

Neue Entwicklungen aus dem Ingenieurbüro Dr. Hillger

Dr. Wolfgang HILLGER, Dr. Lutz BÜHLING, Detlef ILSE

Ingenieurbüro Dr. Hillger
Wilhelm-Raabe-Weg 13, 38110 Braunschweig
Telefon : +49 53 07 79 45
Telefax : +49 53 07 57 34
Kontakt: info@dr-hillger.de

Kurzfassung. Die Firma Ingenieurbüro Dr. Hillger wurde 1984 gegründet und entwickelt und fertigt spezielle bildgebende Ultraschallprüfsysteme im Frequenzbereich von 10 kHz bis 200 MHz für Werkstoffe mit hoher Schallschwächung und Streuung wie Beton und Faserverbunde und für dünne Bauteile, wo hohe Frequenzen erforderlich sind. Seit 1998 werden außerdem Systeme mit Ankopplung über Luft ausgeliefert. Im Rahmen dieses Firmenvortrags wird über drei Neuheiten berichtet: über das Hochfrequenz-Ultraschallprüfsystem USPC 3060, eine Weiterentwicklung des mobilen, scannenden Ultraschallsystems MUSE, und über das Array-System Flexus für die Betonprüfung.

1. Einführung

Die großen akustischen Unterschiede bei der Werkstoffprüfung mit Ultraschall, besonders bei den neuen Werkstoffen wie faserverstärkte Kunststoffe, stellen hohe Anforderungen an die Gerätetechnik. Deshalb entwickelt und fertigt das Ingenieurbüro Dr. Hillger seit 1984 spezielle auf die Anforderungen des Kunden angepasste bildgebende Ultraschallprüfsysteme [1]. Dafür wurde ein Satz von Hardware-Modulen bestehend aus unterschiedlichen Pulsern/-Receivern (HILL-SCAN 30XX) und leistungsstarken Burst-Sendern entwickelt [2-5]. Unterschiedliche Ankopplungstechniken wie Direktankopplung, Tauchtechnik und Wasserspalt werden eingesetzt. Seit 1998 werden auch Systeme für die berührungslose Prüfung mit Ankopplung über Luft entwickelt und gebaut [6].

2. Hochfrequenzultraschallsystem USPC 3060 UHF

Für höchste Auflösung wurde das bildgebende Hochfrequenz-Ultraschallprüfsystem USPC 3060 UHF mit einem Frequenzbereich von 0,01 bis 200 MHz entwickelt und ersetzt unser Hochfrequenz-Ultraschallprüfsystem HFUS 2000 [7]. Es besteht aus einer separaten Sende- und Empfangseinheit, einem Manipulator mit Tauchbecken und einem 19“ Schrank, der die zugehörige Steuerung und einen Industrie-PC enthält (Bild 1). Um ein kurzes Kabel zum Prüfkopf zu ermöglichen, wird die separate Sende- und Empfangseinheit in der Nähe des Prüfkopfes montiert. Dadurch lassen sich Prüfköpfe mit unterschiedlichen Impedanzen mit einem hohen Signal-Rauschspannungsabstand betreiben. Da viele Bauteile komplex aufgebaut sind, z. B. mit dünnen Deckschichten und dickerem Kernmaterial, wurde das

Gerät nicht nur speziell für hochfrequente Prüfungen entwickelt, sondern auch für Prüfungen bereits ab 1 MHz ohne Qualitätseinbuße. Je nach Anwendung kommen Digitalisierer von 500 Msamples/s mit 12 Bit bis zu 5 Gsamples/s mit 8 Bit zum Einsatz. Die Kombination von analogen und digitalen Filtern ermöglicht einen optimalen Signal-Rauschspannungsabstand und hervorragende axiale sowie laterale Auflösungen.

