

Christiane Maierhofer, Rainer Krankenhagen, Philipp Myrach,  
Mathias Röllig, Rüdiger Mecke, Michael Schiller, Thomas  
Seidl, Uwe Kalisch, Christiane Hennen, Jeannine Meinhardt,  
Henning Kersten, Ernst Thomas Groll

## **Entwicklung eines Verfahrens zur zeitaufgelösten 3D-Kartierung von Verformungen und Schäden an Bauwerken und Bauteilen**

F 2873

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- 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

2014

ISBN 978-3-8167-9145-4

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](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Abschlussbericht

# 3D Kartierung

## Entwicklung eines Verfahrens zur zeitaufgelösten 3D-Kartierung von Verformungen und Schäden an Bauwerken und Bauteilen

### Projektleiterin:

Christiane Maierhofer<sup>1</sup>

### Bearbeiter:

Rainer Krankenhagen<sup>1</sup>, Philipp Myrach<sup>1</sup>, Mathias Röllig<sup>1</sup>

Rüdiger Mecke<sup>2</sup>, Michael Schiller<sup>2</sup>, Thomas Seidl<sup>2</sup>

Uwe Kalisch<sup>3</sup>, Christiane Hennen<sup>3</sup>, Jeannine Meinhardt<sup>3</sup>, Henning Kersten<sup>3</sup>

Ernst Thomas Groll<sup>4</sup>

<sup>1</sup>BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, FB 8.4

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

<sup>3</sup>Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. (IDK)

<sup>4</sup>Ernst Thomas Groll, Restaurator

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: **SF-10.08.18.7-10.33 / II 3 - F20-10-087**)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

<b>Entwicklung eines Verfahrens zur zeitaufgelösten 3D-Kartierung von Verformungen und Schäden an Bauwerken und Bauteilen</b>		Forschungsinitiative Zukunft Bau BBR AZ: SF-10.08.18.7-10.33 BAM Vh 8485	
<b>Dokument:</b>	Abschlussbericht		
<b>Autor:</b>	Ch. Maierhofer, BAM 8.4	<b>Status:</b>	final
<b>Datum:</b>	24.06.2013	<b>Version:</b>	4

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung zum Abschlussbericht</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Ziele und Inhalt</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Überblick, Stand der Technik</b> .....	<b>9</b>
<b>4 Ergebnisse der Geräteweiterentwicklungen</b> .....	<b>11</b>
4.1 Trackingbasierte 3D-Kartierung von Oberflächenmerkmalen .....	11
4.1.1 Verfahrensbeschreibung und Technik.....	11
4.1.2 Aufbau, Kalibrierung und Randbedingungen vor Ort .....	19
4.1.3 Datenaufnahme .....	21
4.2 Photogrammetrische 3D-Erfassung .....	22
4.2.1 Datenaufnahme und Auswertung.....	24
4.3 Aktive Thermografie für Rissuntersuchungen.....	25
4.3.1 Messtechnik und Durchführung.....	27
4.3.2 Laboruntersuchungen .....	29
4.4 Merkblätter zu den im Projekt eingesetzten Verfahren .....	40
<b>5 Katalog zu den Rissmessverfahren</b> .....	<b>40</b>
<b>6 Visualisierungstechniken und Datenfusion</b> .....	<b>41</b>
6.1 Exploration und Analyse im 3D-Viewer .....	41
6.2 Projektion der Messdaten in Bildmaterial .....	42
<b>7 Entwicklung und Erprobung der Messstrategie anhand von Fallstudien</b> .....	<b>44</b>
7.1 Fallstudie 1: Putzritzen am Magdeburger Dom.....	44
7.1.1 Beschreibung des Messobjektes und der Aufgabenstellung.....	44
7.1.2 Aktive Thermografie: Durchführung der Messungen, Auswertung und Messergebnisse ..	46
7.1.3 Photogrammetrische 3D-Erfassung .....	57
7.1.4 3D-Kartierung der Ausbeulung der Putzritzen am Magdeburger Dom mittels IR- Trackingsystem und Tastwerkzeug.....	59
7.1.5 Messergebnisse, Auswertung und Datenfusion.....	61
7.2 Fallstudie 2: Skulpturen an der Giebichensteinbrücke.....	65
7.2.1 Beschreibung des Messobjektes und der Aufgabenstellung.....	65
7.2.2 Manuelle Risskartierung.....	67
7.2.3 Risstiefenmessung mit Ultraschall.....	68
7.2.4 3D-Risskartierung des Schulterbereichs .....	70
7.2.5 Rissuntersuchung mit aktiver Thermografie .....	72
7.2.6 Datenfusion.....	85

7.3 Fallstudie 3: Untersuchung des Brückenkörpers der Giebichensteinbrücke .....	87
7.3.1 Beschreibung des Messobjektes und der Aufgabenstellung.....	87
7.3.2 Aktive Thermografie: Durchführung der Messungen, Auswertung und Ergebnisse .....	88
7.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Fallstudien.....	103
<b>8 Zusammenfassung: Innovationen und deren Umsetzung in die Praxis .....</b>	<b>105</b>
8.1 Wesentliche Innovationen im Projekt .....	105
8.2 Anwendung der Messverfahren zur 3D Kartierung und zum Monitoring .....	106
8.3 Umsetzung der Projektergebnisse in die Praxis .....	108
<b>9 Ausblick.....</b>	<b>109</b>
9.1 Anwendungsgrenzen .....	109
9.2 Neues Projekt ERBE.....	109
<b>Dank.....</b>	<b>110</b>
<b>Literaturzitate.....</b>	<b>110</b>
<b>Veröffentlichungen der Projektergebnisse .....</b>	<b>111</b>
<b>Anhang 1</b>	
<b>Anhang 2</b>	
<b>Anhang 3</b>	