

2009

BetonKalender

Konstruktiver Hochbau Aktuelle Massivbaunormen

Herausgegeben von

Prof. Dipl.-Ing. DDr. Konrad Bergmeister
Wien

Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Johann-Dietrich Wörner
Darmstadt

98. Jahrgang

2009

BetonKalender

Konstruktiver Hochbau Aktuelle Massivbaunormen

Herausgegeben von

Prof. Dipl.-Ing. DDr. Konrad Bergmeister
Wien

Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Johann-Dietrich Wörner
Darmstadt

98. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Beton-Kalender ab Jahrgang 1980 steht im Internet zur Verfügung unter www.ernst-und-sohn.de

Umschlagbild: ATLAS-Gebäude, Laborgebäude der Universität Wageningen, Niederlande
(Foto: Robert Mehl, Aachen)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2009 Ernst & Sohn

Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprint, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Hans Baltzer, Berlin
Satz: Hagedorn Kommunikation GmbH, Viernheim
Druck und Bindung: Ebner & Spiegel, Ulm
Printed in Germany

ISBN 978-3-433-01854-5

ISSN 0170-4958

Vorwort

Der Beton-Kalender 2009 widmet sich mit seinen Themenschwerpunkten dem Konstruktiven Hochbau in Neubau und Bestand sowie den aktuellen Massivbaunormen rund um DIN 1045. Da heute mehr als die Hälfte aller Bautätigkeiten im Bestand stattfindet, kommt Letzterem eine hohe bautechnische und wirtschaftliche Bedeutung zu. Man schätzt, dass allein in den ursprünglichen 15 EU-Staaten mehr als 60 % des gesamten Baubestandes ergänzt, ertüchtigt oder erneuert werden muss. Der Bauingenieur steht damit vor einer bautechnisch interessanten und verantwortungsvollen Aufgabe, deren Bewältigung dieser Beton-Kalender unterstützen möchte.

Im Teil I arbeiten *Harald S. Müller* und *Hans-Wolf Reinhardt* das Grundlagenthema Beton auf, wobei sie die Abschnitte Sichtbeton, Leichtbeton und Ultrahochfester Beton komplett überarbeitet haben und neue Erkenntnisse einfließen ließen. Wie gewohnt werden die nötigen Grundlagen eingehend erläutert und mit den neuesten Forschungsergebnissen über die Ausgangsstoffe, den Frischbeton und die Nachbehandlung, die Verformungen sowie die Festigkeiten und die Dauerhaftigkeit ergänzt.

Hubert Bachmann, *Alfred Steinle* und *Volker Hahn* behandeln das Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. Dabei wird ein Bogen von der geschichtlichen Entwicklung bis zum Stand der europäischen Normung gespannt. Darüber hinaus werden der Entwurf des Tragwerks von Fertigteilbauten, der Entwurf der Betonfertigteilelemente sowie die Verbindungen umfassend erläutert. Abschließend wird auf die Fertigung und Montage eingegangen, um die Eignung dieser Bauweise richtig einzuordnen und speziell im konstruktiven Hochbau erfolgreich umzusetzen. Im Hinblick auf den künftigen europäischen Markt wird kurz auf den Stand des Betonfertigteilbaus in anderen Ländern eingegangen.

Über die Elementbauweise mit Gitterträgern informieren *Johannes Furche* und *Ulrich Bauermeister*. Diese Bauweise hat sich aus der Anwendung von reinen Betonstahlfachwerkträgern entwickelt, wobei zunächst Betonfülleisten an Gitterträgern betoniert wurden. Zusammen mit Zwischenbauteilen aus Beton oder Ziegeln sowie Ortbeton wurden damit Balken- und Rippendecken ausgeführt. Mit zunehmendem Vorfertigungsgrad und erhöhten Krankapazitäten auf den Baustellen

entwickelte sich daraus die Elementdecke. Aber auch Wände werden in Elementbauweise ausgeführt. Inzwischen hat die Elementbauweise mit Gitterträgern einen großen Marktanteil erreicht, der auf bis zu 70 % bei Hochbaudecken geschätzt wird. Im Beitrag werden auch die gültigen Bemessungs- und Konstruktionsregelungen dargestellt, erläutert und mit zukünftigen Regelungen verglichen.

Dem Konstruktiven Brandschutz widmen sich die Autoren *Dietmar Hossler* und *Ekkehard Richter*, da aufgrund der europäischen Harmonisierung veränderte Rahmenbedingungen für die Brandschutzbemessung vorliegen. Es werden die Änderungen im Bereich der DIN 4102-4 sowie die neuen Nachweisverfahren der Eurocode-Brandschutzteile vorgestellt. Darüber hinaus werden die Brandschutzanforderungen nach nationalem Baurecht im Hinblick auf den konstruktiven Brandschutz dargestellt, ein Gesamtüberblick über die derzeit und in naher Zukunft anwendbaren brandschutztechnischen Bemessungsverfahren gegeben sowie die Brandschutzbemessung für Stahlbeton- und Spannbetonbauteile nach nationaler und nach europäischer Normenregelung erläutert.

Jürgen Grünberg und *Norbert Vogt* behandeln das Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau. Die Tragwerksplanung von Gründungen und ihre Interaktion mit dem Baugrund muss derzeit nach den Regeln in DIN 1055-100, DIN 1055 Teile 1 bis 10, DIN 1045 und DIN 1054 erfolgen. Mit der Neuauflage von DIN 1054 wurde die Bemessung in Grenzzuständen mit Teilsicherheitsbeiwerten auch für Standsicherheitsnachweise in der Geotechnik eingeführt. Ab 2010 sind DIN EN 1990 (Grundlagen der Tragwerksplanung), DIN EN 1991 (Einwirkungen), DIN EN 1992 (Tragwerke aus Beton) und DIN EN 1997 (Sicherheitsnachweise im Grundbau) heranzuziehen, wobei zusätzlich nicht widersprechende Ergänzungsnormen vorgesehen sind. Jedoch bestehen Unterschiede in den Sicherheitskonzepten, weil die Tragwiderstandsmodelle im Betonbau mit Bemessungswerten bzw. Grenzwerten der Materialeigenschaften für den Grenzzustand der Tragfähigkeit hergeleitet wurden, während die Modelle für Baugrundwiderstände auf charakteristischen Werten der Baugrundeigenschaften beruhen und darüber hinaus von den charakteristischen Werten der Beanspruchungen abhängen. Die Autoren zeigen Lösungswege für derartige Problemstellungen

auf, wobei zunächst die Grundlagen des Teilsicherheitskonzepts beschrieben und darauf aufbauend die Nachweisformate für Betontragwerke einerseits und für den Grundbau andererseits hergeleitet werden. Schließlich werden die daraus resultierenden Nachweisverfahren anhand typischer Gründungen im Hochbau veranschaulicht.

Teil 2 des diesjährigen Beton-Kalenders ist dem Thema der Erhaltung und Ertüchtigung gewidmet. *Frank Fingerloos* und *Jürgen Schnell* führen in die Thematik der Tragwerksplanung im Bestand ein, indem sie auf die verschiedenen Aspekte, die dabei von Bedeutung sind, und die Anforderungen, z. B. aus dem vorbeugenden Brandschutz, aus der Energieeinsparverordnung, aus dem Bauplanungs- und Umweltrecht oder aus länderspezifischen baunordnungsrechtlichen Regelungen, eingehen. Zu diesen Themen existieren auch entsprechende Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins in einer neuen Reihe „Bauen im Bestand“.

Alfred Strauss, *Konrad Bergmeister*, *Roman Wendner* und *Simon Hoffmann* setzen sich mit der System- und Schadensidentifikation von Betontragwerken auseinander. Dabei werden die Ziele der Bauwerkserhaltung, nämlich der kosteneffiziente Erhalt der Gebrauchstauglichkeit und die Gewährleistung der Tragsicherheit über die geplante Lebenszeit erläutert und Regelwerke für die Bauwerksprüfung vorgestellt. Daneben werden der Stand der Wissenschaft im Bereich der Tragwerks- und Schadensidentifikation erläutert. Nachdem Überwachungskonzepte immer mehr in die Alltagsarbeit einfließen, helfen die Abschnitte über die Lebenszyklenbetrachtung bei der Einarbeitung in die Materie des Entwerfens nach Lebenszyklen.

Im Zusammenhang mit der Bauwerksüberwachung ist auch das Monitoring ein aktuelles Thema. *Konrad Zilch*, *Hermann Weiher* und *Christian Gläser* erklären zunächst die Bedeutung der Bauwerksüberwachung. Eine Grundlage bildet dabei die Klassifizierung von Bauwerken hinsichtlich der Auswirkung von Schädigungen. Besonders das Ausmaß der Folgen bei einem möglichen Bauwerksversagen können Sinn, Aufwand und Genauigkeit einer Monitoringmaßnahme beeinflussen. Entscheidend für die Aussagekraft einer Monitoringmaßnahme sind die Vorüberlegungen zur richtigen Wahl der Messgröße. Darauf aufbauend kann das Monitoringkonzept festgelegt und mit der eigentlichen Messaufgabe, dem Datenmanagement und der Auswertung begonnen werden. Im Beitrag wird detailliert auf die Plausibilitätsprüfung, die Rückführung der Messgröße auf die Vergleichsgröße, auf Schwellwerte und die Überprüfung des Monitoringkonzepts eingegangen. Einen großen Teil des Beitrags bilden Anwendungsbeispiele aus dem Betonbau.

