

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](http://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

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

## Inhaltsübersicht

# 2

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

# Inhaltsverzeichnis

## 1

<b>I</b>	<b>Beton</b> .....	1			
	Harald S. Müller, Hans-Wolf Reinhardt				
<b>1</b>	<b>Einführung und Definition</b> .....	3	<b>4</b>	<b>Junger Beton</b> .....	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			
<b>2</b>	<b>Ausgangsstoffe</b> .....	7	<b>5</b>	<b>Lastunabhängige Verformungen</b> .....	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	<b>6</b>	<b>Festigkeit und Verformung von Festbeton</b> .....	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
<b>3</b>	<b>Frischbeton und Nachbehandlung</b> .....	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			
<b>7</b>	<b>Dauerhaftigkeit . . . . .</b>	<b>71</b>	<b>11</b>	<b>Faserbeton . . . . .</b>	<b>112</b>
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
<b>8</b>	<b>Selbstverdichtender Beton. . . . .</b>	<b>86</b>	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
<b>9</b>	<b>Sichtbeton . . . . .</b>	<b>91</b>	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			
<b>10</b>	<b>Leichtbeton . . . . .</b>	<b>99</b>	<b>12</b>	<b>Ultrahochfester Beton . . . . .</b>	<b>130</b>
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
			<b>13</b>	<b>Literatur. . . . .</b>	<b>139</b>

<b>II</b>	<b>Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau</b> .....	151
	Hubert Bachmann, Alfred Steinle, Volker Hahn	
	<b>Vorbemerkung</b> .....	153
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	156
1.1	Vorteile der Werksfertigung .....	156
1.2	Geschichtliche Entwicklung .....	157
1.3	Europäische Normung .....	159
<b>2</b>	<b>Entwurf von Fertigteilbauten</b> .....	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
<b>3</b>	<b>Verbindungen von Fertigteilen</b> .....	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

<b>4</b>	<b>Fertigung im Werk</b> . . . . .	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	<b>5</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	326
4.3.1	Wärmebehandlung und Nach-				
	behandlung des Betons . . . . .	315			
<b>III</b>	<b>Elementbauweise mit Gitterträgern</b> . . . . .	337			
	Johannes Furche, Ulrich Bauermeister				
<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	339	3.2.3	Nachweis der Verbundfuge . . . . .	393
<b>2</b>	<b>System</b> . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Elementdecken</b> . . . . .	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

<b>4</b>	<b>Balken-, Rippen- und Plattenbalkendecken</b> . . . . .	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	<b>6</b>	<b>Sonderanwendungen</b> . . . . .	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
<b>5</b>	<b>Elementwände</b> . . . . .	459	6.3	Deckenelemente mit Zwischenraum . . . . .	487
5.1	System . . . . .	459	6.4	Dachelemente mit Gitterträgern . . . . .	489
5.2	Montagezustand . . . . .	461	<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	491
5.3	Endzustand . . . . .	465	<b>8</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	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			
<b>IV</b>	<b>Konstruktiver Brandschutz im Übergang von DIN 4102 zu den Eurocodes</b> . . . . .	499			
	Dietmar Hosser, Ekkehard Richter				
<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	501	3.2.3	Eurocode-Normen und Nationale Anhänge. . . . .	515
<b>2</b>	<b>Brandschutzanforderungen nach Baurecht</b> . . . . .	503	3.2.4	Hintergrund zu den Eurocodes . . . . .	516
2.1	Grundsatzanforderungen . . . . .	503	<b>4</b>	<b>Bemessung nach DIN 4102</b> . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Stand der Brandschutznachweise in Deutschland</b> . . . . .	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	<b>5</b>	<b>Bemessung nach Eurocode</b> . . . . .	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 Wärme-freisetzungsraten . . . . .	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 anlagen-technischer 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	<b>Ausblick</b> . . . . .	551
5.4.1.2	Nachweis mit dem vereinfachten Rechenverfahren . . . . .	537	8	<b>Literatur</b> . . . . .	552
5.4.1.3	Nachweis mit dem allgemeinen Rechenverfahren . . . . .	538			
6	<b>Nachweise für Naturbrandbeanspruchung</b> . . . . .	539			
6.1	Allgemeines . . . . .	539			
6.2	Naturbrandmodelle . . . . .	540			

## V Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau . . . . . 555

Jürgen Grünberg, Norbert Vogt

1	<b>Einführung</b> . . . . .	557	2.4.2	Bemessungssituationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit . . . . .	563
2	<b>Grundlagen des Sicherheitskonzepts</b> . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Nachweise für Bauteile mit geotechnischen Einwirkungen und Baugrundwiderständen . . . . .</b>	<b>575</b>	3.9	Zusammenfassung . . . . .	587
3.1	Die drei Nachweisverfahren in der Geotechnik nach EN 1990 in Verbindung mit EN 1997 . . . . .	575	<b>4</b>	<b>Anwendungsbeispiele . . . . .</b>	<b>587</b>
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
			<b>5</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>635</b>

