


Reinhard Nothnagel  
Heiko Twelmeier

*Herausgeber*

# Baustoff und Konstruktion

Festschrift zum 60. Geburtstag  
von Harald Budelmann

 Springer Vieweg

# Baustoff und Konstruktion

Reinhard Nothnagel · Heiko Twelmeier  
Herausgeber

# Baustoff und Konstruktion

Festschrift zum 60. Geburtstag von Harald  
Budelmann

*Herausgeber*

Reinhard Nothnagel  
Institut für Baustoffe, Massivbau  
und Brandschutz  
Technische Universität Braunschweig  
Braunschweig  
Germany

Heiko Twelmeier  
Institut für Baustoffe, Massivbau  
und Brandschutz  
Technische Universität Braunschweig  
Braunschweig  
Germany

ISBN 978-3-642-29572-0      ISBN 978-3-642-29573-7 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-642-29573-7  
Springer Heidelberg New York Dordrecht London

Library of Congress Control Number: 2012945481

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Beitrag Schmidt-Döhl, F.: Dauerhaftigkeitsprognose von Salzbeton im Kontakt mit salinaren Lösungen hat abweichend hiervon © Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh) 2009 mit freundlicher Genehmigung an den Springer-Verlag

This work is subject to copyright. All rights are reserved by the Publisher, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in any other physical way, and transmission or information storage and retrieval, electronic adaptation, computer software, or by similar or dissimilar methodology now known or hereafter developed. Exempted from this legal reservation are brief excerpts in connection with reviews or scholarly analysis or material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use by the purchaser of the work. Duplication of this publication or parts thereof is permitted only under the provisions of the Copyright Law of the Publisher's location, in its current version, and permission for use must always be obtained from Springer. Permissions for use may be obtained through RightsLink at the Copyright Clearance Center. Violations are liable to prosecution under the respective Copyright Law.

The use of general descriptive names, registered names, trademarks, service marks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

While the advice and information in this book are believed to be true and accurate at the date of publication, neither the authors nor the editors nor the publisher can accept any legal responsibility for any errors or omissions that may be made. The publisher makes no warranty, express or implied, with respect to the material contained herein.

Printed on acid-free paper

Springer is part of Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

*Dieses Buch ist Herrn Professor Dr.-Ing.  
Harald Budelmann zum 60. Geburtstag  
gewidmet.*

# Geleitwort

## **Grußwort des Präsidenten der Technischen Universität Braunschweig Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Jürgen Hesselbach zur Festschrift anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann**

Es ist mir eine Ehre, Herrn Kollegen Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann im Namen des gesamten Präsidiums herzlich zum Geburtstag zu gratulieren und aus diesem Anlass zur Festschrift beizutragen. Aufgrund seines wissenschaftlichen Einsatzes genießt das Fachgebiet Baustoffe und Stahlbetonbau des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz in der internationalen Fachwelt hohes Ansehen.

In ihrer Forschungsleistung tragen Wissenschaftler wie Harald Budelmann in hohem Maße dazu bei, dass wir eine offene, innovative und praxisnahe Universität sind. Er treibt nicht nur unermüdlich das Wissen um den Werkstoff Beton voran, sondern entwickelt zukunftsorientierte Technologien für neue Anwendungsgebiete wie die Bauwerksüberwachung und den Schutz historischer Konstruktionen durch modernste Messtechnik und ein elaboriertes Monitoring. Als Direktor der MPA Braunschweig sucht Herr Kollege Budelmann immer den Bezug zu aktuellen Fragestellungen aus der Industrie. Er trägt auch dadurch zur ausgezeichneten Reputation des Faches Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Braunschweig bei. Dass nach Ansicht von Kollegen, Studierenden und insbesondere der Bauwirtschaft Braunschweig zu den besten Standorte für den Nachwuchs im Bauingenieurwesen gehört, ist unter anderem seinem Engagement in der Lehre zu verdanken.

