

**Band 3**



O. Millon, M. Sauer, W. Riedel

# **Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten**

**Fraunhofer IRB**  **Verlag**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Band 3

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2013

ISBN 978-3-8167-9090-7

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

Fraunhofer IRB Verlag  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 970-25 00  
Telefax (07 11) 970-25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

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

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten

## Abschlussbericht zum Teilprojekt 2

# Behavior of Concrete at High Strain Rates

## Final report of sub-project 2

Bericht E 12/13  
Report E 12/13

**Berichterstatter / Prepared by:**

O. Millon

**Mit Beiträgen von / Contributions:**

W. Riedel

M. Sauer

S. Knell

T. Rinder

**Projektleiter / Management:**

O. Millon

Juni 2013 / June 2013  
Efringen-Kirchen

## **Beton unter hohen Belastungsgeschwindigkeiten**

Abschlussbericht zum Teilprojekt 2

### **Behavior of Concrete at high strain rates**

Final report of sub-project 2

Bericht E 12/13 / Report E 12/13

Auftraggeber / Customer	Ges. für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH
Projekt-Nr. (EMI)	006-180785
Project No. (EMI)	
Reaktorsicherheitsforschung - Vorhaben Nr.	1501377B
Reactor Safety Research - Project No.	
VS-Einstufung	keine

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des »Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie« unter dem Förderkennzeichen gefördert.

#### **Berichtersteller und Projektleiter:**

---

O. Millon  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter –  
Sicherheit von Bauwerken

---

Dr. Chr. Mayrhofer  
Abteilungsleiter –  
Sicherheitstechnologie & Baulicher Schutz

---

Prof. Dr. K. Thoma  
Leiter des Ernst-Mach-Instituts

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurzfassung / Abstract</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Kurzdarstellung des Projektes</b>	<b>7</b>
2.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	7
2.2	Voraussetzungen zur Projektdurchführung	7
2.3	Planung und Ablauf des Projektes	9
2.4	Wissenschaftlicher und technischer Wissensstand vor Projektbeginn	10
2.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	15
2.6	Versuchseinrichtungen und Analytische Verfahren	16
<b>3</b>	<b>Darstellung der Projektergebnisse</b>	<b>18</b>
3.1	Grundlagen und experimentelle Untersuchungen	18
3.1.1	Ausgewählte Grundlagen zu Beton und extremen Einwirkungen	20
3.1.2	Einflüsse der Betonkomponenten auf das dynamische Materialverhalten	34
3.1.3	Materialcharakterisierung	43
3.2	Modellbildung und Validierung auf Meso- und Makroebene	73
3.2.1	Mesomechanische Modellbildung und Analyse	73
3.2.2	Bauteiluntersuchung in Experiment und makromechanischer Simulation	96
3.3	Nutzung der Projektmittel und Projektergebnisse	114
3.3.1	Gegenüberstellung mit vorgegebenen Zielen	114
3.3.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	115
3.3.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten	116
3.3.4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit	117
3.3.5	Fortschritt fremder Stellen während der Projektlaufzeit	117
3.3.6	Veröffentlichungen	118
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>119</b>