

Ausführliches Inhaltsverzeichnis

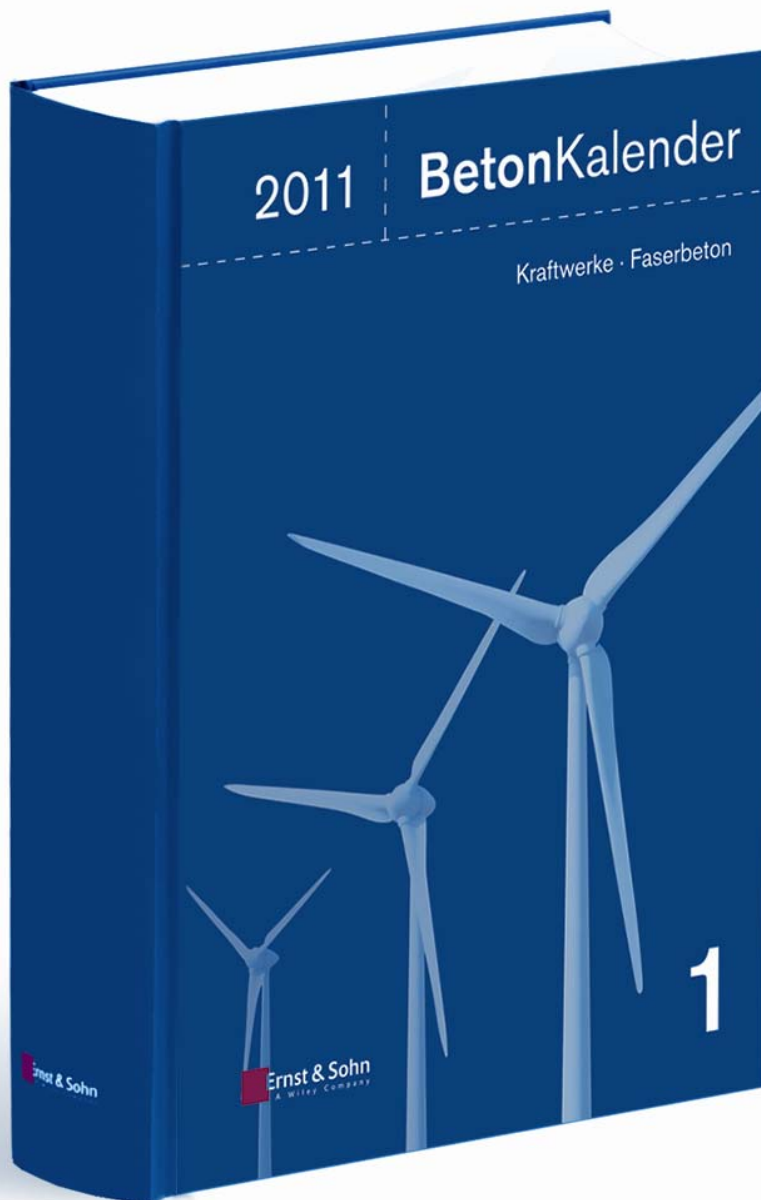
Beton-Kalender 2011

Schwerpunkt: Kraftwerke, Faserbeton

Herausgeber: Konrad Bergmeister, Frank Fingerloos, Johann-Dietrich Wörner

Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-02954-1



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

 **Ernst & Sohn**
A Wiley Company

2011

BetonKalender

Kraftwerke
Faserbeton

Herausgegeben von

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

Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

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

100. Jahrgang

Hinweis des Verlages

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

Titelfoto: Mathias Euler, Stuttgart

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.

© 2011 Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,
Rotherstr. 21, 10245 Berlin, Germany

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
Herstellung: HillerMedien, Berlin
Satz: Hagedorn Kommunikation GmbH, Viernheim
Druck und Bindung: Ebner & Spiegel, Ulm
Printed in the Federal Republic of Germany.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISBN 978-3-433-02954-1

ISSN 0170-4958

Vorwort

Der Beton-Kalender 2011 behandelt das aktuelle Thema der baulichen Anlagen zur Energieversorgung mit den wesentlichen Aspekten der Energieumwandlung und des Kraftwerksbaus sowie den aktuellen Stand des Baustoffs Faserbeton. Die wissenschaftlichen Grundlagen werden genauso wie die praktischen Hinweise zur Bemessung, zur konstruktiven Durchbildung und die in den Fachgremien diskutierten Regelwerke in fachlich abgestimmten Beiträgen dargelegt. Das Ingenieur-Know-How entwickelt sich auf dem Grundlagenwissen, ergänzt mit aktualisiertem Fachwissen. Der Bauingenieur muss die Vernetzung der Wissensgebiete beherrschen. Dies gilt vermehrt für die Zukunft. Er muss sein Wissen ständig erneuern und es unmittelbar mit praktischer Konstruktionserfahrung ergänzen. Zum Wissen gehört das Kennen des eigenen Fachgebietes, das vernetzte Denken und das Suchen nach Neuem. Fachwissen ist Erfahrungswissen, das nur durch ständige Weiterbildung erhalten werden kann. Dieses Wissen muss ein Leben lang aktualisiert werden – eine bewährte Möglichkeit ist die Lektüre des Beton-Kalenders!

Johann-Dietrich Wörner und *Bernhard Milow* stellen in ihrem Einleitungsbeitrag zur Energie und zu den Kraftwerkstechnologien die derzeitige Situation der Energiepolitik und der heutigen sowie der zukünftigen Energieversorgung dar. Die Nachhaltigkeit der Energieversorgung wird durch das Energiesparen, eine effiziente Energieumwandlung und die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Brennstoffe bestimmt. In allen drei Handlungslinien bestimmen Bauingenieure durch ihr Fachwissen den Fortschritt. In einem Überblick werden die Verfahren und Anlagen zur Energiewandlung sowohl im konventionellen Bereich der Kraftwerke als auch die erforderlichen Bauwerke bei erneuerbaren Energien diskutiert.

Jürgen Grünberg und *Joachim Göhlmann* haben in umfassender Weise die Windenergieanlagen in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise bearbeitet. Bei der Entwicklung und Herstellung von Wind-

energieanlagen nehmen Deutschland und Österreich weltweit eine herausragende Stellung ein. Anfang 2010 waren in der EU Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von mehr als 75.000 MW am Netz. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Einwirkungen, wobei die Windlasten basierend auf der DIN 1055-4 vertiefend dargestellt werden. Für die Bemessung der Tragkonstruktionen werden das nichtlineare Werkstoffverhalten und das geometrisch nichtlineare Strukturverhalten berücksichtigt. Die Bemessung in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise wird sowohl auf die DIN 1045-1 (2008) als auch auf die DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2 mit dem nationalen Anhang (Entwurf 2010) bezogen. Speziell wird auch die Herstellung von Türmen aus Spannbeton behandelt, bei der besondere Entwurfskriterien, die weitere Entwicklung der Segmentbauweise und die Gründungsbauwerke diskutiert werden.

Rolf Katzenbach, *Frithjof Clauß*, *Thomas Waberseck* und *Isabel M. Wagner* beschreiben den aktuellen Wissensstand der Geothermie. Nach einer allgemeinen Einleitung in die thermischen Eigenschaften und den Wärmetransport von Böden wird die Technologie der oberflächennahen Geothermie beschrieben. Detailliert wird auf die Planung, Erkundung, Bemessung und konstruktive Durchbildung der Anlagen eingegangen. Dabei werden die verschiedenen Bohrverfahren erläutert und Erdwärmekollektoren, Geothermiesonden, Energiepfähle sowie auch die direkte Grundwassernutzung behandelt. Aspekte der Qualitätssicherung, der messtechnischen Überwachung und verwaltungsrechtliche Notwendigkeiten zur Genehmigung in Deutschland runden den Beitrag ab.

Diethelm Linse befasst sich mit den Stau Mauern aus Beton und Mauerwerk. Dabei werden die Gewichts- und die Bogenstau Mauern detailliert behandelt. Neben der Gestaltung werden auch Aspekte der Bauausführung und der Tragmechanismen einbezogen. Für den Nachweis der Tragfähigkeit wird die DIN 19700 mit globalen Sicherheitsbeiwerten verwendet, wobei mit einer Lebensdauer von 100 Jahren gerechnet wird. Für

die Gebrauchstauglichkeit sind die Nachweise der Dichtigkeit und der Fugenklaffungen zu erbringen. Wesentlich bei den Staumauern ist die Bauwerksüberwachung sowohl in der Bauphase als auch besonders während des Betriebs. Die Möglichkeiten der Ertüchtigung von Staumauern werden anhand von Beispielen dargestellt.

Die Planung und den Bau von Kleinwasserkraftwerken behandelt *Bernhard Pelikan*. Gerade bei der Planung müssen die Landschaftseinbindung, die ökologischen und wasser- sowie bautechnischen Aspekte einbezogen werden. Die einzelnen Wasserkraftanlagen werden beschrieben und die Anwendungsbereiche der Turbinen mit ihren Wirkungsgraden aufgezeigt.

Peter Osterrieder, Dieter Werner und *Marc Simon* stellen Konzepte der Tragwerksplanung im Kraftwerksbau vor. Die notwendige Tiefe der Tragwerkskonzeption in den verschiedenen Planungsphasen wird aufgezeigt und der Projektablauf detailliert dargestellt. Hinweise zur konstruktiven Ausbildung der Gründungen, der Treppentürme, des Maschinen- und Kesselhauses, des Kohlelagers, der Silos, des Kühlsystems mit dem Kühlturm und dem Pumpenhaus runden diesen Beitrag ab.

Rüdiger Meiswinkel, Julian Meyer und *Jürgen Schnell* behandeln umfassend die Bautechnik im Kernkraftwerksbau. Neben den Grundlagen zur Stromerzeugung aus der Kernspaltung werden die Aspekte der Sicherheit, der Genehmigung und der Planungs- und Auslegungsanforderungen betrachtet. Detailliert werden die Bauwerke bis hin zu den baulichen Anlagen für die Entsorgung beschrieben. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die außergewöhnlichen Einwirkungen wie Störfälle, Brände, Explosionen, Erdbeben und Hochwasser bei der bautechnischen Auslegung gerichtet. Das Sicherheitskonzept und die Hinweise für die Bemessung der Bauteile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton beziehen sich auf die DIN (DIN 25449; DIN 1045-1)- und Eurocode-Normen sowie auf die kernkraftspezifischen Regelwerke (KTA-GS-78; KTA 2201.3). Die Auslegung und Bemessung der Befestigungselemente unter Berücksichtigung des Leitfadens für Dübelbefestigungen in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen (DIBt-Leitfaden, 2010) finden sich ebenfalls in diesem Beitrag. Erläuterungen der Aufgaben und Anforderungen an die Bauwerksabdichtung sowie des Alterungs- und Lebensdauermanagements beschließen die Ausführungen.

Ludger Lohaus, Lasse Petersen, Robert Griese und *Steffen Anders* befassen sich mit Beton für den Kraftwerksbau. Im Detail werden die betontechnischen Anforderungen und die betontechnologischen Zusammensetzungen für typische Bauteile

im Kraftwerksbau beschrieben. Einige Besonderheiten der Betontechnologie für Windenergieanlagen, Schwergewichtsgründungen, kraft- und formschlüssige Verbindungen sowie für die Herstellung von Wärmespeichern werden ebenfalls behandelt.

Horst Falkner und *Jens-Peter Grunert* geben einen Überblick über die Technologie und die Anwendungspotenziale von Faserbeton. Die Wirkungsweisen von Fasern in Beton werden aufgezeigt und die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Fasermaterialien besprochen. Auf die Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit wird erläuternd eingegangen. Interessant ist die Zusammenstellung von Normen und Richtlinien für Faserbeton in verschiedenen Ländern.

Klaus Holschemacher, Frank Dehn und *Yvette Klug* erklären in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht die Grundlagen des Faserbetons. Die unterschiedlichen Faserarten und Werkstoffeigenschaften sowie deren Wirkungsweise im Beton werden dargestellt. Spezifisch wird die Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung von Stahlfaserbeton und Glasfaserbeton behandelt und das aktuelle technische und baupraktische Wissen aufbereitet. Abschließend wird auch der Einsatz von Fasern in Sonderbetonen, wie Leichtbeton, selbstverdichtender Beton, hochfester sowie duktiler Beton, behandelt.

Martin Empelmann, Manfred Teutsch und *Marco Wichers* befassen sich im Beitrag „Baukonstruktionen aus Faserbeton“ nach einer Einführung in die Faserarten und deren Eigenschaften mit den normativen Regelungen von Faserbeton. Das Hauptaugenmerk legen die Autoren auf die Anwendungen von Stahlfaserbeton für Rohre, Decken, Fundamente und Bodenplatten sowie Industriefußböden, Wände, schlaff bewehrte und vorgespannte Balken und Stützen. Im Tunnelbau wird Stahlfaserspritzbeton vielfältig eingesetzt – als Erstsicherung, bei den Innenschalen, aber auch bei Fertigteil-Tübbingen. Faserbetone haben sich auch bei Sanierungs- und Instandsetzungsarbeiten sowie in Verbindung mit Hochleistungsbetonen wirkungsvoll bewährt.

Manfred Teutsch, Udo Wiens und *Christoph Alfes* geben Erläuterungen zur neu erschienenen DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“. Wesentlicher Inhalt sind die Bemessungsgrundlagen der Tragfähigkeit für die Biegung mit und ohne Längskraft, für die Querkraft, für das Durchstanzen und die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit in Ergänzung und Änderung zu DIN 1045-1. Der Teil 2 der Richtlinie gilt für die Herstellung von Stahlfaserbeton und beinhaltet Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.

Jörg Moersch und Jörg Haßhoff haben den Beitrag „Betonstahl und Spannstahl“ verfasst, in dem ausführlich die jeweiligen Produktgruppen vorgestellt werden unter Berücksichtigung der geltenden DIN- und EN-Normen sowie allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.

Christoph Gehlen, Till Felix Mayer und Stefanie von Greve-Dierfeld beschreiben die Lebensdauerbemessung von Beton. Umfassend werden die Modelle der Karbonatisierung, der Chloriddiffusion und der Korrosion erläutert. Auf den Grundlagen der Probabilistik werden die Möglichkeiten der Bemessung in Bezug auf die Dauerhaftigkeit und damit Abschätzungen für die Lebensdauer von Beton aufgezeigt.

Bernd Hillemeier, Claus Flohrer, Jürgen Krell, Gabriele Marquardt, Jeanette Orłowsky, Michael Raupach, Karsten Schubert und Stephanie Schuler stellen in umfassender Weise die Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken dar. Die Normen, Richtlinien und Vorschriften zum Thema „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, die den Stand der Technik und die allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik widerspiegeln, werden aufgezeigt. Zukunftsgerichtet werden die wichtigsten Voraussetzungen für einen sorgfältigen Neubau mit 10 Regeln für guten Beton, statt nachträglicher Sanierung, vorgestellt. Dabei werden neben dem Beton auch die Kunststoffe detailliert behandelt. Die Angriffe auf Beton und die Schadensmechanismen werden bauchemisch beschrieben und deren Auswirkungen aufgezeigt. Das sorgfältige Vorgehen bei der Bestandsaufnahme und Schadensdiagnose mit den entsprechenden Prüfmethode wird praxisbezogen dargestellt. Dabei werden neben den In-situ-Versuchen auch die verschiedenen Prüfverfahren im Labor beschrieben. Der Hauptteil behandelt die Instandsetzung von Beton- und Korrosionsschäden der Bewehrung. Detailliert werden die Maßnahmen mit ihren Anwendungsbereichen veranschaulicht. Ein eigener Abschnitt widmet sich den Sonderverfahren wie der Realkalisierung für den Korrosionsschutz der Bewehrung, der Realkalisierung des karbonatisierten Betons, dem kathodischen

Korrosionsschutz, dem Faserspritzbeton als Instandsetzungsmaßnahme, der extern eingebauten Bewehrung und dem Glass-Lining – einer fugenlosen Beschichtung mit Dünnglas. Auch das Aufbringen von dünnen Schutz-, Dicht- und Verschleißschichten in Form von Feinkornbetonen wird kurz behandelt.

Der Abschnitt Normen und Regelwerke wird von Frank Fingerloos gestaltet. Dabei wird letztmalig die vollständige DIN-1045-Reihe vor der Einführung des Eurocodes 2 in Deutschland im Beton-Kalender abgedruckt und erläutert (inkl. Teil 100: Ziegeldecken). Auch die neue DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“, welche direkt Bezug auf die DIN 1045 nimmt, wird komplett abgedruckt. Mit DIN 19700 „Stauanlagen“ Teil 10: Gemeinsame Festlegungen und Teil 11: Talsperren werden relevante Regelwerke zu den Kapiteln über Talsperren und Kraftwerksbauten ergänzt.

