

2020 BetonKalender



Wasserbau
Konstruktion und Bemessung

2020

BetonKalender

Wasserbau Konstruktion und Bemessung

Herausgegeben von

Prof. Dipl.-Ing. DDr. Dr.-Ing. E. h. Konrad Bergmeister
Wien

Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos
Berlin

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

109. Jahrgang

Hinweis des Verlages

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

Titelbild: Neue Weserschleuse in Minden (Fertigstellung 2017)

Foto: Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

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.

© 2020 Wilhelm 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: Alexa Glanzner GmbH, Viernheim
Druck und Bindung: CPI Ebner & Spiegel, Ulm

Printed in the Federal Republic of Germany.
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Print ISBN: 978-3-433-03268-8
ePDF ISBN: 978-3-433-60992-7
ePub ISBN: 978-3-433-60991-0
oBook ISBN: 978-3-433-60990-3

ISSN 0170-4958

Vorwort

Der Beton-Kalender 2020 behandelt schwerpunktmäßig die konstruktive Durchbildung und die Bemessung von Konstruktionen des Wasserbaus, die Baugrundverbesserung sowie aktuelle Themen aus dem konstruktiven Bereich der Betonbauweise.

Ein respektvoller Umgang mit der Natur, die Auswirkungen der Klimaveränderung und die Interaktion von Bauwerken mit der natürlichen und auch künstlich geschaffenen Umwelt erfordern eine stete Aktualisierung des Wissens. Der interaktive Zusammenhang zwischen einer von der Natur ausgelösten Ursache, ihrer Wirkung und den entsprechenden Schutzbauwerken stellt im Bauwesen eine ingenieurmäßige Herausforderung dar – von der Modellierung der Einwirkungen, über die Strukturmechanik und die Werkstoffwissenschaften, die Geotechnik und die Bodenverbesserung bis hin zum Konstruktiven Ingenieurbau. Der Baustoff Beton muss zunehmend multidimensionalen Anforderungen an das verhaltens- und verformungsgesteuerte Langzeitverhalten, aus veränderlichen Umwelteinwirkungen und aus ästhetischen Gesichtspunkten entsprechen. Hierzu gibt es aktualisierte Beiträge und neues Wissen im vorliegenden Beton-Kalender 2020 in praxisnah aufbereiteter Form.

Die kausalen Zusammenhänge können dabei naturwissenschaftlich erfasst werden, jedoch die Auswirkungen auf die Planung der Betonzusammensetzung sowie der Durchbildung der Betonkonstruktionen sind vielfach nur mit Versuchen und zunehmend mit Modellen der numerischen Approximation und der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu erfassen. Hier gilt es mit Mut neue Erfahrungen mit verformungskompatiblen Entwurfskonzepten zu sammeln.

In beiden Teilen dieses Jahrgangs wurden aktuelle Themen zusammengestellt, um ein Nachschlagewerk für die Ingenieurpraxis, aber auch für den wissenschaftlich interessierten Leser zu erstellen.

Im Teil 1 führen *Frank Dehn*, *Udo Wiens* und *Harald S. Müller* in die aktualisierten Themen der Betonzusammensetzung bei spezifischen Einwirkungen ein. Dabei werden neue Erkenntnisse für die Langzeitbeanspruchung sowie die Dauerhaftigkeit behandelt.

Das Kapitel Betonstahl und Spannstahl wurde von *Jörg Moersch* und *Sven Junge* auf einen aktuellen Stand gebracht.

Mit der Spanngliedverankerung beim Rückbau von Brücken befassen sich *David Sanio* und *Peter Mark*.

Anhand von konkreten Beispielen werden temporäre Quer- und Längsvorspannungen für die verschiedenen Phasen des Teilabbruchs dargestellt.

Einen aktuellen Überblick zur Bemessung von Verankerungen in Beton nach neuem Eurocode EN 1992-4 geben *Rainer Mallée*, *Werner Fuchs* und *Rolf Eligehausen*.

Die Verankerungs- und Bewehrungstechnik erfährt gerade durch nachträgliche Ergänzungsarbeiten ständige Herausforderungen. Dazu hat *Thomas Sippel* Befestigungsprodukte, Bemessungsregeln und deren konstruktive Anwendungsbedingungen in übersichtlicher Form zusammengestellt.

Zu den Schwerpunkten dieser Ausgabe passend, gibt *Claus Kunz* eine bautechnische Einführung zu massiven Verkehrs-Wasserbauwerken.

Mit der Gestaltung und Planung von Schutzbauwerken im Bereich von Wildbächen beschäftigen sich *Jürgen Suda* und *Konrad Bergmeister*. Dabei wird den Ursachen der Einwirkungen, deren Modellierung, der Bemessung sowie der konstruktiven Durchbildung und der Betonzusammensetzung dieser Ingenieurbauwerke breiter Raum gegeben. Auch die Inspektion und Erhaltung sowie die Lebensdauer dieser Schutzbauwerke werden in diesem Beitrag behandelt.

Teil 2 beginnt mit dem Beitrag zur Baugrundverbesserung von *Robert Thurner*, *Clemens Kummerer* und *Roman Marte*. Die verschiedenen Maßnahmen und deren Wirkungsweise sowie die Verfahren werden erläutert und durch Anwendungsbeispiele ergänzt.

Die Zwangsbeanspruchungen und die Rissbreitenbeschränkung in Stahlbetonbauteilen auf der Grundlage der Verformungskompatibilität behandeln *Nguyen Viet Tue* und *Dirk Schlicke*. Erstmals im Beton-Kalender werden dabei aktuelle Forschungsergebnisse zur Bemessung unter Berücksichtigung der Riss- und Verformungsentwicklung vorgestellt.

Mit den Auswirkungen des EuGH-Urteils vom 16. Oktober 2014 über die Anpassung des nationalen Bauproduktenrechts beschäftigt sich *Tina Gerschler*. Hierbei werden neben den rechtlichen Randbedingungen auch bisherige Erfahrungen mit der Umsetzung in Deutschland berücksichtigt.

Umfassend hat wiederum *Frank Fingerloos* Normen und Regelwerke in einem Kapitel zusammengestellt.

Der Beton-Kalender 2020 umfasst spezielle, aber für die Sicherung der Lebensräume wichtige Themengebiete. Die Herausgeber des Beton-Kalenders konnten mit kompetenten Autoren ein Buch für die Ingenieurpraxis und wissenschaftliche Vertiefung auf der Grundlage von aktuellen Forschungsergebnissen und Normenvorschriften erstellen. Wir wünschen den Lesern viel Freude und Erfolg beim Umsetzen in innovative und nachhaltige Ingenieurbauwerke.

September 2019

Prof. Dr.-Ing. mult. Dr.-Ing. E. h.
Konrad Bergmeister

Prof. Dr.-Ing. Frank Fingerloos

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

Inhaltsübersicht

	Inhaltsverzeichnis	VII
	Anschriften	XXVII
I	Beton	1
	Frank Dehn, Harald S. Müller, Udo Wiens	
II	Betonstahl und Spannstahl	175
	Jörg Moersch, Sven Junge	
III	Spanngliedverankerung beim Rückbau von Brücken	249
	David Sanio, Peter Mark	
IV	Bemessung von Verankerungen in Beton nach EN 1992-4	293
	Rainer Mallée, Werner Fuchs, Rolf Eligehausen	
V	Verankerungs- und Bewehrungstechnik	409
	Thomas M. Sippel	
VI	Massive (Verkehrs-)Wasserbauwerke – ein aktueller bautechnischer Überblick	473
	Claus Kunz	
VII	Wildbachsperrren	501
	Jürgen Suda, Konrad Bergmeister	

Inhaltsübersicht

VIII	Baugrundverbesserung	725
	Robert Thurner, Clemens Kummerer, Roman Marte	
IX	Zwangbeanspruchung und Rissbreitenbeschränkung in Stahlbetonbauteilen auf Grundlage der Verformungskompatibilität	831
	Nguyen Viet Tue, Dirk Schlicke	
X	Die Anpassung des nationalen Bauproduktenrechts nach dem Urteil des EuGH vom 16. Oktober 2014.	889
	Tina Gerschler	
XI	Normen und Regelwerke	913
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	1245