Ich möchte dabei die Gelegenheit auch nutzen, Herrn Kollegen Budelmann als engagierten Gremienakteur zu würdigen. Es ist kein Leichtes, die Strukturen von großen, traditionsreichen und damit komplexen Hochschulen zu verändern. Während der Amtszeit von Professor Budelmann gab es verschiedenste, nicht immer selbst gewählte und nicht immer von allen geliebte Reformen. Als Studiendekan, Leiter von Berufungskommissionen, Senator und aktiver Gestalter des Bologna- und des NTH-Prozesses agiert Harald Budelmann richtungweisend, mit seriöser kritischer Distanz, dabei stets konstruktiv, ideenreich und konsequent.

Herr Kollege Budelmann ist ein Teamplayer. Da er über die Grenzen des eigenen Faches und der eigenen Alma Mater hinaus denkt, kann er Studierende und Mitarbeiter aus anderen Fächern wie der Architektur ebenso begeistern wie die Kolleginnen und Kollegen an unseren Partneruniversitäten. Wir können in Zukunft noch mehr Persönlichkeiten wie Harald Budelmann brauchen.

Braunschweig, Februar 2012

*Jürgen Hesselbach*

**Grußwort des Dekans der Fakultät Architektur,  
Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften  
Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Krafczyk zur Festschrift anlässlich  
des 60. Geburtstags von Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann**

Es ist mir ein besonderes Vergnügen, der Bitte der Herausgeber zur Verfassung eines Grußwortes zur Festschrift meines geschätzten Kollegen Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann aus Anlass seines sechzigsten Geburtstages zu entsprechen. Dies resultiert nicht nur aus dem Umstand, dass die akademischen Verdienste des Jubilars jeden Dekan mit Freude erfüllen, sondern dass davon auszugehen ist, dass das Geburtstagskind als herausragender Vertreter seiner Zunft „seiner“ Fakultät noch ein paar weitere Jahre erhalten bleiben wird.

Harald Budelmann kann und will seine norddeutsche Herkunft nicht verleugnen, die ihn nach dem Wehrdienst 1973 zum Studium des Bauingenieurwesens in das damals noch geografisch randständige Braunschweig geführt hat. In den darauf folgenden sieben Jahren als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz werden dem jungen Ehepaar Budelmann die Töchter Lina Luise und Anna Greta geschenkt. Nach der ausgezeichneten Promotion im Jahre 1987 schließen sich weitere fünf Jahre einer erfolgreichen Tätigkeit als Oberingenieur im Fachgebiet Baustoffkunde und Stahlbetonbau des iBMB an, bevor es die junge Familie nach einem Ruf auf die erste Professur für Baustoffkunde und Bauphysik wieder nach Bremen führt, die auch schon die Leitung der dortigen Materialprüfanstalt mit sich bringt. 1993 folgt dann konsequenterweise der Ruf auf die C4-Professur für Baustoffkunde an der UGH Kassel, die wiederum mit der Leitung der dortigen Baustoffprüfstelle verbunden ist. In diese Zeitspanne fällt auch die Gründung des Ingenieurbüros bow-ingenieure mit späteren Niederlassungen in Braunschweig, Kassel und Berlin. Mit der Annahme des Rufes auf die C4-Professur für Baustoffe und Stahlbetonbau am iBMB der TU Braunschweig in Verbindung mit dem Vorstandsvorsitz der Materialprüfanstalt für das Bauwesen im Jahr 1998 enden vorerst die Wanderjahre. Neben vielfältigen Forschungsprojekten und umfangreichen Industrieprojekten bleibt offensichtlich noch genug Zeit, um als Mitglied im Senats- und Bewilligungsausschuss der DFG für die Angelegenheiten der Sonderforschungsbereiche sechs Jahre aktiv bei der DFG mitzuwirken. Zusätzlich war Koll. Budelmann in den letzten Jahren als stellvertretender Sprecher des Internationalen Graduiertenkollegs GRK 802 „Risk Management of Natural and Civilisation Hazards on Buildings and Infrastructure“ engagiert.

