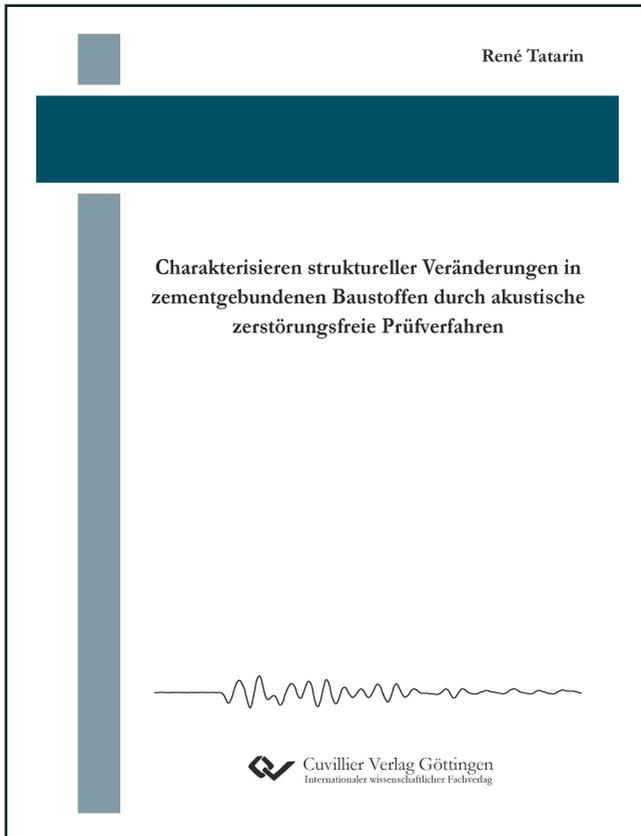




René Tatarin (Autor)

Charakterisieren struktureller Veränderungen in zementgebundenen Baustoffen durch akustische zerstörungsfreie Prüfverfahren



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8600>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzreferat	I
Abstract.....	II
Vorwort.....	III
Verwendete Symbole und Abkürzungen	IX
1 Einleitung und Zielsetzung.....	1
1.1 Einführung und Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Mechanische Wellen in zementgebundenen Baustoffen.....	3
2.1.1 Wellenarten und elastische Parameter	3
2.1.2 Kenngrößen des Schallfeldes	8
2.1.3 Wechselwirkung mechanischer Wellen	8
2.1.4 Wellenausbreitung in frischen zementgebundenen Systemen	11
2.2 Methoden zur Anregung und Erfassung von Ultraschall	25
2.2.1 Piezoelektrische Prüfkopfsysteme.....	27
2.2.2 Laserbasierte Anregung von Ultraschall.....	31
2.2.3 Laserbasierte Erfassung von Ultraschall	42
2.3 Angewandte akustische Prüfverfahren zur zerstörungsfreien Erfassung struktureller Veränderungen	47
2.3.1 Ultraschall-Transmissionsverfahren.....	47
2.3.2 Tomographische Messverfahren	49
2.3.3 Eigen- und Resonanzfrequenzmessungen.....	53
2.4 Zerstörungsfreie Charakterisierung der Strukturbildung und Homogenität frischer zementgebundener Systeme – Kenntnisstand.....	55
2.4.1 Hydratation von Portlandzement.....	55
2.4.2 Strukturbildung, Wellenausbreitung und elastische Eigenschaften.....	57
2.4.3 Akustische zerstörungsfreie Prüfverfahren.....	59
2.5 Zerstörungsfreie Charakterisierung struktureller Veränderungen zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit zementgebundener Baustoffe – Kenntnisstand	64
2.5.1 Frost- bzw. Frost-Tausalz-Angriff.....	64
2.5.2 Alkali-Kieselsäure-Reaktion	66
3 Messverfahren zur kontinuierlichen, zerstörungsfreien Charakterisierung der Struktur- bildung	71
3.1 Problemstellung.....	71

