

Ein inverses Verfahren zur Schadensrekonstruktion mittels geführter Wellen in Stahlplatten

Jannis BULLING¹, Benjamin JURGELUCKS², Andrea WALTHER², Jens PRAGER¹

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

² Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin

Kontakt E-Mail: Jannis.Bulling@BAM.de

Kurzfassung

Die Charakterisierung von Schäden in schalenförmigen Bauteilen, wie zum Beispiel Rohrleitungen, Laminaten und Platten, ist mittels geführter Ultraschallwellen besonders effektiv durch die Inspektion großer Bereiche der Struktur von nur wenigen Sensorpositionen ausgehend. Besonders die Größenbestimmung des Schadens ist jedoch eine herausfordernde Aufgabe, da durch die verschiedenen dispersiven Moden der geführten Wellen nicht immer ein einfacher Zusammenhang zwischen den vom Schaden kommenden Reflektionen und der Schadensgröße hergestellt werden kann. Eine Möglichkeit die Größe der Schäden zu bestimmen, ist der direkte Vergleich der Messsignale mit den Signalen aus einem Simulationsmodell. Diese Rekonstruktion des Schadens im Simulationsmodell stellt ein inverses Problem bzw. ein Optimierungsproblem dar. Für die Optimierung werden mehrere Vorwärtsrechnungen gebraucht, um das Schadensmodell an die Messdaten anzupassen.

Aufgrund der kurzen Wellenlängen von Ultraschallwellen sind klassische Methoden für die Vorwärtsrechnung, wie z.B. die Finite Elemente Methode (FEM), zu rechenintensiv. Eine Möglichkeit den Rechenaufwand zu reduzieren, bietet die Approximation der Wellenausbreitung mittels der semi-analytischen Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM). Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die benötigten Freiheitsgrade und damit die Rechenzeit im Vergleich zur FEM wesentlich geringer sind.

In diesem Beitrag wird ein gradientenbasiertes Optimierungsverfahren zur Größenbestimmung von Schäden vorgestellt. Der Gradient des SBFEM-Vorwärtsmodells wird durch Algorithmisches Differenzieren berechnet, wodurch eine genaue und schnelle Optimierung ermöglicht wird. Es werden Untersuchungen an 2D-Querschnittsmodellen von Stahlplatten präsentiert. Dabei werden Eigenschaften des entwickelten Algorithmus untersucht. In diesen Untersuchungen werden zunächst künstliche „Messdaten“ aus unabhängigen Simulationen verwendet, aber auch eine experimentelle Validierung anhand von einfachen Vergleichsfehlern vorgestellt. Hierbei wird auf die Herausforderungen einer Validierung von 2D Modellen mit Experimenten eingegangen.