Inhaltsverzeichnis

I	Beton	1			
	Frank Dehn, Harald S. Müller, Udo Wiens				
1	Einführung und Definition	3	4	Junger Beton	50
1.1	Allgemeines	3	4.1	Bedeutung und Definition	50
1.2	Definition	3	4.2	Hydratationswärme	50
1.3	Klassifizierung von Beton	4	4.3	Verformungen	50
1.3.1	Betonarten	4	4.4	Dehnfähigkeit und Rissneigung	51
1.3.2	Betonklassen	5	4.5	Bestimmung der Festigkeit	
1.3.3	Betonfamilie	7		von jungem Beton	53
2	Ausgangsstoffe	8	5	Lastunabhängige Verformungen	53
2.1	Zement	8	5.1	Allgemeines	53
2.1.1	Arten und Zusammensetzung	8	5.2	Temperaturdehnung	53
2.1.2	Bautechnische Eigenschaften	12	5.3	Schwinden	54
2.1.3	Bezeichnung, Lieferung und Lagerung	14	5.3.1	Ursachen	54
2.1.4	Anwendungsbereiche	15	5.3.2	Mathematische Beschreibung	56
2.1.5	Zementhdratation	19	6	Festigkeit und Verformung von Festbeton	58
2.1.6	Der Zementstein	20	6.1	Strukturmerkmale	58
2.2	Gesteinskörnungen für Beton	22	6.2	Druckfestigkeit	58
2.2.1	Allgemeines	22	6.2.1	Spannungszustand und Bruchverhalten von Beton bei Druckbeanspruchung ..	58
2.2.2	Art und Eigenschaften des Gesteins ..	23	6.2.2	Einflüsse auf die Druckfestigkeit	59
2.2.3	Schädliche Bestandteile	24	6.2.2.1	Ausgangsstoffe und	
2.2.4	Kornform und Oberfläche	28	6.2.2.2	Betonzusammensetzung	59
2.2.5	Größtkorn und Kornzusammensetzung	28	6.2.2.3	Erhärtungsbedingungen und Reife	60
2.3	Betonzusatzmittel	31	6.2.3	Prüfeinflüsse	64
2.3.1	Definition	31	6.2.3	Festigkeitsklassen	65
2.3.2	Arten von Zusatzmitteln	31	6.3	Zugfestigkeit	65
2.3.3	Anwendungsgebiete	32	6.3.1	Bruchverhalten und Bruchenergie	66
2.3.4	Weitere Anforderungen	33	6.3.2	Einflüsse auf die Zugfestigkeit	66
2.4	Betonzusatzstoffe	34	6.3.3	Zentrische Zugfestigkeit	67
2.4.1	Definitionen	34	6.3.4	Biegezugfestigkeit	67
2.4.2	Inerte Stoffe und Pigmente	34	6.3.5	Spaltzugfestigkeit	67
2.4.3	Puzzolanische Stoffe	34	6.3.6	Verhältnismwerte für Druck- und Zugfestigkeit	68
2.4.4	Latent-hydraulische Stoffe	39	6.4	Festigkeit bei mehrachsiger Beanspruchung	69
2.4.5	Organische Stoffe	40	6.5	Spannungs-Dehnungsbeziehungen ..	69
2.5	Zugabewasser	40	6.5.1	Elastizitätsmodul und Querdehnzahl ..	70
3	Frischbeton und Nachbehandlung	40	6.6	Einfluss der Zeit auf Festigkeit und Verformung	71
3.1	Allgemeine Anforderungen	40	6.6.1	Die zeitliche Entwicklung von Festigkeit und Elastizitätsmodul	71
3.2	Mehlkorngehalt	41	6.6.2	Verhalten bei Dauerstandbeanspruchung	72
3.3	Rohdichte und Luftgehalt	41	6.6.3	Zeitabhängige Verformungen	72
3.4	Verarbeitbarkeit und Konsistenz	42	6.6.3.1	Definitionen	72
3.5	Transport und Einbau	44	6.6.3.2	Kriechverhalten von Beton	73
3.6	Entmischen	46			
3.7	Nachbehandlung	47			
3.7.1	Nachbehandlungsarten	47			
3.7.2	Dauer der Nachbehandlung	48			
3.7.3	Zusätzliche Schutzmaßnahmen	49			

6.6.3.3	Vorhersageverfahren	75	10.2.5	Festbetonverhalten von Konstruktionsleichtbeton	119
6.6.4	Verhalten bei dynamischer Beanspruchung	77	10.2.6	Zur Planung von Bauwerken aus Konstruktionsleichtbeton	122
6.6.5	Ermüdung	78	10.2.7	Selbstverdichtender Konstruktionsleichtbeton	123
7	Dauerhaftigkeit	81	10.3	Porenbeton	124
7.1	Überblick über die Umwelt- bedingungen, Schädigungs- mechanismen und Mindestanforderungen	82	10.4	Haufwerksporiger Leichtbeton	124
7.2	Widerstand gegen das Eindringen aggressiver Stoffe	89	11	Faserbeton	126
7.3	Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton	91	11.1	Allgemeines	126
7.3.1	Allgemeine Anforderungen	91	11.2	Zusammenwirken von Fasern und Matrix	126
7.3.2	Carbonatisierung	91	11.2.1	Ungerissener Beton	127
7.3.3	Eindringen von Chloriden	93	11.2.2	Gerissener Beton	128
7.4	Frostwiderstand	95	11.3	Fasern	134
7.5	Frost- und Taumittelwiderstand	96	11.3.1	Stahlfasern	134
7.6	Widerstand gegen chemische Angriffe	98	11.3.2	Glasfasern	135
7.7	Verschleißwiderstand	99	11.3.3	Organische Fasern	136
7.8	Feuchtigkeitsklassen nach Alkali-Richtlinie	99	11.3.3.1	Kunststofffasern (Polymere)	136
			11.3.3.2	Kohlenstofffasern	137
			11.3.3.3	Fasern natürlicher Herkunft – Zellulosefasern	137
8	Selbstverdichtender Beton	100	11.4	Zusammensetzung	138
8.1	Allgemeines	100	11.4.1	Beton	138
8.2	Mischungsentwurf	101	11.4.2	Fasern	138
8.3	Frischbetonprüfverfahren an Mörtel	102	11.5	Eigenschaften	138
8.4	Prüfungen am Beton	103	11.5.1	Verhalten bei Druckbeanspruchung	138
8.5	Eigenschaften	106	11.5.2	Verhalten bei Zugbeanspruchung und bei Biegebeanspruchung	139
9	Sichtbeton	106	11.5.3	Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung	140
9.1	Einführung	106	11.5.4	Verhalten bei Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung	140
9.2	Planung und Ausschreibung	107	11.5.5	Kriechen und Schwinden	140
9.3	Betonzusammensetzung und Betonherstellung	107	11.5.6	Dauerhaftigkeit	140
9.4	Einbau und Nachbehandlung	108	11.5.7	Frost- und Taumittelwiderstand	141
9.4.1	Schalung und Trennmittel	108	11.5.8	Verhalten bei hoher Temperatur	141
9.4.2	Ausführung und Nachbehandlung	109	11.5.9	Verschleißwiderstand	142
9.5	Beurteilung	109	11.6	Übereinstimmungsnachweis und Prüfungen	142
9.6	Mängel und Mängelbeseitigung	110	11.7	Richtlinie „Stahlfaserbeton“	142
9.6.1	Sichtbetonmängel	110	12	Ultrahochfester Beton	143
9.6.2	Mängelbeseitigung bei Sichtbeton	111	13	Nachhaltiger Beton	143
9.6.3	Architektonisch bedeutsame Bausubstanz	112	13.1	Einführung	143
9.7	Sonder-Sichtbetone	112	13.2	Ökobilanz von Beton	144
10	Leichtbeton	113	13.3	Mischungsentwicklung	146
10.1	Einführung und Überblick	113	13.3.1	Optimierung der Packungsdichte der granularen Ausgangsstoffe	146
10.2	Konstruktionsleichtbeton nach DIN EN 1992-1-1	114	13.3.2	Bewertung der Leistungsfähigkeit der Bindemittelzusammensetzung	150
10.2.1	Grundlegende Eigenschaften	114	13.4	Methoden der Leistungsbewertung	151
10.2.2	Leichte Gesteinskörnung	114	13.5	Zusammensetzung und Eigenschaften nachhaltiger Betone	152
10.2.3	Betonzusammensetzung	116	14	Carbonbeton	156
10.2.4	Herstellung, Transport und Verarbeitung	118			

15	Normative Entwicklung	158	15.2.3	DafStb-Richtlinie	
15.1	Neue EN 206 und DIN 1045-2	158		„Betonbauqualität (BBQ)“	159
15.2	Betonbauqualität entlang der Wertschöpfungskette – Ein integrierter Ansatz.	158	15.3	Widerstandsklassen – das neue Konzept zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken für die zukünftige EN 206	161
15.2.1	Hintergrund	158	16	Literatur	162
15.2.2	Bisherige Normen im Betonbau – Defizitanalyse.	159			
II	Betonstahl und Spannstahl	175			
	Jörg Moersch, Sven Junge				
	Einleitung	177	1.3	Ausgewählte Betonstähle nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen; Stand 11.2018	235
1	Betonstahl	177	1.3.1	Betonstabstahl	235
1.1	Betonstahl nach europäischer Norm	177	1.3.1.1	B500A mit Sonderrippung.	235
1.1.1	Betonstahl nach prEN 10080	177	1.3.1.2	Betonstabstahl B500B und B500B mit Gewinderippen Typ SAS 500 und SAS 550	235
1.1.2	Verzinkter Betonstahl nach prEN 10348	179	1.3.1.3	Hochfester Bewehrungsstahl mit Gewinderippen Typ SAS 670/800	235
1.1.3	Betonstahl aus rostfreiem Stahl nach prEN 10370	179	1.3.2	Betonstahl in Ringen	236
1.2	Betonstahl nach DIN 488.	180	1.3.2.1	Betonstahl in Ringen B500A mit Nenndurchmesser 14,0 und 16,0 mm.	236
1.2.1	Einführung	180	1.3.2.2	Betonstahl in Ringen B500B mit Sonderprofilierung „Europrofil“	236
1.2.2	Stahlsorten, Eigenschaften und Kennzeichnung nach DIN 488-1	180	1.3.2.3	Betonstahl in Ringen B500B mit Sonderrippung „TWR“	236
1.2.3	Bauaufsichtlich anerkannte Zertifizierungs- und Überwachungs- stellen für die Herstellung und Verarbeitung von Betonstahl	185	1.3.2.4	Betonstahl in Ringen B500B mit Sonderrippung „EMB“	236
1.2.4	Betonstahl in Stäben nach DIN 488-2	186	1.3.2.5	Betonstahl in Ringen B500B mit Sonderrippung „RPR“	236
1.2.5	Arbeitshilfen für Betonstabstahl	187	1.3.3	Betonstahl mit erhöhtem Korrosionswiderstand	236
1.2.6	Betonstahl in Ringen nach DIN 488-3	194	1.3.3.1	Feuerverzinkte Betonstähle	236
1.2.7	Betonstahlmatten nach DIN 488-4.	196	1.3.3.2	Nichtrostender Betonrippenstahl	240
1.2.8	Lieferprogramme für Betonstahlmatten nach DIN 488-4 und bauaufsichtlicher Zulassung	210	1.3.4	Nichtmetallische Bewehrung.	240
1.2.9	Anwendungshilfen für Betonstahlmatten	217	2	Spannstähle	242
1.2.10	Gitterträger nach DIN 488-5	224	2.1	Stand der europäischen Normung bei Spannstählen	242
1.2.11	Anwendungshilfen für Gitterträger.	226	2.2	Spannstähle mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen; Stand: 11.2018.	243
1.2.12	Bewehrungsdraht nach DIN 488-3	226			
III	Spanngliedverankerung beim Rückbau von Brücken	249			
	David Sanio, Peter Mark				
1	Einleitung	251	2.1.2	Verbund zum bestehenden Verpressmörtel.	263
1.1	Projektübersicht	252	2.1.2.1	Einsatz im Zuge des Rückbaus	263
2	Verankerungskonzepte	259	2.1.2.2	Dauerhafter Einsatz	264
2.1	Verbundverankerung	260	2.1.2.3	Messtechnische Untersuchungen zur Verankerung im Bestand	265
2.1.1	Grundlagen.	261			