3.2	Systemkomponenten, Systemsteuerung und Datenerfassung	72
3.3	Prüfformen für Zementleim, Mörtel und Beton	73
3.4	Charakterisierung der Prüfkopfsysteme.....	75
3.4.1	Frequenzcharakteristik.....	77
3.4.2	Richtcharakteristik.....	80
3.4.3	Temperaturabhängige Verzögerungszeiten	82
3.5	Detektion des Ersteinsatzes von Ultraschallsignalen.....	85
3.5.1	Manuelle Auswerteverfahren	85
3.5.2	Automatische Auswerteverfahren.....	86
3.5.3	Algorithmus zur Detektion des Ersteinsatzes	87
3.5.4	Modellierung experimenteller Daten der Ausbreitungsgeschwindigkeiten.....	92
3.6	Reproduzierbarkeit gewonnener Messdaten	94
3.7	Einflussfaktoren, Messgrößen und Ergebnisparameter zur Charakterisierung frischer zementgebundener Systeme.....	95
3.7.1	Materialien und Methoden	96
3.7.2	Ergebnisse und Diskussion	96
3.8	Schlussfolgerungen.....	109
4	Messsystem zur laserbasierten Untersuchung zementgebundener Baustoffe.....	115
4.1	Systemkomponenten, Systemsteuerung und Datenerfassung	115
4.2	Charakterisierung des Messsystems	118
4.2.1	Nd:YAG-Anregungslaser	118
4.2.2	2D-Scanning-Vibrometer	121
4.2.3	Systemspezifische Verzögerungszeiten	125
4.3	Berechnung der Messpunktpositionen.....	126
5	Untersuchungen zur laserbasierten Anregung und Erfassung von Ultraschall	127
5.1	Problemstellung.....	127
5.2	Signalcharakteristik.....	128
5.2.1	Materialien und Methoden	128
5.2.2	Ergebnisse und Diskussionf.....	128
5.2.3	Schlussfolgerungen.....	131
5.3	Richtcharakteristik.....	131
5.3.1	Materialien und Methoden	131
5.3.2	Ergebnisse und Diskussion	132
5.3.3	Schlussfolgerungen.....	133

5.4	Ablationsdynamik.....	133
5.4.1	Materialien und Methoden.....	133
5.4.2	Ergebnisse und Diskussion.....	135
5.4.3	Schlussfolgerungen.....	137
5.5	Laserinduzierte Oberflächenveränderungen.....	138
5.5.1	Materialien und Methoden.....	138
5.5.2	Ergebnisse und Diskussion.....	139
5.5.3	Schlussfolgerungen.....	143
5.6	Einflussfaktoren und Prozessoptimierung der ablativen Ultraschallanregung.....	144
5.6.1	Materialien und Methoden.....	144
5.6.2	Ergebnisse und Diskussion.....	150
5.6.3	Schlussfolgerungen.....	162
5.7	Verfahrensgrenzen der kombinierten laserbasierten Anregung und Erfassung.....	163
5.7.1	Materialien und Methoden.....	164
5.7.2	Ergebnisse und Diskussion.....	165
5.7.3	Schlussfolgerungen.....	169
6	Ortsaufgelöste Bewertung der Strukturbildung und Homogenität mit Laser-Ultraschall.....	171
6.1	Problemstellung.....	171
6.2	Adaption von Laser-Ultraschall zur Untersuchung frischer Systeme.....	173
6.3	Übersicht untersuchter Anwendungsfelder von Laser-Ultraschall.....	175
6.4	Erfassen der Strukturbildung und Homogenität zementgebundener Systeme.....	176
6.4.1	Materialien und Methoden.....	177
6.4.2	Ergebnisse und Diskussion.....	178
6.4.3	Schlussfolgerungen.....	186
6.5	Simultane Erfassung von Longitudinal- und Scherwellen während der Strukturbildung zementgebundener Systeme.....	187
6.5.1	Materialien und Methoden.....	187
6.5.2	Ergebnisse und Diskussion.....	188
6.5.3	Schlussfolgerungen.....	188
6.6	Bewertung der Homogenität von Laborproben und Betonbauteilen.....	189
6.6.1	Materialien und Methoden.....	190
6.6.2	Ergebnisse und Diskussion.....	192
6.6.3	Schlussfolgerungen.....	197
6.7	Relation zwischen den zerstörungsfreien Kennwerten und der Homogenität.....	198

7	Ortsaufgelöste Beurteilung der Dauerhaftigkeit zementgebundener Baustoffe mit Laser-Ultraschall.....	199
7.1	Problemstellung.....	199
7.2	Adaption von Laser-Ultraschall für tomographische Untersuchungen.....	200
7.3	Charakterisieren struktureller Gefügeveränderungen aus einem Frost-Tausalz-Angriff.....	203
7.3.1	Materialien und Methoden.....	203
7.3.2	Ergebnisse und Diskussion.....	206
7.3.3	Schlussfolgerungen.....	215
7.4	Charakterisieren struktureller Gefügeveränderungen aus einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion.....	216
7.4.1	Materialien und Methoden.....	216
7.4.2	Ergebnisse und Diskussion.....	219
7.4.3	Schlussfolgerungen.....	224
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	225
8.1	Messverfahren zur kontinuierlichen, zerstörungsfreien Charakterisierung der Strukturbildung.....	225
8.2	Laserbasierte Charakterisierung zementgebundener Baustoffe.....	226
	Quellen.....	230
	Normen und Regelwerke.....	252
	Eigene Publikationen.....	256
	Anlagen.....	259