Konrad Bergmeister geht auf die speziellen Verstärkungsmaßnahmen ein. Es werden die Abtragungstechniken und die Vorbereitung des Betonuntergrundes vorgestellt und praktische Hinweise zum Betonfräsen, Stemmen, Flammstrahlen, Sandstrahlen, Hochdruckreinigen und Hochdruckwasserstrahlen gegeben. Für den oberflächennahen Bereich werden die Erhaltungs- und Instandsetzungsmethoden vorgestellt, dann kurz auf die externe Vorspannung und im Hauptteil auf die Verstärkung mit Kohlenstofffasern eingegangen. Diese Verstärkungsmethode wurde in den letzten 15 Jahren vielfach eingesetzt, sodass mittlerweile viel Erfahrung in diesem Bereich vorliegt. Der Beitrag behandelt die konstruktive Verstärkung und deren Bemessung für Biegebalken, Platten, Stützen und Wandscheiben.

Der Wunsch nach dauerhaften und wartungsfrei funktionierenden, robusten Tragwerken führte zum Gedanken des fugenlosen Bauens, mit dem sich *Josef Taferner*, *Manfred Keuser* und *Konrad Bergmeister* in ihrem Beitrag über integrale Konstruktionen aus Beton auseinandersetzen. Über die Vielfalt der Anwendungen im konstruktiven Ingenieurbau geht der Beitrag spezifisch auf die Zwangseinwirkungen und deren Bewertung ein. Dabei wird auch die Eignung der Werkstoffe vom Normalbeton, Spannbeton, Faserbeton, HPC, UHPC bis zum Leichtbeton behandelt. Ein wichtiges Augenmerk wird auf die Tragwerkskonzepte und deren Modellierung gelegt. Dabei wird die statische Modellbildung und die Erläuterung der wesentlichen Aspekte für die Bemessung und die konstruktive Durchbildung detailliert diskutiert. Besonderer Wert wird dabei auch auf das Monitoring und das Langzeitverhalten gelegt. Dabei gehen die Autoren auch auf die Vor- und Nachteile fugenloser Bauten explizit ein, wobei diese Bauart zwar in der konstruktiven Durchbildung aufwendiger, jedoch bezogen auf die Lebensdauer wirtschaftlicher werden kann. Ausgeführte Beispiele von integralen Bauwerken im Hochbau und die Erwähnung einiger Brückenbauten runden diesen Beitrag ab.

Fassaden sind heute integrierte, teils technologisch aufwendige Bauelemente, die zum Schwerpunkt „Konstruktiver Hochbau“ unbedingt dazugehören. Bei einer Fassadenplanung müssen für die Funktionalität und Gestaltung der Standort, das Außenklima, ggf. vorhandene Klima- und Lüftungsanlagen, sowie die Befestigungs- und Verankerungstechnik an die Tragstruktur berücksichtigt werden. Die Autorengruppe *Hannes Spieth*, *Konrad Bergmeister*, *Alfred Stein*, *David Lehmann*, *Raimund Hilber*, *Roland Unterweger*, *Joachim Lehmann* und *Paul Schmieder* geht auf die Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden ein. Neben einem Überblick über die Systeme werden der Stand der Technik für die

Befestigung der Unterkonstruktion durch Einlege-
teile oder nachträglich gesetzte Befestigungsele-
mente, die Verbundankersysteme in Mauerwerk,
Leicht- und Porenbeton, die Befestigungstechni-
ken für Fassadenelemente aus Glas, dünnen Fassa-
denplatten, Natursteinelementen und für Wärme-
dämmverbundsysteme erläutert.

Im Normenteil dieses Beton-Kalenders finden
sich die aktuellsten Fassungen der wesentlichen
deutschen Betonbauregelwerke mit den Ausgaben
2008. Dazu gehören die DIN 1045, Teile 1 bis 4,
wobei die DIN 1045-2 in einer praktikablen
Zusammenstellung mit DIN EN 206-1 vorgelegt
wird, sowie die DAfStb-Richtlinien „Belastungs-
versuche an Massivbauwerken“, „Massige Bau-

teile aus Beton“ und „Belastungsversuche an Mas-
sivbauwerken“. Die Erläuterungen und ergänzen-
den Hinweise wurden von *Frank Fingerloos* ver-
fasst.

Die Herausgeber wünschen allen Ingenieur-Kolle-
gen viel Erfolg und Freude beim konstruktiven
Entwerfen, Bemessen und Gestalten von Bauwer-
ken und hoffen, mit diesem Beton-Kalender eine
praktikable Arbeitshilfe zur Verfügung zu stellen.

Prof. Dipl.-Ing. DDr. *Konrad Bergmeister*

Dr.-Ing. *Frank Fingerloos*

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. *Johann-Dietrich Wörner*

Wien, Berlin, Darmstadt, im September 2008

Inhaltsübersicht

1

	Inhaltsverzeichnis	IX
	Anschriften	XVII
	Beiträge früherer Jahrgänge	XIX
I	Beton	1
	Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt	
II	Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau	151
	Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn	
III	Elementbauweise mit Gitterträgern	337
	Johannes Furche, Ulrich Bauermeister	
IV	Konstruktiver Brandschutz im Übergang von DIN 4102 zu den Eurocodes	499
	Dietmar Hosser, Ekkehard Richter	
V	Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau	555
	Jürgen Grünberg, Norbert Vogt	
	Stichwortverzeichnis	637

Inhaltsübersicht

2

	Inhaltsverzeichnis	V
	Anschriften	XIII
VI	Tragwerksplanung im Bestand	1
	Frank Fingerloos, Jürgen Schnell	
VII	System- und Schadensidentifikation von Betontragstrukturen	53
	Alfred Strauss, Konrad Bergmeister, Roman Wendner, Simon Hoffmann	
VIII	Monitoring im Betonbau	135
	Konrad Zilch, Hermann Weiher, Christian Gläser	
IX	Ertüchtigung im Bestand – Verstärkungen mit Kohlenstofffasern	185
	Konrad Bergmeister	
X	Integrale Konstruktionen aus Beton	231
	Josef Taferner, Manfred Keuser, Konrad Bergmeister	
XI	Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden	371
	Hannes Spieth, Konrad Bergmeister, Alfred Stein, David Lehmann, Raimund Hilber, Roland Unterweger, Joachim Lehmann, Paul Schmieder	
XII	Normen und Regelwerke	447
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	739

Inhaltsverzeichnis

1

I	Beton	1			
	Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt				
1	Einführung und Definition	3	4	Junger Beton	43
1.1	Allgemeines	3	4.1	Bedeutung und Definition	43
1.2	Definition	3	4.2	Hydratationswärme	43
1.3	Klassifizierung von Beton	4	4.3	Verformungen	44
1.3.1	Betonarten	4	4.4	Dehnfähigkeit und Rissneigung	44
1.3.2	Betonklassen	4	4.5	Bestimmung der Festigkeit von jungem Beton	45
1.3.3	Betonfamilie	7			
2	Ausgangsstoffe	7	5	Lastunabhängige Verformungen	46
2.1	Zement	7	5.1	Allgemeines	46
2.1.1	Arten und Zusammensetzung	7	5.2	Temperaturdehnung	46
2.1.2	Bautechnische Eigenschaften	9	5.3	Schwinden	47
2.1.3	Bezeichnung, Lieferung und Lagerung	14	5.3.1	Ursachen	47
2.1.4	Anwendungsbereiche	15	5.3.2	Mathematische Beschreibung	49
2.1.5	Zemthydratation	15			
2.1.6	Der Zementstein	19	6	Festigkeit und Verformung von Festbeton	51
2.2	Gesteinskörnungen für Beton	21	6.1	Strukturmerkmale	51
2.2.1	Allgemeines	21	6.2	Druckfestigkeit	51
2.2.2	Art und Eigenschaften des Gesteins	22	6.2.1	Spannungszustand und Bruchverhalten von Beton bei Druckbeanspruchung	51
2.2.3	Schädliche Bestandteile	23	6.2.2	Einflüsse auf die Druckfestigkeit	52
2.2.4	Kornform und Oberfläche	26	6.2.2.1	Ausgangsstoffe und Beton- zusammensetzung	52
2.2.5	Größtkorn und Kornzusammen- setzung	27	6.2.2.2	Erhärtungsbedingungen und Reife	53
2.3	Betonzusatzmittel	29	6.2.2.3	Prüfeinflüsse	57
2.3.1	Definition	29	6.2.3	Festigkeitsklassen	58
2.3.2	Arten von Zusatzmitteln	29	6.3	Zugfestigkeit	58
2.3.3	Anwendungsgebiete	30	6.3.1	Bruchverhalten und Bruchenergie	58
2.3.4	Weitere Anforderungen	31	6.3.2	Einflüsse auf die Zugfestigkeit	59
2.4	Betonzusatzstoffe	32	6.3.3	Zentrische Zugfestigkeit	59
2.4.1	Definitionen	32	6.3.4	Biegezugfestigkeit	60
2.4.2	Inerte Stoffe und Pigmente	32	6.3.5	Spaltzugfestigkeit	60
2.4.3	Puzzolanische Stoffe	33	6.3.6	Verhältniszerte für Druck- und Zugfestigkeit	60
2.4.4	Latent-hydraulische Stoffe	36	6.4	Festigkeit bei mehrachsiger Beanspruchung	61
2.4.5	Organische Stoffe	36	6.5	Spannungsdehnungsbeziehungen	62
2.5	Anmachwasser	36	6.5.1	Elastizitätsmodul und Quer- dehnungszahl	62
3	Frischbeton und Nachbehandlung	37	6.6	Einfluss der Zeit auf Festigkeit und Verformung	64
3.1	Allgemeine Anforderungen	37	6.6.1	Die zeitliche Entwicklung von Festigkeit und Elastizitätsmodul	64
3.2	Mehlkorngehalt	37	6.6.2	Verhalten bei Dauerstand- beanspruchung	65
3.3	Verarbeitbarkeit und Konsistenz	38			
3.4	Entmischen	40			
3.5	Rohdichte und Luftgehalt	40			
3.6	Nachbehandlung	40			
3.6.1	Nachbehandlungsarten	41			
3.6.2	Dauer der Nachbehandlung	41			
3.6.3	Zusätzliche Schutzmaßnahmen	42			