2.1.3	Verbund mit neuem Beton	267	4.2	Verankerung – lokal	281
2.1.3.1	Verbundmaterialien	267	4.2.1	Spalt- und Randzug	281
2.1.3.2	Experimentelle Untersuchungen von Verankerungen	268	4.2.2	Teilflächenpressung	282
2.1.3.3	Versuchskonzept für Verbund- verankerungen von Spanngliedern.	270	4.3	Konstruktive Aspekte.	283
2.1.3.4	Versuchsauswertung	271	5	Aspekte der Bauausführung	284
2.1.3.5	Verankerungslänge.	272	5.1	Abbruchverfahren	284
2.1.3.6	Beschaffenheit der Oberflächen – Rauheit	273	5.2	Bauverfahren der Neuverankerung am Quersystem.	285
2.2	Verankerung mit Ankerkörpern	274	5.3	Bauablauf der Neuverankerung – am Spannglied	286
2.2.1	Klemmkonstruktionen	274	5.4	Bauablauf bei Trennung am Quersystem – Verkehrsführung	286
2.2.2	Ankerplatten	275	6	Aspekte der Überwachung	287
2.2.3	Vorhandene (Koppel-)Anker	277	6.1	Kriterien.	287
2.2.4	Aufgeklebte Rippenhalbschalen	277	6.2	Kontrolle des Schlupfs.	287
3	Zum Sicherheitskonzept.	278	7	Schlussfolgerungen.	288
3.1	Vorspannkraft.	278	8	Literatur	289
3.2	Nutzungsdauer	279			
4	Statisch-konstruktive Aspekte	279			
4.1	Tragwerk – global	279			

IV Bemessung von Verankerungen in Beton nach EN 1992-4 293 Rainer Mallée, Werner Fuchs, Rolf Eligehausen

1	Einleitung.	295	4.3.1	Befestigungen unter äußerer atmosphärischer Beanspruchung oder in ständig feuchten Innenräumen	309
1.1	Geschichtliche Entwicklung	295	4.3.2	Befestigungsmittel unter hoher Korrosionsbeanspruchung durch Chloride und Schwefel.	310
1.2	Neuerungen gegenüber der CEN/TS-1992-4-Reihe	296	5	Ableitung der Lasteinwirkungen bei statischer und quasi-statischer Belastung	310
2	Anwendungsbereich.	297	5.1	Allgemeines	310
3	Grundlagen der Bemessung.	303	5.2	Dübel und Kopfbolzen.	310
3.1	Allgemeines	303	5.2.1	Zuglasten	310
3.2	Erforderliche Nachweise	304	5.2.2	Querlasten	313
3.3	Nachweisverfahren.	304	5.2.2.1	Verteilung der Querlasten	313
3.4	Teilsicherheitsbeiwerte	304	5.2.2.2	Querlasten ohne und mit Hebelarm	319
3.4.1	Einwirkungen.	304	5.3	Ankerschienen	321
3.4.2	Widerstände	305	5.3.1	Zuglasten	321
3.4.2.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (statische und quasi-statische Belastung, Erdbebenbelastung)	305	5.3.2	Querlasten	322
3.4.2.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ermüdung)	306	5.3.3	Ergänzende Regelungen nach CEN/TR 17080	323
3.4.2.3	Grenzzustand der Gebrauchs- tauglichkeit.	306	5.3.3.1	Allgemeines	323
3.5	Projektbeschreibung.	306	5.3.3.2	Zuglasten	323
3.6	Montage	307	5.3.3.3	Querlasten	323
3.7	Bestimmung des Betonzustands	307	5.4	Kräfte in einer Zusatzbewehrung.	323
4	Dauerhaftigkeit	307	5.4.1	Allgemeines	323
4.1	Allgemeines	307	5.4.2	Zugkräfte	325
4.2	Befestigungsmittel in trockenen Innenräumen	309	5.4.3	Querkräfte	325
4.3	Befestigungen in ständig feuchten Innenräumen, im Freien und bei hoher Korrosionsbeanspruchung	309			

6	Nachweis für Kopfbolzen und mechanische bzw. chemische Dübel im Grenzzustand der Tragfähigkeit	326	8.2.8	Versagen der Zusatzbewehrung	376
6.1	Allgemeines	326	8.2.8.1	Stahlversagen	376
6.2	Widerstand bei Zugbeanspruchung	327	8.2.8.2	Versagen der Verankerung	376
6.2.1	Erforderliche Nachweise	327	8.3	Widerstand bei Querbeanspruchung	376
6.2.2	Zusatzbewehrung	330	8.3.1	Erforderliche Nachweise	376
6.2.3	Stahlversagen	330	8.3.2	Zusatzbewehrung	376
6.2.4	Kegelförmiger Betonausbruch	330	8.3.3	Stahlversagen	377
6.2.5	Herausziehen	340	8.3.3.1	Querlast ohne Hebelarm	377
6.2.6	Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonbruch	340	8.3.3.2	Querlast mit Hebelarm	377
6.2.7	Spalten	344	8.3.4	Rückwärtiger Betonausbruch	377
6.2.7.1	Spalten bei der Montage der Befestigungsmittel	344	8.3.5	Betonkantenbruch	377
6.2.7.2	Spalten unter Last	344	8.3.6	Versagen der Zusatzbewehrung	381
6.2.8	Lokaler Betonausbruch	346	8.3.6.1	Stahlversagen	381
6.2.9	Versagen der Zusatzbewehrung	349	8.3.6.2	Versagen der Verankerung	381
6.2.9.1	Stahlversagen	349	8.4	Kombiniertes Versagen durch Zug- und Querlasten	381
6.2.9.2	Versagen der Verankerung	349	8.4.1	Befestigungen ohne Zusatzbewehrung	381
6.3	Widerstand bei Querbeanspruchung	349	8.4.2	Befestigungen mit Zusatzbewehrung	381
6.3.1	Erforderliche Nachweise	349	8.5	Ergänzende Regelungen nach CEN/TR 17080	381
6.3.2	Zusatzbewehrung	351	8.5.1	Allgemeines	381
6.3.3	Stahlversagen	351	8.5.2	Grundlagen der Bemessung	381
6.3.3.1	Stahlversagen für Querlast ohne Hebelarm	351	8.5.3	Widerstand bei Zugbeanspruchung	383
6.3.3.2	Stahlversagen für Querlast mit Hebelarm	352	8.5.4	Widerstand bei Querbeanspruchung	383
6.3.4	Rückwärtiger Betonausbruch	352	8.5.4.1	Querlast senkrecht zur Schienenachse	383
6.3.5	Betonkantenbruch	355	8.5.4.2	Querlast in Richtung der Schienenachse	383
6.3.6	Versagen der Zusatzbewehrung	364	8.5.5	Kombiniertes Versagen durch Zug- und Querlasten	385
6.3.6.1	Allgemeines	364	8.5.5.1	Ankerschienen ohne Zusatzbewehrung	385
6.3.6.2	Stahlversagen	364	8.5.5.2	Ankerschienen mit Zusatzbewehrung	386
6.3.6.3	Versagen der Verankerung	365	9	Ermüdung	387
6.4	Kombiniertes Versagen durch Zug- und Querlasten	365	9.1	Allgemeines	387
6.4.1	Befestigungen ohne Zusatzbewehrung	365	9.2	Einwirkungen	387
6.4.2	Befestigungen mit Zusatzbewehrung	366	9.3	Widerstand	387
7	Redundante Befestigungen	366	9.4	Kombiniertes Versagen durch Zug- und Querlasten	389
7.1	Allgemeines	366	10	Erdbebenbelastung	390
7.2	Bemessungskonzept	367	10.1	Allgemeines	390
8	Nachweis von Ankerschienen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	368	10.2	Anforderungen	390
8.1	Allgemeines	368	10.3	Ableitung der auf die Befestigungsmittel einwirkenden Kräfte	391
8.2	Widerstand bei Zugbeanspruchung	369	10.4	Widerstände	391
8.2.1	Erforderliche Nachweise	369	10.5	Bemessung	391
8.2.2	Zusatzbewehrung	369	10.5.1	Allgemeines	391
8.2.3	Stahlversagen	371	10.5.2	Leistungskategorien	392
8.2.4	Herausziehen	371	10.5.3	Bemessungskriterien	392
8.2.5	Kegelförmiger Betonausbruch	371	10.5.4	Ableitung der Lasteinwirkungen	394
8.2.6	Spalten des Betons	374	10.5.4.1	Allgemeines	394
8.2.6.1	Spalten bei der Montage der Spezialschraube	374	10.5.4.2	Ergänzungen zu EN 1998-1, Abschnitt 4.3.3.5	394
8.2.6.2	Spalten unter Last	374			
8.2.7	Versagen durch lokalen Betonausbruch	375			

