

Geophysik und Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen

Ernst NIEDERLEITHINGER *

* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Fachbereich 8.2

Ernst.Niederleithinger@bam.de

(030) 8104-1443

Kurzfassung

Geophysikalische Verfahren, die zur Erkundung des Erduntergrundes im Bereich von wenigen Metern bis zum Erdkern eingesetzt werden, haben physikalisch und mathematisch eine enge Verwandtschaft zu Methoden der zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen. Ein Beispiel ist das zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes entwickelte Radarverfahren, das in den letzten 20 Jahren für Anwendungen im Bauwesen angepasst und optimiert wurde. Physikalisch eng verwandt sind auch seismische Verfahren, wie sie zur Rohstofferkundung eingesetzt werden, und Ultraschall-Echo- bzw. Transmissionsverfahren. Einige neue Methoden der Seismik lassen sich auch für die Bearbeitung und Auswertung von Ultraschalldaten sehr gut einsetzen. Dazu gehören moderne Abbildungsverfahren wie die Reverse Time Migration (RTM), aber auch interferometrische Methoden zur Detektion subtiler Veränderungen im Material und zur Interpolation von Messspuren ("virtuelle Quellen"). Mehrere dieser Methoden wurden in der letzten Zeit anhand synthetischer und laborpraktischer Daten evaluiert und angepasst. Sie haben das Potential, die Abbildungsqualität deutlich zu erhöhen und neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.



Schon lange verbunden: Geophysik und ZfPBau

Methoden der angewandten Geophysik werden schon seit rund einhundert Jahren primär zur zerstörungsfreien Rohstoffsuche im Erduntergrund eingesetzt. Aufgrund des hohen kommerziellen Potentials hat die Technik einen außerordentlich hohen Stand erreicht und wird fortlaufend weiterentwickelt. Mit oft tausenden von Sensoren und der Hilfe von Supercomputern erfolgt der Einsatz zu Lande, zu Wasser, aus der Luft und aus dem Weltraum. Viele Methoden der ZfPBau haben Verwandtschaft in der Geophysik oder wurden direkt übernommen.

Ultraschall und Seismik: Beide Verfahren beruhen auf derselben Grundlage: Ausbreitung elastischer Wellen. Moderne Instrumente der ZfPBau mit Arrays aus Prüfköpfen und bildgebender Auswertung sind einfache Methoden der Reflexionsseismik, dem wichtigsten Werkzeug der Erdöl- und Erdgaserkundung, nicht unähnlich (Yilmaz, 2006). Viele Techniken lassen sich übertragen. Das Poster zeigt weiter unten einige neuartige Ideen.

Radar: Das in den 1970er Jahren entwickelte geophysikalische Radarverfahren wird seit gut zwei Dekaden auch im Bauwesen eingesetzt. Inzwischen gibt es zahlreiche spezialisierte Apparaturen und Antennen. Hauptziele sind die Erkundung tiefer Bewehrung, die Lokalisierung von Spannkämen und viele andere Aufgaben an Boden, Beton, Asphalt und Mauerwerk (Kathage & Kind, 2014).

Geoelektrik/Induzierte Polarisation/Wennersonde: Der elektrische Widerstand ist sowohl in der Geophysik als auch in der ZfPBau ein guter Material- und Feuchteindikator. Wennersonden dienen im Bauwesen der Feuchtigkeitsabschätzung. In der Hydrogeophysik werden geoelektrische Verfahren ortsaufgelöst und bildgebend zur Grundwassererkundung eingesetzt. Im Labor funktioniert bereits die Übertragung auf die Untersuchung von Wasser- und Salzgehalt im Mauerwerk (Kruschwitz et al., 2010). Auch Bäume werden untersucht!

Eigenpotential/Potentialverfahren: Das Potentialverfahren zur Lokalisierung von aktiver Korrosion an Bewehrungsstahl hat eine Entsprechung in der Geophysik. Dort heißt es Eigenpotential und dient unter anderem zur Detektion von Fließbewegungen oder elektrochemischen Potentialen im Grundwasserbereich (Revil & Jardani, 2013).

Seismik in der Geotechnik: In der Geotechnik sind geophysikalische Methoden weit verbreitet und oft bereits in Regelwerken integriert. Primär seismische Methoden werden in der Baugrunderkundung eingesetzt (siehe neues Merkblatt DGZFP B8). Auch in der Fundament- und Pfahlprüfung werden ähnliche Techniken seit Jahrzehnten angewendet (DGGT EA Pfähle).



Multistatisches Ultraschallgerät für Beton (MIRA, www.acsys.ru)



Seismik-Spezialschiff CGG Viking zur Erdölsuche mit 10 Sensorketten a 9 km Länge.

