstärkte Verbundwerkstoffe und die additive Fertigung.

Unsere Forschungsschwerpunkte sind:
- Zustandsüberwachung (SHM)
- Entwicklung von numerischen Simulationsmethoden
- Laserultraschall für die ZfP

Aktuelle Themen der Forschungsgruppe:
- Entwicklung effizienter Simulationswerkzeuge für die Ultraschallwellenausbreitung
- Weiterentwicklung der Phased-Array-Technik
- Geführte Wellen zur Strukturüberwachung in faserverstärkten Kunststoffen (GFK / CFK), plattenförmigen Bauteilen, Rohren und Druckbehältern
- Materialcharakterisierung mit Laserultraschall
- Bildgebende Verfahren in der Ultraschallprüfung
- Entwicklung und Qualifizierung von Zustandsüberwachungssystemen für sicherheitsrelevante Komponenten
- Techniken für die angepasste Anregung und Detektion von geführten Wellen z.B. mit modulierten Laserimpulsen
- Entwicklung von Wartungs- und Inspektionsmethoden auf Basis von geführten Wellen

Kontakt

Ihre Ansprechpartner für Stukturüberwachung, Laserultraschall, numerische Simulation und Ultraschallkontakttechnik sind:

Dr. Jens Prager
Fachbereich 8.4
Akustische und elektromagnetische Verfahren
jens.prager@bam.de
+49 30 8104-3873

Dr. Friedrich Bake
Fachbereich 8.4
Akustische und elektromagnetische Verfahren
friedrich.bake@bam.de
+49 30 8104-1840

Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung (BAM)
Unter den Eichen 87
12205 Berlin

+49 30 8104-0
www.bam.de

202200171 BAM KM.

BAM
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

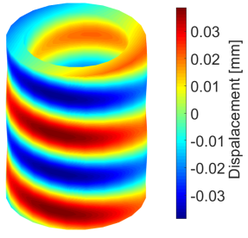
Sicherheit in Technik und Chemie

PHYSIK UND METHODIK DER ULTRASCHALLPRÜFUNG

Akustische und elektromagnetische Verfahren

Numerische Simulationen

Aufgrund der komplexen physikalischen Zusammenhänge bei der Ausbreitung von geführten Ultraschallwellen ist eine analytische Lösung nur in Einzelfällen möglich. Es werden daher numerische Verfahren benötigt, um das Ausbreitungsverhalten zu untersuchen. Die geringe Wellenlänge des Ultraschalls im Vergleich zur Bauteilgeometrie führt zu sehr großen numerischen Modellen. Die Simulation von geführten Wellen ist daher mit klassischen Verfahren, wie z. B. der Finiten Element Method (FEM), immer noch eine herausfordernde Aufgabe.



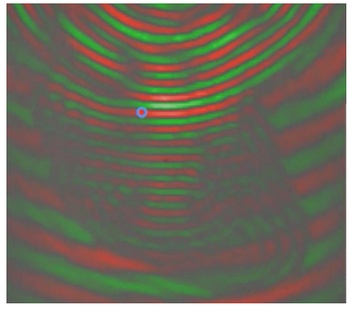
An der BAM wird daher eine neue effizientere Methode zur Simulation von Ultraschall entwickelt: die Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM). Es handelt sich dabei um ein semi-analytisches Verfahren, bei dem nur der Rand mit finiten Elementen diskretisiert wird. Mit Hilfe der SBFEM können sowohl Dispersionskurven als auch Verschiebungsfelder für anisotrope, inhomogene Körper sehr effizient berechnet werden.

Neben der SBFEM wird an der BAM auch die klassische FEM (z. B. ANSYS und COMSOL) zur Simulation von Schallausbreitung verwendet.

Zustandsüberwachung

Die Zustandsüberwachung (SHM) von Bauwerken oder Bauteilen ist ein vielseitiges Instrument, das zur Schadenserkennung in sicherheitsrelevanten Ingenieurbauwerken wie Flugzeugen, Brücken, Druckbehältern etc. eingesetzt wird. Im Prinzip werden Sensoren und/oder Aktoren Teil der zu überwachenden Struktur und führen die Messungen kontinuierlich oder periodisch durch.