10.5.4.3	Ergänzungen zu EN 1998-1, Abschnitt 4.3.5.1	394	11.3.4	Herausziehen unter Zuglast	401
10.5.4.4	Ergänzungen und Änderungen zu EN 1998-1, Abschnitt 4.3.5.2	394	11.3.5	Betonbruch unter Zug- und Querlast	401
10.5.5	Widerstände	395	11.3.6	Interaktion	402
10.5.6	Verschiebungen	397	12	Plastizitätstheorie – CEN/TR 17081	402
11	Brandbeanspruchung	397	12.1	Allgemeines	402
11.1	Allgemeines	397	12.2	Anwendungsbedingungen	403
11.2	Grundlagen der Bemessung	398	12.3	Verteilung der äußeren Lasten auf die Befestigungsmittel einer Gruppe	404
11.3	Bemessung	400	12.4	Bemessung	405
11.3.1	Allgemeines	400	13	Literatur	406
11.3.2	Stahlversagen unter Zug- und Querlast	400			
11.3.3	Stahlversagen bei Querlast mit Hebelarm	400			
V	Verankerungs- und Bewehrungstechnik	409			
	Thomas M. Sippel				
1	Einleitung	411	3.6	Ankleben von Stahllaschen	433
2	Spezielle Bewehrungselemente	412	3.7	Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe	433
2.1	Anwendungsbereich	412	4	Vorgefertigte Bewehrungs- anschlüsse	441
2.2	Ausführung	413	4.1	Ausführungen mit Betonstahl	441
2.3	Bemessung	416	4.2	Flexible Rückbiegeanschlüsse	444
2.3.1	Durchstanzbewehrung bei punktförmig gestützten Platten	416	4.3	Elemente mit Wärmedämmung	448
3	Verbindungselemente	423	4.4	Elemente mit Schalldämmung	453
3.1	Allgemeines	423	5	Elemente zur Querkraft- übertragung	458
3.2	Betonstahlverbindungen mit gewindeförmig ausgebildeten Rippen	423	5.1	Stahlaufleger für II-Platten-Decken	458
3.3	Betonstahlverbindungen mit konischem Gewinde an den Stoßenden	424	5.2	Querkraftdornsysteme	458
3.4	Betonstahlverbindungen mit zylindrischem Gewinde an den Stoßenden	425	5.3	Einfache Querkraftdorne	461
3.5	Betonstahlverbindungen mit überzogener oder aufgepresster Muffe	428	6	Fertigteilverbinder	461
			6.1	Biegesteife Verbindungen	461
			6.2	Lösbare Wandverbinder	466
			7	Literatur	472
VI	Massive (Verkehrs-)Wasserbauwerke – ein aktueller bautechnischer Überblick	473			
	Claus Kunz				
1	Einführung	475	3.1	Wasserbauspezifische Bemessungssituationen	478
2	Regelwerke für massive Wasserbauwerke	477	3.2	Wasserbauspezifische Einwirkungen	479
3	Sicherheitskonzept für massive Wasserbauwerke	478	3.3	Wasserbauspezifische Teilsicherheits- und Kombinations- beiwerte	482

4	Beton- und Stahlbeton im Wasserbau	484	5	Beispiele für die massive Betonbauweise	492
4.1	Technische Vertragsbedingungen	484	6	Bauweisen von (Verkehrs-) Wasserbauwerken	493
4.2	Bemessung	485	6.1	Schleusen	493
4.3	Herstellung von Beton für massive Wasserbauwerke	485	6.2	Wehre	496
4.3.1	Expositionsklassen	486	6.3	Düker/Durchlässe	498
4.3.2	Anforderungen an den Beton	488	7	Aktuelle Fragestellungen und Forschungen für massive Wasserbauwerke	498
4.3.3	Festlegung und Lieferung des Betons	489	8	Literatur	499
4.4	Bauausführung für Betone im Wasserbau	490			
4.4.1	Schalen und Bewehren	490			
4.4.2	Fugen	490			
4.4.3	Nachbehandlung	492			
VII	Wildbachsperren	501			
	Jürgen Suda, Konrad Bergmeister				
1	Einführung	503	5.3.2	Allgemeine Entwurfsregeln für Dosiersperren	535
2	Wildbachgrundlagen	506	5.3.3	Konstruktion von Schlitzsperren	536
3	Schutzkonzepte mit Bauwerken	506	5.3.3.1	Schlitzsperren mit offenem Schlitz	537
3.1	Geschiebewirtschaftung	506	5.3.3.2	Schlitzsperren mit Balken (Balkensperren)	538
3.1.1	Beeinflussung der Entstehungsprozesse	507	5.3.4	Konstruktion von großdoligen Dolensperren mit Rechen	539
3.1.2	Beeinflussung der Verlagerungsprozesse (Retention und Dosierung von Geschiebe)	510	5.4	Filtersperren	540
3.1.3	Beeinflussung der Ablagerungsprozesse	510	5.4.1	Wirkungsweise	540
3.2	Schutzbauwerke zur Kontrolle von murartigen Verlagerungsprozessen	512	5.4.2	Konstruktion von Filtersperren	540
3.3	Schutzbauwerke zur Kontrolle von Wildholz	514	5.5	Bauwerke zur Energieumwandlung	544
4	Systematik der Schutzbauwerke	518	5.5.1	Wirkungsweise	544
4.1	Allgemeines	518	5.5.2	Konstruktion von Murbrechern	545
4.2	Klassifizierungsgrundsätze	518	5.5.3	Konstruktion von Murabsturz-sperren	548
4.2.1	Wirkungen der Wildbachschutzbauwerke (Funktionstypen)	518	5.6	Konstruktion von Sperren gegen Hangdruck (Bergdruck)	549
4.2.2	Systematik der Wildbachschutzbauwerke	519	5.7	Stauraum von Retentions- und Dosiersperren	550
4.2.3	Klassifizierung von Wildbachsperren	523	5.8	Konstruktion der Bauteile von Sperren	552
5	Entwurf und Konstruktion von Schutzbauwerken aus Beton und Stahlbeton	528	5.8.1	Abflusssektion (Überfallsektion) und Sperrnkronen	552
5.1	Allgemeine Konstruktionsregeln für Wildbachsperren	528	5.8.1.1	Allgemeines	552
5.2	Konsolidierungssperren	531	5.8.1.2	Form der Abflusssektion	552
5.2.1	Wirkungsweise	531	5.8.1.3	Konstruktiver Schutz gegen Abrieb (Hydroabrasion)	552
5.2.2	Konstruktion von Staffelungen	531	5.8.1.4	Kronsteine	553
5.3	Dosiersperren	535	5.8.1.5	Stahlblechverkleidungen an der Abflusssektion	555
5.3.1	Wirkungsweise	535	5.8.1.6	Panzerung von Ein- und Auslaufbereichen, Scheiben, Wangen und Querriegeln	555
			5.8.2	Auskragungen von Abflusssektionen	557
			5.8.3	Fundament	557
			5.8.4	Vorfelddungen	560

5.8.5	Scheiben und Pfeiler	560	6.1.3.2	Abfluss	595
5.8.6	Balken- und Rechenkonstruktionen..	561	6.1.3.3	Hydrologische Modelle	596
5.8.6.1	Allgemeines	561	6.1.4	Abschätzung der Geschiebefracht . . .	598
5.8.6.2	Vertikale Rechen	563	6.1.5	Abschätzung von Murfrachten	600
5.8.6.3	Gleichmäßig geneigte Rechen	563	6.2	Geotechnische Grundlagen	600
5.8.6.4	Gebrochene Rechen	564	6.2.1	Genz- und Zwischenwerte des Erddrucks	600
5.8.6.5	Rechenstäbe und Auflager	564	6.2.2	Grundwerte für die Berechnung des Erddrucks	601
5.8.7	Sicherung des Sperrenvorfelds (Tosbecken, Kolksicherung)	566	6.2.2.1	Bodenkennwerte	603
5.8.8	Sperröffnungen	566	6.2.2.2	Wandreibungswinkel	603
5.8.8.1	Kleine Öffnungen in Stahlbeton- platten	570	6.2.3	Erddruckberechnung	604
5.8.8.2	Große Öffnungen in Stahlbeton- platten	570	6.2.4	Sonderformen des Erddrucks.	605
5.8.8.3	Öffnungen in Gewichtsmauern	570	6.2.4.1	Erdrudruck	605
5.8.8.4	Öffnungen in Bogenmauern (Gewölbemauern)	570	6.2.4.2	Erhöhter aktiver Erddruck	605
5.8.9	Bauwerksfugen	572	6.2.4.3	Siloerddruck	605
5.8.9.1	Allgemeines	572	6.2.4.4	Verminderter passiver Erddruck (mobilisierter Erdwiderstand)	605
5.8.9.2	Arbeitsfugen	573	6.2.4.5	Kriechdruck	605
5.8.9.3	Bewegungsfugen	574	7	Einwirkungen	606
5.8.10	Bewehrungsführung, Konstruktive Durchbildung von Sperrern aus Stahlbeton	579	7.1	Grundlagen der statischen und dynamischen Einwirkungen	606
5.8.10.1	Generell	579	7.1.1	Klassifizierungen der Einwirkungen	606
5.8.10.2	Bewehrung von Platten und Scheiben	579	7.1.2	Prozess- und Einwirkungsmodelle für die Dimensionierung der Schutzbauwerke	607
5.8.10.3	Anschluss von Vorfeld- oder Rostwangen	582	7.1.3	Prozessparameter	608
5.8.10.4	Winkelstützmauern	582	7.2	Eigengewicht	608
5.9	Werkstoffe	582	7.3	Erddruck	609
5.9.1	Konstruktionsbeton	582	7.4	Hydrostatischer Wasserdruck	610
5.9.1.1	Expositionsklassen	583	7.4.1	Einwirkungsmodell	610
5.9.1.2	Chemischer Angriff	584	7.4.2	Statische Wasserdrücke aus dem Ober- und Unterwasser	611
5.9.1.3	Verschleiß – Abrasion	584	7.4.3	Wasserauflasten	611
5.9.1.4	Betondeckung	585	7.4.4	Sohlwasserdruck (Auftrieb)	611
5.9.2	Betonkonzepte für Wildbach- sperrern	586	7.4.5	Fugenwasserdruck	613
5.9.2.1	Einleitung	586	7.5	Einwirkungen mit dynamischen Komponenten	613
5.9.2.2	Exposition / Klimatische Bedingungen	586	7.5.1	Allgemeines	613
5.9.2.3	Bauteilspezifische Bedingungen	586	7.5.2	Wasserdruck	613
5.9.2.4	Herstellungsprozessspezifische Bedingungen	586	7.5.2.1	Einwirkungsmodell	613
5.9.2.5	Exposition / Klimatische Bedingungen	586	7.5.2.2	Dynamischer Wasserdruck	615
5.9.2.6	Ausgangsstoffe	586	7.5.3	Murdruck	616
5.9.3	Stahl	592	7.5.3.1	Einwirkungsmodell	617
6	Bemessungs- und Berechnungs- grundlagen	593	7.5.3.2	Dynamischer Murdruck	619
6.1	Hydrologische Grundlagen	593	7.5.3.3	Statischer Murdruck	620
6.1.1	Methoden	593	7.6	Einwirkungen von Einzelkomponenten	621
6.1.1.1	Rückwärtsgerichtete Indikation	593	7.7	Sondereinwirkungen	621
6.1.1.2	Vorwärtsgerichtete Indikation	594	7.7.1	Lawinen	621
6.1.2	Bestimmung der Verlagerungsprozesse	594	7.7.2	Seitlicher Handdruck (Talzus Schub) . .	621
6.1.3	Abschätzung des Abflusses	595	7.7.3	Steinschlag, Felssturz	621
6.1.3.1	Niederschlag	595	7.7.4	Rutschung	622
			7.7.5	Erdbeben	622
			7.7.6	Verkehrslasten	622
			7.7.7	Einwirkungen aus Zwangsbeanspruchung	622

