

Martin Krause, Marcus Schubert
Klaus Mayer, Mohamad Ibrahim

Sicherstellung der Ausführungsqualität an Neu- und Bestandsbauten aus Beton durch innovative zerstörungsfreie Prüfung

F 3057

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2018

ISBN 978-3-7388-0101-9

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

ABSCHLUSSBERICHT

zum Forschungsvorhaben

„Sicherstellung der Ausführungsqualität an Neu- und Bestandsbauten aus Beton durch innovative zerstörungsfreie Prüfung“

Aktenzeichen	SWD-10.08.18.7.14.14 / F20-13-1-149 BAM Kennzeichen: Vh 8206
Ausfertigung	1 von 1
Auftraggeber	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung Forschungsinitiative „Zukunft Bau“, Referat II 3 Deichmanns Aue 31-37 53179 Bonn
Zuwendungsbescheid	05. September 2014
Zeichen	SWD-10.08.18.7.14.14
Berichtszeitraum	vom 01. Dez. 2015 bis 30.04.2017
Antragsteller	Arbeitsgemeinschaft aus BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Fachbereich 8.2 Unter den Eichen 87 12205 Berlin und Universität Kassel Fachgebiet CEP Wilhelmshöher Allee 71 34121 Kassel
Förderer	Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat, München Hupfer Ingenieure, Hamburg Neobotix GmbH, Heilbronn

Dieser Abschlussbericht besteht aus Seite 1 bis 110.



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Ultraschallechoprfung von Betonbauteilen in Bestands- und Neubauten	6
3	Positionserfassungssystem	11
3.1	Anforderungsprofil für das Positionserfassungssystem	12
3.2	Seilzug mit Winkelencoder	13
3.2.1	Systemkonzept und -implementierung	15
3.2.2	Positionserfassungssoftware	20
3.2.3	Apparatur für Messungen in der Prüfhalle	23
3.2.4	Konzept und Bau einer baustellentauglichen Apparatur	25
3.3	Validierungsmessungen mit Scanner	26
4	Messergebnisdarstellung und Rekonstruktionsrechnung	30
4.1	Allgemeine Anforderungen	30
4.2	Eindimensionale Methoden der Signalanalyse	30
4.2.1	"Model-based Echo Decomposition"-Methode	31
4.3	2D- und 3D-Bildgebungsverfahren für nicht-äquidistante Messraster	34
4.4	Implementierung des SAFT Algorithmus	35
4.4.1	Rekonstruktionsprogramm „SAFT-Analysis“	36
4.4.2	Software-Modul „extract_from_ghk“ zur Entwicklung von Messstrategien	38
4.5	Identifizierung von flächigen Reflektoren und Punktstreuern	39
5	Erläuterung der Arbeitsweise des Mess- und Auswertesystems am Beispiel eines Probekörpers	45
6	Ergebnisse an einem Probekörper mit bekanntem Aufbau	48
6.1	Äquidistante, automatisierte Messung und 3D-Rekonstruktion	50
6.2	Ultraschall-Messungen mit automatischer Positionserfassung (USP) und online Rekonstruktion	54
6.2.1	Vorgehensweisen bei der Messung, Messstrategie	54
6.2.2	Beispiele für USP und online-Rekonstruktion	59
6.3	Virtuelle Messung mit hinterlegten Daten	69
7	Ergebnisse an realen Bauteilen	76
7.1	Kontrolle und Planung von Verstärkungsmaßnahmen an Brücken	76
7.2	Ergebnisse mit Daten	82
8	Zusammenfassung und Ausblick	85
9	Danksagung	90
10	Literatur	90



11 Anhang	93
11.1 Ergebnisse FBS1 im Maßstab 1:10	93
11.2 Positionserfassungssysteme	94
11.3 Industrial Design	98
11.3.1 Zusammenfassung	98
11.3.2 Skizzen und Entwürfe	99
11.3.3 Modellbau	100
11.4 Anwendungstests und Validierungsmessungen an Probekörpern	100
11.5 Anleitung zur Inbetriebnahme des USP-Systems mit online-Rekonstruktion	104
11.5.1 Systemkomponenten	103
11.5.2 Inbetriebnahme der Hardware	105
11.5.3 Inbetriebnahme der Software	108