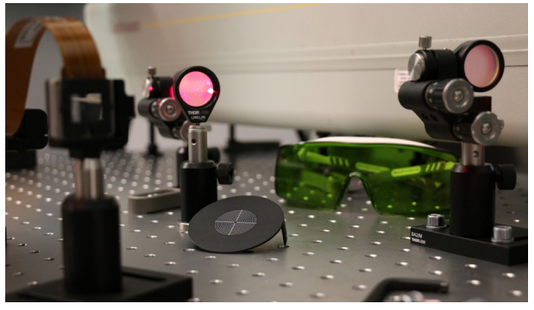
In der Fachgruppe 8.4 entwickeln wir die Konzepte für SHM basierend auf der Wellenausbreitung mit dem Schwerpunkt auf geführten Ultraschallwellen. Geführten Wellen sind vorteilhaft, da sie sich über weite Strecken ausbreiten können, was die Überwachung der gesamten Struktur mit einer begrenzten Anzahl von Sensoren ermöglicht.



In unserer Arbeitsgruppe nutzen wir die numerische Modellierung zusammen mit experimenteller Validierung und fortschrittlichen Signalverarbeitungswerkzeugen, um SHM-Systeme mit geführten Wellen für kritische Komponenten wie Eisenbahnradsatzwellen und Hochdruck-Gasbehälter zu entwickeln.

Laserultraschall

Kurze Laserpulse ermöglichen die berührungslose Anregung von Ultraschallwellen in einem Bauteil. Kombiniert mit modernster scannender, dreidimensionaler Lasermesstechnik sind wir in unserem Labor somit in der Lage, Bauteile komplett berührungslos einer zerstörungsfreien Prüfung mit Ultraschall zu unterziehen.



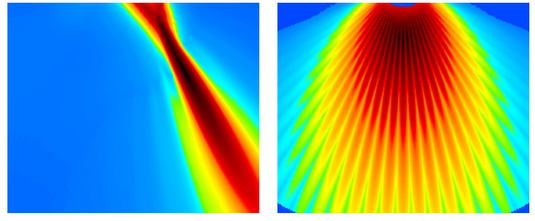
Vorteile dieser Methode im Vergleich zu z. B. luftgekoppeltem Ultraschall sind die lokal fokussierte Anregung und die deutlich höheren Frequenzen. Höhere Frequenzen ermöglichen in der Regel das Auffinden kleinerer Defekte im Bauteil. Auch für Prüfungen unter extremen Temperaturbedingungen ergeben sich Vorteile.

Die 3D-Lasermesstechnik ermöglicht es die Auslenkung der Bauteiloberfläche mit einer Auflösung von wenigen Nanometern zu detektieren. Durch die Verwendung von drei getrennten Laservibrometern können in einer Messung alle drei Bewegungskomponenten eines Messpunktes bestimmt werden. Diese Daten bilden eine wichtige Referenz, z. B. für die im Fachbereich entwickelten Simulationstools.

Ultraschallprüfung: Phased-Array-Technik

Bei der Entwicklung der Phased-Array-Technik wurde in der BAM seit Jahrzehnten Pionierarbeit geleistet. Für zahlreiche Prüfaufgaben wurde die Technik bis zur Praxisreife entwickelt.

Die Prüfköpfe der Phased-Array-Technik enthalten mehrere aktive Elemente, die unabhängig Schall senden und empfangen können. Die Einzelimpulse können elektronisch gesteuert, zeitversetzt gesendet und die Empfangssignale zeitversetzt addiert werden. Durch die so veränderten Interferenzbedingungen können die Schalldruck- und Empfindlichkeitsverteilungen des Prüfkopfes angepasst werden.



Die elektronische Steuerung erlaubt Scans mit Realtime-Darstellungen der Anzeigenposition. Bei der mechanisierten und automatisierten Prüfung können oft viele Prüffunktionen mit einer geringen Anzahl von Prüfköpfen realisiert werden.

Die Phased-Array-Technik eignet sich auch besonders zur Gewinnung von Daten für hochauflösende bildgebende Rekonstruktionsverfahren wie SAFT oder TFM. Gerade hier gibt es in der letzten Zeit große Fortschritte der Technik und deren Verbreitung.