

Praktische und praxisnahe Untersuchung von Spannbetonbauwerken mit bildgebenden Ultraschallecho-Verfahren

Sebastian SCHULZE*, Martin KRAUSE**, Klaus MAYER***

* BAM/Hupfer Ingenieure (Bei der Neuen Münze 14, 22145 Hamburg)

schulze@hupfer-ingenieure.com

** BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (12200 Berlin)

martin.krause@bam.de

*** Universität Kassel (Wilhelmshöher Allee 71, 34121 Kassel)

kmayer@uni-kassel.de

Kurzfassung

Die zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) findet mit zunehmender Weiterentwicklung der Prüfverfahren immer mehr Eingang in die Planung beim Bauen im Bestand und bei der Zustandsuntersuchung und Qualitätssicherung bei Neubauten und Sanierungsmaßnahmen. Um die Akzeptanz der ZfPBau in der Praxis weiter zu verbessern, müssen Resultate in wirtschaftlich vertretbarem Rahmen erreicht werden, auch für komplexe Prüfungsaufgaben. Gleichzeitig sollten Resultate für Auftraggeber und andere Baufachleute ohne entsprechenden Hintergrund in der zerstörungsfreien Prüfung weitestmöglich intuitiv nachvollziehbar sein.

Wesentlicher Bestandteil dabei ist die effiziente bildgebende Auswertung von Volumendaten, die mittels automatisierter Prüfverfahren und/oder zweckmäßigen manuellen Messungen gewonnen wurden. Eine besonders komplexe Aufgabe ist die Untersuchung von Spannbetonkonstruktionen, speziell hinsichtlich des Verpresszustandes der Spannglieder. Im Rahmen des DFG-geförderten Forschungsvorhabens "Analyse von Spannbetonbauteilen mit 3D-Ultraschallecho-Verfahren" als Gemeinschaftsprojekt der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und der Universität Kassel wurde eine große Referenztestwand erstellt, in die Hüllrohre unterschiedlichster Verpresszustände, Tiefenlagen und Bewehrungsüberdeckungen praxisnah eingebaut wurden.

Für die Auswertung wurde das an der Universität Kassel entwickelte und an der BAM imPraxiseinsatz bewährte Softwarepaket „InterSAFT“ zur bildgebenden Rekonstruktion undDarstellung von Messdaten verwendet. Insbesondere durch die bildgebende Darstellung derPhasenlage von Echosignalen zur Unterscheidung der Reflektoren Stahl und Luft in Betonwird dabei ein signifikanter Informationsgewinn ermöglicht.

Anhand von Resultaten an dieser Testwand sowie an realen Spannbetonbauwerken mitpraktischen Fragestellungen werden aktuelle Fortschritte in der bildgebenden Ultraschallechountersuchung im Bauwesen aufgezeigt.



Praktische und praxisnahe Untersuchung von Spannbetonkonstruktionen mit bildgebenden Ultraschallecho-Verfahren

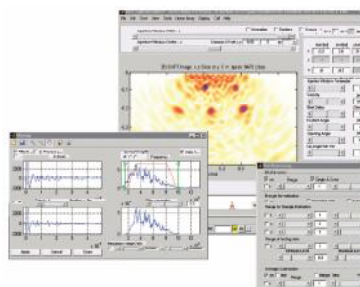
S. Schulze (BAM 8.2/Hupfer Ingenieure), M. Krause (BAM 8.2), K. Mayer (Universität Kassel, FB 16)

Mit der bildgebenden Auswertung von Volumenmessdaten können Resultate erzielt werden, die intuitiv nachvollziehbar sind und so die Akzeptanz der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen (ZfPBau) erhöhen. Bei Ultraschallecho-Verfahren bedeutet insbesondere die bildgebende Darstellung der Phasenlage von Echosignalen zur Unterscheidung der Reflektoren Stahl und Luft in Beton einen signifikanten Informationsgewinn. An der Universität Kassel wurde ein Softwarepaket entwickelt, welches an der BAM im Praxiseinsatz optimiert und zur Rekonstruktion und Visualisierung aller hier dargestellten Messdaten eingesetzt wurde.

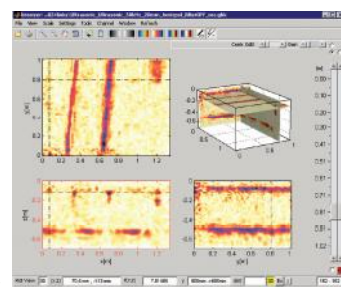
> Rekonstruktionssoftware der Universität Kassel

Softwarepaket „InterSAFT“ (Interactive Synthetic Aperture Focusing Technique) der Universität Kassel und der BAM zur interaktiven und praxisgerechten bildgebenden Auswertung

- Ultraschall- und Radarmessdaten
- mono- und multistatische Daten
- Rekonstruktion in 2D und 3D
- Intensitäts- und Phasendarstellung



◀ Ausschnitt aus der Benutzeroberfläche der Rekonstruktionssoftware mit umfangreichen Bearbeitungsmöglichkeiten

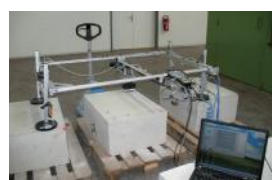


▶ Browser zur Bilddarstellung

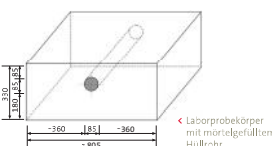
> Prinzip der Phasenauswertung von Volumendaten