<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>637</b>
---------------------------------------	------------



## Inhaltsübersicht

# 2

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

## Inhaltsübersicht

# 1

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

# Inhaltsverzeichnis

## 2

<b>VI</b>	<b>Tragwerksplanung im Bestand</b> .....	1			
	Frank Fingerloos, Jürgen Schnell				
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	3	6.3.2	Nachweis nach DIN 1045-1:2008-08 mit Lasterhöhung .....	28
<b>2</b>	<b>Bestandsschutz</b> .....	3	6.3.3	Nachweis mit modifizierten Teilsicherheitsbeiwerten .....	29
2.1	Grundlagen .....	3	6.3.4	Vergleich der Ergebnisse .....	30
2.2	Umsetzung .....	4			
2.3	Zusammenfassung .....	7			
<b>3</b>	<b>Besonderheiten bei der Tragwerksplanung</b> .....	7	<b>7</b>	<b>Ermittlung der Tragfähigkeit auf der Grundlage von Belastungsversuchen</b> .....	30
3.1	Allgemeines .....	7	7.1	Entwicklung .....	30
3.2	Bestandsaufnahme und Bestandsbewertung .....	7	7.2	Aufgabenstellung .....	31
3.3	Berücksichtigung baubetrieblicher Abläufe .....	8	7.3	Anwendungsbereiche .....	31
3.4	Bemessung und Konstruktion .....	10	7.4	Rechnerische Beurteilung der vorhandenen Tragfähigkeit .....	32
<b>4</b>	<b>Historische Normen und Zulassungen des Beton- und Stahlbetonbaus</b> .....	13	7.5	Voraussetzungen .....	32
<b>5</b>	<b>Analyse bestehender Tragwerke auf Grundlage vorhandener Planungsdokumente</b> .....	17	7.6	Planung .....	33
5.1	Betoneigenschaften .....	17	7.7	Messtechnik .....	35
5.1.1	Rechenwert der charakteristischen Betondruckfestigkeit .....	17	7.8	Durchführung und Auswertung .....	35
5.1.2	Bestimmung der charakteristischen Betondruckfestigkeit am Tragwerk ..	19	7.9	Fazit .....	36
5.2	Betonstahleigenschaften .....	20	<b>8</b>	<b>Abschätzung der Feuerwiderstandsdauer historischer Betonkonstruktionen</b> .....	36
<b>6</b>	<b>Teilsicherheitsbeiwerte für Bestandsbauten</b> .....	22	8.1	Allgemeines .....	36
6.1	Allgemeines .....	22	8.2	Baustoffe .....	39
6.2	Biegebemessung von Stahlbetonbauteilen .....	23	8.2.1	Beton .....	39
6.2.1	Einfluss des Verhältnisses von ständiger Last und Nutzlast .....	24	8.2.2	Betonstahl .....	41
6.2.2	Einfluss der Betondruckfestigkeit ..	24	8.2.3	Putze .....	41
6.2.3	Auswirkung des Längsbewehrungsgrades .....	24	8.2.4	Baustoffklassen .....	42
6.2.4	Optimierte Teilsicherheitsbeiwerte für Biegezugversagen .....	25	8.3	Bauteile .....	42
6.3	Beispiel: Nachweis Büro-/Wohnhausdeckenplatte .....	28	8.3.1	Stahlbetondecken .....	42
6.3.1	Vorhandene Bemessung nach DIN 1045:1972-01 .....	28	8.3.2	Stahlsteindecken .....	42
			8.3.3	Kappendecken .....	43
			8.3.4	Glasstahlbeton .....	43
			8.3.5	Balken .....	43
			8.3.6	Stützen .....	44
			<b>9</b>	<b>Historische Bestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau – Bemessung, Ausführung, Beton, Betonstahl</b> .....	44
			<b>10</b>	<b>Literatur</b> .....	49