Außerdem finden sich in diesem Kapitel die Listen der für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau relevanten Baunormen und technischen Bestimmungen, der aktuellen Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton und ein aktuelles Verzeichnis der Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins. Neu ist ab diesem Beton-Kalender die Aufnahme eines weiteren Verzeichnisses mit den Richtlinien und Merkblättern der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik.

Der Beton-Kalender 2011 bietet wieder aktuelles Fachwissen, gebündelt mit den neuesten Entwicklungen im normativen Bereich. Die Herausgeber wünschen Freude beim Lesen und Erfolg bei der konstruktiven Umsetzung.

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

Dr.-Ing. Frank Fingerloos, Berlin

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

September 2010

Inhaltsübersicht

1

	Inhaltsverzeichnis	IX
	Anschriften	XIX
	Beiträge früherer Jahrgänge	XXI
I	Energie, Kraftwerksbau	1
	Johann-Dietrich Wörner, Bernhard Milow	
II	Windenergieanlagen in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise	19
	Jürgen Grünberg, Joachim Göhlmann	
III	Geothermie	169
	Rolf Katzenbach, Frithjof Clauß, Thomas Waberseck, Isabel M. Wagner	
IV	Staumauern aus Beton und Mauerwerk	221
	Diethelm Linse	
V	Planung und Bau von Kleinwasserkraftwerken	275
	Bernhard Pelikan	
VI	Konzepte der Tragwerksplanung im Kraftwerksbau	311
	Peter Osterrieder, Dieter Werner, Marc Simon	
VII	Bautechnik im Kernkraftwerksbau	343
	Rüdiger Meiswinkel, Julian Meyer, Jürgen Schnell	
VIII	Beton im Kraftwerksbau	433
	Ludger Lohaus, Lasse Petersen, Robert Griese, Steffen Anders	
	Stichwortverzeichnis	517

Inhaltsübersicht

2

	Inhaltsverzeichnis	V
	Anschriften	XVII
IX	Faserbeton	1
	Horst Falkner, Jens-Peter Grunert	
X	Grundlagen des Faserbetons	19
	Klaus Holschemacher, Frank Dehn, Yvette Klug	
XI	Baukonstruktionen aus Faserbeton	89
	Martin Empelmann, Manfred Teutsch, Marco Wichers	
XII	Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton	141
	Manfred Teutsch, Udo Wiens, Christoph Alfes	
XIII	Betonstahl und Spannstahl	177
	Jörg Moersch, Jörg Haßhoff	
XIV	Lebensdauerbemessung	229
	Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Stefanie von Greve-Dierfeld	
XV	Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken	279
	Bernd Hillemeier, Claus Flohrer, Jürgen Krell, Gabriele Marquardt, Jeanette Orlowsky, Michael Raupach, Karsten Schubert, Stephanie Schuler	
XVI	Normen und Regelwerke	411
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	801

Inhaltsverzeichnis

1

I	Energie, Kraftwerksbau	1			
	Johann-Dietrich Wörner, Bernhard Milow				
1	Allgemeines	3	6	Besondere Aspekte verschiedener Kraftwerkstypen	9
2	Energiepolitik	3	7	Bauwerke und Konstruktionen	10
3	Heutige Energieversorgung	4	8	Einwirkungen	17
4	Zukünftige Energieversorgung	7	9	Literatur	17
5	Kraftwerkstypen/Energiewandlung	8			
II	Windenergieanlagen in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise	19			
	Jürgen Grünberg, Joachim Göhlmann				
1	Allgemeines	21	2.6.4	Integralgleichungsmethode (Singularitätenmethode)	62
2	Einwirkungen auf Windenergieanlagen	23	2.6.5	Vertikale Zylinder (<i>Mac Camy</i> und <i>Fuchs</i>)	66
2.1	Ständige Einwirkungen	23	2.6.6	Potenzialtheorie höherer Ordnung	68
2.2	Anlagenbetrieb (Rotor und Gondel)	23	2.6.7	Wellenlasten auf großvolumige Offshore-Strukturen	70
2.3	Windlasten	23	2.7	Temperatureinwirkungen	74
2.3.1	Windlasten für landseitige Windenergieanlagen (LWEA)	23	2.8	See-Eis	74
2.3.2	Windlasten für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA)	34	2.9	Vereisung von Bauteilen	77
2.4	Höhe des Seewasserstands	41	3	Nichtlineares Werkstoffverhalten	77
2.5	Hydrodynamische Umweltbedingungen	42	3.1	Einführung	77
2.5.1	Seeströmungen	42	3.2	Stoffgesetze für Stahlbeton und Spannbeton	78
2.5.2	Natürlicher Seegang	43	3.3	Biegemoment-Verkrümmungs-Beziehungen	82
2.5.3	Harmonische Elementarwelle	43	3.3.1	Stahlbetonquerschnitte allgemein	82
2.5.4	Wellen finiter Steilheit	45	3.3.2	Spannbetonquerschnitte allgemein	83
2.5.5	Statistische Beschreibung des Seegangs	47	3.3.3	Stahlbeton-Kreisringquerschnitte	84
2.5.6	Kurzzeit-Statistik des Seegangs	47	3.4	Verformungen und Biegemomente nach Theorie 2. Ordnung	87
2.5.7	Langzeitstatistik des Seegangs	52	3.5	Querschnittsbemessung im Grenz-zustand der Tragfähigkeit	87
2.5.8	Extremwerte des Seegangs	54	3.6	Räumliche mechanische Modelle für Beton	89
2.5.9	Brechende Wellen	56	3.6.1	Spannungszustände und Bruchbedingungen	89
2.6	Hydrodynamische Analyse	56	3.6.2	Versagensmodelle für Beton	89
2.6.1	Allgemeines	56	3.6.3	Konstitutive Modelle	92
2.6.2	Morison-Formel	57			
2.6.3	Potenzialtheoretische Verfahren – lineares Bewegungsverhalten	61			

4	Tragkonstruktionen und Bemessung . . . 92	4.9.2.1	Vereinfachte Nachweise für Beton 130
4.1	Berechnungsgrundlagen 92	4.9.2.2	Direkter Nachweis nach DIBt-Richtlinie 131
4.2	Strukturmodell für den Turmschaft . . 93	4.9.3	Mehrstufige Ermüdungsbeanspruchungen 133
4.3	Schwingungsuntersuchung 95	4.9.4	Bruchschwingspielzahlen für mehraxiale Ermüdungsbeanspruchungen 133
4.3.1	Ein- und Mehrmassenschwinger 95	4.9.4.1	Vorgehen 133
4.3.2	Energiemethode 96	4.9.4.2	Ableitung der Schädigungsvariablen κ_c^{fat} und κ_r^{fat} 135
4.3.3	Eigenfrequenzuntersuchung der Tragkonstruktion 99	4.9.4.3	Bruchumhüllende unter Ermüdungsbeanspruchung 137
4.4	Vorspannung 100	4.9.4.4	Versagenskurven unter zweiachialer Ermüdungsbeanspruchung 138
4.5	Auslegung landseitiger Windenergieanlagen (LWEA) 102	4.9.5	Bemessungsvorschlag bei mehraxialer Ermüdung 141
4.5.1	Gesamtdynamische Berechnung . . . 102	4.9.5.1	Vorgehen bei der Bemessung auf Basis der linearen Akkumulationshypothese 141
4.5.2	Vereinfachte Berechnung 102	4.9.5.2	Herleitung von Modifikationsfaktoren $\lambda_{c3}(N, r)$ für Ermüdungsbeanspruchungen am Druckmeridian 142
4.5.3	Einwirkungskombinationen nach DIBt-Richtlinie (onshore) 103	4.9.5.3	Herleitung von Modifikationsfaktoren $\lambda_{c2}(N, \alpha)$ für zweiachiale Ermüdungsbeanspruchung 143
4.5.4	Teilsicherheitsbeiwerte nach DIBt-Richtlinie 106	4.10	Bemessung von Knotenpunkten . . . 146
4.6	Auslegung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) 106	4.11	Bemessung der Gründung 151
4.6.1	Steuerungs- und Sicherheitssystem . 106	5	Herstellung von Türmen aus Spannbeton 153
4.6.2	Bemessungssituationen und Lastfälle 107	5.1	Einleitung 153
4.6.3	Grundlegende Überlegungen zum Sicherheitskonzept 107	5.2	Hybride Tragwerke aus Stahl und Spannbeton 153
4.6.4	Einwirkungskombinationen nach GL-Guideline 110	5.3	Spannbetontürme in Segmentbauweise 154
4.6.5	Teilsicherheitsbeiwerte nach GL-Guideline 116	5.3.1	Beispiele für Konstruktion und Ausführung 154
4.7	Grenzzustand der Tragfähigkeit . . . 117	5.3.2	Weiterentwicklung der Segmentbauweise 157
4.7.1	Verformungsberechnung nach Theorie 2. Ordnung 117	5.4	Offshore-Gründungstragwerke aus Beton 158
4.7.2	Lineare Berechnung der Schnittgrößen 120	5.4.1	Kompakte Gründungsstrukturen mit Eiskonus 159
4.7.3	Nachweis der Spannungen im Turmschaft 121	5.4.2	Entwurf, Herstellung, Transport und Installation bei Gründungskonstruktionen aus Beton 160
4.7.4	Besonderheiten bei der Segmentbauweise 121	5.4.2.1	Besondere Entwurfskriterien 161
4.8	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 126	5.4.2.2	Herstellung 161
4.8.1	Beanspruchung des Turmschafts durch äußere Einwirkungen 126	5.4.2.3	Transport und Installation 162
4.8.2	Beanspruchung der Schaftwand durch Zwang 126	5.4.2.4	Flach- und Tiefgründung 163
4.8.3	Besonderheiten bei der Segmentbauweise 127	5.4.2.5	Innovationen 164
4.9	Grenzzustand der Ermüdung 127	6	Literatur 166
4.9.1	Ermüdungswirksame Einwirkungen auf Tragkonstruktionen für Windenergieanlagen 128		
4.9.1.1	Einwirkungen aus Wind und Anlagenbetrieb 128		
4.9.1.2	Einwirkungen aus Wellen und Seegang 129		
4.9.2	Ermüdungsnachweise nach der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen 130		

III	Geothermie	169		
	Rolf Katzenbach, Frithjof Clauß, Thomas Waberseck, Isabel M. Wagner			
1	Allgemeines	171	4.2.2	Theoretische Grundlagen
1.1	Begriffsdefinition	171	4.2.3	Weiterentwicklungen des
1.2	Geothermische Energie	171		Geothermal Response Tests
1.3	Thermische Eigenschaften von		4.3	Laboruntersuchungen
	Böden	172	4.3.1	Experimentelle Bestimmung der
1.3.1	Wärmekapazität	172		Wärmeleitfähigkeit
1.3.2	Wärmeleitfähigkeit	174	4.3.2	Experimentelle Bestimmung der
1.3.3	Temperaturleitfähigkeit	178		Wärmekapazität
1.4	Wärmetransport im Boden	179	4.4	Dimensionierung
1.4.1	Allgemeines	179	4.4.1	Allgemeines
1.4.2	Wärmeleitung oder Konduktion	179	4.4.2	Geothermiesonden
1.4.3	Konvektion	179	4.4.3	Erdwärmekollektoren
1.4.4	Dispersion	181	4.4.4	Energiepfähle und andere
1.4.5	Wärmetransportgleichung	181	4.4.5	erdberührte Betonbauteile
2	Technologien der oberflächennahen			Grundwasserbrunnen
	Geothermie	182	5	Herstellung und Konstruktive
2.1	Einleitung	182		Durchbildung
2.2	Technische Baugrundausrüstung	182	5.1	Bohrverfahren
2.2.1	Geschlossene Systeme	182	5.1.1	Trockenbohrverfahren
2.2.2	Offene Systeme	185	5.1.2	Spülbohrverfahren
2.3	Technische Gebäudeausrüstung	185	5.1.3	Kernbohrverfahren
2.3.1	Allgemeines	185	5.2	Konstruktive Durchbildung von
2.3.2	Wärmepumpe	186		Wärmeaustauschern im Baugrund
2.4	Betriebsarten	187	5.2.1	Erdwärmekollektoren
2.5	Beispiele	188	5.2.2	Geothermiesonden
2.5.1	Energiepfahlanlage PalaisQuartier,		5.2.3	Energiepfähle und andere
	Frankfurt am Main	188		erdberührte Betonbauteile
2.5.2	Einsatz von Geothermie im			(Massivabsorber)
	Verkehrswegebau	190	5.3	Horizontale Anbindung
3	Planung und Projektablauf	191	5.4	Direkte Grundwassernutzung
3.1	Einleitung	191	6	Qualitätssicherung
3.2	Leistungsphasen und Planungsaufgaben	191	6.1	Einführung
3.2.1	Grundlagenermittlung	192	6.2	Qualitätssicherung in der
3.2.2	Vorplanung	193	6.3	Planungsphase
3.2.3	Entwurfsplanung	193	6.4	Qualitätssicherung in der
3.2.4	Genehmigungsplanung	193		Herstellungsphase
3.2.5	Ausführungsplanung	194	6.5	Qualitätssicherung in der
3.2.6	Vorbereitung der Vergabe	194		Betriebsphase
3.2.7	Mitwirkung bei der Vergabe	194	6.6	Dokumentation
3.2.8	Objektüberwachung			Messtechnische Überwachung
	(Bauüberwachung oder Bauober-		7	Rechtliche Aspekte und
	leitung)	194		Genehmigung
3.2.9	Objektbetreuung und		7.1	Allgemeines
	Dokumentation	194	7.2	Bergrecht
4	Geothermische Erkundung und		7.3	Wasserrecht
	Dimensionierung	195	7.4	Bodenschutzrecht
4.1	Einleitung	195	7.5	Sonstige rechtliche Vorgaben
4.2	Geothermal Response Test (GRT)	195	7.6	Technische und sonstige
4.2.1	Prinzip des Geothermal Response			Regelwerke und Empfehlungen
	Tests	195	8	Literatur
				216

IV	Stauauern aus Beton und Mauerwerk	221
	Diethelm Linse	
1	Einführung	223
2	Konzeption und Gestaltung von Stauauern	223
2.1	Grundsätze der Stauauertypen	223
2.2	Betriebseinrichtungen	224
3	Gewichtsstauauern	225
3.1	Gewichtsstauauern aus Massenbeton	226
3.1.1	Massenbeton	226
3.1.2	Blockweises Betonieren	227
3.1.3	Block- und Arbeitsfugen	228
3.1.4	Injektionen und Drainage	229
3.1.5	Schalung	229
3.2	Gewichtsstauauern aus RCC – Walzbeton	230
3.3	CSG-Mauern	231
3.4	Gewichtsstauauern aus Bruchsteinmauerwerk – Intze-Mauern	232
3.5	Aufgelöste Stauauern	234
3.5.1	Pfeilerstauauern	234
3.5.2	Gewölbereihenmauern	236
4	Bogenstauauern	238
4.1	Mauerformen	238
4.2	Konstruktion von Bogenstauauern	239
5	Planung von Talsperren	240
5.1	Grundlagenermittlung	240
5.2	Genehmigungs- und Ausführungsplanung	241
6	Sicherheitsnachweise	241
6.1	Tragsicherheit	241
6.1.1	Allgemeines	241
6.1.2	Einwirkungen	242
6.1.3	Tragwiderstände	243
6.1.4	Bemessungssituationen	244
6.1.5	Restrisiko	244
6.2	Gebrauchstauglichkeit	245
6.3	Nachweisführung	245
6.3.1	Gewichtsstauauern	245
6.3.2	Bogenstauauern	247
6.3.3	Andere Mauerformen	248
7	Bauwerksüberwachung	248
7.1	Mess- und Kontrolleinrichtungen	249
7.1.1	Allgemeines	249
7.1.2	Wirkgrößen (Messgrößen) und Messmethoden	249
7.2	Berichte	250
7.2.1	Der jährliche Sicherheitsbericht	250
7.2.2	Die vertiefte Überprüfung	251
7.2.3	Probestau	251
7.2.4	Talsperrenbuch	252
8	Beispiele	252
8.1	Gewichtsstauauer Leibis-Lichte	252
8.1.1	Kurzbeschreibung	252
8.1.2	Gründung	253
8.1.3	Beton	253
8.1.4	Maßnahmen zur Reduzierung der Beanspruchungen aus Temperatur	254
8.1.5	Kontrollgänge	256
8.1.6	Mess- und Kontrolleinrichtungen	256
8.1.7	Betriebseinrichtungen	257
8.2	RCC-Mauer	257
8.3	Bogenstauauer	258
8.3.1	Bogenstauauer Punt dal Gall	258
8.3.2	Bogenstauauer Tsankov Kamak	258
9	Sanierung von Massivsperrern	259
9.1	Einführung	259
9.2	Sanierung von Intze-Mauern und ähnlichen Gewichtsstauauern	260
9.2.1	Notwendigkeit der Sanierungen von Intze-Mauern	260
9.2.2	Sanierung von Intze-Mauern	261
9.2.2.1	Beton-Vorsatzschale im Verbund	261
9.2.2.2	Beton-Vorsatzschale gleitend	261
9.2.2.3	Abdichtungsbahnen (Geomembran) an der Wasserseite	263
9.2.2.4	Andere Abdichtungen der Mauerwasserseite	263
9.2.2.5	Sanierung durch Injektionen und Drainagen	263
9.2.2.6	Erhöhung der Mauerauflast durch ein Zusatzgewicht oder Vorspannung	266
9.3	Risse im Beton	266
9.3.1	Rissanierung	266
9.3.2	Rissbildungen in filigranen Stauauern	267
9.4	Sanierung der Luft- und Wasserseiten	269
9.4.1	Mauerwerk	269
9.4.2	Mauerkrone, Überlauf	270
9.4.3	Betonkorrosion	271
9.4.4	Korrosionsschäden an Stahlbetonbauteilen	272
9.5	Betonzerstörung durch Alkali-Kieselsäure-Reaktion	273
10	Literatur	273