Im Jahre 2004 wurde er als ordentliches Mitglied in die Klasse der Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (BWG) aufgenommen. In den beiden Folgejahren führten die langjährigen internationalen Aktivitäten zur Mitbegründung und Vizepräsidentschaft der International Association for Life Cycle Civil Engineering (IALCCE) und zur Ernennung als Mitglied der Academia Europaea. Seit 2008 wirkt Koll. Budelmann als Mitglied im Senat und Hauptausschuss der DFG. In der Forschungslandschaft Niedersachsen initiiert er mit zahlreichen Kollegen das NTH-Verbundprojekt „Life Cycle Engineering für



Ingenieurbauwerke und Gebäude”, dem er auch als Sprecher vorsteht. Er ist Mitglied in zahlreichen Normen- und Sachverständigenausschüssen und Komitees und blickt mittlerweile auf knapp zweihundert Fachveröffentlichungen zurück, die seine umfangreichen Beiträge auf den Gebieten der Hydratation und Strukturbildung in jungem Beton, der Betonrheologie bzw. -technologie, der Dauerhaftigkeit mineralischer Baustoffe, Bauwerksverstärkung mit CFK, Bauwerksüberwachung: Messtechnik / Monitoring, gipsgebundener Baustoffe, vorgespannten Mauerwerken, dem Schutz und der Sicherung historischer Konstruktionen und vielfältigen weiteren Themen zu drängenden Fragen des konstruktiven Bauingenieurwesens dokumentieren. Dabei ist es ihm trotz erheblicher Detail- und Theorietiefe seiner Veröffentlichungen immer ein wichtiges Anliegen, den Praxisbezug durch die Ableitung von Bemessungsmodellen aus komplexen Baustoffeigenschaften herzustellen, wie auch sein Buch „Mauerwerk kompakt” (Werner Verlag 2008) dokumentiert. Sein Wirken als Dozent und akademischer Lehrer wird neben eindrucksvollen Evaluationen auch aus der Beteiligung an insgesamt 60 Promotionen (nur in Braunschweig) unzweifelhaft belegt. Neben diesen mannigfaltigen Beiträgen zu den Baustoffwissenschaften im speziellen und dem konstruktiven Ingenieurwesen im Allgemeinen geht dies einher mit einer großen Beliebtheit im lokalen und internationalen Kollegenkreis, die nicht zuletzt eine direkte Folge seiner verbindlichen Persönlichkeit, seinem beispiellosen Engagement im großen wie im kleinen Maßstab und einer scheinbar grenzenlosen Neugier und Schaffenskraft einher geht, von der zu hoffen bleibt, dass sie uns noch möglichst lange erhalten bleibt. Im Namen der Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften gratuliere ich Kollegen Budelmann nochmals herzlichst zum sechzigsten Geburtstag, wünsche Ihm und seiner Familie weiterhin alles erdenklich Gute (vor allem weiterhin Gesundheit!) und den Lesern dieser Festschrift nicht zuletzt viel Freude bei der Lektüre der fast vierzig Beiträge von geschätzten Kolleginnen und Kollegen.

Braunschweig, Februar 2012

*Manfred Krafczyk*

# Vorwort

Es scheint so, als seien Festschriften ein wenig aus der Mode gekommen. Umso erfreulicher ist es, dass sich so viele Autoren gefunden haben, durch die das Projekt „Festschrift Bud 60“ zum Erfolg geworden ist. Die Autoren sind Hochschullehrer, Praktiker, Weggefährten, Kollegen und Freunde von Professor Budelmann, die durch ihre Veröffentlichung dazu beigetragen haben, dass es sich bei dem vorliegenden Werk weniger um eine Festschrift als vielmehr um ein Fachbuch handelt. Denn Festschriften blicken auf eine wissenschaftliche Laufbahn und ihre Ergebnisse zurück. Wir aber blicken nach vorn und unternehmen hier nur eine kurze wissenschaftliche Zwischenbetrachtung.

Autoren und Herausgeber widmen dieses Fachbuch mit dem Titel „Baustoff und Konstruktion“ Herrn Prof. Dr.-Ing. Harald Budelmann zum 60. Geburtstag, gratulieren ihm ganz herzlich und würdigen mit ihren Beiträgen seine wissenschaftliche Arbeit. Diese zeichnet sich stets dadurch aus, den Praxisbezug durch die Ableitung von Bemessungsmodellen aus Baustoffeigenschaften herzustellen. Dabei steht immer der Bezug zu aktuellen Fragestellungen aus der Industrie im Vordergrund.