7.7.7.1	Eingeprägte Verformung	622	9.1.5.3	Außergewöhnliche Bemessungssituationen	645
7.7.7.2	Temperatur	622	9.1.6	Bemessungswerte	645
7.7.7.3	Zeitabhängiges Materialverhalten (Kriechen, Schwinden)	622	9.1.7	Geotechnische Kategorien (GK)	646
8	Hydraulische Bemessung	622	9.1.8	Einwirkungen	646
8.1	Bemessung des Abflusses im Gerinne	622	9.1.9	Widerstände	647
8.1.1	Hydraulische Bemessung des Reinwasserabflusses	622	9.1.10	Teilsicherheitsbeiwerte	648
8.1.1.1	Abfluss und Wasserbewegung im Wildbach	622	9.1.10.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (Beanspruchungen)	648
8.1.1.2	Fließgleichungen für Wildbachgerinne	624	9.1.10.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkennwerte und Widerstände	648
8.1.1.3	Beschreibung des Abflussverhaltens	627	9.1.11	Nachweise	649
8.1.1.4	Bemessung von Veränderungen im Abflussprofil	627	9.1.11.1	Kippen (GEO)	649
8.1.1.5	Bemessung von Krümmungen	628	9.1.11.2	Gleiten (GEO)	651
8.1.2	Bemessung des Geschiebetransports im Gerinne	628	9.1.11.3	Grundbruch (GEO)	652
8.1.2.1	Fluvialer Feststofftransport	628	9.1.11.4	Geländebruchsicherheit (GEO)	654
8.1.2.2	Murartiger Feststofftransport	631	9.1.11.5	Spannungsnachweise im Bauteil (STR)	654
8.2	Für die Bemessung relevante Abflüsse	633	9.1.11.6	Stabilitätsnachweise im Bauteil (STR)	655
8.2.1	Bemessungsereignis	633	9.2	Einwirkungskombinationen für Wildbachsperren	655
8.2.2	Überlastfall	634	9.2.1	Einwirkungskombinationen für Funktionstypen Retention, Dosierung, Filterung und Energieumwandlung (Murbrecher)	655
8.3	Hydraulische Bemessung von Querbauwerken	634	9.2.1.1	Einwirkungskombinationen mit fluvialen Verlagerungsprozessen	655
8.3.1	Allgemeines	634	9.2.1.2	Einwirkungskombinationen mit murartigen Verlagerungsprozessen	657
8.3.2	Bemessung der Abflusssektion	634	9.2.2	Einwirkungskombinationen für die Funktionstypen Stabilisierung / Konsolidierung, Energieumwandlung (Absturzbauwerke)	659
8.3.3	Bemessung des Tosbeckens bzw. des Sperrenvorfelds (Kolk)	637	9.2.2.1	Einwirkungskombinationen mit fluvialen Verlagerungsprozessen	659
8.3.4	Bemessung der Sperrenöffnungen	638	9.2.2.2	Einwirkungskombinationen mit murartigen Verlagerungsprozessen	661
8.4	Bemessung des Stauraums (Speicherkapazität) für die Feststofffracht	639	9.2.3	Zuordnung der Einwirkungskombinationen	661
9	Statische Berechnung und Bemessung	640	9.3	Statische Systeme von Wildbachsperren	663
9.1	Bemessungsgrundlagen	640	9.3.1	Gewichtssperren	666
9.1.1	Normative Grundlagen	640	9.3.1.1	Allgemeines	666
9.1.1.1	Äußere Standsicherheit	640	9.3.1.2	Gewichtssperren in Konstruktionsbeton	666
9.1.1.2	Innere Standsicherheit	640	9.3.1.3	Vorgespannte Betongewichtssperre	666
9.1.2	Charakteristische Werte	640	9.3.1.4	Berechnung und Bemessung	667
9.1.2.1	Baustoffe	640	9.3.2	Gewölbesperren (Bogensperren)	669
9.1.2.2	Geotechnische Kennwerte	640	9.3.2.1	Allgemeines	669
9.1.2.3	Ständige Einwirkungen und geometrische Parameter	641	9.3.2.2	Vorbemessung	673
9.1.2.4	Veränderliche Einwirkungen	641	9.3.2.3	Berechnung und Bemessung	673
9.1.2.5	Außergewöhnliche Einwirkungen	641	9.3.2.4	Konstruktive Durchbildung	679
9.1.3	Maßgebliche Versagensarten von Wildbachsperren	641	9.3.2.5	Ausgeführte Beispiele	679
9.1.4	Grenzzustände	642	9.3.3	Einfache Plattensperre	681
9.1.5	Bemessungssituationen	644	9.3.3.1	Allgemeines	681
9.1.5.1	Ständige Bemessungssituationen	645	9.3.3.2	Berechnung und Bemessung	683
9.1.5.2	Vorübergehende Bemessungssituationen	645	9.3.3.3	Konstruktive Durchbildung	685

9.3.3.4	Ausgeführte Beispiele	685	9.3.6.4	Berechnung und Bemessung	697
9.3.4	Hybridmauern	685	9.3.6.5	Konstruktive Durchbildung	697
9.3.4.1	Allgemeines	685	9.3.6.6	Ausgeführte Beispiele	697
9.3.4.2	Berechnung und Bemessung	685	9.3.7	Aufgelöste Tragsysteme	698
9.3.4.3	Ausgeführte Beispiele	687	9.3.7.1	Massenaktive aufgelöste Tragwerke	699
9.3.5	Winkelstützmauer	688	9.3.7.2	Vektoraktive aufgelöste Tragwerke	701
9.3.5.1	Allgemeines	688	9.3.7.3	Berechnung und Bemessung	704
9.3.5.2	Vorbemessung	690	9.3.7.4	Konstruktive Durchbildung	705
9.3.5.3	Berechnung und Bemessung	690	9.3.7.5	Ausgeführte Beispiele	706
9.3.5.4	Konstruktive Durchbildung	695	10	Erhaltung und Lebensdauer von Schutzbauwerken	714
9.3.5.5	Ausgeführte Beispiele	695	11	Literatur	719
9.3.6	Pfeilerplattensperre	695			
9.3.6.1	Allgemeines	695			
9.3.6.2	Sperre mit wasserseitigen Stützpfählern	696			
9.3.6.3	Sperre mit luftseitigen Stützpfählern	696			

Inhaltsverzeichnis

VIII	Baugrundverbesserung	725		
	Robert Thurner, Clemens Kummerer, Roman Marte			
1	Einleitung	727	4	Grundverfahren
1.1	Bedeutung von Baugrund- verbesserungsmaßnahmen	727	4.1	Rütteldruckverdichtung
1.2	Definition des Begriffs Baugrund- verbesserung	727	4.1.1	Technische Verfahrens- beschreibung
1.3	Inhalt und Struktur des Beitrags	728	4.1.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)
2	Ziel von Baugrund- verbesserungsmaßnahmen	729	4.1.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen
2.1	Allgemeines	729	4.1.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens
2.2	Beeinflussung der Steifigkeit des Baugrunds	729	4.1.5	Hinweise für die Planung und Bemessung
2.3	Beeinflussung der Festigkeit des Baugrunds	731	4.1.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung
2.4	Beeinflussung der Durchlässigkeit des Untergrunds	732	4.2	Vibrationsverdichtung mittels Rüttelbohlen
2.5	Reduktion des Verflüssigungs- potenzials	732	4.2.1	Technische Verfahrens- beschreibung
2.6	Binden oder Abbau von Schadstoffen im Untergrund	732	4.2.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)
2.6.1	Sicherungsmaßnahmen	733	4.2.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen
2.6.2	Dekontaminationsmaßnahmen	734	4.2.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens
3	Grundlagen für die Planung und Ausführung von Baugrund- verbesserungsmaßnahmen	734	4.2.5	Hinweise für die Planung und Bemessung
3.1	Voraussetzungen für die Planung von Baugrundverbesserungs- maßnahmen	735	4.2.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung
3.1.1	Baugrunderkundung und Kenntnis der Baugrundeigenschaften	735	4.3	Rüttelstopfverdichtung
3.1.2	Tragwerkseigenschaften, Lasten und Anforderungen an das Bauwerk	736	4.3.1	Technische Verfahrens- beschreibung
3.2	Bemessungsgrundlagen für auf Baugrundverbesserungen errichteten Bauwerken	736	4.3.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)
3.2.1	Grundlagen zur Bemessung von Fundamentplatten	736	4.3.3	Anwendungsgebiete Anwendungsgrenzen
3.2.2	Lastübertragung Überbau zu Baugrundverbesserung	738	4.3.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens
3.3	Grundlagen zur Modellierung von Baugrundverbesserungs- maßnahmen	739	4.3.5	Hinweise für die Planung und Bemessung
3.4	Sicherheit und Umwelt	739	4.3.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung
3.4.1	Baustellensicherheit	739	4.4	Verdichten mit Aufsatzrüttlern
3.4.2	Umwelt – Nachhaltigkeit	741	4.4.1	Technische Verfahrens- beschreibung
3.4.3	System Robustheit	741	4.4.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)
			4.4.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen

