Anwendung von gesteuerten Sendesignalen bei Ultraschallmessungen an Beton

Viktor FELLER *, Frank MIELENTZ *, Jens GRUN **, Reinhold ORGLMEISTER **
* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin
** Technische Universität Berlin, Berlin

Kurzfassung

In der zerstörungsfreien Ultraschallprüfung im Bauwesen sind Frequenzen zwischen 50 kHz und 200 kHz mit Wellenlängen von 80 mm bis 20 mm üblich, um der starken Streuung aufgrund des kohärenten „Kornrauschens“ im Material entgegenzuwirken.

Wegen der niedrigen anwendbaren Prüffrequenzen sind ein erheblicher Aufwand der Gerätetechnik und der Einsatz neuer Verfahren notwendig, um die Genauigkeit von Ultraschallmessungen an Betonbauteilen weiter zu steigern. Eine spezielle Anregung der Ultraschallsendeprüfköpfe ist eine Möglichkeit, den Signal-Rausch-Abstand von Echosignalen zu verbessern oder trotz geringem Störabstand die zeitliche Lage des Echoimpulses im Empfangssignal mithilfe von signalangepassten Filtern sicher zu erkennen. Im Rahmen des DFG-geförderten Gemeinschaftsprojektes „Zerstörungsfreie Prüfung von Betonbauteilen mit Ultraschall-Gruppenstrahlern in Verbindung mit statistischer Signalverarbeitung“ zwischen der BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und der Technischen Universität Berlin werden unterschiedliche Verfahren zur Genauigkeitssteigerung bei Ultraschalllaufzeitmessungen untersucht. Die eingesetzten Verfahren werden bereits erfolgreich in anderen Bereichen der Ultraschallprüfung und in der Radartechnik angewendet.

Es werden Experimente hinsichtlich der Eignung und der praktischen Relevanz von gesteuerten Signalen und binär kodierten Impulsfolgen als Anregungsimpulse für unterschiedliche Ultraschallprüfköpfe durchgeführt. Die Experimente erfolgen sowohl an Polyamid als auch an Betontestkörpern mit unterschiedlichen Sieblinien, um den Einfluss der Heterogenität des Materials auf die Empfangssignale zu untersuchen.

Anhand der in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse werden aktuelle Fortschritte und mögliche Optimierungen der Ultraschallprüfung im Bauwesen bezüglich des Ultraschallsendesignals aufgezeigt.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/

Anwendung von gesteuerten Sendesignalen bei Ultraschallmessungen an Beton

Viktor Feller[1,2], Frank Mielentz[1], Jens Grun[2], Reinhold Orglmeister[2]
1. BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin
2. Technische Universität Berlin

In der zerstörungsfreien Ultraschallprüfung im Bauwesen werden vergleichsweise niedrige Prüffrequenzen zwischen 50 kHz und 200 kHz mit Wellenlängen von 80 mm bis 20 mm eingesetzt, um der starken Streuung an den Gesteinskörnern im Material entgegenzuwirken. Um die Genauigkeit von Ultraschallmessungen an Betonbauteilen weiter zu steigern, sind aufgrund der niedrigen anwendbaren Prüffrequenzen ein erheblicher Aufwand an Gerätetechnik und der Einsatz neuer Verfahren notwendig.
Durch eine spezielle Anregung der Ultraschallsendeprüfköpfe kann der Signal-Rausch-Abstand der Echosignale verbessert werden. Somit kann trotz geringen Störabstandes die zeitliche Lage des Echoimpulses im Empfangssignal mithilfe gesteuerter Sendesignale und Korrelationsanalyse sicher erkannt werden. Im Folgenden werden bekannte Erkenntnisse basierend auf signalangepassten Filtern [H.-A. Crostack, 1982] und Barker-Codes [A. Nowicki, 2004] zur Strukturuntersuchung von Betonbauteilen angewendet.