V	Planung und Bau von Kleinwasserkraftwerken	275
	Bernhard Pelikan	
1	Kleinwasserkraft in Europa – Potenziale, Bestand und Randbedingungen	277
1.1	Einleitung	277
1.2	Definition	277
1.3	Potenziale	277
1.4	Europa	278
1.5	Welt	279
2	Physikalische und energie-wirtschaftliche Grundlagen	281
2.1	Fallhöhe	281
2.2	Ausbaudurchfluss	281
2.3	Leistung	281
2.4	Arbeit	282
2.5	Wirkungsgrade	282
3	Datenerhebung, Datensammlung	283
3.1	Grundbesitzverhältnisse	283
3.2	Wasserrechte	283
3.3	Hydrologische Daten	284
3.4	Fischereirechte	284
3.5	Topografie – Höhenverhältnisse	284
3.6	Flächenwidmung – Raumplanung – Raumordnung	284
3.7	Ökologierelevante Daten	284
3.7.1	Fischökologie	284
3.7.2	Makrozoobenthos	285
3.7.3	Phytobenthos	285
3.7.4	Vegetationskunde	285
3.8	Terrestrische Fauna	285
4	Hydrologische Grundlagen	285
4.1	Einzugsgebiet	285
4.2	Mittelwasserabfluss	285
4.3	Abflussganglinie – Abflussdauerlinie	286
4.4	Extremwerte	286
5	Grundlagen der angewandten Hydrodynamik	287
5.1	Kontinuitätsbedingung	287
5.2	Energiehöhengleichung nach <i>Bernoulli</i>	287
5.3	Abflusszustände im offenen Gerinne	288
5.4	Impulssatz	289
5.5	Rohrströmung	289
5.5.1	Örtliche Verluste	289
5.5.2	Kontinuierliche Verluste	289
5.6	Gerinneströmung	290
5.7	Überfallströmung	290
5.8	Abfluss unter Schützen	290
5.9	Schwall und Sunk (Instationärer Fließvorgang)	291
5.10	Schleppspannung, Geschiebebewegung	291
5.11	Schwebstoffe	291
6	Klassifizierung und Bauteile	291
7	Wehranlagen	292
7.1	Feste Wehre	292
7.2	Bewegliche Wehre	293
7.2.1	Schütze	293
7.2.2	Segmente	294
7.2.3	Klappen	294
7.2.4	Schläuche	294
8	Wasserfassung und Abwehr von Wasserinhaltsstoffen, Spülung	294
8.1	Positionierung im Flusslauf	295
8.2	Grobbrechen	295
8.3	Tauchwand	295
8.4	Spülschütz	295
8.5	Einlaufschwelle – Kragschwelle	295
8.6	Entkiesung, Entsandung	295
8.7	Spülung	295
8.8	Feinrechen und Rechenreinigung	296
9	Offene Triebwasserwege	296
9.1	Dichtheit	296
9.2	Hydromechanik	297
9.3	Querschnittsformen und -änderungen	297
9.4	Bauweise – Baumaterialien	297
9.5	Linienführung	297
9.6	Gestaltung und Bepflanzung	297
10	Geschlossene Triebwasserwege – Rohrleitungen	298
10.1	Rohrmaterial, Querschnitte, Druckstufen	298
10.2	Verlegung	298
10.3	Druckstoß	298
11	Verschluss- und Regelorgane bei Rohrleitungen	298
11.1	Absperrorgane	299
11.1.1	Keilschieber	299
11.1.2	Drosselklappen	299
11.1.3	Kugelschieber (auch Kugelhahn)	299
11.2	Regelorgane	299
11.2.1	Ringschieber	299
11.2.2	Kegelstrahlschieber	299
12	Turbinen	300
12.1	Einteilung in Abhängigkeit von Q und H	300
12.2	Einteilung nach der Wasserzuführung	301
12.3	Einteilung nach der Regelungsart	301
12.4	Turbinenwirkungsgrad	301
12.5	Durchgangsdrehzahl	302
12.6	Hydraulische Umgebung von Überdruckturbinen	302
12.7	Kaplan-Turbine	302

12.8	Francis-Turbine	303	14.3.3	Einflüsse, resultierend aus der Fallhöhe	306
12.9	Pelton-Turbine	303	14.3.4	Raumgestaltung	307
12.10	Durchströmturbine	303	14.4	Betriebsart	307
12.11	Wasserkraftschnecke	303	14.4.1	Wasserspiegel	307
13	Elektrotechnische Ausrüstung	304	14.4.2	Abfluss	307
13.1	Allgemeines	304	14.5	Emissionen	307
13.2	Elektrische Maschinen	304	14.6	Rechengut	307
13.2.1	Generatoren	304	14.7	Infrastruktur	307
13.2.2	Transformatoren	305	14.8	Fischwanderhilfen	308
13.3	Schutz- und Regeleinrichtungen	305	14.9	Pflichtwasserabgabe	308
13.3.1	Generatorschutz- und -regeleinrichtungen	305	14.9.1	Allgemeines	308
13.3.2	Messeinrichtungen	305	14.9.2	Pflichtwasserfestlegung als Projektinhalt	309
14	Umweltauswirkungen	305	14.9.3	Der geeignete Berechnungsansatz	309
14.1	Allgemeines	305	14.9.4	Gestaffelte und dynamische Abgabe	309
14.2	Auslegungsdaten	306	14.9.5	Die Pflichtwasserturbine	309
14.2.1	Ausbaudurchfluss	306	14.9.6	Flussbauliche Gestaltung der Entnahmestrecke	309
14.2.2	Fallhöhe	306	15	Literatur	309
14.3	Anlagen	306			
14.3.1	Kraftwerkstyp	306			
14.3.2	Bauweise	306			

VI Konzepte der Tragwerksplanung im Kraftwerksbau 311

Peter Osterrieder, Dieter Werner, Marc Simon

1	Einleitung	313	2	Tragwerksplanung	323
1.1	Kraftwerkstechnik	315	2.1	Abgrenzung zum üblichen Industrie- und Hochbau	323
1.1.1	Kraftwerksprozess und Komponenten eines Dampfkraftwerks	315	2.2	Sicherheitskonzept	324
1.1.2	Kraftwerkskennzeichnungssystem KKS	316	2.3	Einwirkungen	324
1.2	Projektablauf	316	2.4	Tragwerke	328
1.2.1	Grundsätzliches	316	2.4.1	Grundsätze	328
1.2.2	Leistungsumfang und Verantwortung der Tragwerksplanung	317	2.4.2	Gründungen	329
1.2.3	Vergabearten	317	2.4.3	Treppentürme	331
1.2.4	Planungsphasen	317	2.4.4	Maschinenhaus	332
1.2.4.1	Konzept- und Vergabeplanung	317	2.4.5	Kesselhaus	333
1.2.4.2	Genehmigungsplanung	320	2.4.6	Kohlelager	335
1.2.4.3	Vorgezogene Ausführungsplanung	320	2.4.7	Silos für Flugasche	336
1.2.4.4	Abschließende Ausführungsplanung	321	2.4.8	Hauptkühlwassersystem	338
1.2.5	As-Build-Dokumentation	321	2.4.9	Kühlturm	338
1.3	Gestaltungsgrundsätze	322	2.4.10	Hauptkühlwasserleitung	339
			2.4.11	Kühlwasserpumpenhaus	340
			3	Zusammenfassung	341
			4	Literatur	341

VII Bautechnik im Kernkraftwerksbau 343

Rüdiger Meiswinkel, Julian Meyer, Jürgen Schnell

Vorbemerkung	345	1.3	Bedeutung der Kernenergie	346	
1	Einführung	345	2	Kernenergie	348
1.1	Energiebedarf	345	2.1	Stromerzeugung durch Kernkraftwerke	348
1.2	Stromerzeugung	346			

2.2	Kernspaltung	348	4.5	Rückbau	385
2.3	Radioaktivität	349	4.5.1	Gesetzliche Grundlagen und Regelwerke	386
2.4	Reaktorkonzepte	352	4.5.2	Stilllegungsstrategien	386
2.4.1	Übersicht	352	4.5.3	Rückbauphasen	387
2.4.2	Leichtwasserreaktoren	352	4.5.4	Einzelne baubezogene Maßnahmen beim Rückbau	388
2.5	Sicherheitsphilosophie	357	4.5.5	Technologien für den Rückbau des Bauteils	388
3	Genehmigungsaspekte	360	5	Außergewöhnliche Einwirkungen für die Auslegung kerntechnischer Anlagen	390
3.1	Atomrecht und Baurecht	361	5.1	Übersicht	390
3.2	Schnittstelle Anlagentechnik/Bautechnik	362	5.2	Einwirkungen von innen (EVI)	390
3.3	Periodische Sicherheitsüberprüfungen	362	5.2.1	Lecks und Brüche von Rohrleitungen	390
3.4	Planungs- und Auslegungsanforderungen	362	5.2.2	Sonstige anlageninterne Ereignisse	391
3.4.1	Internationale Vorgaben der IAEA	362	5.3	Einwirkungen von außen (EVA)	392
3.4.2	Europäischer Anforderungskatalog	363	5.3.1	Erdbeben	392
3.4.3	Regelwerk des Kerntechnischen Ausschusses	363	5.3.1.1	Allgemeines	392
3.4.4	Normen des Deutschen Instituts für Normung	364	5.3.1.2	Festlegungen der Erdbebenwirkung	392
4	Bauwerke für kerntechnische Anlagen	364	5.3.1.3	Tragwerksanalysen	395
4.1	Allgemeines	364	5.3.2	Hochwasser	397
4.2	Kernkraftwerke	364	5.3.2.1	Allgemeines	397
4.2.1	Bauwerksübersicht	364	5.3.2.2	Binnenstandorte	397
4.2.2	Werkstoffe	368	5.3.2.3	Küstenstandorte	397
4.2.2.1	Allgemeines	368	5.3.3	Flugzeugabsturz	398
4.2.2.2	Beton	368	5.3.3.1	Allgemeines	398
4.2.2.3	Betonstahl	369	5.3.3.2	Last-Zeit-Funktionen	399
4.2.2.4	Spannstahl	369	5.3.4	Explosionsdruckwelle (chemische Explosion)	400
4.2.3	Reaktorgebäude	369	6	Sicherheitskonzept und Bemessung	401
4.2.4	Maschinenhaus	371	6.1	Normengrundlagen	401
4.2.5	Kühlwasserversorgung	372	6.2	Teilsicherheitskonzept	401
4.2.6	Hochwasser-Schutzbauwerke	372	6.2.1	Allgemeines	401
4.2.7	Gründungen	373	6.2.2	Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen	402
4.2.7.1	Flachgründungen	373	6.2.3	Teilsicherheitsbeiwerte für den Tragwiderstand	402
4.2.7.2	Pfahlgründungen	373	6.3	Bemessungshinweise für Bauteile aus Beton, Stahl- und Spannbeton	404
4.2.8	Objektschutzanforderungen an Bauwerke	373	6.3.1	Festigkeitskennwerte	404
4.3	Bauliche Anlagen für die Entsorgung	374	6.3.2	Querkraft	404
4.3.1	Entsorgungsbedarf	374	6.3.3	Durchstanzen	404
4.3.2	Zwischenlager	374	6.4	Bemessungshinweise für Bauteile aus Stahl	406
4.3.2.1	Sicherheitsrechtliche Anforderungen	376	6.5	Besonderheiten bei der Auslegung von Containments	406
4.3.2.2	Anforderungen an die Konstruktion	376	6.5.1	Anforderungen an Containments	406
4.3.2.3	Bauliche Auslegung	377	6.5.2	Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl	407
4.3.3	Endlager	378	6.5.3	Spannbeton-Containment mit Stahl liner	407
4.4	Bauausführung	379	6.5.4	Stahlbeton-Containment mit Stahl liner	408
4.4.1	Baustelleneinrichtung	379			
4.4.2	Projektorganisation	380			
4.4.3	Qualitätssicherung	381			
4.4.4	Schalung und Rüstung	382			
4.4.5	Weitere Besonderheiten der Bauausführung	383			
4.4.5.1	Reaktorgebäude – Containment	384			
4.4.5.2	Einbauteile	385			

7	Befestigungstechnik	408	8.2	Anforderungen an die Bauwerks-	
7.1	Arten der Befestigung	408		abdichtung	420
7.1.1	Einbetonierte Befestigungsmittel	408	8.3	Schwarze Wanne	420
7.1.2	Nachträglich montierte		8.3.1	Abdichtungsverfahren und -stoffe	420
	Befestigungsmittel	409	8.3.2	Bemessung der	
7.1.3	Tragfähigkeit	409		Bauwerksabdichtung	422
7.2	Befestigung mit Kopfbolzen	409	8.3.3	Konstruktion des Tragwerks	422
7.2.1	Historie	409	8.3.4	Planung der Bauwerksabdichtung	422
7.2.2	Anwendung und Eigenschaften	410	8.3.5	Ausführung der	
7.2.3	Tragverhalten von Kopfbolzen	411		Bauwerksabdichtung	423
7.2.4	Normen und Zulassungen	412	8.3.6	Qualitätssicherung	423
7.2.5	Planung und Bemessung	412	8.4	Weißer Wanne	423
7.2.5.1	Grundlagen	412	8.4.1	Systembeschreibung	423
7.2.5.2	Nachweis der Tragfähigkeit und		8.4.1.1	Allgemeine Anforderungen	423
	Gebrauchstauglichkeit	413	8.4.1.2	Konstruktionsprinzipien	424
7.2.6	Qualitätssicherung/Werkstoffgüte	414	8.4.2	Besondere Anforderungen	425
7.2.7	Herstellung und Montage	415	8.4.3	Berechnung und Bemessung	425
7.2.7.1	Herstellung von Ankerplatten mit		8.4.4	Fugenkonstruktionen	425
	Kopfbolzen	415	8.4.5	Durchdringungen	425
7.2.7.2	Montage der Ankerplatten auf der		8.4.6	Zuständigkeiten	425
	Baustelle	415	8.4.7	Qualitätssicherung	425
7.3	Befestigungen mit Metalldübeln	415	8.4.8	Instandsetzung	425
7.3.1	Historie	415	8.5	Abdichtungskonzept am Beispiel	
7.3.2	Übersicht der Dübeltypen	416		Kernkraftwerk OL3	425
7.3.3	Sicherheitskonzept	418	9	Alterungs- und Lebensdauer-	
7.3.3.1	Montagesicherheit	418		management	426
7.3.4	Zulassungen	419	9.1	Übersicht	426
7.3.4.1	Allgemeines	419	9.2	Alterungsmanagement von	
7.3.4.2	Versuche nach DIBt-Leitfaden	419		baulichen Anlagen	427
7.3.5	Planung und Bemessung	419	9.3	Alterungsmechanismen von	
7.4	Korrosionsschutz	420		Baumaterialien	428
7.5	Feuerwiderstand	420	9.4	Durchführung und Dokumentation	428
8	Äußere Bauwerksabdichtung	420	10	Literatur	429
8.1	Aufgaben der Bauwerksabdichtung	420			