4.4.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	755	4.8.1.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	775
4.4.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	755	4.8.1.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	776
4.4.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	755	4.8.2	Nassmischverfahren	777
4.5	Dynamische Intensivverdichtung und Impulsverdichtung	756	4.8.2.1	Technische Verfahrensbeschreibung	777
4.5.1	Technische Verfahrensbeschreibung	756	4.8.2.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	780
4.5.1.1	Dynamische Intensivverdichtung – Fallplattenverdichtung	756	4.8.2.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	781
4.5.1.2	Impulsverdichtung	756	4.8.2.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	781
4.5.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	758	4.8.2.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	782
4.5.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	759	4.8.2.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	782
4.5.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	759	4.8.3	Hybridmischverfahren	782
4.5.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	759	4.8.3.1	Massenstabilisierung	782
4.5.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	760	4.8.3.2	Fräs-Misch-Injektionsverfahren	783
4.6	Vertikaldräns mit Vor- bzw. Überlastschüttungen	760	4.9	Zement-/Kalkstabilisierung	784
4.6.1	Technische Verfahrensbeschreibung	760	4.9.1	Technische Verfahrensbeschreibung	784
4.6.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	761	4.9.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	785
4.6.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	762	4.9.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	787
4.6.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	762	4.9.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	788
4.6.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	763	4.9.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	788
4.6.6	Überwachung und Qualitätssicherung	764	4.9.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	789
4.7	Düsenstrahlverfahren	764	4.10	Injektionen	789
4.7.1	Technische Verfahrensbeschreibung	765	4.10.1	Eindringinjektionen	791
4.7.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	766	4.10.1.1	Technische Verfahrensbeschreibung	791
4.7.3	Anwendungsmöglichkeiten	768	4.10.1.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	792
4.7.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	768	4.10.1.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	793
4.7.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	769	4.10.1.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	793
4.7.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	771	4.10.1.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	794
4.8	Bodenmischverfahren	772	4.10.1.6	Überwachung und Qualitätssicherung	794
4.8.1	Trockenmischverfahren	773	4.10.2	Verdichtungsinjektionen	794
4.8.1.1	Technische Verfahrensbeschreibung	773	4.10.2.1	Technische Verfahrensbeschreibung	794
4.8.1.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	774	4.10.2.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	795
4.8.1.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	774	4.10.2.3	Anwendungsgebiete/ Anwendungsgrenzen	795
4.8.1.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	775	4.10.2.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	797
			4.10.2.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	797

4.10.2.6	Überwachung und Qualitätssicherung	797	4.12.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	806
4.10.3	Aufreißinjektionen	797	4.12.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	807
4.10.3.1	Technische Verfahrensbeschreibung	797	4.12.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	807
4.10.3.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	797	5	Kombinierte Verfahren	808
4.10.3.3	Anwendungsgebiete/Anwendungsgrenzen	798	5.1	Allgemeines und Zweck von Verfahrenskombination	808
4.10.3.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	799	5.2	Beispiele für Hybridgründungen	809
4.10.3.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	800	6	Beispiele	811
4.10.3.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	800	6.1	Beispiel 1: zur Erläuterung des Bettungsmodulverfahrens sowie zur Darstellung des Einflusses unterschiedlicher Steifigkeiten der Gründungssysteme	811
4.11	Künstliche Bodenvereisung	801	6.1.1	Auswirkung des Gründungssystems auf Setzungen und Schnittkräfte	812
4.11.1	Technische Verfahrensbeschreibung	801	6.1.2	Diskussion des Einflusses des Bettungsmoduls auf die Biegemomente	814
4.11.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	802	6.2	Beispiel 2: Anwendung der Rütteldruckverdichtung	817
4.11.3	Anwendungsgebiete/Anwendungsgrenzen	803	6.3	Beispiel 3: Anwendung von Rüttelstopfverdichtung	817
4.11.4	Vor-/Nachteile (Risiken) des Verfahrens	804	6.4	Beispiel 4: Anwendung von Nassmischverfahren	820
4.11.5	Hinweise für die Planung und Bemessung	805	6.5	Beispiel 5: Anwendung des Düsenstrahlverfahrens	821
4.11.6	Überwachung und Qualitätssicherung in der Ausführung	805	6.6	Ökologischer Fußabdruck verschiedener Gründungsvarianten	824
4.12	Stabilisierungssäulen (diskrete starre/pfahlähnliche Elemente bzw. „Rigid Inclusions“)	805	7	Ausblick	824
4.12.1	Technische Verfahrensbeschreibung	805	8	Literatur	825
4.12.2	Wirkungsweise (bodenmechanische Betrachtung)	806			
4.12.3	Anwendungsgebiete/Anwendungsgrenzen	806			

IX Zwangbeanspruchung und Rissbreitenbeschränkung in Stahlbetonbauteilen auf Grundlage der Verformungskompatibilität 831

Nguyen Viet Tue, Dirk Schlicke

1	Einleitung	833	3	Verhalten eines Stahlbetonzugstabs unter Lastbeanspruchung	839
2	Verformungseinwirkungen bei Betonbauteilen	834	3.1	Dicke und dünne Bauteile	839
2.1	Allgemeines	834	3.2	Globales Verhalten	840
2.2	Mechanische Kenngrößen des Betons	834	3.3	Risszustand und Rissbreite	842
2.3	Verformungen infolge der Hydratationswärme	836	3.3.1	Rissbreite bei Einzelriss	842
2.4	Verformungen infolge des Schwindens und Kriechens	836	3.3.2	Rissbreite bei abgeschlossenem Rissbildung	843
2.5	Verformung infolge klimatischer Randbedingungen	837	4	Verformungseinwirkung und Zwangkraft	843
2.6	Boden-Struktur-Interaktion	839	4.1	Wechselwirkung zwischen aufgebachter Verformung und Zwangkraft	843

4.2	Spannungsgeschichte bei einem Stahlbetonbauteil unter Verformungseinwirkung	847	7.2	Bestimmung der Zwangbeanspruchung und der aufzunehmenden Verformung	866
5	Zwang bei typischen Bauteilen.	851	7.3	Vermeiden von Rissen	871
5.1	Bodenplatten	851	7.4	Rissbreitenbeschränkung	871
5.2	Wände	854	7.4.1	Effektive Zugfestigkeit	872
5.3	Hochbaudecken	856	7.4.2	Dünne Bauteile	872
5.4	Aussparungen	857	7.4.3	Dicke Bauteile	873
6	Erläuterung zum Konzept in EC2	860	8	Rechenbeispiele	875
6.1	Allgemeines	860	8.1	Untergeschoss aus „dünnen“ Bauteilen	875
6.2	Zusammenführen der beiden Risszustände	860	8.1.1	Geometrie und adiabatische Temperaturentwicklung des verwendeten Betons	875
6.3	Stabdurchmessertabelle	861	8.1.2	Bemessung der Bodenplatte	875
6.4	Stababstandtabelle	861	8.1.3	Bemessung Wand auf Fundament	877
6.5	Mindestbewehrung bei Zwangbeanspruchung	862	8.2	Trogbauwerk aus „dicken“ Bauteilen	880
6.5.1	Beiwert k_c	862	8.2.1	Geometrie und adiabatische Temperaturentwicklung des verwendeten Betons	880
6.5.2	Allgemeine Herleitung	862	8.2.2	Bemessung der Bodenplatte	881
6.5.3	Erläuterungen zum Beiwert k	864	8.2.3	Bemessung Wand auf Fundament	883
7	Bemessungskonzept auf Grundlage der Verformungskompatibilität.	865	9	Literatur	885
7.1	Allgemeines	865			
X	Die Anpassung des nationalen Bauproduktenrechts nach dem Urteil des EuGH vom 16. Oktober 2014.	889			
	Tina Gerschler				
1	Vorbemerkungen	891	3	Urteil des EuGH vom 16. Oktober 2014	895
2	Bisheriges Zusammenspiel zwischen nationalem und europäischem Bauproduktenrecht	891	3.1	Inhalt	896
2.1	Europäische Vorgaben mittels der Bauproduktenverordnung	891	3.2	Konsequenzen	896
2.1.1	Regelungsziele/Abgrenzung zur Bauproduktenrichtlinie	891	4	Notwendige Anpassungen des nationalen Bauproduktenrechts aufgrund des EuGH-Urteils.	897
2.1.2	Bewertung anhand Technischer Spezifikationen	892	4.1	Nicht harmonisierte Bauprodukte	897
2.1.2.1	Harmonisierte Normen	892	4.2	Lückenhaft harmonisierte Bauprodukte	897
2.1.2.2	Europäische Bewertungs- dokumente/Europäische Technische Bewertungen	893	4.3	Bauarten	897
2.2	Bisheriges Regelungssystem der Landesbauordnungen und der Bauregellisten	893	5	Ablauf und Maßnahmen des Anpassungsprozesses	897
2.2.1	Struktur der Landesbauordnungen	893	6	Das neue System des nationalen Bauproduktenrechts	899
2.2.1.1	Bauprodukte	893	6.1	Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte	899
2.2.1.2	Bauarten	894	6.1.1	Erforderlichkeit	899
2.2.2	Struktur der Bauregellisten	894	6.1.1.1	Harmonisierte Bauprodukte nach der BauPVO	900
2.3	Lückenhaft harmonisierte Bauprodukte und nationale Zusatzanforderungen	895	6.1.1.2	Nicht nach der BauPVO harmonisierte Bauprodukte	900

6.1.2	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	901	6.3.2.4	Bauprodukte, für die kein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich ist	908
6.1.3	Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis	903	6.3.2.5	Bauarten, für die es Technische Baubestimmungen gibt	908
6.1.4	Zustimmung im Einzelfall	903	6.3.2.6	Bauprodukte und Bauarten mit Anforderungen nach anderen Rechtsvorschriften	908
6.2	Anwendbarkeitsnachweise für Bauarten	905	6.3.2.7	Allgemeines Prüfzeugnis für Bauprodukte und Bauarten	909
6.2.1	Allgemeine und vorhabenbezogene Bauartgenehmigung	905	6.3.2.8	Technische Baubestimmungen nach alter und neuer Rechtslage	909
6.2.2	Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis für Bauarten	906	6.4	Freiwillige Herstellererklärungen	909
6.3	Technische Baubestimmungen	906	6.5	Prioritätenliste	910
6.3.1	Regelung in der MBO	906	6.6	Übereinstimmungsnachweis/-bestätigung	910
6.3.2	Die neue Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen	907	7	Ausblick	910
6.3.2.1	Nach der BauPVO harmonisierte Bauprodukte	907	8	Literatur	911
6.3.2.2	Nicht harmonisierte Bauprodukte	907			
6.3.2.3	Nicht nach der BauPVO harmonisierte Bauprodukte	908			
XI	Normen und Regelwerke	913			
	Frank Fingerloos				
1	Einleitung	915	3	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten	929
2	Eurocode 0 – DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung	915	3.1	Einführung	929
2.1	Einführung	915	3.2	Einteilung der Einwirkungen	929
2.2	Annahmen und Voraussetzungen	916	3.3	Bemessungssituationen	930
2.3	Grundlegende Anforderungen	917	3.4	Eigengewicht	930
2.4	Geplante Nutzungsdauer	918	3.5	Nutzlasten	941
2.5	Dauerhaftigkeit	919	3.5.1	Grundlagen	941
2.6	Grenzzustände	919	3.5.2	Charakteristische Werte	941
2.7	Einteilung der Einwirkungen	920	3.5.3	Trennwandzuschlag	941
2.8	Statische Berechnung	921	3.5.4	Lagerflächen mit Gabelstaplern	941
2.9	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	922	3.5.5	Parkhäuser	944
2.10	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	923	3.5.6	Fahrzeugverkehr auf Hofkellerdecken und auf planmäßig befahrbaren Deckenflächen	946
2.11	Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen	925	3.5.7	Nicht begehbare Dächer	946
2.12	Kombinationsregeln für Einwirkungen	925	3.5.8	Abminderungsbeiwerte α_A (Einzugsfläche) und α_n (Anzahl der Geschosse)	949
2.12.1	Allgemeines	925	3.5.9	Horizontallasten auf Zwischenwände und Absturzsicherungen	950
2.12.2	Kombinationen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	927	4	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-2: Brandeinwirkungen auf Tragwerke	951
2.12.3	Kombinationen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	928	4.1	Einführung	951
2.12.4	Vereinfachte Kombinationen im üblichen Hochbau	929	4.2	Allgemeines	952
			4.3	Mechanische Einwirkungen im Brandfall	952