6.6.3	Zeitabhängige Verformungen	65	10.2.5	Festbetonverhalten von Konstruktionsleichtbeton	106
6.6.3.1	Definitionen.	65	10.2.6	Zur Planung von Bauwerken aus Konstruktionsleichtbeton	109
6.6.3.2	Kriechverhalten von Beton.	66	10.2.7	Selbstverdichtender Konstruktions- leichtbeton	109
6.6.3.3	Vorhersageverfahren	68	10.3	Porenbeton.	110
6.6.4	Verhalten bei dynamischer Beanspruchung	69	10.4	Haufwerksporiger Leichtbeton.	111
6.6.5	Ermüdung	70			
7	Dauerhaftigkeit	71	11	Faserbeton	112
7.1	Überblick über die Umwelt- bedingungen, Schädigungs- mechanismen und Mindest- anforderungen	72	11.1	Allgemeines.	112
7.2	Widerstand gegen das Eindringen aggressiver Stoffe	76	11.2	Zusammenwirken von Fasern und Matrix.	113
7.3	Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton	79	11.2.1	Ungerissener Beton.	114
7.3.1	Allgemeine Anforderungen	79	11.2.2	Gerissener Beton.	115
7.3.2	Carbonatisierung	79	11.3	Fasern.	121
7.3.3	Eindringen von Chloriden	81	11.3.1	Stahlfasern	121
7.4	Hoher Frostwiderstand	83	11.3.2	Glasfasern	121
7.5	Hoher Frost- und Taumittel- widerstand	83	11.3.3	Organische Fasern	123
7.6	Hoher Widerstand gegen chemische Angriffe	85	11.3.3.1	Kunststofffasern (Polymere).	123
7.7	Hoher Verschleißwiderstand.	85	11.3.3.2	Kohlenstofffasern	124
			11.3.3.3	Fasern natürlicher Herkunft – Zellulosefasern	124
8	Selbstverdichtender Beton.	86	11.4	Zusammensetzung	125
8.1	Allgemeines.	86	11.4.1	Beton	125
8.2	Mischungsentwurf.	86	11.4.2	Fasern	125
8.3	Frischbetonprüfverfahren an Mörtel	87	11.5	Eigenschaften	125
8.4	Prüfungen am Beton	88	11.5.1	Verhalten bei Druckbeanspruchung	125
8.5	Eigenschaften	91	11.5.2	Verhalten bei Zugbeanspruchung und bei Biegebeanspruchung	126
9	Sichtbeton	91	11.5.3	Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung	127
9.1	Einführung.	91	11.5.4	Verhalten bei Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung	127
9.2	Planung und Ausschreibung.	93	11.5.5	Kriechen und Schwinden	127
9.3	Betonzusammensetzung und Betonherstellung	96	11.5.6	Dauerhaftigkeit	128
9.4	Einbau und Nachbehandlung	96	11.5.7	Frostwiderstand, Frost- und Taumittelwiderstand	128
9.4.1	Schalung und Trennmittel.	96	11.5.8	Verhalten bei hoher Temperatur	128
9.4.2	Ausführung und Nachbehandlung	97	11.5.9	Verschleißwiderstand	129
9.5	Beurteilung	97	11.6	Übereinstimmungsnachweis und Prüfungen	129
9.6	Mängel und Mängelbeseitigung.	97	11.7	Richtlinie „Stahlfaserbeton“	129
9.7	Sonder-Sichtbetone	99			
10	Leichtbeton	99	12	Ultrahochfester Beton	130
10.1	Einführung und Überblick	99	12.1	Einleitung	130
10.2	Konstruktionsleichtbeton nach DIN 1045-1	100	12.2	Mischungsentwurf.	130
10.2.1	Grundlegende Eigenschaften	100	12.3	Frischbetoneigenschaften	131
10.2.2	Leichte Gesteinskörnung	101	12.4	Festbetoneigenschaften.	133
10.2.3	Betonzusammensetzung	102	12.4.1	Mechanische Eigenschaften	133
10.2.4	Herstellung, Transport und Verarbeitung	105	12.4.2	Physikalische Eigenschaften	134
			12.4.3	Dauerhaftigkeit	136
			12.5	Anwendungen	137
			13	Literatur.	139

II	Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau	151
	Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn	
	Vorbemerkung	153
1	Allgemeines	156
1.1	Vorteile der Werksfertigung	156
1.2	Geschichtliche Entwicklung	157
1.3	Europäische Normung	159
2	Entwurf von Fertigteilbauten	161
2.1	Randbedingungen beim Entwerfen von Fertigteilen	162
2.1.1	Herstellungsprozess	162
2.1.2	Toleranzen	162
2.1.3	Transport und Montage	165
2.1.4	Brandschutz	167
2.2	Aussteifung von Fertigteilbauten	171
2.2.1	Anordnung der Aussteifungs- elemente	171
2.2.2	Belastung der Aussteifungs- elemente	175
2.2.2.1	Vertikalbelastung	175
2.2.2.2	Lastfall Wind	175
2.2.2.3	Lastfall Lotabweichung	177
2.2.2.4	Lastfall Erdbeben	178
2.2.2.5	Lastfall Zwang (Schwinden und Temperatur)	181
2.2.3	Verteilung der Horizontallasten	182
2.2.3.1	Allgemeine Vorgehensweise bei der Berechnung	182
2.2.3.2	Überschlagsformeln zur Vordimensionierung	184
2.2.3.3	Zusammenwirken von Wand- scheiben, Wandscheiben mit Öffnungsreihen und Rahmen	185
2.2.3.4	Aus Fertigteilen zusammen- gesetzte Scheiben	187
2.2.3.5	Beispiel für Horizontallast- verteilung	190
2.2.4	Nachweis der Gebäudestabilität	190
2.2.4.1	Stabilitätsnachweise für aus- steifende Kerne und Wände	190
2.2.4.2	Stabilitätsnachweis für Stützen und Rahmen	193
2.2.5	Konstruktive Durchbildung der Deckenscheiben	193
2.2.6	Konstruktive Durchbildung der vertikalen Aussteifungselemente	197
2.2.7	Ringankerausbildung nach DIN 1045-1	205
2.3	Tragende Elemente	206
2.3.1	Deckenelemente	206
2.3.1.1	Fertigdecke (früher Hohlplatte)	206
2.3.1.2	Rippenplatte	209
2.3.1.3	Die Gitterträgerdecken (Elementdecken)	210
2.3.2	Deckenträger und Dachbinder	214
2.3.2.1	Deckenträger	214
2.3.2.2	Dachbinder	214
2.3.3	Stützen	218
2.3.4	Wände	219
2.3.5	Fundamente	220
2.4	Fassaden aus Betonfertigteilen	223
2.4.1	Anforderungen aus der Bauphysik und der Umwelt	223
2.4.2	Gestaltung der Fassaden	225
2.4.3	Ausbildung der Fugen	232
2.4.4	Fassadenverankerungen	234
2.4.4.1	Verbundanker für dreischichtige Außenwandplatten	235
2.4.4.2	Befestigung von Fassadenplatten	238
2.4.5	Architekturfassaden	242
2.4.5.1	Dekorative Fassaden aus konstruktiven Betonfertigteilen	242
2.4.5.2	Fassadenplatten aus Hochleistungs- beton und Glasfaserbeton	243
2.5	Knotenpunkte	245
2.6	Aktuelle Einzelfragen zur Bemessung	254
2.6.1	Nachträglich ergänzte Querschnitte, Deckenplatten mit Aufbeton	254
2.6.2	Konsolen und ausgeklinkte Trägerenden	256
2.6.3	Nachweis der Kippsicherheit	266
2.6.4	Blockfundamente	270
2.6.5	Brandschutzbemessung	273
3	Verbindungen von Fertigteilen	279
3.1	Druckverbindungen	279
3.1.1	Druckfugen	279
3.1.2	Lagerungsbereiche nach DIN 1045-1	282
3.1.3	Elastomerlager nach DIN 4141	283
3.1.4	Elastomerlager nach DIN EN 1337 (Entwurf)	287
3.2	Zugverbindungen	288
3.2.1	Schweißverbindungen	288
3.2.2	Verankerung von Stahlplatten, Dübel, Kopfbolzen und Anker- schienen	291
3.2.3	Scherbolzen	292
3.2.4	Muffen- und Schrauben- verbindungen	294
3.2.5	Transportanker	294
3.2.6	Nachträglich angeschraubte Konsolen	296
3.3	Schub- und Querkraftverbindungen	298
3.3.1	Allgemein	298
3.3.2	Decken- und Wandscheiben – Scheibenquerkräfte	298
3.3.3	Fugen in Deckenplatten – Plattenquerkräfte	302