VIII Beton im Kraftwerksbau 433

Ludger Lohaus, Lasse Petersen, Robert Griese, Steffen Anders

1	Einleitung	435	3.1.1.3	Anforderungen Tragwerksplanung	450
2	Grundlegende betontechnische		3.1.2	Betontechnologie	450
	Anforderungen im Kraftwerksbau	438	3.1.2.1	Zement/Bindemittel	450
2.1	Typische Randbedingungen und		3.1.2.2	Gesteinskörnung	451
	Anforderungen im Kraftwerksbau	438	3.1.2.3	Zusatzmittel	451
2.2	Betontechnische Planungen im		3.1.2.4	Zusammensetzung	452
	Kraftwerksbau	440	3.1.3	Qualitätssicherung und	
2.3	Robuste Betone mit kleinem			Überwachung	452
	Größtkorn	442	3.2	Massenbeton und verzögerter	
2.4	Qualitätsmanagement	446		Beton	452
3	Betone für typische Bauteile im		3.2.1	Anforderungen Massenbeton	453
	Großkraftwerksbau	447	3.2.1.1	Tragwerksplanung	453
3.1	Bohrpfahlbeton	447	3.2.1.2	Anforderungen Dauerhaftigkeit	454
3.1.1	Anforderungen an Bohrpfahlbeton	448	3.2.1.3	Anforderungen Bauausführung	455
3.1.1.1	Anforderungen an die		3.2.2	Betontechnologie	456
	Dauerhaftigkeit	448	3.2.2.1	Zement/Bindemittel	456
3.1.1.2	Anforderungen an das		3.2.2.2	Gesteinskörnung	456
	Herstellverfahren	449	3.2.2.3	Zusatzmittel – verzögerter Beton	456

3.2.2.4	Betonzusammensetzung und Betonentwurf	457	3.5	Beton in chemisch stark und sehr stark angreifender Umgebung	479
3.2.2.5	Massenbeton mit Zustimmung im Einzelfall oder allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung	459	3.5.1	Chemische Beanspruchung der Betonoberfläche bei Kühltürmen mit Abgaseinleitung	479
3.2.3	Bauausführung	459	3.5.2	Betontechnologische Grundsätze für Betone mit hohem Säurewiderstand	484
3.2.4	Qualitätssicherung und Überwachung	462	3.5.3	Prüfung des Säurewiderstands von Beton	485
3.2.5	Zusammenfassende Empfehlung	463	3.5.4	Untersuchungen zum Säurewiderstand von Beton	486
3.3	Beton für Gleitbauverfahren	463	3.5.5	Erfahrungen bei ausgeführten Projekten	488
3.3.1	Verfahren	464	3.5.6	Weitere Bauteile im Kraftwerksbau in chemisch stark und sehr stark angreifender Umgebung	491
3.3.2	Betontechnologie	465	4	Besondere Betone für Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	492
3.3.3	Betonverarbeitung	466	4.1	Wasserkraftwerke	492
3.3.4	Qualitätssicherung	467	4.2	Windenergieanlagen	492
3.3.5	Schäden und Fehler beim Gleiten	467	4.2.1	Allgemeines	492
3.4	Beton für Bauteile im Kühlkreislauf	468	4.2.2	Onshore-Windenergieanlagen	493
3.4.1	Einleitung	468	4.2.3	Offshore-Windenergieanlagen	499
3.4.2	Naturzugkühltürme aus Stahlbeton	469	4.3	Solarthermische Kraftwerke	506
3.4.2.1	Dauerhaftigkeitsrelevante Einwirkungen aus Betriebs- und Umgebungsbedingungen	470	5	Literatur	509
3.4.2.2	Bewertung der Betonaggressivität des Kühlwassers	472			
3.4.2.3	Betone für den Kühlturmbau	473			
3.4.2.4	Nachbehandlung	476			
3.4.2.5	Betondeckung	476			
3.4.2.6	Oberflächenschutzmaßnahmen für Kühlturmschalen	477			

Stichwortverzeichnis	517
---------------------------------------	------------

Anschriften

1

Autoren

Anders, Steffen, Dr.-Ing.
Bilfinger Berger AG
Zentrale Technik
Carl-Reiss-Platz 1–5
68165 Mannheim

Clauß, Frithjof, Dipl.-Ing.
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt

Göhlmann, Joachim, Dr.-Ing.
grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG
Expo Plaza 10
30539 Hannover

Griese, Robert, Dipl.-Ing.
LPI Ingenieurgesellschaft mbH
Prof. Lohaus – Dr. Petersen
Nienburger Str. 5
30167 Hannover

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

Katzenbach, Rolf, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt

Linse, Diethelm, Dr.-Ing.
Dr. Linse Ingenieure GmbH
Karlstraße 46
80333 München

Lohaus, Ludger, Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Baustoffe – IfB
Appelstraße 9A
30167 Hannover

Meiswinkel, Rüdiger, Dr.-Ing. habil.
E.ON Kernkraft GmbH
Abt. TTM
Tresckowstraße 5
30457 Hannover

Meyer, Julian, Dr.-Ing.
Hochtief Construction AG
Consult IKS Energy
Lyoner Straße 25
60528 Frankfurt/Main

Milow, Bernhard
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Linder Höhe
51147 Köln

Osterrieder, Peter, Prof. Dr.-Ing.
BTU Cottbus
Lehrstuhl Statik und Dynamik
Konrad-Wachsmann-Allee 2
03046 Cottbus

Pelikan, Bernhard, Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing.
Dr. nat. techn.
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und
Konstruktiven Wasserbau
Muthgasse 18
A-1190 Wien
Österreich

Petersen, Lasse, Dr.-Ing.
LPI Ingenieurgesellschaft mbH
Nienburger Straße 5
30167 Hannover

Schnell, Jürgen, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Kaiserslautern
FB A/RU/BI, FG Massivbau und
Baukonstruktion
Paul-Ehrlich-Straße, Geb. 14
67663 Kaiserslautern

Simon, Marc, Dipl.-Ing. (FH)
BTU Cottbus
Lehrstuhl Statik und Dynamik
Konrad-Wachsmann-Allee 2
03046 Cottbus

Waberseck, Thomas, Dipl.-Ing.
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt

Wagner, Isabel M. Dipl.-Ing.
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik
Petersenstraße 13
64287 Darmstadt

Werner, Dieter, Dr.-Ing.
ARCUS Planung + Beratung
Bauplanungsgesellschaft mbH Cottbus
Vetschauer Straße 13
03048 Cottbus

Wörner, Johann-Dietrich, Prof. Dr.-Ing.
Dr. h.c. mult.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Linder Höhe
51147 Köln

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

Verlag

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

Beiträge früherer Jahrgänge (1990–2010)

Eine vollständige Liste ist im Internet unter www.ernst-und-sohn.de recherchierbar.

	Beton- Kalender	Teil*	Seite
Abdichten von Bauwerken (<i>Braun</i>)	2001	II	493
Ankerschienenbefestigung (<i>Eligehausen/Asmus/Lotze/Potthoff</i>)	2007	2	375
Anwendung des Spannbetons (<i>Kupfer/Hochreither</i>)	1993	II	487
Anwendung des Spannbetons (<i>Wicke/Maier</i>)	2002	II	113
Baubetriebliche Aspekte beim Bau turmartiger Bauwerke (<i>Motzko</i>)	2006	I	469
Baudynamik (<i>Eibl/Häussler-Combe</i>)	1997	II	755
Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau (<i>Bachmann/Steinle/Hahn</i>)	2009	I	151
Bauholz, Holzwerkstoffe und Holzbauteile für Schalungen (<i>Blass/Wenz</i>)	1998	I	311
Bauklimatik und Energietechnik für hohe Häuser (<i>Hausladen/de Saldanha/Nowak/Liedl</i>)	2003	I	303
Baumörtel (<i>Dahms</i>)	1990	I	107
Befestigungstechnik (<i>Eligehausen/Mallée/Rehm</i>)	1997	II	609
Bemessung der Stahlbetonbauteile I und II (<i>Grasser/Kordina/Quast</i>)	1997	I	363
Bemessung der Stahlbeton- und Spannbetonbauteile nach DIN 1045-1 (<i>Zilch/Rogge/Kordina/Quast</i>)	2002	I	217
Bemessung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach EC 2 für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit (<i>Zilch/Rogge</i>)	1999	I	341
Bemessung von Betonfertigteilen nach DIN 1045-1 (<i>Graubner/Hausmann/Karasek</i>)	2005	2	297
Bemessung von Holzkonstruktionen nach DIN V ENV 1995-1-1 (<i>Blass/Ehlbeck</i>)	1997	II	529
Bemessung von schlanken Bauteilen für den durch Tragwerks- verformungen beeinflussten Grenzzustand der Tragfähigkeit – Stabilitätsnachweis (<i>Kordina/Quast</i>)	2002	I	361
Bemessung von Spannbetonbauteilen (<i>Kupfer</i>)	1994	I	589
Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen im Brücken- und Hochbau (<i>Zilch/Rogge</i>)	2004	2	221
Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken unter Erdbebenbeanspruchung (<i>Schlüter/Baur/Cüppers/Fäcke/Kasic/Ruckenbrod</i>)	2008	2	309
Berechnung und Bemessung von Kranbahnen (<i>Heunisch/Graubner/Hock</i>)	2006	2	217
Beton (<i>Müller/Reinhardt</i>)	2010	1	291
Beton für den Hochbau (<i>Reinhardt</i>)	2007	1	353
Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen (<i>Grübl/Rühl</i>)	2005	2	143

* Ab dem 92. Jahrgang (2003) treten die Bandbezeichnungen I und 2 an die Stelle von Teil I und II.

	Beton- Kalender	Teil*	Seite
Betonmasten (<i>Bergmeister</i>)	2006	I	57
Betonstahl, Verbindungselemente, Spannstahl (<i>Bertram</i>).	2002	I	153
Brandschutz von Hochbauten (<i>Schneider/Kordina</i>).	2003	2	127
Brücken: Entwurf und Konstruktion (<i>Schlaich</i>)	2004	1	1
Brückenausstattung (<i>Braun/Bergmeister</i>)	2004	1	247
Brückeninspektion und -überwachung (<i>Bergmeister/Santa</i>)	2004	1	407
Dauerhafter Konstruktionsbeton für Verkehrsbauwerke (<i>Schießl/Gehlen/Sodeikat</i>)	2004	2	155
Dauerhafter Konstruktionsbeton für Wasserbauwerke (<i>Schießl/Gehlen/Sodeikat/Mayer/Schießl-Pecka</i>).	2008	1	1
Dynamische Modellbildung und Analyse von Tragwerken (<i>Bucher/Zabel</i>).	2008	2	53
Echo-Verfahren in der zerstörungsfreien Zustandsuntersuchung von Betonbauteilen (<i>Reinhardt et al.</i>)	2007	1	479
Einwirkungen auf Brücken (<i>Großmann/Timm/Benning</i>)	2010	1	33
Einwirkungen im Industriebau (<i>Ehmann/Timm</i>).	2006	2	201
Elementbauweise mit Gitterträgern (<i>Furche/Baumeister</i>).	2009	1	337
Entwurf, Bemessung und Konstruktion von Betonbrücken (<i>Haveresch/Maurer</i>)	2010	1	125
Entwurf, Funktion und Konstruktion turmartiger Bauwerke (<i>Pahl</i>)	2006	1	1
Entwurf und Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (<i>Ressel</i>).	2007	1	1
Entwurf und Konstruktion von Gewerbe- und Industriebauten (<i>Keuser/Rüddiger/Fuchs</i>)	2006	2	1
Entwurf von Brücken (<i>Conzett</i>)	2010	1	1
Erdbebensichere Auslegung von Bauwerken nach DIN 4149:2005 (<i>Meskouris/Butenweg</i>).	2008	2	1
Erddruckermittlung (<i>Gudehus</i>)	1998	II	353
Erläuterungen zur praktischen Anwendung der neuen DIN 1045 (<i>Fingerloos/Litzner</i>)	2006	2	355
Ermüdungsnachweis bei Massivbrücken (<i>Zilch/Zehetmaier/Gläser</i>)	2004	1	309
Ertüchtigung im Bestand – Verstärkungen von Kohlenstoffasern (<i>Bergmeister</i>)	2009	2	185
Ertüchtigung von seismisch beanspruchten Betonbauwerken (<i>Fardis/Übersetzung: Rieder</i>)	2008	2	275
Europäische Regelungen für Befestigungssysteme (<i>Latarnser</i>).	2007	2	437
Faserbeton (<i>Holschemacher/Klug/Dehn/Wörner</i>)	2006	1	585
Fasermement-Produkte für den Hoch- und Tiefbau (<i>Bornemann</i>).	1998	I	297
Fassaden (<i>Schreiner/Nordhues</i>).	2003	1	207
Fernmeldetürme und Windenergieanlagen in Massivbauweise (<i>Grünberg/Funke/Stavesand/Göhlmann</i>)	2006	1	103
Feste Fahrbahn für Schienenbahnen (<i>Eisenmann/Leykauf</i>)	2000	II	291
Feuchteschutz (<i>Klopfer</i>)	1996	II	677
Finite Elemente im Stahlbeton (<i>Stempniewski/Eibl</i>)	1996	II	577

	Beton- Kalender	Teil*	Seite
Flüssigkeitsbehälter (<i>Iványi/Buschmeyer</i>)	2000	II	457
Form und Gestaltung von Betonschalen (<i>Sobek/Kobler</i>)	2007	2	1
Fugenabdichtung bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton (<i>Hohmann</i>)	2005	1	383
Geklebte Bewehrung für die Verstärkung von Betonbauteilen (<i>Rostásy/Holzenkämpfer/Hankers</i>)	1996	II	547
Geomechanische Planung für Untertagebauten (<i>Schubert/Vavrovsky/Goricki</i>)	2005	1	1
Gerüstbau (<i>Hertle/Motzko</i>)	2007	1	597
Gerüste (<i>Nather</i>)	1996	II	689
Geschossbauten – Verwaltungsgebäude (<i>Theile/Rohr/Meyer</i>)	2003	1	71
Gewölbte Brücken (<i>Mörsch</i>)	2000	II	1
Grundbau (<i>Schmidt/Seitz</i>)	1998	II	469
Grundlagen der Bemessung nach DIN 1045-1 in Beispielen (<i>Litzner</i>)	2002	I	435
Grundlagen der Bemessung nach Eurocode 2 in Beispielen (<i>Litzner</i>)	1999	I	527
Grundlagen der Bemessung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach DIN 1045-1 (<i>Zilch/Rogge</i>)	2002	I	217
Gründung turmartiger Bauwerke (<i>Katzenbach/Boled-Mekasha/Wachter</i>)	2006	1	407
Harmonisierung technischer Regeln für das Bauwesen in Europa (<i>Breitschaft</i>)	1995	II	1
Harmonisierung der technischen Regeln in Europa – die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau (<i>Litzner</i>)	2002	II	1
Herstellung und Verarbeitung von Beton (<i>Beitzel</i>)	2003	2	71
Hinterlüftete Außenwandkonstruktionen und Wärmedämmverbundsysteme (<i>Cziesielski/Schrepfer</i>)	1998	I	391
Hochhäuser aus Stahlbeton (<i>König/Liphardt</i>)	2003	1	1
Hochleistungsbeton (<i>König/Grimm</i>)	2000	II	327
Industriefußböden (<i>Stenzel</i>)	2006	2	263
Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken (<i>Hillemeier/Stenner/Flohrer/Polster/Buchenau</i>)	1999	II	595
Instandhaltung von Betonbauwerken (<i>Grube/Kern/Quittmann</i>)	1990	II	681
Integrale Konstruktionen aus Beton (<i>Taferner/Keuser/Bergmeister</i>)	2009	2	231
Konstitutive Modellierung von Beton (<i>Hofstetter</i>)	2006	1	319
Konstruieren im Stahlbetonbau (<i>Schlaich/Schäfer</i>)	2001	II	311
Konstruieren mit Fertigteilen (<i>Bergmeister</i>)	2005	2	163
Konstruktion und Bemessung von Details nach DIN 1045-1 (<i>Fingerloos/Stenzel</i>)	2007	2	323
Konstruktion und Bemessung von Industrie- und Gewerbebauten nach DIN 1045-1 (<i>Hegger/Roeser/Beutel/Kerkeni</i>)	2006	2	107
Konstruktion und Bemessung von Stahlbeton-Hochbauten nach EC 8, Teil 1 (<i>Lappas/Lappa</i>)	2008	2	113
Konstruktions- und Gestaltungskonzepte im Brückenbau (<i>Pauser</i>)	2004	1	27
Konstruktive Modellierung von Beton (<i>Hofstetter</i>)	2006	1	319