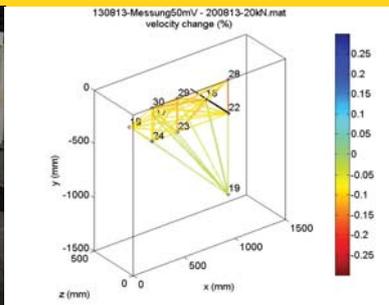
Neue Ideen aus der Geophysik

Detektion subtiler Veränderungen mit Codawelleninterferometrie: Durch wiederholte Ultraschall-Transmissionsmessungen und deren Auswertung nach neuartigen Verfahren lassen sich selbst minimale Materialveränderungen (Spannung, Druck, Temperatur, Feuchte, z. B. Niederleithinger & Wunderlich, 2012) sichtbar machen und lokalisieren.

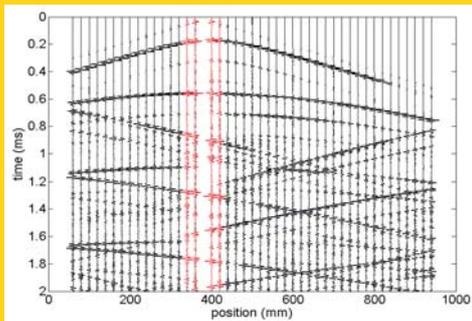
Verbesserte Abbildung von Ultraschall-Echodaten: Seismische Techniken wie die "Reverse Time Migration" ermöglichen eine verbesserte Abbildung von vertikalen Stufen oder der Rückseite von Spannkämen (Müller et al., 2012).



Betonblock mit eingebetteten Ultraschallsensoren und einer Quetschvorrichtung.



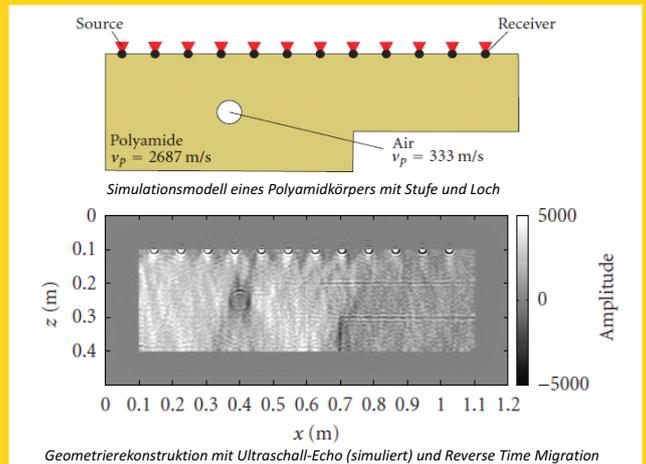
Codawelleninterferometrie zeigt den Ort der höchsten Spannung durch Geschwindigkeitsänderung



Ultraschall- Echoaufzeichnung aus dem Experiment rechts. Fehlende Spuren wurden durch Interferometrie rekonstruiert

Interpolation fehlender Daten durch Interferometrie: Technische Randbedingungen verhindern manchmal die Messung mit bestimmten Sender-Empfängerkombinationen. Durch seismische Interferometrie können die fehlenden A-Scans unter Umständen rekonstruiert werden (Niederleithinger, 2014)

International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering: www.ndt-ce2015.net, 15.-17. 09. 2015
Neues Merkblatt zu seismischer Baugrunderkundung (DGZFP B8): <http://www.dgzfp.de/Dienste/Publikationen>



Geometrierekonstruktion mit Ultraschall-Echo (simuliert) und Reverse Time Migration

Ultraschall- Echo- Experiment an Polyamid zum Test verschiedener geophysikalischer Verfahren



Literatur
Kathage & Kind, 2014: Grundlagen zur Anwendung von Radar an Beton. Bauwerksdiagnose 2014 (Workshop)
Kruschwitz et al., 2010: Complex resistivity and radar investigation of building material: First results of field scale measurements. Acta Geophysica 04/2012.
Müller et al., 2012: Reverse Time Migration: A Seismic Imaging Technique Applied to Ultrasonic Data. International Journal of Geophysics 01/2012.
Niederleithinger & Wunderlich, 2012: Influence of small temperature variations on the ultrasonic velocity in concrete. Proceedings of QNDE 2012
Niederleithinger, 2014: Seismische Interferometrie zur Interpolation fehlender A-Scans von Ultraschall-Echo-Daten. DGZFP Jahrestagung 2014..
Revil & Jardani, 2013: The Self-Potential Method. Cambridge University Press.
Yilmaz, 2006: Seismic Data Analysis. SEG, Tulsa.