4	Fertigung im Werk	304	4.3.2	Bearbeitung der erhärteten Beton-	
4.1	Fertigungsverfahren	304		oberfläche	316
4.2	Betonarten im Fertigteilbau	309	4.3.3	Beschichtungen und Verkleidungen.	318
4.2.1	Verarbeitungseigenschaften	310	4.4	Bewehrungstechnik bei Werks-	
4.2.2	Festigkeit	310		fertigung	319
4.2.3	Selbstverdichtender Beton	312	4.4.1	Rundstahl- und Mattenbewehrung	319
4.2.4	Faserbeton	313	4.4.2	Spannbett-Technik	322
4.2.5	Farbige und strukturierte Beton-		4.5	Qualitätssicherung und Güteüber-	
	oberflächen	314		wachung	325
4.3	Herstellung des Betons im Werk	315	5	Literatur	326
4.3.1	Wärmebehandlung und Nach-				
	behandlung des Betons	315			
III	Elementbauweise mit Gitterträgern	337			
	Johannes Furche, Ulrich Bauermeister				
1	Einführung	339	3.2.3	Nachweis der Verbundfuge.	393
2	System	341	3.2.3.1	Grundlagen und Modelle zum	
2.1	Systementwicklung und			Verbundnachweis	393
	Grundlagen	341	3.2.3.2	Verbundfugen ohne Verbund-	
2.2	Gitterträger	347		bewehrung	395
2.2.1	Entwicklung von Gitterträgern	347	3.2.3.3	Verbundfugen mit Verbund-	
2.2.2	Bauaufsichtliche Zulassungen	349		bewehrung	397
2.2.3	Gitterträger nach neuer		3.2.3.4	Fugenausbildung	399
	DIN 488:2008	354	3.2.3.5	Querkraftobergrenze	401
2.2.3.1	Normenentwicklung und		3.2.3.6	Konstruktive Durchbildung der	
	Normungsstand	354		Verbundbewehrung	403
2.2.3.2	Struktur und Vorgaben der		3.2.4	Querkraftbewehrung	404
	DIN 488	354	3.2.4.1	Grundlagen	404
2.2.3.3	Gitterträger nach DIN 488-5	355	3.2.4.2	Konstruktive Durchbildung	404
2.3	Fertigteile mit Gitterträgern	360	3.2.4.3	Bemessungshilfen	406
2.3.1	DIN 1045 und bauaufsichtliche		3.2.5	Durchstanzen	411
	Zulassungen	360	3.2.5.1	Grundlagen	411
2.3.2	Produktnormen für Fertigteile mit		3.2.5.2	Durchstanzversuche an Element-	
	Gitterträgern	360		decken	413
3	Elementdecken	361	3.2.5.3	Durchstanznachweise bei Element-	
3.1	Montagezustand	361		decken	414
3.1.1	Grundlagen	361	3.2.5.4	Konstruktive Hinweise und	
3.1.2	Bemessungshilfen für den			praktische Anwendung	417
	Montagezustand	364	3.2.6	Konstruktionsregeln	417
3.1.3	Besondere Aspekte der		3.2.6.1	Abmessungen und Bewehrung	417
	Anwendung	373	3.2.6.2	Auflager	418
3.1.4	Sonderkonstruktionen	374	3.2.6.3	Bewehrungsstöße	423
3.2	Endzustand	379	3.2.7	Nicht vorwiegend ruhende	
3.2.1	Grundlagen der Bemessung	379		Einwirkung	426
3.2.1.1	Monolithische Tragwirkung	379	3.2.7.1	Grundlagen	426
3.2.1.2	Drillsteifigkeit von Elementdecken	379	3.2.7.2	Erste Zulassungen und Versuche	
3.2.1.3	Bemessung mit der Finite-			mit Gitterträgern	427
	Elemente-Methode (FEM)	383	3.2.7.3	Aktuelle Regelungen	429
3.2.1.4	Gebrauchszustand von Element-		3.2.7.4	Bemessungshilfen	431
	decken	385	3.2.7.5	Erweiterte Ansätze	434
3.2.1.5	Normenregelungen zur		3.2.8	Feuerwiderstand	435
	Bemessung von Elementdecken	388	3.2.9	Befestigungen in Elementdecken	435
3.2.2	Biegebemessung	389	3.2.9.1	Lasteinleitung durch Befestigungs-	
3.2.2.1	Querschnittsbemessung	389		mittel und Bauteiltragverhalten	435
3.2.2.2	Bemessungsverfahren und		3.2.9.2	Elementdecken ohne Verbund-	
	Momentenumlagerung	390		bewehrung	436
			3.2.9.3	Elementdecken mit Verbund-	
				bewehrung	437

4	Balken-, Rippen- und Plattenbalkendecken	438	5.4.1	Elementwandlängen und Bewehrung.	473
4.1	System	438	5.4.2	Elementwände nach WU-Richtlinie.	476
4.2	Montagezustand	439	5.4.3	Ausführung als WU-Konstruktion	477
4.3	Endzustand	440	5.5	Kerngedämmte Elementwände.	479
4.3.1	Grundlagen	440	5.5.1	System und Gitterträger	479
4.3.2	Bewehrung und Konstruktion	441	5.5.2	Konstruktion und Bemessung	479
4.3.3	Zulagebewehrung	443	5.5.3	Wärmedämmung und Wärmedurchlasswiderstände	482
4.3.4	Balkendecken	445	5.5.4	Entwicklungen.	483
4.3.5	Stahlbetonrippendecken	445	6	Sonderanwendungen	484
4.3.6	Plattenbalkendecken	446	6.1	Elementdecken mit einer Aufbetonschicht aus Stahlfaserbeton.	484
4.3.7	Bemessungshilfen	446	6.2	Elementdecken mit integrierter Betonkerntemperierung	486
5	Elementwände	459	6.3	Deckenelemente mit Zwischenraum	487
5.1	System	459	6.4	Dachelemente mit Gitterträgern	489
5.2	Montagezustand	461	7	Zusammenfassung	491
5.3	Endzustand	465	8	Literatur	492
5.3.1	Bemessungsgrundlagen	465			
5.3.2	Gelenkig gelagerte Wände	466			
5.3.3	Biegesteife Anschlüsse	469			
5.3.4	Nicht vorwiegend ruhende Einwirkung	470			
5.3.5	Konstruktion	471			
5.4	Wasserundurchlässige Betonbauwerke	473			
IV	Konstruktiver Brandschutz im Übergang von DIN 4102 zu den Eurocodes	499			
	Dietmar Hossler, Ekkehard Richter				
1	Einführung	501	3.2.3	Eurocode-Normen und Nationale Anhänge.	515
2	Brandschutzanforderungen nach Baurecht	503	3.2.4	Hintergrund zu den Eurocodes	516
2.1	Grundsatzanforderungen	503	4	Bemessung nach DIN 4102	516
2.2	Gebäudeklassen	503	4.1	Grundlagen	516
2.3	Einzelanforderungen	504	4.2	Brandschutzbemessung von Massivbauteilen.	516
2.3.1	Grundstück und Bebauung	504	4.3	Bemessung von Stahlbetonstützen nach Tabelle 31	519
2.3.2	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen.	504	4.4	Bemessung von Stahlbetonkragstützen im Brandfall	519
2.3.3	Abschnittsbildung	505	4.4.1	Problemstellung.	519
2.3.4	Rettungswege	505	4.4.2	Brandschutznachweis für Stahlbetonkragstützen	519
2.4	Anforderungen an Sonderbauten	507	4.5	Beispiele	523
2.5	Verwendung von Bauprodukten.	508	4.5.1	Statisch bestimmt gelagerter Spannbetonbalken	523
3	Stand der Brandschutznachweise in Deutschland	510	4.5.2	Stahlbeton-Innenstütze	523
3.1	Brandschutzbemessung nach DIN 4102	510	4.5.3	Stahlbeton-Rundstütze im obersten Geschoss eines Wohnhauses.	524
3.1.1	Basisnorm DIN 4102-4	510	4.5.4	Stahlbeton-Kragstütze.	525
3.1.2	Einfluss der europäischen Harmonisierung.	510	4.5.5	Giebelstütze	525
3.1.3	Änderung A1 zu DIN 4102-4	511	5	Bemessung nach Eurocode	526
3.1.4	Anwendungsnorm DIN 4102-22	513	5.1	Grundkonzept der Nachweise.	526
3.2	Brandschutzbemessung nach den Eurocodes	513	5.2	Einwirkungen im Brandfall	527
3.2.1	Rechtliche Grundlagen	513	5.2.1	Thermische Einwirkungen	527
3.2.2	Eurocode-Vornormen und Nationale Anwendungsdokumente	514	5.2.2	Mechanische Einwirkungen	528