	Beton- Kalender	Teil*	Seite
Konstruktiver Brandschutz im Übergang von DIN 4102 zu den Eurocodes (<i>Hosser/Richter</i>)	2009	I	499
Konstruktiver Glasbau (<i>Wörner</i>)	2001	II	545
Kosten- und Leistungsrechnung im Baubetrieb (<i>Poggel</i>)	2001	II	209
Küstenschutz (<i>Pasche/von Lieberman</i>)	2008	I	291
Lagerung und Lager von Bauwerken (<i>Rahlwes</i>)	1995	II	631
LAU-Anlagen: Fugenabdichtung und Dichtkonstruktionen (<i>Kluge</i>)	2008	I	357
Marine Gründungsbauwerke (<i>Grabe</i>)	2010	2	71
Massivbrücken (<i>Bechert</i>)	1991	II	635
Massivbrücken (<i>Schäfer/Kaufeld</i>)	1997	II	443
Massive Platten (<i>Stiglat/Wippel</i>)	2000	II	211
Mehrskalenmodelle für die Berechnung von Flächentragwerken (<i>Mang/Lackner</i>)	2007	2	19
Modellierung der D-Bereiche von Fertigteilen (<i>Reineck</i>)	2005	2	241
Modellierung mit der Methode der Finiten Elemente (<i>Ramm/Kemmler</i>)	2001	II	143
Monitoring im Betonbau (<i>Zilch/Weiher/Gläser</i>)	2009	2	135
Monitoring und Strukturidentifikation von Betonbrücken (<i>Bergmeister/Wendner</i>)	2010	I	245
Naturzugkühltürme (<i>Krätzig/Harte/Lohaus/Wittek</i>)	2007	2	229
Normen und Regelwerke (<i>Fingerloos</i>)	2010	2	193
Parkhäuser (<i>Curbach/Ehmann/Köster/Proske/Schmohl/Taferner</i>)	2004	2	1
Planungsstrategien im Industriebau (<i>Achammer</i>)	2006	2	75
Progressiver Kollaps von Bauwerken (<i>Starossek</i>)	2008	2	155
Schallschutz (<i>Scholl</i>)	2002	II	241
Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren (<i>Bergmeister/Suda/Hübl/Rudolf-Miklau</i>)	2008	I	89
Segmentbrücken (<i>Rombach/Specker</i>)	2004	I	177
Sicherheit und Gefährdungspotenziale im Industrie- und Gewerbebau (<i>Bergmeister/Curbach/Strauss/Proske/Nordhues</i>)	2006	2	289
Sichtbeton und Schalungstechnik (<i>Goldammer/Schmitt/Schubert</i>)	2010	2	1
Silos (<i>Timm/Windels</i>)	1994	II	409
Sonderaspekte zur Schubbemessung nach DIN 1045-1 und EC 2 (<i>Mark/Stangenberg/Bender/Birtel/Zedler</i>)	2008	2	223
Spannglieder und Vorspannsysteme (<i>Kollegger/Bergmeister/Gaubinger</i>)	2004	I	213
Spezialbetone (<i>Hillemeier/Buchenau/Herr/Hüttl/Klüßendorf/Schubert</i>)	2006	I	519
Spezielle Anforderungen an Beton für Brücken (<i>Tauscher</i>)	2010	I	437
Stahl im Bauwesen (<i>Bertram</i>)	1999	II	157
Stahlfaserbeton – Anwendungen und Richtlinie (<i>Falkner/Teutsch</i>)	2006	I	665
Statik der Stabtragwerke (<i>Duddeck/Ahrens</i>)	1998	I	339
Stützbauwerke (<i>Adam/Bergmeister/Florineth</i>)	2007	I	265

	Beton- Kalender	Teil*	Seite
Stützenbemessung (<i>Quast</i>)	2004	2	375
System- und Schadensidentifikation von Betontragstrukturen (<i>Strauss/Bergmeister/Wendner/Hoffmann</i>)	2009	2	53
Tafeln für Rechteckplatten (<i>Czerny</i>)	1999	I	277
Teilsicherheitskonzept für Gründungen im Hochbau (<i>Grünberg/Vogt</i>)	2009	1	555
Theoretische Grundlagen der numerischen Formfindung von Membrantragwerken und Minimalflächen (<i>Bletzinger/Ziegler</i>)	2000	II	441
Tragfähigkeit und Modellierung von Platten (<i>Bergmeister/Kaufmann</i>)	2007	2	69
Tragwerksplanung im Bestand (<i>Fingerloos/Schnell</i>)	2009	2	1
Treppen (<i>Fuchssteiner</i>)	2000	II	535
Tunnelbohrmaschinen – Vortriebsmethoden und Logistik (<i>Girmscheid</i>)	2005	1	119
Tunnelsicherheit (<i>Bergmeister/Matousek/Haack</i>)	2005	1	519
Tunnelsicherung und Tunnelausbau (<i>Balthaus/Dorgarten/Billig</i>)	2005	1	257
Tunnelstatik (<i>Witke/Witke-Gattermann</i>)	2005	1	419
Turmartige Industriebauwerke (<i>Noakowski/Breddermann/Harling/Rost</i>)	2006	1	223
Verankerungs- und Befestigungstechnik für Fassaden (<i>Spieth/Bergmeister/ Stein/D. Lehmann/Hilber/Unterweger/J. Lehmann/Schmieder</i>)	2009	2	371
Verbundbrücken in der Praxis (<i>Schmitt</i>)	2002	II	273
Verbundkonstruktionen (EC 4 Teil 1) (<i>Roik/Bergmann/Haensel/Hanswille</i>)	1999	II	373
Verkehrsflächen aus Beton (<i>Eisenmann/Leykauf</i>)	2007	1	93
Verstärken mit Textilbeton (<i>Curbach/Jesse</i>)	2010	1	457
Vorspannung ohne Verbund, Technik und Anwendung (<i>Eibl/Iványi/Buschmeyer/Kobler</i>)	1995	II	739
Vortriebsmethoden und Ausbau von Tunnels (<i>Jodl/Altinger/Bichler/Kriebaum/Schlosser</i>)	2005	1	19
Wärme- und Feuchteschutz (<i>Künzel/Holm/Sedlbauer</i>)	2002	II	181
Wärmeschutz; Maßnahmen des energiesparenden Bauens (<i>Schüle/Ehm</i>)	1996	II	649
Weißer Wannen im Hochbau (<i>Ebeling/Lohmeyer</i>)	2010	2	137
Windlasten für turmartige Bauwerke nach DIN 1055-4 neu (<i>Niemann</i>)	2006	1	363

2011

BetonKalender

Kraftwerke
Faserbeton

Herausgegeben von

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

Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

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

100. Jahrgang

Hinweis des Verlages

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

Titelfoto: Mathias Euler, Stuttgart

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.

© 2011 Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,
Rotherstr. 21, 10245 Berlin, Germany

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 Datenverarbeitungsanlagen, 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
Herstellung: HillerMedien, Berlin
Satz: Hagedorn Kommunikation GmbH, Viernheim
Druck und Bindung: Ebner & Spiegel, Ulm
Printed in the Federal Republic of Germany.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISBN 978-3-433-02954-1

ISSN 0170-4958

Inhaltsübersicht

2

	Inhaltsverzeichnis	V
	Anschriften	XVII
IX	Faserbeton	1
	Horst Falkner, Jens-Peter Grunert	
X	Grundlagen des Faserbetons	19
	Klaus Holschemacher, Frank Dehn, Yvette Klug	
XI	Baukonstruktionen aus Faserbeton	89
	Martin Empelmann, Manfred Teutsch, Marco Wichers	
XII	Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton	141
	Manfred Teutsch, Udo Wiens, Christoph Alfes	
XIII	Betonstahl und Spannstahl	177
	Jörg Moersch, Jörg Haßhoff	
XIV	Lebensdauerbemessung	229
	Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Stefanie von Greve-Dierfeld	
XV	Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken	279
	Bernd Hillemeier, Claus Flohrer, Jürgen Krell, Gabriele Marquardt, Jeanette Orlowsky, Michael Raupach, Karsten Schubert, Stephanie Schuler	
XVI	Normen und Regelwerke	411
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	801

Inhaltsübersicht

1

	Inhaltsverzeichnis	IX
	Anschriften	XIX
	Beiträge früherer Jahrgänge	XXI
I	Energie, Kraftwerksbau	1
	Johann-Dietrich Wörner, Bernhard Milow	
II	Windenergieanlagen in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise	19
	Jürgen Grünberg, Joachim Göhlmann	
III	Geothermie	169
	Rolf Katzenbach, Frithjof Clauß, Thomas Waberseck, Isabel M. Wagner	
IV	Staumauern aus Beton und Mauerwerk	221
	Diethelm Linse	
V	Planung und Bau von Kleinwasserkraftwerken	275
	Bernhard Pelikan	
VI	Konzepte der Tragwerksplanung im Kraftwerksbau	311
	Peter Osterrieder, Dieter Werner, Marc Simon	
VII	Bautechnik im Kernkraftwerksbau	343
	Rüdiger Meiswinkel, Julian Meyer, Jürgen Schnell	
VIII	Beton im Kraftwerksbau	433
	Ludger Lohaus, Lasse Petersen, Robert Griese, Steffen Anders	
	Stichwortverzeichnis	517

Inhaltsverzeichnis

2

IX	Faserbeton	1		
	Horst Falkner, Jens-Peter Grunert			
1	Einleitung	3	3.1.4	Stahlfaserbeton im Grenzzustand
2	Fasern in der Natur	3		der Gebrauchstauglichkeit
3	Fasern im Bauwesen	3	3.1.5	Korrosionsverhalten
3.1	Fasern in Beton	5	3.2	Anwendungen
3.1.1	Stahlfaserbeton unter		3.2.1	Stahlfaserbeton
	Druckbeanspruchung	6	3.2.2	Glasfaserbeton
3.1.2	Stahlfaserbeton unter		4	Normungsarbeiten national und
	Zugbeanspruchung	7		international
3.1.3	Bemessungsphilosophie im		5	Schlusswort
	Grenzzustand der		6	Literatur
	Tragfähigkeit	7		
X	Grundlagen des Faserbetons	19		
	Klaus Holschemacher, Frank Dehn, Yvette Klug			
1	Einleitung	21	3.3.3	Einfluss des Fasertyps
2	Faserarten und Faserwerkstoffe	23	3.3.4	Einfluss des Fasergehalts
2.1	Allgemeines	23	3.3.5	Einfluss der Faserorientierung
2.2	Faserwerkstoffe	23	3.4	Brandverhalten von Faserbeton-
2.3	Metallfasern	26		bauteilen
2.4	Synthetische Fasern	27	3.4.1	Allgemeines
2.4.1	Glasfasern	27	3.4.2	Wirkungsweise von Fasern in
2.4.2	Kunststofffasern	28		brandbeanspruchtem Beton
2.4.3	Kohlenstofffasern	30	4	Stahlfaserbeton
2.5	Naturfasern	31	4.1	Herstellung, Verarbeitung und
2.5.1	Pflanzliche Naturfasern			Nachbehandlung
	(Zellulosefasern)	31	4.1.1	Allgemeines
2.5.2	Mineralische Fasern	31	4.1.2	Herstellung
2.6	Keramische Fasern	32	4.1.3	Verarbeitung
3	Wirkungsweise der Fasern im		4.1.4	Nachbehandlung
	Festbeton	32	4.1.5	Sonderverfahren
3.1	Allgemeines	32	4.2	Tragverhalten
3.2	Verhinderung bzw. Verzögerung der		4.2.1	Allgemeines
	Makrorissbildung	34	4.2.2	Druckbeanspruchung
3.3	Verbesserung des Nachbruch-		4.2.3	Zug- und Biegebeanspruchung
	verhaltens	37	4.2.4	Querkraft- und Torsions-
3.3.1	Allgemeines	37		beanspruchung
3.3.2	Verbund zwischen Matrix und Faser	38	4.2.5	Verbund von Betonstahl in
				Stahlfaserbeton

Beton-Kalender 2011: Kraftwerke, Faserbeton

Herausgegeben von Konrad Bergmeister, Frank Fingerloos und Johann-Dietrich Wörner

Copyright © 2011 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-02954-1

4.2.6	Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung.	60	6.2	Mikrokunststofffaserbeton	71
4.2.7	Betriebsfestigkeit	60	6.2.1	Herstellung	71
4.2.8	Kriechen und Schwinden	61	6.2.2	Frischbetoneigenschaften	72
4.2.9	Rheologische Eigenschaften.	62	6.2.3	Festbetoneigenschaften	72
4.3	Dauerhaftigkeit	62	6.3	Makrokunststofffaserbeton.	73
4.3.1	Korrosion.	62	7	Faserbewehrte Sonderbetone	74
4.3.2	Frost-Tau-Wechsel-Widerstand	63	7.1	Faserbewehrter Leichtbeton	74
4.3.3	Wasserdurchlässigkeit	63	7.2	Faserbewehrter selbstverdichtender Beton	75
4.4	Elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit	63	7.2.1	Allgemeines.	75
5	Glasfaserbeton	64	7.2.2	Praktische Anwendungen	76
5.1	Allgemeines	64	7.3	Faserbewehrter ultrahochfester Beton (UHPC)	77
5.2	Herstellung und Verarbeitung.	64	7.4	SIFCON/SIMCON	79
5.3	Frischbetoneigenschaften	68	7.5	Hochduktiler Faserbeton.	80
5.4	Festbetoneigenschaften.	68	8	Ausblick	81
5.5	Dauerhaftigkeit	71	9	Literatur	81
6	Kunststofffaserbeton	71			
6.1	Allgemeines.	71			
XI	Baukonstruktionen aus Faserbeton	89			
	Martin Empelmann, Manfred Teutsch, Marco Wichers				
1	Einleitung	91	9	Wände	116
2	Faserarten und -eigenschaften	92	9.1	Allgemeines	116
3	Grundsätzliche Eigenschaften von Faserbetonen	94	9.2	Wände aus Halbfertigteilen	117
4	Regelwerke	96	9.3	Stahlfaserbeton-Fertigteilwände	117
4.1	Allgemeines.	96	10	Balken und Binder	119
4.2	Europäische Regelwerke.	96	10.1	Allgemeines	119
4.3	DBV-Merkblätter „Stahlfaserbeton“	98	10.2	Anwendungsbeispiele.	119
4.4	DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“	98	10.3	Vorgespannte Fertigteilträger aus Stahlfaserbeton	120
5	Rechentchnische Kenngrößen und Faserorientierung	99	10.4	Vorgespannte TT-Platten aus Stahlfaserbeton	123
6	Anwendungen mit Bauteil- bzw. Bauartzulassung	101	10.5	Vorgespannte HFB- und UHFB-Träger	124
7	Decken	102	11	Druckglieder und Stützen	126
7.1	Allgemeines	102	11.1	Allgemeines	126
7.2	Anwendungsbeispiele.	102	11.2	Stützen aus UHFB	127
7.3	Tragverhalten von Deckensystemen aus vorgefertigten Halbfertigteilplatten mit nachträglichem Stahlfaseraufbeton	104	11.3	Stützen aus HFB	128
7.4	Tragverhalten von Flachdecken aus Stahlfaserbeton	106	11.4	Stützen mit hochfesten Stählen	128
8	Fundament- und Bodenplatten	108	11.5	Sonderstützen aus Faserbetonen	128
8.1	Allgemeines.	108	12	Tunnelbau	129
8.2	Kellersohlplatten	108	12.1	Allgemeines	129
8.3	Industriefußböden	109	12.2	Faserspritzbeton und Faserpumpbeton	129
8.4	Dichtflächen	112	12.3	Tübbinge aus Faserbeton	130
8.5	Pfahlgestützte Bodenplatten	113	13	Vortriebsrohre und Leitungsbau	132
8.6	Unterwasserbetonsohlen	113	14	Sonstige Baukonstruktionen aus Faserbeton	133
8.7	Weitere Anwendungsbeispiele	115	15	Ausblick	134
			16	Literatur	134