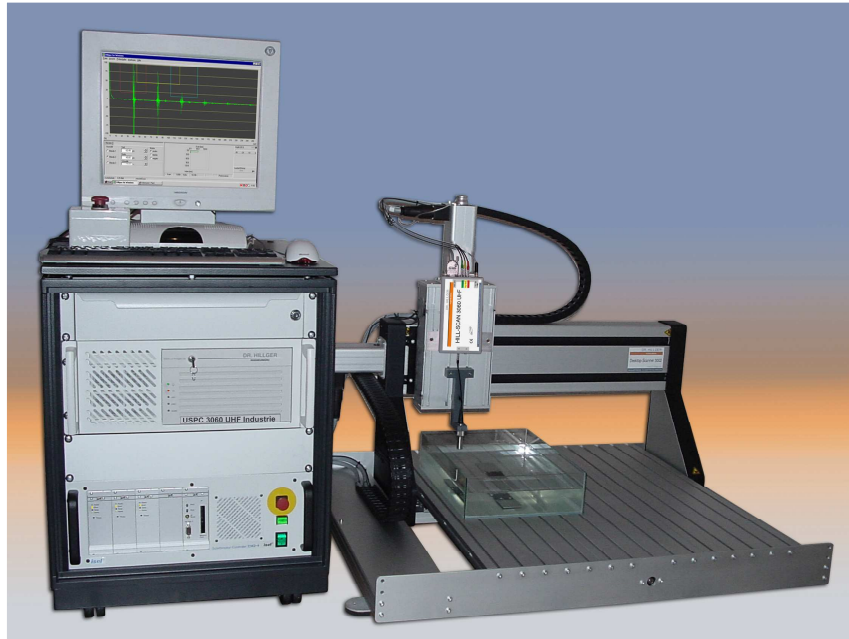


Bild 1: Ultraschallprüfsystem USPC 3060 mit Scanner und Tauchbecken

Die Software Hillgus für Windows gestattet eine einfache Bedienung. Wahlweise lassen sich nur Amplituden- und Laufzeitdaten oder vollständige HF-A-Bilder speichern. Im zweiten Fall können dann nachträglich Optimierungen zum Beispiel mit Hilfe von digitalen Filtern oder einem Software-Tiefenausgleich durchgeführt werden [8].

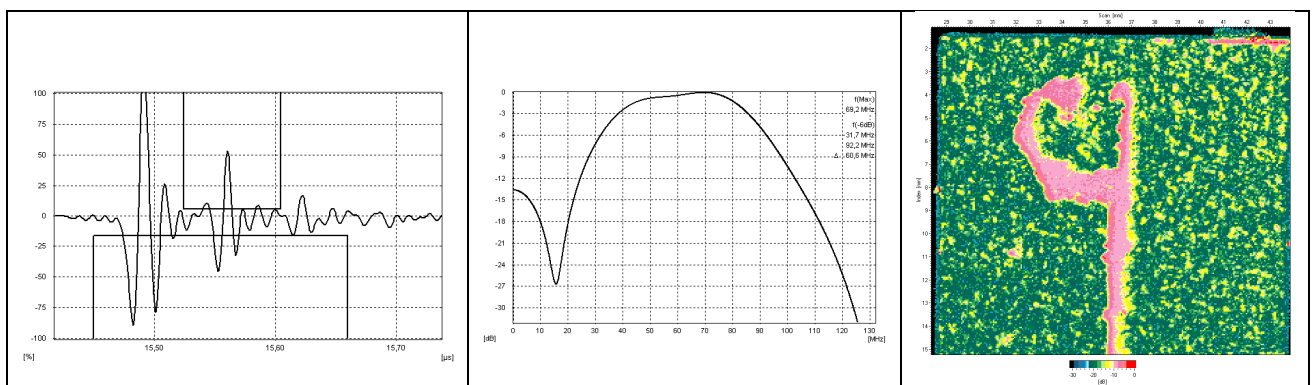


Bild 2: Bindungsprüfung einer 0,3 mm dicken Siliziumplatte mit einem Substrat: A-Bild, FFT des Bindungsechos und C-Bild