5	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-3:	6.8.3	Beiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt	994
5.1	Schnee- und Eislasten	6.8.4	Beiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt	996
5.2	Einführung	6.8.5	Abminderungsbeiwert ψ_f zur Berücksichtigung der Schlankheit	996
5.3	Anwendungsbereich	6.9	Abminderung des Geschwindigkeitsdrucks bei vorübergehenden Zuständen	997
5.4	Charakteristische Schneelast auf dem Boden	6.10	Sonderfall Reihenhäuser	999
5.5	Außergewöhnliche Schneelast in Norddeutschland	6.11	Windlasten auf vereiste Baukörper	999
5.6	Schneelast auf Dächern	7	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-5:	
5.7	Übersicht Formbeiwerte für Dächer	7.1	Temperatureinwirkungen	1000
5.8	Dächer	7.2	Einführung	1000
5.9	Ausgedehnte Flachdächer	7.3	Temperatureinwirkungen und -verteilung	1000
5.10	Solarthermie- und Photovoltaikanlagen auf Flachdächern	7.4	Temperaturprofile	1001
5.11	Höhenversprünge an Dächern	7.4	Temperaturkoeffizienten	1001
5.12	Schneeüberhang an Dachtraufen	8	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-6:	
	Schneelasten an Schneefanggittern und Dachaufbauten	8.1	Einwirkungen während der Bauausführung	1003
	Eislasten	8.2	Einführung	1003
6	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-4:		Bauausführungslasten beim Betonieren	1003
6.1	Windlasten	9	Eurocode 1 – DIN EN 1991-1-7:	
6.2	Einführung	9.1	Außergewöhnliche Einwirkungen	1004
6.3	Anwendungsbereich und Annahmen	9.2	Einführung	1004
6.4	Windzonen und Geländekategorien	9.3	Anprall durch Kraftfahrzeuge	1004
6.5	Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis zu einer Höhe von 25 m	9.4	Anprall durch Gabelstapler	1005
6.6	Höhenabhängige Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 300 m Höhe		Innenraumexplosionen	1006
6.6.1	300 m Höhe	10	Eurocode 1 – DIN EN 1991-3:	
6.6.2	Winddrücke		Krane und Maschinen	1007
6.7	Windkräfte	11	Eurocode 2 – DIN EN 1992-1-1:	
6.7.1	Aerodynamische Beiwerte		Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau	1008
6.7.2	Beiwerte für vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss	11.1	Bauaufsichtliche Einführung in Deutschland	1008
6.7.3	Grundriss	11.2	Einleitung	1008
6.7.4	Beiwerte für Flachdächer	11.3	Abschnittsweise Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang	1010
6.7.5	Beiwerte für Pultdächer	11.3.1	Zu 1 Allgemeines	1010
6.7.6	Beiwerte für Sattel- und Trogdächer	11.3.2	Zu 2 Grundlagen der Tragwerksplanung	1010
6.7.7	Beiwerte für Walmdächer	11.3.3	Zu 3 Baustoffe	1013
6.7.8	Beiwerte für Sheddächer	11.3.4	Zu 4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung	1020
6.7.9	Beiwerte für Innendruck	11.3.5	Zu 5 Ermittlung der Schnittgrößen	1027
6.7.10	Beiwert für mehrschalige Wand- und Dachflächen			
6.7.11	Beiwerte für freistehende Wände und Brüstungen			
6.8	Beiwerte für freistehende Dächer mit offenen Wänden			
6.8.1	Kraftbeiwerte			
6.8.2	Beiwerte für Anzeigetafeln			
	Beiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt			

11.3.6	Zu 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit (GZT)	1032	2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	1091
11.3.7	Zu 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	1050	2.4.1	Allgemeines	1091
11.3.8	Zu 8 Allgemeine Bewehrungsregeln	1062	2.4.2	Bemessungswerte	1091
11.3.9	Zu 9 Konstruktionsregeln	1071	2.4.2.1	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Schwinden	1091
11.3.10	Zu 10 Zusätzliche Regeln für Fertigteile	1078	2.4.2.4	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	1091
11.3.11	Zu 12 Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton	1080	2.4.3	Kombinationsregeln für Einwirkungen	1092
11.3.12	Zu den Anhängen	1081	2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit	1092
11.4	Normtext Kurzfassung	1085	NA.2.8	Bautechnische Unterlagen	1092
DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau mit NA			1085	NA.2.8.1	Umfang der bautechnischen Unterlagen
Inhalt			1085	NA.2.8.2	Zeichnungen
Vorwort			1086	NA.2.8.3	Statische Berechnungen
Nationaler Anhang zu EN 1992-1-1			1086	NA.2.8.4	Baubeschreibung
1	Allgemeines	1086	3	Baustoffe	1093
1.1	Anwendungsbereich	1086	3.1	Beton	1093
1.1.1	Anwendungsbereich des Eurocode 2	1086	3.1.1	Allgemeines	1093
1.1.2	Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1	1087	3.1.2	Festigkeiten	1093
1.2	Normative Verweisungen	1087	3.1.3	Elastische Verformungseigenschaften	1094
1.2.1	Allgemeine normative Verweisungen	1087	3.1.4	Kriechen und Schwinden	1095
1.2.2	Weitere normative Verweisungen	1087	3.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen	1097
1.3	Annahmen	1088	3.1.6	Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit	1097
1.4	Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	1088	3.1.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	1098
1.5	Begriffe	1088	3.1.8	Biegezugfestigkeit	1098
1.5.1	Allgemeines	1088	3.1.9	Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	1099
1.5.2	Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm	1088	3.2	Betonstahl	1099
1.5.2.1	Fertigteile	1088	3.2.1	Allgemeines	1099
1.5.2.2	Unbewehrte oder gering bewehrte Bauteile	1088	3.2.2	Eigenschaften	1099
2	Grundlagen der Tragwerksplanung	1090	3.2.3	Festigkeiten	1100
2.1	Anforderungen	1090	3.2.4	Duktilitätsmerkmale	1100
2.1.1	Grundlegende Anforderungen	1090	3.2.5	Schweißen	1100
2.1.3	Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung	1090	3.2.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	1102
2.2	Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	1090	4	Dauerhaftigkeit und Betondeckung	1102
2.3	Basisvariablen	1090	4.1	Allgemeines	1102
2.3.1	Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	1090	4.2	Umgebungsbedingungen	1103
2.3.1.1	Allgemeines	1090	4.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	1103
2.3.1.2	Temperaturauswirkungen	1090	4.4	Nachweisverfahren	1103
2.3.1.3	Setzungs-/Bewegungsunterschiede	1090	4.4.1	Betondeckung	1103
2.3.2	Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	1091	4.4.1.1	Allgemeines	1103
2.3.2.1	Allgemeines	1091	4.4.1.2	Mindestbetondeckung c_{min}	1107
2.3.2.2	Kriechen und Schwinden	1091	4.4.1.3	Vorhaltemaß	1108
2.3.3	Verformungseigenschaften des Betons	1091	5	Ermittlung der Schnittgrößen	1109
			5.1	Allgemeines	1109
			5.1.1	Grundlagen	1109
			5.1.3	Lastfälle und Einwirkungskombinationen	1110
			5.1.4	Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung)	1110

5.2	Imperfektionen	1110	6.4	Durchstanzen	1135
5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen.	1112	6.4.1	Allgemeines	1135
5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen	1112	6.4.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	1135
5.3.2	Geometrische Angaben	1113	6.4.3	Nachweisverfahren	1139
5.3.2.1	Mitwirkende Plattenbreite (alle Grenzzustände)	1113	6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	1141
5.3.2.2	Effektive Stützweite von Balken und Platten im Hochbau	1113	6.4.5	Durchstanztragfähigkeit für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung	1143
5.4	Linear-elastische Berechnung	1114	6.5	Stabwerkmodelle	1144
5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung	1115	6.5.1	Allgemeines	1144
5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	1115	6.5.2	Bemessung der Druckstreben	1145
5.6.4	Stabwerkmodelle	1115	6.5.3	Bemessung der Zugstreben	1145
5.7	Nichtlineare Verfahren	1116	6.5.4	Bemessung der Knoten	1146
5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	1117	6.6	Verankerung der Längsbewehrung und Stöße	1148
5.8.1	Begriffe	1117	6.7	Teilflächenbelastung	1148
5.8.2	Allgemeines	1117	7	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	1149
5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	1118	7.1	Allgemeines	1149
5.8.3.1	Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder	1118	7.2	Begrenzung der Spannungen.	1149
5.8.3.2	Schlankheit und Knicklänge von Einzeldruckgliedern	1118	7.3	Begrenzung der Rissbreiten.	1149
5.8.3.3	Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung im Hochbau	1119	7.3.1	Allgemeines	1149
5.8.4	Kriechen	1120	7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite.	1150
5.8.5	Berechnungsverfahren	1121	7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung.	1152
5.8.6	Allgemeines Verfahren	1121	7.3.4	Berechnung der Rissbreite	1154
5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung	1121	7.4	Begrenzung der Verformungen	1156
5.8.8.1	Allgemeines	1121	7.4.1	Allgemeines	1156
5.8.8.2	Biegemomente	1121	7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung	1157
5.8.8.3	Krümmung	1122	7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung	1158
5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	1122	8	Allgemeine Bewehrungsregeln	1159
5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger	1124	8.1	Allgemeines	1159
6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	1124	8.2	Stababstände von Betonstählen.	1160
6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein.	1124	8.3	Biegen von Betonstählen	1160
6.2	Querkraft	1125	8.4	Verankerung der Längsbewehrung	1161
6.2.1	Nachweisverfahren	1125	8.4.1	Allgemeines	1161
6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	1126	8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit	1161
6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung.	1127	8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge	1163
6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	1129	8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge	1163
6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen	1131	8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung	1165
6.3	Torsion	1133	8.7	Stöße und mechanische Verbindungen	1165
6.3.1	Allgemeines	1133	8.7.1	Allgemeines	1165
6.3.2	Nachweisverfahren.	1133	8.7.2	Stöße	1165
6.3.3	Wölbkrafttorsion	1135	8.7.3	Übergreifungslänge	1167
			8.7.4	Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße	1167