5.3	Nachweise für Bauteile und Tragwerke	529	6.2.1	Parametrische Temperaturzeitkurven	540
5.3.1	Allgemeines	529	6.2.2	Thermische Einwirkungen auf außenliegende Bauteile	540
5.3.2	Tabellarische Daten	529	6.2.3	Brandeinwirkungen bei lokal begrenzten Bränden	541
5.3.3	Vereinfachte Rechenverfahren	530	6.2.4	Erweiterte Brandmodelle	542
5.3.4	Allgemeine Rechenverfahren	531	6.2.5	Brandlastdichten und Wärmefreisetzungsraten	543
5.3.4.1	Allgemeines	531	6.3	Sicherheitskonzept	544
5.3.4.2	Thermische Analyse	532	6.3.1	Grundlagen und Annahmen	544
5.3.4.3	Mechanische Analyse	533	6.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte für die Brandeinwirkung	546
5.4	Beispiele	536	6.3.3	Berücksichtigung anlagentechnischer und abwehrender Brandschutzmaßnahmen	548
5.4.1	Stahlbeton-Innenstütze	536	6.3.4	Beispiel	549
5.4.1.1	Nachweis nach Methode A	536	7	Ausblick	551
5.4.1.2	Nachweis mit dem vereinfachten Rechenverfahren	537	8	Literatur	552
5.4.1.3	Nachweis mit dem allgemeinen Rechenverfahren	538			
6	Nachweise für Naturbrandbeanspruchung	539			
6.1	Allgemeines	539			
6.2	Naturbrandmodelle	540			

V Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau 555

Jürgen Grünberg, Norbert Vogt

1	Einführung	557	2.4.2	Bemessungssituationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit	563
2	Grundlagen des Sicherheitskonzepts	558	2.4.2.1	Ständige Bemessungssituation	563
2.1	Zielsetzung	558	2.4.2.2	Vorübergehende Bemessungssituation	565
2.2	Charakteristische und repräsentative Werte	559	2.4.2.3	Außergewöhnliche Bemessungssituation	565
2.2.1	Charakteristische Werte der Einwirkungen	559	2.4.2.4	Situationen infolge von Erdbeben	565
2.2.2	Weitere repräsentative Werte veränderlicher Einwirkungen	559	2.4.3	Kombinationen für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	565
2.2.3	Charakteristische und andere repräsentative Werte unabhängiger Auswirkungen	559	2.4.3.1	Seltene Situationen	566
2.2.4	Charakteristische Werte der Materialeigenschaften und Bodenkenngrößen	560	2.4.3.2	Häufige Situationen	566
2.3	Bemessungswerte	560	2.4.3.3	Quasi-ständige Situationen	566
2.3.1	Bemessungswerte für Einwirkungen	560	2.5	Widerstände	566
2.3.2	Bemessungswerte für Materialeigenschaften und Bodenkenngrößen	561	2.5.1	Tragwerkswiderstände	566
2.3.3	Bemessungswerte für geometrische Größen	561	2.5.2	Widerstände in der Geotechnik	567
2.3.4	Bemessungswerte von Beanspruchungen	561	2.6	Sicherheitselemente	568
2.3.5	Bemessungswerte von Widerständen	562	2.6.1	Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen	568
2.4	Einwirkungskombinationen	562	2.6.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	569
2.4.1	Unabhängige Einwirkungen	563	2.6.2.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN 1055-100	570
			2.6.2.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Baukörper oder für Beanspruchungen des Baugrunds im Grenzzustand der Tragfähigkeit	571
			2.6.3	Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen	571

2.6.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	571	3.3.4	Grenzzustände Gleiten und Grundbruch	578
2.6.4.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände bei Betontragwerken . . .	571	3.4	Bemessung von Flachgründungen . .	579
2.6.4.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Baugrundwiderstände	571	3.5	Grenzzustände nach Theorie 2. Ordnung	581
2.7	Nachweis der Grenzzustände mit Teilsicherheitsbeiwerten	572	3.6	Grenzzustände bei physikalisch nichtlinearer Strukturanalyse	583
2.7.1	Nachweisformate für Grenzzustände der Tragfähigkeit	572	3.7	Massive Baukörper unter Auftrieb . .	583
2.7.1.1	Grenzzustände der Lagesicherheit (EQU)	572	3.7.1	Grenzzustand Aufschwimmen	583
2.7.1.2	Grenzzustände des Tragwerks- oder Baugrundversagens (STRGEO)	574	3.7.2	Grenzzustand Tragwerksversagen der Sohlplatte	583
2.7.1.3	Grenzzustände der Ermüdung (FAT)	574	3.7.3	Grenzzustand Baugrundversagen unter der Sohlplatte	585
2.7.2	Nachweisformate für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	574	3.7.4	Grenzzustand Tragwerksversagen der Außenwände	585
2.7.3	Vorzeichenregelung für alle Nachweisformate	575	3.8	Bauwerk-Baugrund-Interaktion	586
3	Nachweise für Bauteile mit geotechnischen Einwirkungen und Baugrundwiderständen	575	3.9	Zusammenfassung	587
3.1	Die drei Nachweisverfahren in der Geotechnik nach EN 1990 in Verbindung mit EN 1997	575	4	Anwendungsbeispiele	587
3.2	Konkretisierung der Nachweisformate für Grenzzustände der Tragfähigkeit	576	4.1	Einfaches Streifenfundament mit exzentrischer geneigter Last	587
3.2.1	Konkretisierung für Grenzzustände der Lagesicherheit	576	4.2	Waagebalkenstütze	590
3.2.2	Konkretisierung für Grenzzustände des Tragwerk- oder Baugrundversagens	576	4.3	Fundamentplatte mit Randlast	592
3.3	Schnittstelle Sohlfuge	576	4.4	Schlanke Hallenstütze mit Einzelfundament	592
3.3.1	Nachweis der Kippsicherheit	577	4.5	Turm mit Fundament nach Theorie 2. Ordnung	595
3.3.2	Außermittigkeit der charakteristischen Sohldruckresultierenden . .	578	4.6	Brückenpfeiler mit abhebenden Lasten	607
3.3.3	Grenzzustand Tragwerkversagen im Fundament	578	4.7	Bemessung einer Winkelstützmauer (nach WU-Richtlinie)	609
			4.8	Gründung einer auskragenden Konstruktion	619
			4.9	Fußgängertunnel als weiße Wanne – Bauzustand und Endzustand	620
			4.10	Auftriebssicherheit einer Tankgründung	633
			5	Literatur	635

Stichwortverzeichnis	637
---------------------------------------	------------

Inhaltsübersicht

2

	Inhaltsverzeichnis	V
	Anschriften	XIII
VI	Tragwerksplanung im Bestand	1
	Frank Fingerloos, Jürgen Schnell	
VII	System- und Schadensidentifikation von Betontragstrukturen	53
	Alfred Strauss, Konrad Bergmeister, Roman Wendner, Simon Hoffmann	
VIII	Monitoring im Betonbau	135
	Konrad Zilch, Hermann Weiher, Christian Gläser	
IX	Ertüchtigung im Bestand – Verstärkungen mit Kohlenstofffasern	185
	Konrad Bergmeister	
X	Integrale Konstruktionen aus Beton	231
	Josef Taferner, Manfred Keuser, Konrad Bergmeister	
XI	Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden	371
	Hannes Spieth, Konrad Bergmeister, Alfred Stein, David Lehmann, Raimund Hilber, Roland Unterweger, Joachim Lehmann, Paul Schmieder	
XII	Normen und Regelwerke	447
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	739