Bild 2 zeigt ein A-Bild, eine FFT des Bindungsechos und ein C-Bild einer Bindungsprüfung einer 0,3 mm dicken Siliziumplatte an einem Substrat. Das A-Bild stellt das Eintritts- und im Abstand von 66 ns das Bindungsecho dar. Es kam ein breitbandiger 80 MHz Folienprüfkopf zum Einsatz. Die Auswertung der FFT des Bindungsechos ergibt eine

maximale Frequenz von 72.6 MHz und eine Bandbreite von 34 bis 91 MHz. Die fehlerhafte Bindung zeigt sich im C-Bild durch eine um 22 dB höhere Amplitude des Bindungsechos.

3. Muse Z400

Um hochauflösende Prüfungen auch mobil ausführen zu können, wurden für das Ultraschallprüfsystem MUSE ein neuer Scanner MUSE Z400 sowie spezielle Prüfkopfadapter für „lokale Tauchtechnik“ entwickelt. Der Scanner erlaubt eine maximale Verfahrensgeschwindigkeit von 200 mm/s und bietet eine mechanische Auflösung von 40 µm. Die max. Scanfläche beträgt 430 mm x 275 mm, wobei das Konstruktionsprinzip auch kleinere oder größere Scanflächen ermöglicht. Da der Scanner mit Saugfüßen ausgerüstet ist, lassen sich Prüfungen an sehr viel größeren und gekrümmten Bauteilen auch in senkrechter Anordnung durchführen. Die verbesserten Prüfkopfadapter nehmen fokussierte Tauchtechnik-Prüfköpfe mit Frequenzen von bis zu 30 MHz auf. Zur optimalen Fokussierung in unterschiedlichen Tiefenlagen ist die interne Wasservorlaufstrecke einstellbar.



Bild 3: Scanner MUSE Z400

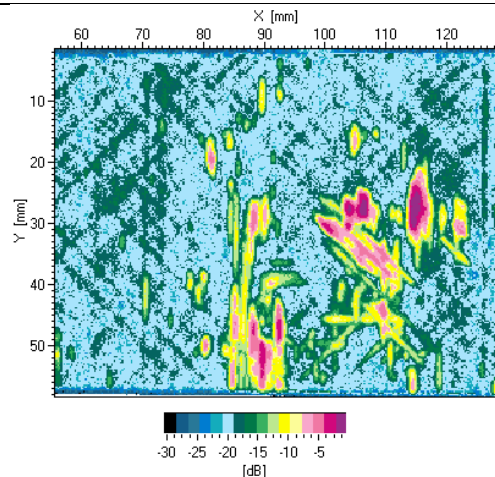


Bild 4: C-Bild eines CFK-Testkörpers mit Poren

Das komplette Prüfsystem besteht neben dem Scanner Muse Z400 aus dem Ultraschallgerät USPC 3040 Portabel mit eingebautem Motor- Controller und dem Wasserumlaufsystem MUWA. Die Software Hillgus für Windows sorgt für eine leichte Bedienung. Der vollständige A-Bildeinzug mit 200 Msampels/s und 14 Bit Dynamik eröffnet neue Möglichkeiten der digitalen Signalverarbeitung.

Bild 4 stellt ein C-Bild eines CFK-Testkörpers dar, der Porenggebiete enthält. Diese sind durch die höhere Amplitude des Zwischenechos gelb und rot dargestellt. Im blauen intakten Bereich deuten sich Streuanzeigen der 0°- und der ±45°-Lagen an.

4. Flexus-Beton

Auch im Bauwesen besteht der Bedarf an Ultraschallprüfsystemen. Prüfaufgaben gibt es zum Beispiel bei der Qualitätssicherung und bei der Schadensanalyse für Betonbauteile wie

Brücken, Querträger und Fundamente. Da der Baustoff Beton einen sehr heterogenen Aufbau mit Zuschlägen im cm-Bereich hat, lassen sich hierfür oft nur Frequenzen im Bereich um 100 kHz oder weniger einsetzen. Daher liegen auch die Ultraschallwellenlängen bei ca. 4-8 cm. Einzelne A-Bilder sagen wenig aus, daher ist eine Bildgebung erforderlich. Flexus-Beton ist ein mobiles automatisiertes Mess- und Abbildungssystem hierfür.