XII Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton	141
Manfred Teutsch, Udo Wiens, Christoph Alfes	
Einleitung	143
Teil 1 der Richtlinie:	
Ergänzungen und Änderungen zu	
DIN 1045 Teil 1 „Bemessung und	
Konstruktion“ für Bauteile aus	
Stahlfaserbeton	143
1 Anwendungsbereich	143
2 Normative Verweisungen und	
Hinweise	144
3 Begriffe und Formelzeichen	144
3.1 Begriffe	144
3.1.1 Stahlfaserbeton	144
3.1.2 Nachrisszugfestigkeit	144
3.1.3 Nachrissbiegezugfestigkeit	144
3.1.4 Leistungsklasse	144
3.2 Formelzeichen	145
3.2.1 Große lateinische Buchstaben	145
3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben	145
3.2.3 Griechische Buchstaben	145
3.2.4 Indizes	145
3.2.5 Große lateinische Buchstaben mit	
Indizes	145
3.2.6 Kleine lateinische Buchstaben mit	
Indizes	145
3.2.7 Griechische Buchstaben mit	
Indizes	146
4 Bautechnische Unterlagen	147
5 Sicherheitskonzept	147
5.1 Allgemeines	147
5.2 Bemessungswert des	
Tragwiderstandes	147
5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit ..	147
5.3.1 Allgemeines	147
5.3.2 Sicherstellung eines duktilen	
Bauteilverhaltens	148
5.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für die	
Einwirkungen und den	
Tragwiderstand im Grenzzustand	
der Tragfähigkeit	148
6 Sicherstellung der Dauerhaftigkeit ..	148
6.1 Allgemeines	148
6.2 Expositionsklassen,	
Mindestbetonfestigkeit	148
6.3 Betondeckung	148
7 Grundlagen zur Ermittlung der	
Schnittgrößen	149
8 Verfahren zur Ermittlung der	
Schnittgrößen	149
8.1 Allgemeines	149
8.2 Linear-elastische Berechnung	149
8.3 Linear-elastische Berechnung mit	
Umlagerung	149
8.4 Verfahren nach der	
Plastizitätstheorie	149
8.5 Nichtlineare Verfahren	149
8.6 Stabförmige Bauteile und Wände	
unter Längsdruck	
(Theorie II. Ordnung)	149
8.7 Vorgespannte Tragwerke	150
9 Baustoffe	150
9.1 Beton	150
9.1.1 Allgemeines	150
9.1.2 Festigkeiten	150
9.1.3 Elastische Verformungs-	
eigenschaften	155
9.1.4 Kriechen und Schwinden	155
9.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie	
für nichtlineare Verfahren	
der Schnittgrößenermittlung und	
für Verformungsberechnungen	155
9.1.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die	
Querschnittsbemessung	157
9.4 Stahlfasern	157
10 Nachweise in den Grenzzuständen	
der Tragfähigkeit	158
10.1 Allgemeines	158
10.2 Biegung mit oder ohne Längskraft	
und Längskraft allein	159
10.3 Querkraft	159
10.3.1 Nachweisverfahren	159
10.3.2 Bemessungswert der einwirkenden	
Querkraft	160
10.3.3 Bauteile ohne rechnerisch	
erforderliche Querkraftbewehrung ..	160
10.3.4 Bauteile mit rechnerisch	
erforderlicher Querkraftbewehrung ..	160
10.3.5 Schubkräfte zwischen Balkensteg	
und Gurten	160
10.4 Torsion	160
10.5 Durchstanzen	160
10.5.1 Allgemeines	160
10.5.2 Lasteinleitung und	
Nachweisschnitte	161
10.5.3 Nachweisverfahren	161
10.5.4 Platten oder Fundamente ohne	
Durchstanzbewehrung	161
10.5.5 Platten oder Fundamente mit	
Durchstanzbewehrung	161
10.6 Stabwerkmodelle	162
10.7 Teilflächenbelastung	162

11	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	162	Teil 2 der Richtlinie: Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	166	
11.1	Begrenzung der Spannungen	162	1	Anwendungsbereich.	166
11.2	Begrenzung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression	162	2	Normative Verweisungen.	166
11.2.1	Allgemeines	162	3	Begriffe, Symbole und Abkürzungen	166
11.2.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite	164	4	Klasseneinteilung	167
11.2.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung	164	5	Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren	167
11.2.4	Berechnung der Rissbreite	165	6	Anforderungen an den Festbeton	167
11.2.4.1	Bauteile ohne Betonstahl- bewehrung	165	7	Lieferung von Frischbeton	167
11.2.4.2	Bauteile mit Betonstahl- bewehrung	165	8	Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien	168
11.3	Begrenzung der Verformungen.	165	9	Produktionskontrolle	169
12	Allgemeine Bewehrungsregeln.	165	Teil 3 der Richtlinie: Ergänzungen und Änderungen zu DIN 1045-3	172	
13	Konstruktionsregeln	166	1	Anwendungsbereich.	172
13.1	Überwiegend biegebeanspruchte Bauteile	166	8	Betonieren	172
13.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	166	11	Überwachung durch das Bauunternehmen	172
13.2	Balken und Plattenbalken	166	Literatur	174	
13.2.1	Allgemeines	166			
13.2.2	Zugkraftdeckung	166			
13.2.3	Querkraftbewehrung	166			
13.3.3	Durchstanz- und Querkraft- bewehrung	166			
13.5.3	Querbewehrung	166			
XIII	Betonstahl und Spannstahl	177			
	Jörg Moersch, Jörg Haßhoff				
	Einleitung	179	1.2.9	Anwendungshilfen für Betonstahlmatten.	208
1	Betonstahl	179	1.2.10	Gitterträger nach DIN 488-5.	214
1.1	Betonstahl nach europäischer Norm EN 10080	179	1.2.11	Bewehrungsdraht nach DIN 488-3.	216
1.2	Betonstahl nach DIN 488	180	1.3	Betonstähle nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen.	220
1.2.1	Einführung.	180	1.3.1	Betonstabstahl B500A mit Sonderrippung	220
1.2.2	Stahlsorten, Eigenschaften und Kennzeichnung nach DIN 488-1	180	1.3.2	Betonstabstahl mit Gewinderippen Typ SAS 500	220
1.2.3	Bauaufsichtlich anerkannte Zertifizierungs- und Überwachungs- stellen für die Herstellung und Verarbeitung von Betonstahl	185	1.3.3	Feuerverzinkte Betonstähle	220
1.2.4	Betonstahl in Stäben nach DIN 488-2	186	1.3.4	Nichtrostender Betonrippenstahl	222
1.2.5	Arbeitshilfen für Betonstabstahl.	187	1.3.5	Nichtmetallische Bewehrung	222
1.2.6	Betonstahl in Ringen nach DIN 488-3	194	2	Spannstahl	224
1.2.7	Betonstahlmatten nach DIN 488-4.	203	2.1	Stand der europäischen Normung bei Spannstählen	224
1.2.8	Lieferprogramme für Betonstahlmatten nach DIN 488-4 und Zulassung	205	2.2	Spannstähle mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen; Stand: 08.10.	225

XIV	Lebensdauerbemessung	229		
	Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Stefanie von Greve-Dierfeld			
1	Einführung	231	3.3.6	Anpassen an die Zielzuverlässigkeit
1.1	Problemstellung, Sicherheitskonzept	231	3.3.7	Ermittlung und Optimierung der Teilsicherheitsbeiwerte
1.2	Historische Entwicklung der Dauerhaftigkeitsbemessung	232	3.3.8	Ergebnis und Verifizierung
2	Modellierung von Schädigungsmechanismen	233	3.4	Bemessungsformat C: Bemessung mit deskriptiven Regeln
2.1	Schädigungsmechanismen für Stahlbetonbauwerke	233	3.4.1	Allgemeines
2.2	Bewehrungskorrosion	234	3.4.2	Analyse der deutschen deskriptiven Regeln: Bemessungsformat C1
2.2.1	Grundlagen der Bewehrungskorrosion	234	3.4.3	Ableitung neuer quantifizierter deskriptiver Regeln: Bemessungsformat C2
2.2.2	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion	235		
2.2.3	Chloridinduzierte Bewehrungskorrosion	236	4	Anwendungsmöglichkeiten der Lebensdauerbemessung
2.2.4	Schädigungsfortschritt nach Depassivierung	237	4.1	Einleitung
2.2.5	Rissaufweitung und Abplatzungen infolge von Bewehrungskorrosion ..	239	4.2	Bemessung von neuen Bauwerken (Konzepte A, B, C)
2.3	Andere Schädigungsmechanismen ..	240	4.2.1	Bemessungsbeispiel für carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion
2.3.1	Frost- bzw. Frost-Tausalz-Angriff ..	240	4.2.2	Bemessungsbeispiel für chloridinduzierte Bewehrungskorrosion ..
2.3.2	Säureangriff	242	4.2.3	Qualitätskontrolle vor und während der Ausführung
3	Bemessungsformate	243	4.3	Zustandsbewertung und -prognose bestehender Bauwerke
3.1	Allgemeines	243	4.3.1	Problemstellung
3.2	Bemessungsformat A: Vollprobabilistische Bemessung ..	245	4.3.2	Bayes'sches Update
3.2.1	Allgemeines	245	4.3.3	Verbesserung der Lebensdauerprognose anhand von Carbonatisierungstiefenmessungen
3.2.2	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion	246	4.3.4	Verbesserung der Lebensdauerprognose anhand von Bohrmehlentnahmen
3.2.3	Chloridinduzierte Bewehrungskorrosion	247	4.3.5	Verbesserung der Lebensdauerprognose durch Korrosionsmonitoring
3.3	Bemessungsformat B: Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten	250	4.3.6	Verbesserung der Lebensdauerprognose durch Potenzialfeldmessung
3.3.1	Allgemeines	250	5	Literatur
3.3.2	Vorgehensweise zur Ermittlung der Teilsicherheitsbeiwerte	251		
3.3.3	Festlegung der Bemessungskriterien	251		
3.3.4	Zusammenstellung der Bemessungssituationen	252		
3.3.5	Festlegung der Bemessungsvariablen, der Anzahl und der Anordnung der Teilsicherheitsbeiwerte	253		

XV	Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken	279
	Bernd Hillemeier, Claus Flohrer, Jürgen Krell, Gabriele Marquardt, Jeanette Orłowsky, Michael Raupach, Karsten Schubert, Stephanie Schuler	
1	Einleitung	281
2	Normen – Richtlinien – Vorschriften	284
2.1	Entwicklung der Regelwerke	284
2.2	Die europäische Normenreihe EN 1504	286
2.2.1	Allgemeines zur EN 1504	286
2.2.2	Instandsetzungsprinzipien und Verfahren der EN 1504	287
2.2.3	Produktauswahl nach EN 1504	287
2.2.4	Einführung der EN 1504 in Deutschland	287
2.3	Bauproduktengesetz/Bauregelliste	290
2.3.1	Bauproduktengesetz	290
2.3.2	Bauregelliste A	290
2.3.3	Bauregelliste B	291
2.3.4	Liste C	292
2.4	Europäisches Chemikaliengesetz REACH	292
3	Sorgfältiger Neubau statt nachträglicher Sanierung	293
3.1.1	10 Regeln für guten Beton	293
3.1.2	Expositionsklassen	294
3.2	Betonausgangsstoffe	296
3.2.1	Allgemeines	296
3.2.2	Zement	296
3.2.3	Zugabewasser	305
3.2.4	Gesteinskörnung	305
3.2.5	Betonzusatzmittel	307
3.2.6	Betonzusatzstoffe	308
3.3	Kunststoffe	309
3.3.1	Allgemeines	309
3.3.2	Thermoplaste	311
3.3.3	Elastomere	311
3.3.4	Duromere	311
3.3.5	Reaktionsharze	311
3.3.6	Kunststoff-Dispersionen	315
3.3.7	Siliciumorganische Verbindungen – Silicone (Si)	315
3.3.8	Kunststoffmodifizierte Mörtel und Beton (CC – PCC – PC)	316
4	Angriffe auf Stahlbeton – Schadensmechanismen	316
4.1	Physikalische Mechanismen	316
4.1.1	Frost	316
4.1.2	Temperatur	317
4.1.3	Feuchte	318
4.1.4	Salzkristallisation	320
4.1.5	Erosion	320
4.2	Chemische Mechanismen	320
4.2.1	Lösender Angriff	320
4.2.2	Treibender Angriff	322
4.3	Elektrochemische Mechanismen	326
4.3.1	Erscheinungsformen der Korrosion	326
4.4	Biologische Mechanismen	329
5	Bestandsaufnahme und Schadensdiagnose	331
5.1	Schadensanalyse	331
5.1.1	Anforderungen an den sachverständigen Ingenieur	331
5.1.2	Erhebungen zur Vorgeschichte des Bauwerks	332
5.1.3	Untersuchungen am Objekt	332
5.1.4	Bauwerksuntersuchungen	332
5.1.5	Laboruntersuchungen	352
5.2	Miteinander unverträgliche Werkstoffe	358
6	Instandsetzung	361
6.1	Prinzipien und Verfahren bei Betonschäden sowie Korrosions- schäden der Bewehrung	361
6.1.1	Allgemeines	361
6.1.2	Prinzipien und Verfahren bei Beton	361
6.1.3	Prinzipien und Verfahren bei der Stahlbewehrung	361
6.2	Dauerhaftigkeit	361
6.3	Planen von Instandsetzungs- maßnahmen	365
6.4	Maßnahmen	366
6.4.1	Betonuntergrund	366
6.4.2	Stahlbetonbewehrung	369
6.4.3	Rissverfüllung	371
6.4.4	Betonersatz (PCC, SPCC)	374
6.4.5	Oberflächenschutz	380
7	Sonderverfahren	392
7.1	Realkalisierung	392
7.1.1	Allgemeines	392
7.1.2	Elektrochemisches Prinzip	393
7.1.3	Elektrochemische Realkalisierung des karbonatisierten Betons	394
7.1.4	Realkalisierung des karbonatisierten Betons durch Diffusion	394
7.1.5	Elektrochemische Chloridextraktion	395
7.2	Kathodischer Korrosionsschutz (KKS)	396
7.3	Faserspritzbeton	397
7.4	Verstärken	398
7.4.1	Allgemeines	398
7.4.2	Einspritzen neu eingebauter Bewehrung in eingeschlitzen Beton	398
7.4.3	Aufkleben von Stahl- und Faserlamellen	398
7.5	Glass-Lining	399
7.6	DUCON Ductile Concrete	400
8	Kurzbezeichnungen	402
9	Literatur	403