Inhaltsübersicht

1

	Inhaltsverzeichnis	IX
	Anschriften	XVII
	Beiträge früherer Jahrgänge	XIX
I	Beton	1
	Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt	
II	Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau	151
	Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn	
III	Elementbauweise mit Gitterträgern	337
	Johannes Furche, Ulrich Bauermeister	
IV	Konstruktiver Brandschutz im Übergang von DIN 4102 zu den Eurocodes	499
	Dietmar Hosser, Ekkehard Richter	
V	Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau	555
	Jürgen Grünberg, Norbert Vogt	
	Stichwortverzeichnis	637

Inhaltsverzeichnis

2

VI	Tragwerksplanung im Bestand	1		
	Frank Fingerloos, Jürgen Schnell			
1	Einleitung	3	6.3.2	Nachweis nach DIN 1045-1:2008-08 mit Lasterhöhung
2	Bestandsschutz	3	6.3.3	Nachweis mit modifizierten Teilsicherheitsbeiwerten
2.1	Grundlagen	3	6.3.4	Vergleich der Ergebnisse
2.2	Umsetzung	4		
2.3	Zusammenfassung	7		
3	Besonderheiten bei der Tragwerksplanung	7	7	Ermittlung der Tragfähigkeit auf der Grundlage von Belastungsversuchen
3.1	Allgemeines	7	7.1	Entwicklung
3.2	Bestandsaufnahme und Bestandsbewertung	7	7.2	Aufgabenstellung
3.3	Berücksichtigung baubetrieblicher Abläufe	8	7.3	Anwendungsbereiche
3.4	Bemessung und Konstruktion	10	7.4	Rechnerische Beurteilung der vorhandenen Tragfähigkeit
4	Historische Normen und Zulassungen des Beton- und Stahlbetonbaus	13	7.5	Voraussetzungen
5	Analyse bestehender Tragwerke auf Grundlage vorhandener Planungsdokumente	17	7.6	Planung
5.1	Betoneigenschaften	17	7.7	Messtechnik
5.1.1	Rechenwert der charakteristischen Betondruckfestigkeit	17	7.8	Durchführung und Auswertung
5.1.2	Bestimmung der charakteristischen Betondruckfestigkeit am Tragwerk ..	19	7.9	Fazit
5.2	Betonstahleigenschaften	20	8	Abschätzung der Feuerwiderstandsdauer historischer Betonkonstruktionen
6	Teilsicherheitsbeiwerte für Bestandsbauten	22	8.1	Allgemeines
6.1	Allgemeines	22	8.2	Baustoffe
6.2	Biegebemessung von Stahlbetonbauteilen	23	8.2.1	Beton
6.2.1	Einfluss des Verhältnisses von ständiger Last und Nutzlast	24	8.2.2	Betonstahl
6.2.2	Einfluss der Betondruckfestigkeit ..	24	8.2.3	Putze
6.2.3	Auswirkung des Längsbewehrungsgrades	24	8.2.4	Baustoffklassen
6.2.4	Optimierte Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen	25	8.3	Bauteile
6.3	Beispiel: Nachweis Büro-/Wohnhausdeckenplatte	28	8.3.1	Stahlbetondecken
6.3.1	Vorhandene Bemessung nach DIN 1045:1972-01	28	8.3.2	Stahlsteindecken
			8.3.3	Kappendecken
			8.3.4	Glasstahlbeton
			8.3.5	Balken
			8.3.6	Stützen
			9	Historische Bestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung, Ausführung, Beton, Betonstahl
			10	Literatur

VII	System- und Schadensidentifikation von Betontragstrukturen	53	
	Alfred Strauss, Konrad Bergmeister, Roman Wendner, Simon Hoffmann		
1	Einleitung	55	5.5 Schwingungsbasierte Bauwerksüberwachung 96
2	Bauwerkserhaltung	56	5.5.1 Überblick 96
2.1	Aufgaben und Ziele	56	5.6 Identifikationsmethoden für Bauwerkszustände 96
2.2	Bauwerksprüfung	57	5.6.1 Direct Stiffness Calculation (DSC) . . 97
2.3	Elemente des Lebenszyklus	57	5.6.2 Modale Biegelinien (MODAL BEnding Lines, MOBEL) 97
3	Regelwerke für die Bauwerksprüfung	58	5.6.3 Sensitivitätsbasierte Identifikation (STRatified IDENTification, STRIDE) 97
3.1	Aufgaben und Ziele	58	5.6.4 Methode der modalen Kraftresiduen (Modal Force Residual Method, MFRM) 99
3.2	Hochbau	58	5.6.5 Verformungslinienbasierte Identifikation (DEFlection Line Function IDENTification, DELFI) . . . 100
3.3	Brückenbau	59	5.6.6 Einflusslinienbasierte Identifikation (Influence Line IDENTification Assessment, ILIAS) 100
3.3.1	Österreich	59	5.6.7 Anwendungsorientierte Betrachtungen 101
3.3.2	Deutschland	61	5.6.8 Anwendungsgrenzen der Identifikationsmethoden für Bauwerke aus Konstruktionsbeton 102
3.3.3	Schweiz	67	5.6.9 Potenzial der Schwingungsanalyse in der Schadensbewertung 102
3.4	Schutzbauwerke	72	
3.5	Rechtliche Aspekte	73	
4	Integrierte Lebenszyklusbetrachtung	74	6 Systembetrachtung – Resttragfähigkeit geschädigter Bauwerke . . . 103
4.1	Zielsetzungen	74	6.1 Zielsetzungen 103
4.2	Lebensdauer und kostenbasiertes Monitoring	74	6.2 Strukturmechanisches Schädigungsmaß 103
4.3	Ganzheitliches Monitoring	75	6.3 Schädigungsindikatoren für die Bewertung der Resttragfähigkeit . . 105
4.4	Monitoring und Entwurfsmethoden . . 75		6.3.1 Eigenwerte von K_T 105
4.5	Monitoring und Bewertungsmethoden	77	6.4 Energiebasierte Schädigungsindikatoren 105
4.6	Monitoring im System	81	6.5 Schädigungsmaße und statistische Unsicherheiten 106
4.7	Innovative Ansätze im Monitoring . . 83		6.6 Schädigungsindikator als Maß der Tragwerkssicherheit 107
4.7.1	LCMSHM Frameworks	83	
4.7.2	Überwachung des Lebenszyklus . . . 83		7 Degradationsmodelle für Bauwerke aus Konstruktionsbeton 107
4.7.3	Extremwertbetrachtungen in Verbindung mit Monitoringzeiträumen . 84		7.1 Zielsetzungen 107
5	Schadensidentifikation an Bauwerken aus Konstruktionsbeton	85	7.2 Beschreibung der Degradationsprozesse 108
5.1	Zielsetzung	85	7.3 Lebenszeit und Degradationsmodelle 109
5.2	Kurzbezeichnungen von Schadensidentifikationsmethoden	85	7.4 Einflussgrößen auf Degradationsmodelle – stochastische Modellierung 110
5.3	Lineare Methoden der Schadensanalyse	85	7.4.1 Karbonatisierung 110
5.3.1	Schwingungsanalyse allgemein 85		7.4.2 Chloridionen-Belastung 113
5.3.2	Methoden, basierend auf modalen Parametern	87	7.4.3 Korrosion 117
5.3.2.1	Eigenfrequenzen	87	7.4.4 Frostangriff 121
5.3.2.2	Eigenformen	88	
5.3.2.3	Dämpfung	89	
5.3.3	Methoden, basierend auf den Ableitungen modaler Parameter . . . 90		
5.3.3.1	Modale Verzerrungsenergie und Krümmung	90	
5.3.3.2	Flexibilität	90	
5.3.4	Methoden, basierend auf der Aktualisierung von Kenngrößen . . . 93		
5.4	Nichtlineare Methoden der Schadensanalyse	93	
5.4.1	Neuronale Netzwerke	94	
5.4.2	Alternative Ansätze	95	