Das System besteht aus den Komponenten Niederfrequenz-Ultraschallgerät USPC 3041, Ultraschall-Array mit 48 Prüfköpfen in 16 Gruppen, dem aktiven Sende- und Empfangsmultiplexer Flexus sowie einem schrittmotor-getriebenen Scanner mit drei Achsen (Bild 5).



Bild 5: Flexus Beton: Scanner mit Prüfkopf-Array und aktivem Multiplexer sowie dem Ultraschallprüfsystem USPC 3041

Die Messung läuft mit Hilfe des Scanners in einer Fläche von 0,8 m x 1 m automatisch ab; mehrere Messbereiche lassen sich verknüpfen. Der kombinierte Einsatz eines Prüfkopfarrays ohne Koppelmittel verkürzt die Messzeit etwa um den Faktor 10. Das System schaltet bis zu 32 Prüfkopfelemente wahlweise einzeln oder in Gruppen als Sender und Empfänger. Nach dem elektronischen Scannen wird das Prüfkopfarray mit dem Scanner versetzt und erneut elektronisch gescannt.

Die vom Partner MFPA Weimar speziell entwickelte Software zur SAFT (Synthetic Aperture Focusing Technique) -Rekonstruktion berechnet aus den Empfangssignalen des Prüfkopfarrays ein Schnittbild durch den Beton unterhalb des Arrays, wobei alle Messsignale auf jeden Punkt des Rekonstruktionsbereichs fokussiert werden. Die Grenzen von Objekten im Beton werden dadurch auf ihren tatsächlichen Ort abgebildet. Direkt nach Abschluss der Messungen steht ein dreidimensionales Bild des untersuchten Betonvolumens bereit, das sich räumlich betrachten und drehen lässt. Bild 6 zeigt exemplarisch eine 3D-Darstellung eines Betontestkörpers mit einem Rückwandversatz sowie einem Hohlraum mit 50 mm Durchmesser [12].

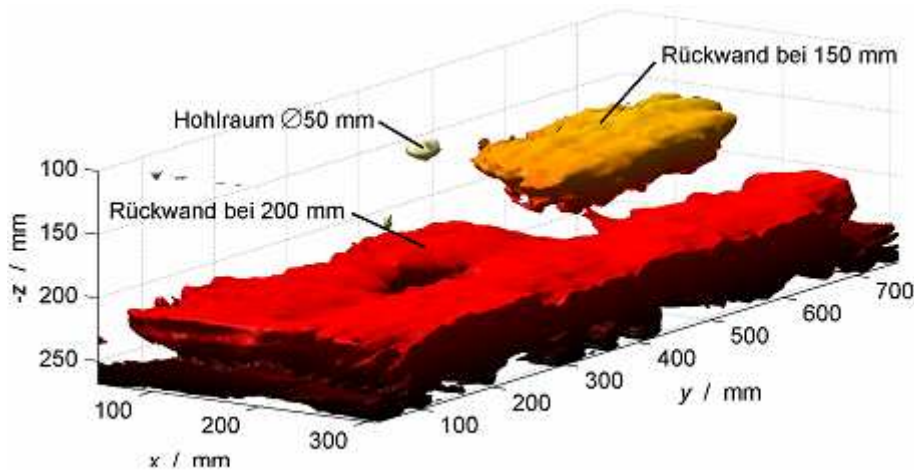


Bild 6: 3D-Darstellung eines Betontestkörpers mit einem Rückwandversatz sowie einem Hohlraum mit 50 mmØ [13]

Fazit

Die unterschiedlichen akustischen Kennwerte der Werkstoffe und deren spezielle Prüfanforderungen erfordern optimierte Prüfsysteme bezüglich der Ankopplung, der Prüffrequenz, des Frequenzbandes, der Signalauswertung und der Befunddarstellung (Bildgebung). Das Ingenieurbüro Dr. Hillger hat sich auf modulare, bildgebende Systeme spezialisiert, wobei der Frequenzbereich bis zu 200 MHz betragen kann. Dabei spielt die digitale Signalverarbeitung eine immer größere Rolle.