8.7.4.1	Querbewehrung für Zugstäbe	1167	9.10.2.5	Vertikale Zuganker	1185
8.7.4.2	Querbewehrung für Druckstäbe	1168	9.10.3	Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern	1185
8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl	1168	10	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen	1185
8.7.5.1	Stöße der Hauptbewehrung	1168	10.1	Allgemeines	1185
8.7.5.2	Stöße der Querbewehrung	1169	10.1.1	Besondere Begriffe dieses Kapitels	1186
8.9	Stabbündel	1170	10.2	Grundlagen für die Tragwerks- planung, grundlegende Anforderungen	1186
8.9.1	Allgemeines	1170	10.3	Baustoffe	1187
8.9.2	Verankerung von Stabbündeln	1170	10.3.1	Beton	1187
8.9.3	Gestoßene Stabbündel	1171	10.3.1.1	Festigkeiten	1187
9	Konstruktionsregeln	1171	10.3.1.2	Kriechen und Schwinden	1187
9.1	Allgemeines	1171	10.5	Ermittlung der Schnittgrößen	1187
9.2	Balken	1171	10.5.1	Allgemeines	1187
9.2.1	Längsbewehrung	1171	10.9	Bemessungs- und Konstruktionsregeln	1188
9.2.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	1171	10.9.1	Einspannmomente in Platten	1188
9.2.1.2	Weitere Konstruktionsregeln	1172	10.9.2	Wand-Decken-Verbindungen	1188
9.2.1.3	Zugkraftdeckung	1172	10.9.3	Deckensysteme	1188
9.2.1.4	Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern	1172	10.9.4	Verbindungen und Lager für Fertigteile	1191
9.2.1.5	Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenauflagern	1173	10.9.4.1	Baustoffe	1191
9.2.2	Querkraftbewehrung	1174	10.9.4.2	Konstruktions- und Bemessungs- regeln für Verbindungen	1191
9.2.3	Torsionsbewehrung	1176	10.9.4.3	Verbindungen zur Druckkraft- Übertragung	1191
9.2.4	Oberflächenbewehrung	1176	10.9.4.4	Verbindungen zur Querkraft- Übertragung	1192
9.2.5	Indirekte Auflager	1176	10.9.4.5	Verbindungen zur Übertragung von Biegemomenten oder Zugkräften	1192
9.3	Vollplatten	1177	10.9.4.6	Ausgeklinte Auflager	1192
9.3.1	Biegebewehrung	1177	10.9.4.7	Verankerung der Längsbewehrung an Auflagern	1192
9.3.1.1	Allgemeines	1177	10.9.5	Lager	1193
9.3.1.2	Bewehrung von Platten in Auflagerhöhe	1177	10.9.5.1	Allgemeines	1193
9.3.1.3	Eckbewehrung	1177	10.9.5.2	Lager für verbundene Bauteile (Nicht-Einzelbauteile)	1193
9.3.1.4	Randbewehrung an freien Rändern von Platten	1178	10.9.5.3	Lager für Einzelbauteile	1194
9.3.2	Querkraftbewehrung	1178	10.9.6	Köcherfundamente	1196
9.4	Flachdecken	1178	10.9.6.1	Allgemeines	1196
9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen	1178	10.9.6.2	Köcherfundamente mit profilierter Oberfläche	1196
9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen	1179	10.9.6.3	Köcherfundamente mit glatter Oberfläche	1196
9.4.3	Durchstanzbewehrung	1179	10.9.7	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	1196
9.5	Stützen	1181	NA.10.9.8	Zusätzliche Konstruktionsregeln für Fertigteile	1196
9.5.1	Allgemeines	1181	NA.10.9.9	Sandwichtafeln	1197
9.5.2	Längsbewehrung	1181	12	Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton	1197
9.5.3	Querbewehrung	1181	12.1	Allgemeines	1197
9.6	Wände	1182	12.3	Baustoffe	1197
9.6.1	Allgemeines	1182	12.3.1	Beton	1197
9.6.2	Vertikale Bewehrung	1182	12.5	Ermittlung der Schnittgrößen	1197
9.6.3	Horizontale Bewehrung	1183	12.6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	1198
9.6.4	Querbewehrung	1183			
9.7	Wandartige Träger	1183			
9.10	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	1183			
9.10.1	Allgemeines	1183			
9.10.2	Ausbildung von Zugankern	1184			
9.10.2.1	Allgemeines	1184			
9.10.2.2	Ringanker	1184			
9.10.2.3	Innen liegende Zuganker	1184			
9.10.2.4	Horizontale Stützen- und Wandzuganker	1185			

12.6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein	1198	Anhang B (normativ): Kriechen und Schwinden . .	1203	
12.6.2	Örtliches Versagen	1198	B.1	Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl	1203
12.6.3	Querkraft	1198	B.2	Grundgleichungen zur Ermittlung der Trocknungsschwinddehnung . .	1204
12.6.4	Torsion	1199	Anhang C (informativ): Eigenschaften des Betonstahls	1205	
12.6.5	Auswirkungen von Verformungen von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	1199	C.1	Allgemeines	1205
12.6.5.1	Schlankheit von Einzeldruckgliedern und Wänden	1199	Anhang E (normativ): Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	1206	
12.6.5.2	Vereinfachtes Verfahren für Einzeldruckglieder und Wände	1200	E.1	Allgemeines	1206
12.7	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	1201	12	Listen und Verzeichnisse	1207
12.9	Konstruktionsregeln	1201	12.1	Technische Baubestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau	1207
12.9.1	Tragende Bauteile	1201	12.2	Verzeichnis der Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V.	1231
12.9.2	Arbeitsfugen	1201	12.3	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (DBV): Merkblätter und Sachstandberichte	1232
12.9.3	Streifen- und Einzelfundamente	1201	12.4	Österreichische Bautechnikvereinigung (ÖBV): Richtlinien, Merkblätter und Sachstandberichte .	1234
Anhang A (normativ): Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe	1202		13	Literatur	1236
A.1	Allgemeines	1202			
A.2	Tragwerke aus Ortbeton	1202			
A.2.3	Reduktion auf Grundlage der Bestimmung der Betonfestigkeit im fertigen Tragwerk	1202			
Stichwortverzeichnis					1245

Anschriften

Autoren

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

Dehn, Frank, Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie,
Baustoffe und Betonbau
Gotthard-Franz-Straße 3, 76131 Karlsruhe

Eligehausen, Rolf, Prof. Dr.-Ing.
Universität Stuttgart
Institut für Werkstoffe im Bauwesen
Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart

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

Fuchs, Werner, Prof. Dr.-Ing.
Universität Stuttgart
Institut für Werkstoffe im Bauwesen
Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart

Gerschler, Tina, LL.M. (London)
Deutsches Institut für Bautechnik
Nationales, Europäisches und Internationales Recht
Kolonnenstraße 30B, 10829 Berlin

Junge, Sven, Dipl.-Ing.
Institut für Stahlbetonbewehrung e. V.
Kaiserswerther Straße 137, 40474 Düsseldorf

Kummerer, Clemens, Dipl.-Ing. Dr. techn.
Keller Grundbau Ges. mbH
Guglgasse 15, A-1110 Wien

Kunz, Claus, LBDiR Dipl.-Ing.
Bundesanstalt für Wasserbau
Abteilung Bautechnik
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe

Mallée, Rainer, Dr.-Ing.
72178 Waldachtal

Mark, Peter, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl Für Massivbau
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

Marte, Roman, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Technische Universität Graz
Institut für Bodenmechanik, Grundbau und
Numerische Geotechnik
Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz

Moersch, Jörg, Dr.-Ing.
Max Aicher Engineering GmbH
Teisenbergstraße 7, 83395 Freilassing

Müller, Harald S., Prof. Dr.-Ing.
SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH
Stephanienstraße 102, 76133 Karlsruhe

Sanio, David, Dr.-Ing.
Ingenieurbüro Grassl GmbH
Adlerstraße 34–40, 40211 Düsseldorf

Schlicke, Dirk, Ass.-Prof. Dr.
Technische Universität Graz
Institut für Betonbau
Lessingstraße 25, A-8010 Graz

Sippel, Thomas Mathias, Dr.-Ing.
Geschäftsführer
ECS European Engineered Construction Systems
Association e. V.
Kaiserswerther Straße 137, 40474 Düsseldorf

Suda, Jürgen, Priv.-Doz. DDipl.-Ing. Dr. rer. nat.
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Department für Bautechnik und Naturgefahren
Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien
und
alpinfra
consulting + engineering GmbH
Lützowgasse 14, A-1140 Wien

Turner, Robert
Keller Grundbau Ges. mbH
Packerstraße 167, A-8561 Söding

Tue, Nguyen Viet, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Technische Universität Graz
Institut für Betonbau
Lessingstraße 25, A-8010 Graz

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

Schriftleitung

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

Prof. 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