7.4.5	Feuereinwirkungen	123	7.5.3	EUCON	124
7.4.6	Grenzzustandsbewertung für Serien-Modelle	123	7.5.4	Freet-D.	125
7.5	Softwarelösungen für die Degradationsmodellierung	124	8	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	125
7.5.1	Life-365	124	9	Literatur	125
7.5.2	RC-LifeTime	124			
VIII	Monitoring im Betonbau	135			
	Konrad Zilch, Hermann Weiher, Christian Gläser				
1	Einleitung	137	4.1.4	Kalibrierung von Messwertauf- nehmern und Rückverfolgbarkeit. . .	151
1.1	Allgemeiner Begriff „Monitoring“ . .	137	4.1.5	Erfassung von wiederholten manuellen Messungen	151
1.2	Eigene Auslegung des Begriffs	137	4.1.6	Erfassung von automatischen Messungen	152
1.3	Aufgaben	138	4.2	Datenübertragung	153
1.4	Aufbau des Beitrags	138	4.3	Kalibrierung von Messdaten.	154
2	Klassifizierung von Bauwerken	139	4.4	Datenreduktion und -auswertung . .	154
2.1	Funktionen von Betonbauteilen	139	5	Bewertung der Messergebnisse	155
2.2	Folgen bei Bauteilversagen	140	5.1	Plausibilitätsprüfung und Aussage- fähigkeit von Messergebnissen.	155
2.3	Robustheit	142	5.2	Rückführung der Messgröße auf die Vergleichsgröße.	156
3	Entwicklung der Monitoring- aufgabe	143	5.3	Überprüfung von Kriterien	157
3.1	Simulation des Bauteil- bzw. Bauwerksverhaltens	143	5.3.1	Zustand (Schwellwert)	157
3.1.1	Simulation des Ursprungsbestands beim Neubau	143	5.3.2	Fortschritt der Zustandsänderung. . .	157
3.1.2	Erfordernis für eine Neubetrachtung des Bauwerks.	143	5.3.3	Anzeige	159
3.1.3	Modellbildung unter unplan- mäßigen Randbedingungen	144	5.4	Überprüfung des Monitoring- konzepts für zukünftige Mess- perioden	159
3.1.4	Bewertung der Simulations- ergebnisse	144	5.5	Vergleich Messergebnisse mit theoretischen Schädigungs- modellen	159
3.2	Vorüberlegungen	146	6	Anwendungsbeispiele	160
3.2.1	Vergleichsgröße	146	6.1	Spannstahlermüdung bei Koppel- fugen	160
3.2.2	Messgröße	146	6.1.1	Problemstellung.	160
3.2.3	Sensitivitätsanalyse	148	6.1.2	Entwicklung der Monitoring- aufgabe.	162
3.3	Festlegung eines Monitoring- konzepts	148	6.1.3	Datenmanagement und -auswertung	166
3.3.1	Auswahl und Kombination der Untersuchungsmethoden.	148	6.1.4	Ergebnisse und Bewertung	168
3.3.2	Umfang und Häufigkeit der Messungen.	148	6.2	Korrosion von Betonstahl.	168
3.4	Bestimmung der Randbedingungen.	149	6.2.1	Problemstellung.	169
3.5	Durchführung der Messaufgaben . . .	149	6.2.2	Wirkprinzip „Opferbewehrung“.	170
3.5.1	Werkstoff	149	6.2.3	Wirkprinzip „Anodenleiter“.	170
3.5.2	Bauteil	149	6.2.4	Diskussion	171
3.5.3	Tragwerk	150	6.3	Tragfähigkeit von Dächern.	172
4	Datenmanagement und -auswertung	150	6.3.1	Problemstellung.	172
4.1	Datenerfassung	150	6.3.2	Entwicklung der Monitoring- aufgabe.	173
4.1.1	Nomenklatur und Kartierung von Messstellen	150	6.3.3	Bewertung	173
4.1.2	Wirtschaftlichkeit von wiederholten manuellen und automatischen Messungen.	150	6.4	Kraftmessung bei externen Spann- gliedern	174
4.1.3	Auswahl von Messwertaufnehmern.	150	6.4.1	Problemstellung.	174

6.4.2	Monitoringkonzept	174	6.5.2	Rissbildung bei Spannbetonbrücken mit hochfestem Beton	178
6.4.3	Anwendungsgrenzen	175			
6.5	Hydratationswärmeentwicklung im jungen Betonalter	176	7	Ausblick	180
6.5.1	Rissbildung bei Walzbetonstaumauer	176	8	Literatur	181
IX	Ertüchtigung im Bestand – Verstärkungen mit Kohlenstofffasern	185			
	Konrad Bergmeister				
1	Einführung	187	5.3	Verbundgesetz – Verbundbruchkraft	200
2	Abtragungstechniken und Vorbereitung des Betonuntergrundes	188	5.4	Zugverankerung – Zugspannung	202
2.1	Betonfräsen	188	6	Verstärken von Biegebalken – Bemessung und konstruktive Durchbildung	203
2.2	Stemmen	188	6.1	Kräfte und Dehnungen	203
2.3	Flammstrahlen	188	6.2	Spannungen und Dehnungen im ungerissenen Zustand	206
2.4	Sandstrahlen bzw. Strahlen mit festen Strahlmitteln	188	6.3	Übergang vom ungerissenen zum gerissenen Zustand	208
2.5	Hochdruckreinigen	189	6.4	Spannungen und Dehnungen im gerissenen Zustand	209
2.6	Hochdruckwasserstrahlen	189	6.5	Nachweisführung für die Querkraftbemessung	209
2.7	Ermittlung der Betondruckfestigkeit	189	6.6	Nachweisführung für die Gebrauchstauglichkeit	210
2.8	Zugfestigkeit	190	6.6.1	Begrenzung der Gebrauchsspannungen	210
3	Erhaltungs- und Instandsetzungsmethoden im oberflächennahen Bereich	190	6.6.2	Begrenzung der Durchbiegung	210
3.1	Füllen von Rissen und Hohlräumen	190	6.6.3	Begrenzung der Rissbreite	211
3.2	Aufbeton – Ergänzung von Betonquerschnitten mit tragender Funktion	191	6.7	Eingeschlitzte CF-Lamellen	211
4	Externe Vorspannung	193	6.8	Biegeverstärkung mit vorgespannten CF-Lamellen	213
5	Verstärkung mit Kohlenstofffasern	193	6.8.1	Allgemeines	213
5.1	Einleitung	193	6.8.2	Extern geklebte Lamelle mit Endverankerung	213
5.2	Kohlenstofffaserwerkstoffe für Verstärkungen	195	6.8.3	Rechenmodell zur Bemessung von vorgespannten Kohlenstofffaserlamellen	216
5.2.1	Kohlenstofffaser-Kabel	195	6.9	Konzepte und Bemessung der Querkraftverstärkung	216
5.2.2	Kohlenstofffaser(CF)-Lamellen, Gewebe und Gelege	197	6.9.1	Verstärkung mit CF-Stäben	217
5.2.2.1	Einfluss lokaler Unebenheiten – Bereich 1	198	6.9.2	Querkraftverstärkung mit CF-Gelegen	217
5.2.2.2	Einfluss vertikaler Rissuferversätze – Bereich 2	198	6.9.3	Querkraftverstärkung mit CF-Schlaufen	217
5.2.2.3	Einfluss der Ablösung der Betondeckung am Laschenende – Bereich 3	198	6.9.4	Bemessung der Verstärkung auf Querkraft	218
5.2.2.4	Einfluss des äußersten Biegerisses – Bereich 4	199	6.10	Torsionsbemessung	219
5.2.2.5	Einfluss des Rissfortschritts im maximalen Momentenbereich – Bereich 5	199	6.11	Textilbewehrte Verstärkung von Balken auf Biegung und Querkraft	220
5.2.2.6	Einfluss des Rissfortschritts im Querkraftbereich – Bereich 6	200	6.12	Nachweise aus der bauaufsichtlichen Zulassung	220

7	Verstärkung von Stützen – Bemessung und konstruktive Durchbildung	222	7.2.5	Wirkungsparameter der Kohlenstofffaser-Umschnürung	224
7.1	Tragfähigkeit und Duktilität	222	7.3	Querkraftverstärkung von Stützen mit Kohlenstofffaser-Verstärkung	226
7.2	Druckfestigkeit des mit Kohlenstofffasern umwickelten Betons	223	8	Verstärkung von Wandscheiben – Bemessung und konstruktive Durchbildung	227
7.2.1	Bemessungsvorschlag nach <i>Monti</i>	223	8.1	Modellierung der Tragwirkung von Scheiben	227
7.2.2	Bemessungsvorschlag nach <i>Mander</i>	223	8.2	Tragverhalten und Bemessung für verstärkte Wandscheiben	227
7.2.3	Bemessungsvorschlag nach <i>Seible</i>	224	9	Literatur	228
7.2.4	Bemessungsvorschlag aufgrund von Versuchen	224			
X	Integrale Konstruktionen aus Beton	231			
	Josef Taferner, Manfred Keuser, Konrad Bergmeister				
1	Einführung	233	6.2	Zur ingenieurmäßigen Bestimmung des Steifigkeitsabfalls von Stahlbeton im Zustand II	303
1.1	Stand der Technik und der Forschung	233	6.3	Tragwerk und Boden	309
1.2	Begriffsdefinitionen	233	7	Wesentliche Aspekte der Bemessung und der konstruktiven Durchbildung	318
1.3	Vor- und Nachteile fugenloser Bauten	235	7.1	Kombination von Lasteinwirkungen und Zwang	318
1.4	Geschichtlicher Rückblick	238	7.2	Trag- und Verformungsfähigkeit von Stützen bei großen Zwangverschiebungen der Decken	327
2	Zwangeinwirkungen und Bewertung von Zwang in Normen	241	7.2.1	Ausgangssituation	327
3	Einflüsse auf zentrische Zwangbeanspruchungen	257	7.2.2	Einfluss der Lastgeschichte	329
4	Moderne Werkstoffe für integrale Bauwerke	267	7.2.3	Parameteruntersuchung	331
4.1	Konstruktionsleichtbeton bei integralen Bauwerken	267	7.2.4	Einfluss der zyklischen Zwangbeanspruchung	334
4.2	Hochleistungsbeton bei integralen Bauwerken	274	7.2.5	Überlegungen zur Stützenbemessung	337
4.3	Faserbeton bei integralen Bauwerken	279	7.3	Verhalten von Hochbaudecken bei Zugkräften aus Zwang	338
4.4	Schwinden und Kriechen	279	7.4	Horizontaler Zwang in Wänden	341
4.4.1	Schwinden und Quellen als Werkstoffeigenschaft	279	7.5	Grundlagen für Entwurf und Konstruktion integraler Brücken	343
4.4.2	Schwinden von Stahlbetonbauteilen	281	8	Bauwerksmonitoring am Beispiel des Gebäudes der Universität Brixen (Italien)	347
4.4.3	Kriechen und Relaxation bei zwangbeanspruchten Tragwerken	281	8.1	Gebäude der Universität Brixen	347
5	Tragwerkskonzepte	287	9	Zusammenfassung und Entwurfsempfehlungen	358
5.1	Bewegungs- und Dehnfugen	287	10	Literatur	363
5.2	Sonderfälle	293			
6	Modellierung für die statische Berechnung	301			
6.1	Nichtlineare Finite-Elemente-Modelle zur Berechnung von Tragwerken aus Stahlbeton	301			