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

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	<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .</b>	<b>125</b>
7.5.1	Life-365 . . . . .	124	<b>9</b>	<b>Literatur . . . . .</b>	<b>125</b>
7.5.2	RC-LifeTime . . . . .	124			
<b>VIII</b>	<b>Monitoring im Betonbau . . . . .</b>	<b>135</b>			
	Konrad Zilch, Hermann Weiher, Christian Gläser				
<b>1</b>	<b>Einleitung . . . . .</b>	<b>137</b>	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
<b>2</b>	<b>Klassifizierung von Bauwerken . . . . .</b>	<b>139</b>	4.4	Datenreduktion und -auswertung . .	154
2.1	Funktionen von Betonbauteilen . . . .	139	<b>5</b>	<b>Bewertung der Messergebnisse . . . . .</b>	<b>155</b>
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
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Monitoring- aufgabe . . . . .</b>	<b>143</b>	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	<b>6</b>	<b>Anwendungsbeispiele . . . . .</b>	<b>160</b>
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
<b>4</b>	<b>Datenmanagement und -auswertung</b>	<b>150</b>	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	<b>Ausblick</b> . . . . .	180
6.5.1	Rissbildung bei Walzbetonstaumauer . . . . .	176	8	<b>Literatur</b> . . . . .	181
<b>IX</b>	<b>Ertüchtigung im Bestand – Verstärkungen mit Kohlenstofffasern</b> . . . . .	185			
	Konrad Bergmeister				
<b>1</b>	<b>Einführung</b> . . . . .	187	5.3	Verbundgesetz – Verbundbruchkraft . . . . .	200
<b>2</b>	<b>Abtragungstechniken und Vorbereitung des Betonuntergrundes</b> . . . . .	188	5.4	Zugverankerung – Zugspannung . . . . .	202
2.1	Betonfräsen . . . . .	188	<b>6</b>	<b>Verstärken von Biegebalken – Bemessung und konstruktive Durchbildung</b> . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Erhaltungs- und Instandsetzungsmethoden im oberflächennahen Bereich</b> . . . . .	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
<b>4</b>	<b>Externe Vorspannung</b> . . . . .	193	6.8	Biegeverstärkung mit vorgespannten CF-Lamellen . . . . .	213
<b>5</b>	<b>Verstärkung mit Kohlenstofffasern</b> . . . . .	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	<b>Verstärkung von Stützen – Bemessung und konstruktive Durchbildung</b> . . . . .	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	<b>Verstärkung von Wandscheiben – Bemessung und konstruktive Durchbildung</b> . . . . .	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	<b>Literatur</b> . . . . .	228
7.2.4	Bemessungsvorschlag aufgrund von Versuchen . . . . .	224			
<b>X</b>	<b>Integrale Konstruktionen aus Beton</b> . . . . .	231			
	Josef Taferner, Manfred Keuser, Konrad Bergmeister				
1	<b>Einführung</b> . . . . .	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	<b>Wesentliche Aspekte der Bemessung und der konstruktiven Durchbildung</b> . . . . .	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	<b>Zwangeinwirkungen und Bewertung von Zwang in Normen</b> . . . . .	241	7.2.1	Ausgangssituation . . . . .	327
3	<b>Einflüsse auf zentrische Zwangbeanspruchungen</b> . . . . .	257	7.2.2	Einfluss der Lastgeschichte . . . . .	329
4	<b>Moderne Werkstoffe für integrale Bauwerke</b> . . . . .	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	<b>Bauwerksmonitoring am Beispiel des Gebäudes der Universität Brixen (Italien)</b> . . . . .	347
4.4.3	Kriechen und Relaxation bei zwangbeanspruchten Tragwerken . . . . .	281	8.1	Gebäude der Universität Brixen . . . . .	347
5	<b>Tragwerkskonzepte</b> . . . . .	287	9	<b>Zusammenfassung und Entwurfsempfehlungen</b> . . . . .	358
5.1	Bewegungs- und Dehnfugen . . . . .	287	10	<b>Literatur</b> . . . . .	363
5.2	Sonderfälle . . . . .	293			
6	<b>Modellierung für die statische Berechnung</b> . . . . .	301			
6.1	Nichtlineare Finite-Elemente-Modelle zur Berechnung von Tragwerken aus Stahlbeton . . . . .	301			

<b>XI</b>	<b>Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden</b> . . . . .	371
	Hannes Spieth, Konrad Bergmeister, Alfred Stein, David Lehmann, Raimund Hilber, Roland Unterweger, Joachim Lehmann, Paul Schmieder	
<b>1</b>	<b>Allgemeiner Überblick</b> . . . . .	373
<b>2</b>	<b>Verankerungs- und Befestigungstechnik für vorgehängte Fassadensysteme</b> . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Befestigungstechnik für Wärmedämmverbundsysteme</b> . . . . .	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
<b>4</b>	<b>Lebensdauer</b> . . . . .	440
4.1.1	Lebensdauer – Schaden und Abnutzungsvorrat . . . . .	441
4.1.2	Lebensdauer – Erhaltungsstrategien . . . . .	442
<b>5</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	443

<b>XII</b>	<b>Normen und Regelwerke</b> .....	447		
	Frank Fingerloos			
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	449	<b>3</b>	<b>Listen und Verzeichnisse</b> .....
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 .....
<b>2</b>	<b>Technische Regeln des Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbaus</b> . . .	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	<b>4</b>	<b>Literatur</b> .....
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		
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	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