Danksagung

Das Mess- und Abbildungssystem FLEXUS wurde im Rahmen des PRO INNO II-Verbundprojektes FLEXUS entwickelt. Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sowie dem Projektpartner MFPA Weimar für die Unterstützung.

Referenzen

- [1] www.Dr-Hillger.de, aufgerufen am 06. 06. 2011
- [2] L. Bühling W. Hillger D. Ilse: Modulare Ultraschallprüfsysteme für Forschung, Entwicklung und Qualitätssicherung, DGZfP-Jahrestagung 2005, 2.-4. Mai, Rostock, DGZfP- Berichtsband 94-CD, Beitrag 1
- [3] W. Hillger, L. Bühling und D. Ilse: Optimale Erzeugung und Auswertung von Ultraschallimpulsen - vor 25 Jahren und die heutigen Möglichkeiten, Mo.2.A.7, DGZfP-Berichtsband BB 115 – CD, DGZfP-Jahrestagung 2009, 18. – 20. Mai 2009, Münster
- [4] W. Hillger: Moderne Ultraschallprüfsysteme für Polymerwerkstoffe, 1. Würzburger Tagung Innovative zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP) für moderne Polymerwerkstoffe des Süddeutschen Kunststoffzentrums, 2. bis 3. Dezember 2009, Festung Marienberg, Würzburg, Handbuch auf CD.
- [5] W. Hillger: Ultrasonic Systems for Imaging & Detection, 19th International Congress on Acoustics (ICA 2007), Madrid, 2. -7.September 2007, Special Issue of the journal Revista de Acoustica, vol. 38, year 2007, ISBN: 84-87985-12-2

[6] W. Hillger, L. Bühlung und D. Ilse: USPC 4000 AirTech - ein neues, bildgebendes Ultraschallprüfsystem für Ankopplung über Luft, DACH –Jahrestagung 2004, Zerstörungsfreie Materialprüfung, ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, Salzburg, 17. -19. Mai 2004, Conf. Proc. on CD.

[7] Hillger, W.: Schadensanalyse an modernen Werkstoffen mit Hilfe eines neu entwickelten Ultraschallprüfsystems HFUS 2000, Kolloquium "Qualitätssicherung durch Werkstoffprüfung", Zwickau, 20.-21.03. 1991, DGZfP-Berichtsband 26, S. 200-208

[8] W. Hillger, L. Bühlung und D. Ilse: Digitale Signalverarbeitung erhöht die Auflösung der Ultraschallprüftechnik, P46, DACH- Jahrestagung in St. Gallen 2008, ZfP in Forschung, Entwicklung und Anwendung, 26. – 30. 04. 2008, DGZfP-Berichtsband BB 113 – CD, ISBN 978-3-940283-09-2

[9] M. Schickert, W. Hillger: Ein Ultraschall-Multikanal-Messsystem mit SAFT-Rekonstruktion für die Abbildung von Betonbauteilen, Mi.1.C.3, DGZfP-Berichtsband BB 115 – CD, DGZfP-Jahrestagung 2009, 18. – 20. Mai 2009, Münster

[10] M. Schickert, W. Hillger: Erste Messergebnisse mit dem scannenden Ultraschall-Multikanal- Mess- und Abbildungssystem FLEXUS für Betonbauteile, DGZfP-Jahrestagung 2010, 10. - 12. Mai 2010, Erfurt, Berichtsband 122-CD

[11] M. Schickert: Ultraschall-Abbildungsverfahren – Neue Entwicklungen beschleunigen den Einsatz; in: Bauwerksdiagnose, Berlin, 18.–19.2.2010. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP), 2010, CD-ROM, S. 1–11.