XI	Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden	371
	Hannes Spieth, Konrad Bergmeister, Alfred Stein, David Lehmann, Raimund Hilber, Roland Unterweger, Joachim Lehmann, Paul Schmieder	
1	Allgemeiner Überblick	373
2	Verankerungs- und Befestigungstechnik für vorgehängte Fassadensysteme	373
2.1	Systembetrachtung der Fassadensysteme	373
2.2	Verankerungstechnik am Bauwerk	375
2.2.1	Systembetrachtung	375
2.2.2	Randbedingungen Bauwerk	376
2.2.3	Randbedingungen Unterkonstruktion und Montage	377
2.2.4	Anwendungskriterien Umweltbedingungen	379
2.2.5	Auswahl Ablaufplan	379
2.2.6	Rahmen- und Langschaftdübelssysteme für Mehrfachbefestigung von nichttragenden Elementen	380
2.2.6.1	Systembeschreibung	380
2.2.6.2	Tragverhalten und Funktionsprinzip	380
2.2.6.3	Montage	381
2.2.6.4	Anwendungsbereiche Zulassung	381
2.2.6.5	Anwendungen mit Brandschutz	382
2.2.6.6	Bemessung für Verankerungen nach ETAG 020	382
2.2.6.7	Bestimmung der charakteristischen Tragfähigkeit in nicht spezifizierten Mauerwerkssteinen nach ETAG 020	387
2.2.7	Rahmen- und Langschaftdübelssysteme für Einzelbefestigung in gerissenem Beton	389
2.2.8	Stahldübelssysteme für Einzelbefestigung in gerissenem und ungerissenem Beton	389
2.2.8.1	Systembeschreibung und Funktionsprinzip	389
2.2.8.2	Anwendungsbereiche Zulassung	391
2.2.8.3	Bemessung	391
2.2.9	Verbundankersysteme für Verankerung Einzelbefestigung in gerissenem und ungerissenem Beton	392
2.2.10	Verbundankersysteme für Einzelbefestigung in Mauerwerk, haufwerksporigem Leichtbeton und Porenbeton	393
2.2.10.1	Systembeschreibung und Funktionsprinzip	393
2.2.10.2	Anwendungsbereiche Zulassung	394
2.2.10.3	Bemessung	394
2.2.11	Einbauteile in Beton	397
2.2.11.1	Kopfbolzen	397
2.2.11.2	Ankerplatten	397
2.2.11.3	Ankerschienen	398
2.2.11.4	Querkraftdorne	399
2.2.11.5	Querkraftprofile	400
2.2.11.6	Anschlussysteme	400
2.2.11.7	Linienförmige Trennelemente mit thermischer Trennung	401
2.3	Befestigungstechniken für Fassadenelemente	402
2.3.1	Befestigungstechnik für Glaselemente	402
2.3.1.1	Der Baustoff Glas	402
2.3.1.2	Bauprodukte aus Glas	402
2.3.1.3	Eigenschaften von Glas	403
2.3.1.4	Befestigungssysteme für Glasfassaden	404
2.3.2	Befestigungstechnik für dünne Plattenelemente	412
2.3.2.1	Systembeschreibung	412
2.3.2.2	Fassadenmaterialien	412
2.3.2.3	Befestigungslösungen und Montage	412
2.3.2.4	Bemessung	413
2.3.3	Befestigungstechnik für Natursteinelemente	415
2.3.3.1	Systembetrachtung	415
2.3.3.2	Baustoff Naturwerkstein	415
2.3.3.3	Befestigungs- und Verankerungsmittel nach DIN 18616-3	417
2.3.3.4	Befestigungsmittel mit Zulassung	426
2.3.4	Transportanker für Betonelemente	428
3	Befestigungstechnik für Wärmedämmverbundsysteme	431
3.1	Befestigungstechnik für Wärmedämmverbundsysteme am Bauwerk	431
3.2	Befestigungstechnik für Bauteile auf Wärmedämmverbundsystemen	433
3.2.1	Befestigungssysteme zur Verankerung von kleinen oder mittleren Lasten für nicht sicherheitsrelevante Anwendungen	433
3.2.2	Befestigungstechnik zur Verankerung von mittleren und hohen Lasten für sicherheitsrelevante Anwendungen	434
3.2.2.1	Abstandsmontage mit auf Biegung belasteter Gewindestange mit und ohne thermische Trennung	435
3.2.2.2	Abstandsmontage mit Distanzhalter	436
3.2.2.3	Bemessung von Abstandsmontagen	437
4	Lebensdauer	440
4.1.1	Lebensdauer – Schaden und Abnutzungsvorrat	441
4.1.2	Lebensdauer – Erhaltungsstrategien	442
5	Literatur	443

XII	Normen und Regelwerke	447		
	Frank Fingerloos			
1	Einleitung	449	3	Listen und Verzeichnisse
1.1	Die Neuauflagen 2008 von DIN 1045	449	3.1	Baunormen und technische Baubestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau
1.2	Zur Einführung des Eurocode 2	449	3.2	Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen und Bauregel- liste
1.2.1	Deutschland	449	3.3	Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. ...
1.2.2	Österreich	450	3.3.1	Übersicht
1.2.3	Schweiz	451	3.3.2	DAfStb-Richtlinie Belastungs- versuche an Betonbauwerken: 2000-09
2	Technische Regeln des Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbaus ...	451	3.3.3	DAfStb-Richtlinie Massige Bauteile aus Beton:2005-03
2.1	DIN 1045-1	451	3.4	Deutscher Beton- und Bautechnik- Verein E. V.: Merkblätter und Sachstandsberichte
2.1.1	Erläuterungen zu DIN 1045-1	451	4	Literatur
2.1.2	Normentext	478		
2.2	Zusammenstellung von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	585		
2.2.1	Erläuterungen zu DIN 1045-2	585		
2.2.2	Normentext	588		
2.3	DIN 1045-3	662		
2.3.1	Erläuterungen zu DIN 1045-3	662		
2.3.2	Normentext	664		
2.4	DIN 1045-4 Normentext	686		
	Stichwortverzeichnis	739		

Anschriften

1

Autoren

Bachmann, Hubert, Dr.-Ing.
Ed. Züblin
Technisches Büro
Konstruktiver Ingenieurbau (TBK)
Albstadtweg 3
70567 Stuttgart

Bauermeister, Ulrich, Dipl.-Ing.
FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG
Zappenberg 6
31633 Leese

Furche, Johannes, Dr.-Ing.
FILIGRAN Trägersysteme GmbH & Co. KG
Zappenberg 6
31633 Leese

Grünberg, Jürgen, Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Massivbau
Appelstraße 9A
30167 Hannover

Hahn, Volker, Prof. Dr.-Ing.
Florentiner Straße 20
70619 Stuttgart

Hosser, Dietmar, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Schriftleitung

Prof. Dipl.-Ing. DDr. Konrad **Bergmeister**
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

Dr.-Ing. Frank **Fingerloos**
Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.
Kurfürstenstraße 129, 10785 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult.
Johann-Dietrich **Wörner**
Technische Universität Darmstadt
Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt

Müller, Harald S., Prof. Dr.-Ing.
Universität Karlsruhe
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie
76128 Karlsruhe

Reinhardt, Hans-Wolf, Prof. Dr.-Ing.
Universität Stuttgart
Institut für Werkstoffe
Pfaffenwaldring 4
70569 Stuttgart

Richter, Ekkehard, Dr.-Ing.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Steinle, Alfred, Dr.-Ing.
Alte Weinsteige 92
70597 Stuttgart

Vogt, Norbert, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität München
Zentrum Geotechnik
Baumbachstraße 7
81245 München

Verlag

Ernst & Sohn
Verlag für Architektur und technische
Wissenschaften GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21, 10245 Berlin
www.ernst-und-sohn.de