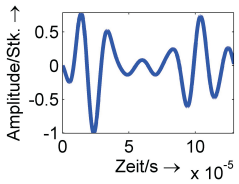
GESTEUERTE SENDESIGNALE

Für die Prüfkopfanregung können unter anderem gesteuerte Impulse wie RCn-Impulse mit der Bildungsvorschrift

$$RCn(t) = \begin{cases} (1 - \cos\frac{2\pi f_m t}{n}) \cos 2\pi f_m t & \text{für } 0 \le t \le \frac{2}{f_m} \\ 0 & sonst \end{cases}$$

oder bekannte phasenkodierte Barker-Codes verwendet werden:

Code-Länge	Code-Elemente
2	+1-1
3	+1+1-1
4	+1-1-1-1

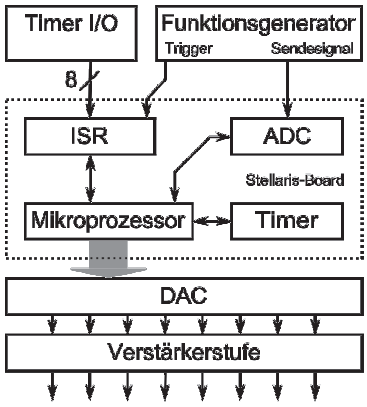


Barker-Code Code-Länge 2 mit RC2-Impuls als Trägersignal

STEUEREINHEIT

- mikroprozessorbasierte Steuereinheit für einen Niederfrequenz-Ultraschall-Gruppenstrahler
- zeitgesteuerte Ausgabe der vorgegebenen Sendesignale auf bis zu zehn Kanälen
- Vorteile der gesteuerten Sendesignale auch in der Gruppenstrahlertechnik nutzbar

Gerätefront des Ultraschall-Gruppenstrahlers mit der Steuereinheit



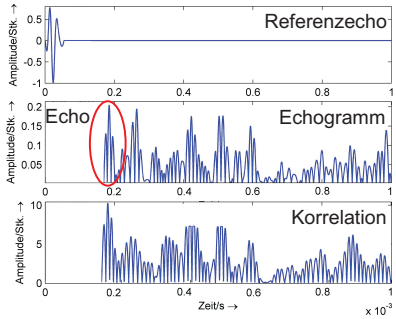
Blockschaltbild der Steuereinheit

KORRELATIONSANALYSE

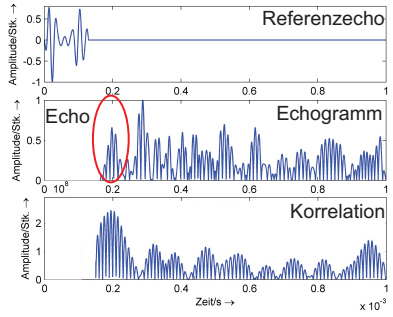
- Kreuzkorrelation r_{xy} zweier Signale x(t) und y(t):

$$r_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)y(t+\tau)dt$$

- Kreuzkorrelation des Echosignals mit dem Referenzecho
- eindeutigere Lokalisierung des Reflektorechos im Messsignal:



Verbesserung der Echosignalerkennung bei geringem Störabstand durch Kreuzkorrelation



Reduzierung des Rauschens durch Kreuzkorrelation

ERGEBNISSE

Es wurden mögliche Optimierungen bezüglich des Ultraschallsendesignals zur Strukturuntersuchung von Betonbauteilen experimentell untersucht. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass das empfangene Echosignal bei Einsatz des gesteuerten Sendeimpulses durch die Korrelationsanalyse wirkungsvoll ausgewertet werden kann. Desweiteren konnte gezeigt werden, dass die Verwendung des Barker-Codes im Vergleich zu herkömmlichen Sendeimpulsen deutlich bessere Auswertungen der Ultraschallmesssignale erlaubt.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes „Zerstörungsfreie Prüfung von Betonbauteilen mit Ultraschall-Gruppenstrahlern in Verbindung mit statistischer Signalverarbeitung“ zwischen der BAM und der TU Berlin von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

Kontakt:
Dipl.-Ing. Viktor Feller
Fachbereich 8.2 Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren
Tel.: 8104-4220, E-Mail: Viktor.Feller@bam.de

Dr.-Ing. Frank Mielentz
Fachbereich 8.2 Zerstörungsfreie Schadensdiagnose und Umweltmessverfahren
Tel.: 8104-3236, E-Mail: Frank.Mielentz@bam.de