XVI	Normen und Regelwerke	411
	Frank Fingerloos	
1	Einleitung	413
1.1	Normen und Regelwerke im Beton-Kalender 2011	413
1.2	DIN 1045 komplett und die Neuausgaben der DAfStb-Hefte 525 und 526	413
1.3	DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“ und ÖVBB-Richtlinie „Faserbeton“	413
1.4	Zur Einführung des Eurocodes 2 ..	415
1.4.1	Deutschland	415
1.4.2	Österreich	417
1.4.3	Schweiz	417
2	Technische Regeln des Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbaus ..	418
2.1	DIN 1045-1: Bemessung und Konstruktion	418
2.1.1	Abschnittsweise Erläuterungen zu DIN 1045-1	418
	Einleitung	418
	Zu 6: Dauerhaftigkeit	418
	Zu 6.2, Tabelle 3: Expositionsklassen – Beispiele	418
	Zu 6.2, Tabelle 3: Expositionsklassen – Gebäudehülle	418
	Zu 6.2, Tabelle 3: Expositionsklassen – Parkbauten	419
	Zu 6.2, Tabelle 3: Mindestbetonfestigkeitsklassen	420
	Zu 6.2, Tabelle 3: Alkali-Kieselsäure-Reaktion und Feuchtigkeitsklassen	421
	Zu 6.3, Tabelle 4: Mindestbetondeckung ..	422
	Zu 6.3 (9): Vorhaltmaß der Betondeckung bei Fertigteilen	423
	Zu 6.3 (12): Betondeckung bei Bewehrung direkt auf Verbundfugen	423
	Zu 8.6: Nachweisverfahren Theorie II. Ordnung ..	424
	Zu 8.6.3 (4): Grenzschlankheit	424
	Zu 8.6.3 (10) und (11): Effektive Kriechzahl φ_{eff}	424
	Zu 8.6.5: Effektive Kriechzahl beim Modellstützenverfahren	425
	Zu 8.6.7: Druckglieder aus unbewehrtem Beton – Kellerwände	426
	Zu 9.1.4: Kriechen und Schwinden bei Hohlkastenquerschnitten	427
	Zu 10.3: Querkrafttragfähigkeit	427
	Zu 10.3.3: Bauteile ohne Querkraftbewehrung – Mindestquerkrafttragfähigkeit	427
	Zu 10.3.3: Bauteile ohne Querkraftbewehrung – Platten mit Öffnungen im Querschnitt ..	428
	Zu 10.3.4 (2): Hebelarm bei rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	429
	Zu 10.3.5: Schubkräfte zwischen Balkenstegen und Gurten	429
	Zu 10.3.6: Schubkraftübertragung in Fugen ..	429
	Zu 10.3.6 (1): Oberflächenbeschaffenheit der Verbundfugen	430
	Zu 10.3.6 (2): Bemessungswert der einwirkenden Schubkraft	432
	Zu 10.3.6 (3) und (4): Bemessungskonzept Schub längs zur Fuge	432
	Zu 10.3.6 (13): Bemessungskonzept Schub quer zur Fuge	433
	Zu 10.4.2 (2): Torsion – effektive Wanddicke bei Hohlkastenquerschnitten ..	435
	Zu 10.5: Durchstanzen	435
	Zu 10.5.2 (2) und (6): Teilrundschnitte ..	435
	Zu 10.5.2 (14): Kritischer Rundschnitt bei Fundamenten und Bodenplatten	435
	Zu 10.5.3 (2): Querkraftbeiwert β für Wandende und Wandecke	437
	Zu 10.5.4 und 10.5.5: Ansatz von Drucknormalspannungen	437
	Zu 10.5.5: Durchstanzbewehrung bei Fundamenten	438
	Zu 10.5.5 (5): Mindestdurchstanzbewehrung ..	438
	Zu 10.5.6: Mindestlängsbewehrung bei Fundamenten	439
	Zu 10.6.2: Stabwerkmodelle – Querkzugkräfte im eingeschnürten Druckfeld ..	439
	Zu 10.7: Teilflächenbelastung	439
	Zu 10.8.3: Ermüdung – Eigenschaften Betonstahl (Tab. 16) und Spannstahl (Tab. 17) ..	440
	Zu 11.2: Begrenzung der Rissbreiten	441
	Zu 11.2.1: Allgemeines	441
	Zu 11.2.2: Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite	443
	Zu 11.2.2 (5): Zuggurte in gegliederten Querschnitten	443
	Zu 11.2.2 (5): effektive Betonzugfestigkeit ..	443
	Zu 11.2.2 (8): Zentrischer Zwang in dicken Bauteilen	444
	Zu 11.2.2 (9): Einfluss der Betontechnologie ..	446
	Zu 11.2.4 (2): Berechnung der Rissbreite – Betonzugfestigkeit	447
	Zu 12: Bewehrungsregeln	447
	Zu 12.2: Stababstände in massigen Bauteilen ..	447
	Zu 12.7 (2): Verankerung von Bügeln in Platten ..	447
	Zu 12.8.3: Querbewehrung bei Übergreifungsstößen	447
	Zu 13: Konstruktionsregeln	448
	Zu 13.1.1: Mindestbewehrung für duktilen Bauteilverhalten	448
	Zu 13.2.1: Auslagerung der Zugbewehrung in Gurte gegliederter Querschnitte	449
	Zu 13.2.4 (1): Torsionsbewehrung – Schließen der Bügel	449
	Zu 13.3.3 (5): Durchstanzbewehrung	449
	Zu 13.5.3 (8): Querbewehrung bei Stützen – Bügelschlösser bei Stützen	449

2.1.2	Normentext DIN 1045-1	452	10.6	Stabwerkmodelle	517
	Vorwort	452	10.7	Teilflächenbelastung	518
	Änderungen	452	10.8	Nachweis gegen Ermüdung	519
	Frühere Ausgaben	452	11	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	522
	Einleitung	452	11.1	Begrenzung der Spannungen	522
1	Anwendungsbereich	453	11.2	Begrenzung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression	523
2	Normative Verweisungen	453	11.3	Begrenzung der Verformungen	529
3	Begriffe und Formelzeichen	454	12	Allgemeine Bewehrungsregeln	531
3.1	Begriffe	454	12.1	Allgemeines	531
3.2	Formelzeichen	455	12.2	Stababstände von Betonstählen	531
3.3	SI-Einheiten	459	12.3	Biegen von Betonstählen	531
4	Bautechnische Unterlagen	459	12.4	Verbundbedingungen	533
4.1	Umfang der bautechnischen Unterlagen	459	12.5	Bemessungswert der Verbund- spannung	533
4.2	Zeichnungen	459	12.6	Verankerung der Längsbewehrung	534
4.3	Statische Berechnungen	460	12.7	Verankerung von Bügeln und Querkräftbewehrung	536
4.4	Baubeschreibung	460	12.8	Stöße	536
5	Sicherheitskonzept	461	12.9	Stabbündel	540
5.1	Allgemeines	461	12.10	Spannglieder	541
5.2	Bemessungswert des Tragwiderstands	461	13	Konstruktionsregeln	543
5.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit	461	13.1	Überwiegend biegebeanspruchte Bauteile	543
5.4	Grenzzustände der Gebrauchs- tauglichkeit	463	13.2	Balken und Plattenbalken	544
6	Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	463	13.3	Vollplatten aus Ortbeton	547
6.1	Allgemeines	463	13.4	Vorgefertigte Deckensysteme	550
6.2	Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit	464	13.5	Stützen	552
6.3	Betondeckung	468	13.6	Wandartige Träger	553
7	Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen	469	13.7	Wände	553
7.1	Anforderungen	469	13.8	Verbindung und Auflagerung von Fertigteilen	555
7.2	Imperfektionen	470	13.9	Krafteinleitungsbereiche	556
7.3	Idealisierungen und Vereinfachungen	471	13.10	Umlenkkräfte	556
8	Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen	474	13.11	Indirekte Auflager	556
8.1	Allgemeines	474	13.12	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	557
8.2	Linear-elastische Berechnung	474	2.2	Zusammenstellung von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2: Beton	559
8.3	Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung	474	2.2.1	Erläuterungen zu DIN 1045-2	559
8.4	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	475	Zu 4.1:	Expositions- und Feuchtigkeitsklassen	559
8.5	Nichtlineare Verfahren	476	Zu 5.5.1.2:	Anforderungen an Festbeton – Druckfestigkeit	560
8.6	Stabförmige Bauteile und Wände unter Längsdruck (Theorie II. Ordnung)	477	Zu 8.4:	Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes	561
8.7	Vorgespannte Tragwerke	484	2.2.2	Normentext	562
9	Baustoffe	489	Nationales Vorwort	562	
9.1	Beton	489	Einleitung	564	
9.2	Betonstahl	494	1	Anwendungsbereich	564
9.3	Spannstahl	499	2	Normative Verweisungen	566
10	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	500	3	Begriffe, Symbole und Abkürzungen	568
10.1	Allgemeines	500	3.1	Begriffe	568
10.2	Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein	500	3.2	Symbole und Abkürzungen	571
10.3	Querkraft	501	4	Klasseneinteilung	572
10.4	Torsion	508	4.1	Expositionsklassen, bezogen auf die Umgebungsbedingungen	572
10.5	Durchstanzen	510	4.2	Frischbeton	572
			4.3	Festbeton	572

<p>5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren 578</p> <p>5.1 Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe 578</p> <p>5.2 Grundanforderungen an die Zusammensetzung des Betons 579</p> <p>5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsclassen 586</p> <p>5.4 Anforderungen an Frischbeton 588</p> <p>5.5 Anforderungen an Festbeton 589</p> <p>6 Festlegung des Betons 591</p> <p>6.1 Allgemeines 591</p> <p>6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften 592</p> <p>6.3 Festlegung für Beton nach Zusammensetzung 592</p> <p>6.4 Festlegung für Standardbeton 593</p> <p>7 Lieferung von Frischbeton 593</p> <p>7.1 Informationen vom Verwender an den Betonhersteller 593</p> <p>7.2 Informationen vom Betonhersteller für den Verwender 593</p> <p>7.3 Lieferschein für Transportbeton 594</p> <p>7.4 Lieferangaben für Baustellenbeton 595</p> <p>7.5 Konsistenz bei Lieferung 595</p> <p>7.6 Transport von Beton zur Baustelle 595</p> <p>8 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien 595</p> <p>8.1 Allgemeines 595</p> <p>8.2 Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften 596</p> <p>8.3 Konformitätskontrolle für Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton 601</p> <p>8.4 Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes 602</p> <p>9 Produktionskontrolle 603</p> <p>9.1 Allgemeines 603</p> <p>9.2 Systeme der Produktionskontrolle 603</p> <p>9.3 Aufgezeichnete Daten 603</p> <p>9.4 Prüfung 603</p> <p>9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung 603</p> <p>9.6 Personal und Ausstattung 605</p> <p>9.7 Dosieren der Ausgangsstoffe 606</p> <p>9.8 Mischen des Betons 606</p> <p>9.9 Verfahren der Produktionskontrolle 606</p> <p>10 Beurteilung der Konformität 612</p> <p>10.1 Allgemeines 612</p> <p>10.2 Bewertung und Überwachung der Produktionskontrolle sowie Zertifizierung des Betons 612</p> <p>11 Bezeichnung für Beton nach Eigenschaften 613</p> <p>Anhang A (normativ): Erstprüfung 613</p> <p>Anhang B (normativ): Identitätsprüfung für die Druckfestigkeit 614</p>	<p>Anhang C (normativ): Regelungen für die Bewertung und die Überwachung der Produktionskontrolle sowie die Zertifizierung des Betons 614</p> <p>Anhang D (informativ): Literaturhinweise 617</p> <p>Anhang E (informativ): Leitlinie für die Anwendung des Prinzips der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit 617</p> <p>Anhang F (normativ): Empfehlungen für Grenzwerte der Betonzusammensetzung 617</p> <p>Anhang G (informativ): Anforderungen an die Genauigkeit von Dosiereinrichtungen 625</p> <p>Anhang H (normativ): Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton 625</p> <p>Anhang J (informativ): Leistungsbezogene Entwurfsverfahren hinsichtlich der Dauerhaftigkeit (informativ) 628</p> <p>Anhang K (normativ): Betonfamilien 629</p> <p>Anhang L (informativ): Kornzusammensetzung 629</p> <p>Anhang U (normativ): Anforderungen für die Verwendung von Gesteinskörnungen 632</p> <p>2.3 DIN 1045-3: Bauausführung 636</p> <p>2.3.1 Erläuterungen zu DIN 1045-3 636</p> <p>Zu 5.6: Ausrüsten und Ausschalen 636</p> <p>Zu 8.7.4: Nachbehandlungsdauer 636</p> <p>Zu 10.4: Grenzabmaße für die Tragsicherheit 637</p> <p>2.3.2 Normtext DIN 1045-3 640</p> <p>Vorwort 640</p> <p>1 Anwendungsbereich 640</p> <p>2 Normative Verweisungen 641</p> <p>3 Begriffe 641</p> <p>4 Dokumentation, Bauleitung 642</p> <p>4.1 Projektbeschreibung 642</p> <p>4.2 Bautechnische Unterlagen 642</p> <p>4.3 Aufzeichnungen während der Bauausführung 643</p> <p>4.4 Bauleitung 643</p> <p>5 Gerüste, Schalungen und Einbauteile 644</p> <p>5.1 Allgemeine Anforderungen 644</p> <p>5.2 Gerüste 644</p> <p>5.3 Schalungen 644</p> <p>5.4 Trennmittel 644</p> <p>5.5 Einbauteile 644</p> <p>5.6 Ausrüsten und Ausschalen 644</p> <p>6 Bewehren 645</p> <p>6.1 Allgemeine Anforderungen 645</p> <p>6.2 Biegen, Transport und Lagerung der Bewehrung 645</p> <p>6.3 Schweißen von Betonstahl 645</p> <p>6.4 Einbau der Bewehrung 646</p> <p>7 Vorspannen 647</p> <p>7.1 Allgemeines 647</p> <p>7.2 Transport und Lagerung 647</p> <p>7.3 Herstellung der Spannglieder 647</p> <p>7.4 Einbau der Spannglieder 647</p> <p>7.5 Vorspannen der Spannglieder 648</p> <p>7.6 Korrosionsschutz 648</p>
--	--

8	Betonieren	649	6.2	Technischer Werkleiter	664
8.1	Allgemeines	649	6.3	Sonstiges Personal	664
8.2	Transport von Beton	650	6.4	Ständige Betonprüfstelle	664
8.3	Temperatur des Betons	650	7	Konformitätskontrolle und -kriterien	664
8.4	Vorbereiten des Betonierens	650	8	Werkseigene Produktionskontrolle	665
8.5	Einbringen und Verdichten	650	9	Beurteilung der Konformität	665
8.6	Oberflächenbearbeitung	651	9.1	Aufgaben des Herstellers	665
8.7	Nachbehandlung und Schutz	651	9.2	Überwachung und Zertifizierung der Fertigteile durch eine anerkannte Stelle	665
9	Bauen mit Betonfertigteilen	653	10	Kennzeichnung und Lieferschein	665
9.1	Aufgaben des Herstellers	665	2.5	DIN 1045-100: Ziegeldecken (Stahlsteindecken)	669
9.2	Überwachung und Zertifizierung der Fertigteile durch eine anerkannte Stelle	665	2.5.1	Erläuterungen zu DIN 1045-100	669
10	Maßtoleranzen	653	Zu 7.2	Bemessung auf Biegung	669
10.1	Allgemeines	653	Zu 7.3	Bemessung für Querkraft	671
10.2	Grenzabmaße für die Passgenauigkeit	653	Zu 7.4	Vereinfachter Verformungsnachweis mit Begrenzung der Biegeschlankeit	671
10.3	Grenzabmaße für die Betondeckung	653	2.5.2	Bemessungsbeispiel Ziegeldecke, einachsig gespannt	674
10.4	Grenzabmaße für die Tragsicherheit	653	2.5.3	Normtext DIN 1045-100	675
11	Überwachung durch das Bauunternehmen	654	Vorwort	675	
11.1	Allgemeines	654	1	Anwendungsbereich	675
11.2	Überwachung von Gerüsten und Schalungen	654	2	Normative Verweisungen	675
11.3	Überwachung des Bewehrns	654	3	Begriffe	675
11.4	Überwachung des Vorspannens	654	3.1	Ziegeldecke	676
11.5	Überwachung des Betonierens	656	4	Bautechnische Unterlagen	676
Anhang A (normativ): Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbeton- eigenschaften		656	5	Baustoffe	676
Anhang B (normativ): Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungs- klassen 2 und 3 durch das Bauunternehmen		659	6	Berechnungsgrundlagen	676
Anhang C (normativ): Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungs- klassen 2 und 3 durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle		660	6.1	Allgemeines	676
Anhang D (normativ): Überwachung des Einpressens von Zementmörtel in Spannkanäle durch eine dafür anerkannte Überwachungsstelle		661	6.2	Lastannahmen	676
Literaturhinweise		661	6.3	Scheibenwirkung	676
2.4	DIN 1045-4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen	662	7	Bemessung	676
2.4.1	Normtext DIN 1045-4	662	7.1	Allgemeines	676
Vorwort		662	7.2	Bemessung auf Biegung	676
1	Anwendungsbereich	662	7.3	Bemessung für Querkraft	677
2	Normative Verweisungen	662	7.4	Vereinfachter Nachweis zur Begrenzung der Biegeschlankeit	677
3	Begriffe	663	8	Bauliche Durchbildung	677
3.1	Herstellung von Fertigteilen	663	8.1	Querverbindung	677
3.2	Transportanker	663	8.2	Deckenaufleger	677
4	Herstellung	663	8.3	Deckendicke	678
4.1	Allgemeines	663	8.4	Ausführung	678
4.2	Besondere Anforderungen an Bau- stoffe und für die Nachbehandlung	663	9	Bewehrungsrichtlinien	678
5	Auslieferung und Transport	664	10	Transport und Montage	678
6	Anforderungen an die technische und personelle Ausstattung	664	11	Übereinstimmungsnachweis	678
6.1	Technische Ausstattung	664	11.1	Allgemeines	678
			11.2	Werkseigene Produktionskontrolle	679
			11.3	Fremdüberwachung	679
			11.4	Kennzeichnung	680
			11.5	Lieferscheine	680
			2.6	DIN 19700 Stauanlagen	681
			2.6.1	Normtext DIN 19700-10: Gemeinsame Festlegungen	681
			Vorwort	681	
			1	Anwendungsbereich	681
			2	Normative Verweisungen	682
			3	Klassifizierung	682