Der Titel des Buches kennzeichnet nicht etwa die Schwerpunkte der Arbeit von Professor Budelmann, sondern spannt den Bogen vom Baustoff über die Modellierung bis hin zum Einsatz des Baustoffs in der Konstruktion. Das Spektrum der Themen, die hier behandelt werden, zeigt zugleich die große Vielfalt der Arbeitsgebiete, mit denen der Jubilar sich auch selbst beschäftigt hat.

An dieser Stelle sei den Autoren herzlich gedankt, die sich neben ihren beruflichen Verpflichtungen, denen sie tagtäglich gegenüber stehen, die Zeit genommen haben, sich an dem vorliegenden Buch zu beteiligen und ihre Manuskripte erstellt haben.

Redaktionell haben viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fachgebiets Baustoffe und Stahlbetonbau mitgewirkt. Besonderer Dank gilt Frau Susanne Harig für die Rundumbetreuung und Herrn Dennis Köhnke für die Bearbeitung der Texte und Bilder. Den Spendern und Inserenten sei für die Übernahme der Druckkosten gedankt, ohne die die Festschrift nicht hätte realisiert werden können.

Zu guter Letzt möchten wir die Gelegenheit nutzen, um uns bei Herrn Prof. Budelmann für die sehr angenehme und konstruktive Zusammenarbeit zu bedanken.

Sie zeichnet sich durch Ideenreichtum, Konsequenz, Offenheit, Hilfsbereitschaft und Verständnis aus. Gemeinsam mit den Mitarbeitern des Fachgebiets Baustoffe und Stahlbetonbau des iBMB gratulieren wir ihm herzlich zum Geburtstag und wünschen ihm für die noch vor uns liegenden Arbeiten und Projekte alles Gute und Schaffenskraft.

Braunschweig,  
Februar 2012

*Heiko Twelmeier*  
*Reinhard Nothnagel*

# Danksagung

Wir danken den Firmen, Büros und Gesellschaften, welche die Festschrift durch Inserate oder Spenden ermöglicht haben:

ASSMANN BERATEN + PLANEN GmbH  
38106 Braunschweig  
[www.assmann.info](http://www.assmann.info)

CELLCONTEC GmbH  
18443 Wolfsburg  
[www.cellcontec.com](http://www.cellcontec.com)

CEMEX Deutschland AG  
40836 Ratingen  
[www.cemex.de](http://www.cemex.de)

DERPART Travel Service  
38100 Braunschweig  
[derpart24.de](http://derpart24.de)

EHS Beratende Ingenieure für Bauwesen GmbH  
34253 Kassel-Lohfelden  
[www.ehs-ingenieure.de](http://www.ehs-ingenieure.de)

HEIDELBERGCEMENT AG  
59320 Ennigerloh  
[www.heidelbergcement.com](http://www.heidelbergcement.com)

KSF GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure für Bauwesen VBI  
27570 Bremerhaven  
[www.ksf-ing.de](http://www.ksf-ing.de)

MARTENS + PULLER Ingenieurgesellschaft mbH  
38106 Braunschweig  
[www.martens-puller.de](http://www.martens-puller.de)

PROMAT GmbH  
40880 Ratingen  
[www.promat.de](http://www.promat.de)

QUICK-MIX Gruppe GmbH & Co. KG  
49090 Osnabrück  
[www.quick-mix.de](http://www.quick-mix.de)

STO AG  
65830 Kriftel  
[www.sto.de](http://www.sto.de)

STUVA Studiengesellschaft für unterirdisches Verkehrsanlagen e.V.  
50827 Köln  
[www.stuva.de](http://www.stuva.de)

TORKRET Substanzbau AG  
22397 Hamburg  
[www.torkret.de](http://www.torkret.de)

W+S BAU-INSTANDSETZUNG GmbH  
34123 Kassel  
[www.ws-bau.de](http://www.ws-bau.de)

