

Ultraschall-Simulation für komplexe Bauteile mittels ABCD-Methodologie

Dascha DOBROVOLSKIJ *, Martin SPIES *

* Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern

Kurzfassung

Die Ultraschall-Inspektion komplexer Bauteile wie geschichtete Faserverbundwerkstoffe, aber auch austenitische Schweißnähte und Mischschweißnähte stellt immer noch ein anspruchsvolles Prüfproblem dar. Die Simulation der Ultraschallausbreitung ermöglicht die Berechnung des Ultraschallsignals in einem designten Material-Modell, das als eine Näherung des zu prüfenden Werkstoffes angenommen wird. Die Berechnung der resultierenden Schallfelder liefert wertvolle Informationen hinsichtlich der Abdeckung des relevanten Prüfbereichs. In diesem Beitrag bildet die Überlagerung von Gaußschen Strahlen das Grundverfahren, das um die ABCD-Methodologie erweitert wurde. Diese ermöglicht die schnelle Berechnung aller Propagationswege in einem Werkstoffmodell mit vielen Grenzflächen, an denen Transmissions- und Reflexionsvorgänge stattfinden. Unsere Implementierung dieses Simulationsverfahrens ist eingebettet in eine benutzerfreundliche Menüführung (GUI) und ermöglicht zugleich eine visuelle Darstellung der berechneten Ergebnisse. Dies illustrieren wir an repräsentativen Beispielen.



Ultraschall-Simulation für komplexe Bauteile mittels ABCD-Methodologie

Dascha Dobrovolskij, Martin Spies

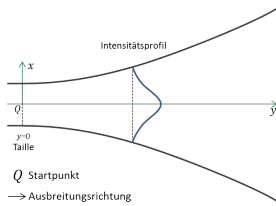
Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Abteilung Bildverarbeitung, 67663 Kaiserslautern, www.itwm.fraunhofer.de

Motivation

- Simulationsverfahren für die Prüfplanung
- Prüfung von komplexen Bauteilen:
 - Geometrie und Materialeigenschaften
 - **Beispiele:**
 - Faserverbundwerkstoffe
 - austenitische Schweißnähte
 - Mischschweißnähte
- Untersuchung von:
 - Richtcharakteristiken
 - Ausdehnung der Schallfelder im Werkstoff
 - Erwartungswerte für die Amplitudenverhältnisse

ABCD-Methodologie & GBS

- **Simulationsverfahren: Gaussian Beam Superposition (GBS)**
- Überlagerung von zehn Gaußschen Strahlen

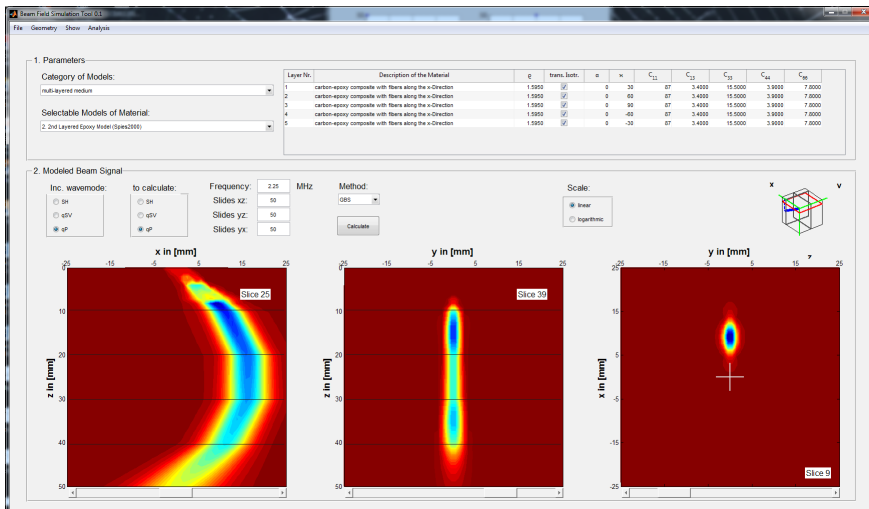


- Gaußscher Strahl wird räumlich beschrieben durch die einhüllende Matrix \underline{M}_i^{GB} , die abhängig ist von:
 - den Prüfkopfparametern
 - den Grenzflächen
 - und den jeweiligen Gruppengeschwindigkeiten

$$\underline{M}_i^{GB} = \underline{M}_n(Q_i) \left[\underline{I} + \left(\frac{K \cdot R}{K \cdot c_i^\alpha - t_i} \right) \underline{N}_i^\alpha \underline{M}_n(Q_i) \right]^{-1}$$

- Berücksichtigung der Grenzflächen mittels der Stetigkeitsbedingungen

Beam Field Simulation Tool



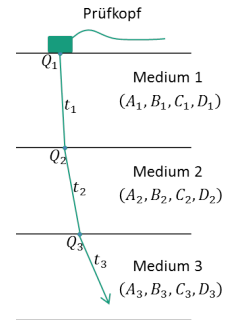
- GUI zur einfachen Parameterauswahl
- Visualisierung von berechneten Ergebnissen in Schnittebenen
- Software implementiert in MATLAB

Wir lösen auch ihre Fragestellungen.

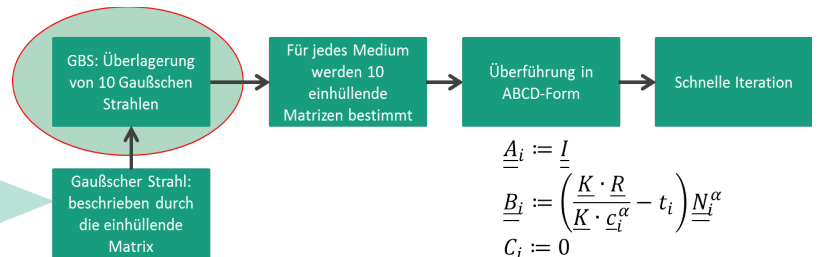
Kontaktieren Sie uns bitte unter:
zfp@itwm.fraunhofer.de

Zielsetzung

- Anwendung der ABCD-Methodologie aus der geometrischen Optik
- jedes Medium wird durch einen Satz von Matrizen (A_i, B_i, C_i, D_i) charakterisiert
- Strahlverfolgung durch mehrere Schichten
- Transversal-isotrope Medien:
 - Berechnung der Gruppengeschwindigkeiten
 - Erweiterung der ABCD-Matrizen
- Implementierung der Methode:
 - effiziente Formulierung → geringe Rechenzeit



- **Überführung in den ABCD-Formalismus**



$$\underline{A}_i := \underline{I}$$

$$\underline{B}_i := \left(\frac{K \cdot R}{K \cdot c_i^\alpha - t_i} \right) \underline{N}_i^\alpha$$

$$\underline{C}_i := \underline{0}$$

$$\underline{D}_i := \underline{I}$$

- Definition von Matrizen $\underline{A}_i, \underline{B}_i, \underline{C}_i, \underline{D}_i$
- Umformulierung der Einhüllenden

$$\underline{M}_i^{GB} = \left[\underline{D}_i \underline{M}_n(Q_i) + \underline{C}_i \right] \left[\underline{A}_i + \underline{B}_i \underline{M}_n(Q_i) \right]^{-1}$$

- Berechnung von globalen Ausbreitungsmatrizen, daher Vereinfachung des betrachteten Problems