4	Planung	682	4.5	Gewässerbeschaffenheit	705
4.1	Allgemeines	682	4.6	Vorsperren	706
4.2	Technische Planung	683	4.7	Ökologische Gesichtspunkte	706
4.3	Umweltverträglichkeit und Landschaftsplanung	683	4.8	Wasserwirtschaftsplan	706
5	Hydrologische Grundlagen	684	5	Untergrund	707
5.1	Allgemeines	684	5.1	Allgemeines	707
5.2	Basisgrößen	684	5.2	Baugrund	707
5.3	Bemessungshochwasser	685	5.3	Erkundungen	707
6	Wasserwirtschaftliche Bemessung	686	6	Absperrbauwerke (Staudämme, Staumauern)	709
6.1	Zielstellungen	686	6.1	Gemeinsame Festlegungen	709
6.2	Stauraumbemessung und Stauzielfestlegung	686	6.2	Staudämme	711
6.3	Hochwassersicherheit und Hochwasserschutz	687	6.3	Staumauern	716
6.4	Freibordbemessung	688	7	Sicherheitsnachweise	719
7	Ökologische Grundlagen	688	7.1	Gemeinsame Festlegungen für Absperrbauwerke	719
8	Anforderungen an den Untergrund	689	7.2	Staudämme	721
8.1	Allgemeines	689	7.3	Staumauern	723
8.2	Erkundungen	689	7.4	Einzelbauteile und -bauwerke	726
8.3	Untergrundverbesserung	689	7.5	Staubecken	726
8.4	Nachweise gegenüber Erdbeben	690	8	Betriebseinrichtungen	726
9	Baustoffe und Bauteile	690	8.1	Allgemeines	726
9.1	Allgemeines	690	8.2	Hochwasserentlastungsanlagen	726
9.2	Baustoffe und Bauteile für Staudämme	690	8.3	Entnahmeanlagen	727
9.3	Baustoffe und Bauteile für Staumauern und Wehre	692	8.4	Energieumwandlungsanlagen	729
10	Gestaltung und Wahl der Absperrbauwerke	693	8.5	Kombinierte Betriebseinrichtungen	729
11	Zuverlässigkeitsanforderungen an Tragwerke	694	8.6	Messeinrichtungen für Wasserstände und Durchflüsse	729
12	Grundsätze zur Bauausführung und Bauüberwachung	695	8.7	Elektrische Anlagen	729
13	Grundsätze für Probestau und Inbetriebnahme	696	9	Betrieb	730
14	Grundsätze für die Sicherheits- überwachung von Stauanlagen	696	9.1	Wasserwirtschaftlicher Betrieb	730
14.1	Allgemeines	696	9.2	Anlagenbetrieb	733
14.2	Messungen und Kontrollen	696	10	Überwachung	733
15	Anforderungen an Betrieb und Unterhaltung von Stauanlagen	697	10.1	Allgemeines	733
15.1	Betrieb	697	10.2	Bauwerksüberwachung	734
15.2	Unterhaltung	697	10.3	Betriebsüberwachung	735
16	Stauanlagenbuch	698	10.4	Sicherheitsbericht	735
Literaturhinweise		698	11	Talsperrenbuch	736
2.6.2	Normentext DIN 19700-11: Talsperren	699	11.1	Allgemeines	736
Vorwort		699	11.2	Inhalt des Talsperrenbuches	736
1	Anwendungsbereich	699	Literaturhinweise		737
2	Normative Verweisungen	700	3	Listen und Verzeichnisse	738
3	Klassifizierung	701	3.1	Baunormen und technische Baubestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau	738
4	Hydrologie, Wasserwirtschaft, Ökologie	701	3.2	Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen und Bauregelliste	763
4.1	Bestimmungs- und Bemessungs- größen	701	3.3	Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V.	764
4.2	Wasserhaushalt des Einzugsgebietes	701	3.3.1	Zur Stahlfaserbeton-Richtlinie 2010-03	764
4.3	Bemessung von Talsperren hinsichtlich Hochwassersicherheit und -schutz	701	3.3.2	Zur Berichtigung der Alkali-Richtlinie 2010-04	764
4.4	Bemessung von Stauräumen und Stauzielfestlegung	703	3.3.3	Zur Neuausgabe der Richtlinie Massige Bauteile 2010-04	764
			3.3.4	Zur Instandsetzungs-Richtlinie 2001-10	765
			3.3.5	Liste der Richtlinien	765

3.3.6	DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton	767	4	Klasseneinteilung	784
	Vorwort zu dieser Richtlinie	767	4.3	Festbeton	784
	Teil 1 – Ergänzungen und Änderungen zu		5	Anforderungen an Beton und	
	DIN 1045-1	768		Nachweisverfahren	784
1	Anwendungsbereich	768	5.4	Anforderungen an Frischbeton	784
2	Normative Verweisungen und		6	Festlegung des Betons	784
	Hinweise	769	6.2	Festlegung für Beton nach	
3	Begriffe und Formelzeichen	769		Eigenschaften	784
3.1	Begriffe	769	7	Lieferung von Frischbeton	784
3.2	Formelzeichen	769	7.3	Lieferschein für	
4	Bautechnische Unterlagen	771		Transportbeton	784
4.2	Zeichnungen	771	8	Konformitätskontrolle und	
5	Sicherheitskonzept	771		Konformitätskriterien	784
5.1	Allgemeines	771	8.2	Konformitätskontrolle für	
5.2	Bemessungswert des			Beton nach Eigenschaften	784
	Tragwiderstandes	771	9	Produktionskontrolle	784
5.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit	772	9.2	Systeme der Produktionskontrolle	784
6	Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	773	9.4	Prüfung	784
6.2	Expositionsklassen,		9.5	Betonzusammensetzung und	
	Mindestbetonfestigkeit	773		Erstprüfung	785
6.3	Betondeckung	773	DIN EN 206-1, Anhang A (normativ) –		
8	Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen	773		Bestimmung des Stahlfasergehaltes	785
8.4	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	773	DIN 1045-2, (Anhang H (normativ) – Zusätzliche		
8.5	Nichtlineare Verfahren	773		Vorschriften für hochfesten Beton	785
8.6	Stabförmige Bauteile und Wände unter		Anhang M (normativ) – Bestimmung des		
	Längsdruck (Theorie II. Ordnung)	773		Stahlfasergehaltes	785
8.7	Vorgespannte Tragwerke	774	Anhang N (normativ) – Erstprüfung von		
9	Baustoffe	774		Stahlfaserbeton	787
9.1	Beton	774	Anhang O (normativ) – Prüfungen zur		
9.4	Stahlfasern	777		Ermittlung der Leistungsklasse	788
10	Nachweise in den Grenzzuständen		Anhang P (normativ) – Genauere Bestimmung		
	der Tragfähigkeit	777		des Beiwertes L2 zur Ermittlung der	
10.1	Allgemeines	777		zentrischen Zugfestigkeit	790
10.2	Biegung mit oder ohne Längskraft		Anhang Q (normativ) – Zusätzliche		
	und Längskraft allein	777		Vorschriften für Stahlfaserbeton	791
10.3	Querkraft	777	Teil 3 – Ergänzungen und Änderungen zu		
10.4	Torsion	778		DIN 1045-3	793
10.5	Durchstanzen	778	1	Anwendungsbereich	793
10.6	Stabwerkmodelle	779	8	Betonieren	793
10.7	Teilflächenbelastung	779	8.1	Allgemeines	793
11	Nachweise in den Grenzzuständen		8.5	Einbringen und Verdichten	793
	der Gebrauchstauglichkeit	780	11	Überwachung durch das Bauunternehmen	793
11.2	Begrenzung der Rissbreiten und		11.5	Überwachen des Betonierens	793
	Nachweis der Dekompression	780	Anhang A (normativ) – Prüfungen für die		
11.3	Begrenzung der Verformungen	782		maßgebenden Frisch- und	
12	Allgemeine Bewehrungsregeln	782		Festbetoneigenschaften	793
12.2	Stababstände von Betonstählen	782	3.4	Deutscher Beton- und Bautechnik-	
13	Konstruktionsregeln	782		Verein E. V. (DBV): Merkblätter	
Anhang A (normativ) – Bauteile unter				und Sachstandsberichte	795
Brandbeanspruchung	783		3.5	Österreichische Vereinigung für	
Teil 2 – Ergänzungen und Änderungen zu				Beton- und Bautechnik (ÖVB):	
DIN EN 206-1 und DIN 1045-2	783			Richlinien, Merkblätter und	
1	Anwendungsbereich	783		Sachstandsberichte	796
2	Normative Verweisungen	783	4	Literatur	797
3	Begriffe, Symbole und Abkürzungen	783			
3.2	Symbole und Abkürzungen	783			

Anschriften

2

Autoren

Alfes, Christoph, Dr.-Ing.
Am Sittertzhof 19 b
47906 Kempen

Dehn, Frank, Prof. Dr.-Ing.
MFPA Leipzig GmbH
Hans-Weigel-Straße 2B
04319 Leipzig

Empelmann, Martin, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Braunschweig
iBMB – Fachgebiet Massivbau
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Falkner, Horst, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.
IBF Dr. Falkner GmbH
Untere Waldplätze 21
70569 Stuttgart

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

Flohner, Claus, Prof. Dipl.-Ing.
HOCHTIEF Consult
Materials
Farmstraße 91–97
64546 Mörfelden-Walldorf

Gehlen, Christoph, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität München
Lehrstuhl für Baustoffkunde und
Werkstoffprüfung
Baumbachstraße 7
81245 München

von Greve-Dierfeld, Stefanie, Dipl.-Ing.
Technische Universität München
cbm – Centrum für Baustoffe und Materialprüfung
Baumbadstraße 7
81245 München

Grunert, Jens Peter, Dr.-Ing.
IBF Dr. Falkner GmbH
Untere Waldplätze 21
70569 Stuttgart

Haßhoff, Jörg, Dipl.-Ing.
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.
Kaiserswerther Straße 137
40474 Düsseldorf

Hillemeier, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Berlin
Institut für Bauingenieurwesen
FG Baustoffe und Baustoffprüfung
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Holschemacher, Klaus, Prof. Dr.-Ing.
HTWK Leipzig
Fakultät Bauwesen
Karl-Liebknecht-Straße 132
04277 Leipzig

Klug, Yvette, Dipl.-Ing.
HTWK Leipzig
Fakultät Bauwesen
Karl-Liebknecht-Straße 132
04277 Leipzig

Krell, Jürgen, Dr.-Ing.
krell-consult
Am Strauch 86
40723 Hilden

Marquardt, Gabriele, Dipl.-Ing.
Technische Universität Berlin
Institut für Bauingenieurwesen
FG Baustoffe und Baustoffprüfung
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Mayer, Till Felix, Dr.-Ing.
Ingenieurbüro Schiebl Gehlen Sodeikat GmbH
Landsberger Straße 370
80687 München

Moersch, Jörg, Dr.-Ing.
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.
Kaiserswerther Straße 137
40474 Düsseldorf

Orlowsky, Jeanette, Dipl.-Ing.
RWTH Aachen
Institut für Bauforschung
Schinkelstraße 3
52062 Aachen

Raupach, Michael, Prof. Dr.-Ing.
RWTH Aachen
Institut für Bauforschung
Schinkelstraße 3
52062 Aachen

Schubert, Karsten, Prof. Dr. rer. nat.
Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe

Schuler, Stephanie, Dipl.-Ing.
Technische Universität Berlin
Institut für Bauingenieurwesen
FG Baustoffe und Baustoffprüfung
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin

Teutsch, Manfred, Dr.-Ing.
Technische Universität Braunschweig
iBMB – Fachgebiet Massivbau
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Wichers, Marco, Dipl.-Ing.
Technische Universität Braunschweig
iBMB – Fachgebiet Massivbau
Beethovenstraße 52
38106 Braunschweig

Wiens, Udo, Dr.-Ing.
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V.
Budapester Straße 31
10787 Berlin

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

Verlag

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

Bergmeister, K., Fingerloos, F., Wörner, J.-D. (Hrsg.)



Beton-Kalender 2011

Schwerpunkte: Kraftwerke, Faserbeton

(November 2010, ca. 1.300 Seiten, ca. 1.000 Abb., ca. 300 Tab. Gebunden.)

Unter dem Schwerpunktthema "Energie" behandelt der Beton-Kalender in mehreren Beiträgen Planung und Entwurf von baulichen Anlagen, die der Energiegewinnung der Zukunft - örtlich, regional und im internationalen Maßstab - dienen. Dabei werden zum notwendigen Verständnis der besonderen Lasteinwirkungen jeweils einführend die Technik, Typen und Leistungsklassen beschrieben, und anschließend die Betontragwerke erläutert. Die spezifischen Anforderungen an den Baustoff Beton im Kraftwerksbau werden in einem gesonderten Kapitel behandelt. Das Thema Energie ohne die Nachhaltigkeit von Betonkonstruktionen selbst zu betrachten, wäre unvollständig; Beiträge zur Lebensdauerbemessung sowie zur Erhaltung durch Instandsetzung tragen dem Rechnung.

Die Neufassung der DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton vom März 2010 ist Anlass, mit dem zweiten Schwerpunkt "Faserbeton" alle Aspekte dieser Baustoffe und ihrer Anwendung in mehreren Beiträgen umfassend zu behandeln, darunter Originaltext der SFB-Richtlinie und Erläuterungen.

Aus dem Inhalt:

TEIL 1

- A1 Energie, Kraftwerkstechnologien (Johann-Dietrich Wörner)
- A2 Windenergieanlagen in Stahlbeton-/Spannbetonbauweise für den Einsatz an Land und offshore (Jürgen Grünberg, Joachim Göhlmann)
- A3 Geothermie (Rolf Katzenbach, Frithjof Claus, Thomas Waberseck, Isabel Wagner)
- A4 Talsperren (Diethelm Linse, Gerald Zenz)
- A5 Planung und Bau von Kleinwasserkraftwerken (Bernhard Pelikan)
- A6 Konzepte der Tragwerksplanung für den Kraftwerksbau (Peter Osterrieder, Dieter Werner, Marc Simon)
- A7 Planung und Bau von Kernkraftwerken (Jürgen Schnell, Julian Meyer, Rüdiger Meiswinkel)
- A8 Beton für den Kraftwerksbau (Ludger Lohaus, Lasse Petersen, Robert Griese, Steffen Anders)

TEIL 2

- B1 Faserbeton (Horst Falkner, Jens-Peter Grunert)
 - B2 Grundlagen des Faserbetons (Klaus Holschemacher, Frank Dehn, Yvette Klug)
 - B3 Baukonstruktionen aus Faserbeton (Martin Empelmann, Manfred Teutsch, Marco Wichers)
 - B4 Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton (Manfred Teutsch, Udo Wiens, Christoph Alfes)
 - B5 Betonstahl und Spannstahl (Jörg Moersch, Jörg Haßhoff)
 - B6 Lebensdauerbemessung (Christoph Gehlen, Till Felix Mayer, Stefanie von Greve-Dierfeld)
 - B7 Instandsetzung und Erhaltung von Betonbauwerken (Bernd Hillemeier, Karsten Schubert)
 - B8 Normen und Regelwerke (Frank Fingerloos)
- DIN 1045 Teile 1, 2, 3, 4, 100 und DIN EN 206-1
DAfStb-Rili Stahlfaserbeton
DIN 19700 Stauanlagen

Fax-Antwort an +49(0)30 47031 240 Ernst & Sohn, Berlin

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis*
	978-3-433-02954-1	Beton-Kalender 2011	<input type="checkbox"/> ca. € 165,- (Einmalbezugspreis) <input type="checkbox"/> ca. € 145,- (Liefen Sie den Beton-Kalender jährlich nach Erscheinen zum Fortsetzungsbezugspreis**)
	905765	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos
	2093	Fachzeitschrift Beton- und Stahlbetonbau - aktuelle Ausgabe (Probeheft)	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: privat geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner			Telefon
UST-ID Nr./VAT-ID No.			Fax
Straße/Nr.			E-Mail
Land	-	PLZ	Ort

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

Datum/Unterschrift

**Fortsetzungsbezug: Sie sparen € 20,-. Beim Fortsetzungsbezug erhalten Sie die jährliche Ausgabe direkt nach Erscheinen (März) zum günstigeren Fortsetzungspreis zugesandt. Die automatische Belieferung können Sie jederzeit jährlich bis zum 30. September für die folgende Ausgabe stoppen.
*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten. Stand: September 2010 (homepage_Leseprobe)