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Entwicklung der Aufgaben im Bauingenieurwesen

|   |    |
|---|----|
| <b>Werkstoff und Konstruktion - die vernachlässigte Schnittstelle</b> . . . . .   | 3  |
| Peter Maydl   |    |
| <b>Perspektiven zur Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur</b> . . . . .   | 13 |
| Michael Wistuba   |    |
| <b>Fragen zur Nachhaltigkeit im Industriebau</b> . . . . .  | 19 |
| Jochen Scheuermann  |    |
| <b>Verfahren zur Lebenszyklusanalyse von Ingenieurtragwerken</b> . . . . .  | 29 |
| Alfred Strauss und Konrad Bergemeister  |    |
| <b>Optimization of Structural Damage Detection Planning for Civil Infrastructure</b> . . . . .                            | 45 |
| Dan M. Frangopol and Sunyong Kim  |    |
| <b>Große Schalenträgerwerke für Energieanlagen: Von Naturzugkühltürmen zu Kaminen solarer Aufwindkraftwerke</b> . . . . . | 53 |
| Wilfried B. Krätzig, Reinhard Harte, Matthias Andres, Ulrich Eckstein und Ralf Wörmann                                    |    |

## Teil II Stahl und Bewehrung

|   |    |
|---|----|
| <b>Qualitätsstandard bei Betonstahl</b> . . . . .   | 67 |
| Gallus Rehm und Hartmut Wilhelm   |    |
| <b>Nichtrostende Bewehrung – Überblick zu Material, Anwendung und Stand der Normung</b> . . . . . | 81 |
| Bernd Kepp  |    |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Schwingfestigkeit feuerverzinkter Baustähle</b> .....  | 89  |
| Michael Vormwald und Christian Versch   |     |
| <b>Zeitabhängiges Verhalten der Oberflächenmorphologie korrodierender Bewehrungsstähle in chloridhaltigem Beton</b> ..... | 95  |
| Jörg Harnisch und Michael Raupach   |     |
| <b>Teil III Beton und Mörtel mit besonderen Eigenschaften</b>   |     |
| <b>Sonderbetone für Tübbinge</b> .....  | 105 |
| Wolfgang Brameshuber  |     |
| <b>Hochleistungsbetone für Offshore-Windenergie-Anlagen</b> .....   | 113 |
| Ludger Lohaus und Nick Lindschulte  |     |
| <b>Das Science-Center phäno - Zustimmung im Einzelfall für selbstverdichtenden Beton</b> .....                            | 125 |
| Rolf Gieselmann, Karim Hariri, Mathias Höppner und Marco Oehlmann   |     |
| <b>Faserbeton - Neue Einblicke dank Computer-Tomographie</b> .....  | 137 |
| Frank Schuler, Wolfgang Breit und Jürgen Schnell  |     |
| <b>Entwicklung der Verteilung der Rissbreite auf SHCC als Funktion der Dehnung</b> .....                                  | 145 |
| Folker H. Wittmann, Penggang Wang und Tiejun Zhao   |     |
| <b>Superabsorber im Betonbau</b> .....  | 155 |
| Viktor Mechtcherine   |     |
| <b>Mörtelmodifizierung mittels Polymerdispersionen auf Basis nachwachsender Rohstoffe</b> .....                           | 161 |
| Klaus Peter Großkurth und Claudia Kasischke   |     |
| <b>Teil IV Schäden – Ursachen, Untersuchung und Sanierung</b>   |     |
| <b>Umbau der Großmarkthalle Frankfurt</b> .....   | 169 |
| Christoph Hankers und Karsten Wolf  |     |
| <b>Risse in Betonfahrbahndecken - Das Resultat aus Überlagerungen verschiedener Einwirkungen</b> .....                    | 177 |
| Rolf Breitenbücher und Christoph Sievering  |     |
| <b>Mögliche Alkali-Kieselsäure-Problematik bei Rollflächen eines Flughafens</b> .....                                     | 183 |
| Karim Hariri, Oliver Mielich und Christian Öttl   |     |
| <b>Statischer und dynamischer Elastizitätsmodul von Beton mit langsam reagierenden Gesteinskörnungen nach AKR</b> .....   | 195 |
| Hans-Wolf Reinhardt und Oliver Mielich  |     |