Am Referenzfall des mörtelgefüllten Hüllrohrs kann der Verpresszustand eindeutig identifiziert werden:

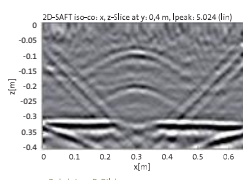
- Das Echo der Hüllrohrunterseite liegt infolge der geringeren Schallgeschwindigkeit im Mörtel tiefer als die wahre geometrische Lage.
- Aufgrund der Fokussierung des Schallstrahls im Mörtel besitzen die Echos an Ober- und Unterseite ähnliche Intensität.
- Die Phasenlage an der Hüllrohrunterseite ist gegenüber der Oberseite des Hüllrohrs sowie der Unterkante des Probekörpers deutlich verschoben.



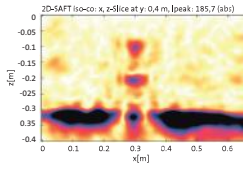
▶ Versuchsaufbau



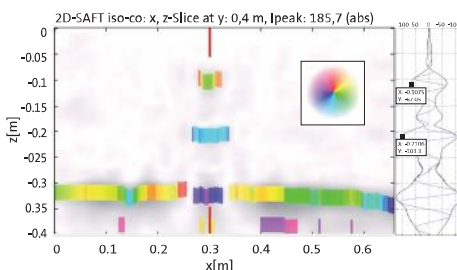
◀ Laborprobekörper mit mörtelgefülltem Hüllrohr



▶ Rohdaten-B-Bild



▶ Rekonstruiertes B-Bild



▶ Phasen-B-Bild und Prinzip der Phasenauswertung am A-Bild anhand der relativen Lage des Weinsignals (blau) zum Maximum der Einhüllenden (schwarz)

> Einsatzbeispiel aus der Praxis

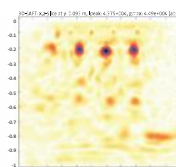
Fragestellung:

Feststellung der Lage und Ausdehnung von Betonverstopfern im Hüllrohr des Neubaus einer Eisenbahnbrücke.

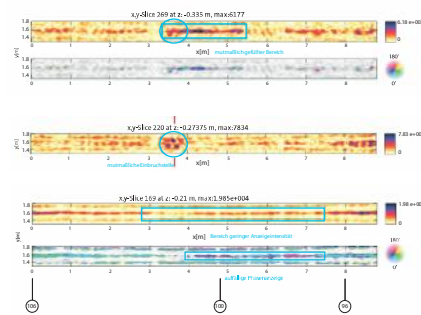
Unter Verwendung von InterSAFT konnte mit manuellen multistatischen Messungen (Linear Array) und wirtschaftlich vertretbarem Aufwand die Aufgabe vor Ort gelöst werden: Die Einbruchstelle wurde detektiert, der Bereich der Blockade konnte eingegrenzt werden.



▶ Brückensicht und Messung mit multistatischem Array



▶ Querschnitt vertikal (B-Bild) Reflexionen der Bewehrung, Hüllrohrlagen und Kuckwand identifizierbar

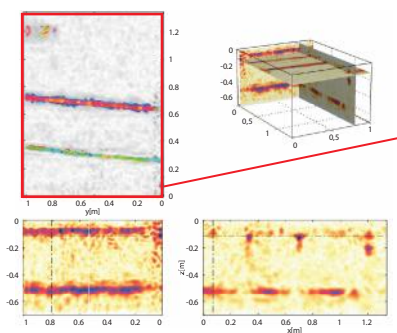


▶ Tiefenschnitte längs (C-Bilder) in drei Tiefen
• Intensitäts- und Phasenbilder
• Einbruchstelle und Blockadebereich identifizierbar

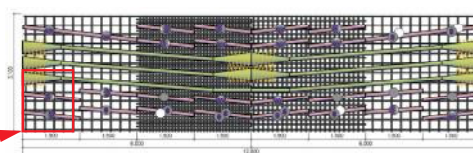
> Forschung und Ausblick

Auf dem Testgelände der BAM wurde eine großformatige Testwand zur Untersuchung von Spanngliedern einschließlich Spann- und Koppelstellen mit laborgefertigten Hüllrohrabschnitten sowie praxisgleichen Spanngliedern erbaut.

Durch die noch andauernde Auswertung der umfangreichen manuellen und automatisierten, bi- und multistatischen Messungen werden weitere Rückschlüsse auf die Untersuchbarkeit von Spannbetonbauteilen mit bildgebenden Ultraschallecho-Verfahren erwartet.



▶ Dreidimensional rekonstruiertes Volumen, visualisiert durch drei orthogonale Schnitte
• C-Bild als Phasendarstellung, B-Bilder als Intensitätsdarstellung
• Reflexion an Stahl und Luft deutlich unterscheidbar



◀ Zeichnung Testwand
• laborgefertigte Hüllrohrabschnitte mit bekanntem Inneren (rot)
• Spannglieder (grün)
• Bewehrung (schwarz)



◀ zusammengesetztes rekonstruiertes C-Bild (Intensitätsdarstellung)
• montiert auf Foto der Testwands vor dem Schließen der Schaltung